共同研究報告書
整理番号 第248号

マイクロフィルム用資料

高速化対応型防護柵の開発に関する共同研究報告書

高規格幹線道路用鋼製防護柵に関する研究
—その2—

平成12年9月

建設省土木研究所
道路部交通安全研究室
日本道路公団試験研究所
鋼製防護柵協会

Copyright © (2000) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複製は，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

まえがき

昭和62年に計画が策定された第二東名・名神をはじめとする高規格幹線道路は、現在までに6000km以上が供用され、本格的な高速交通時代に突入している。また近年の車両性能の向上及び平成５年の車両制限令の改正は、道路交通の高速化や車両の大型化の進展等、交通状況に大きな変化をもたらしている。

道路交通の高速化や車両の大型化は、交通安全施設とりわけ防護柵に求められる性能に大きな影響を与えており、交通状況の変化に対応した防護柵の開発、改良が必要である。

土木研究所では、新たな防護柵の構造や強度について検討することを目的として、平成２年度から平成７年度までの５カ年間にわたり、日本道路公団、鋼製防護柵協会との共同研究により、実車衝突実験を中心として技術検討を行った。この成果は、防護柵に関する技術基準である「防護柵の設置基準」（平成10年11月道路局長通達）に反映されている。また、本共同研究の成果として、その一部が平成５年に共同研究報告書第９４号「高規格幹線道路用鋼製防護柵に関する研究」に報告されている。

本報告書は、平成５年以降の成果を中心として、５カ年間の共同研究成果を総括的にとりまとめたものである。

今後は、本共同研究の成果が防護柵の適切な利用に反映され、交通安全に寄与することを期待する。

7　構造検討と性能評価 …… 25
7.1　現行防護柵の機能限界 …… 25
7.1.1　路側用ガードレール種別S …… 25
7.1.2　路側用ガードレール種別A …… 38
7.1.3　路側用ガードレール種別C …… 62
7.1.4　路側用ガードケーブル種別A …… 74
7.1.5　分離帯用ガードレール種別S …… 88
7.2　高強度型防護柵の構造検討と性能評価 …… 135
7.2.1　高強度型路側用ガードレールに関する既住の研究（500kJ および 900kJ の概要） …… 135
7.2.2　高強度型路側用ガードレール　Gr-40 …… 137
7.2.3　高強度型路側用ガードレール　Gr-20 …… 200
7.2.4　高強度型路側用ガードケーブル　Gc-SS 改良１型 …… 240
7.2.5　高強度型分離帯用ガードレール　Grm-60 …… 257
7.2.6　高強度型分離帯用ガードレール　Grm-70 …… 271
7.3　既設防護柵の強化改良構造の検討と性能評価 …… 285
7.3.1　路側用ガードレール　Gr-A-23 …… 285
7.3.2　路側用ガードレール　Gr-A-20 …… 299
7.3.3　路側用ガードケーブル　Gc-A-20 …… 326
7.3.4　路側用ガードケーブル　Gc-B-13 …… 351
7.3.5　分離帯用ガードレール　Grm-S70-1 …… 365
7.3.6　分離帯用ガードレール　Grm-S70-2 …… 380
7.3.7　分離帯用ガードレール　Grm-A-20 …… 396
8．車両横転に関する検討 …… 407
8.1　検討モデル …… 407
8.1.1　車両の構造を車体と荷重に分離して考える場合（A式） …… 407
8.1.2　衝突実験結果をもとに衝撃度と柵高さ・車両高さの関係から推定した場合（B式） …… 409
8.1.3　車両の構造を剛体と考える場合(1)（C式） …… 410
8.1.4　車両の構造を剛体と考える場合(2)（D式） …… 412
8.1.5　衝突実験をもとに柵高と衝撃度・支柱支持力の関係から推定した場合（E式） …… 413
8.2　衝突実験結果との照合 …… 414
8.3　推奨できる検討モデル …… 414
8.3.1　路側用防護柵の場合 …… 415
8.3.2　分離帯用防護柵の場合 …… 415
9．支柱実験 …… 416
9.1　実験目的 …… 416

9.2 支柱支持力について …… 416
9.3 実験方法 …… 416
9.3.1 静的載荷実験 …… 416
9.3.2 動的載荷実験 …… 417
9.4 評価方法 …… 418
9.5 実験内容 …… 419
9.5.1 静的載荷実験 …… 419
9.5.2 動的載荷実験 …… 421
9.5.3 考察 …… 427
10. 防護柵の構造諸元の提案 …… 444
10.1 衝突実験で確認された構造 …… 444
10.1.1 現行防護柵の機能限界について …… 444
10.1.2 高強度型防護柵の構造 …… 444
10.1.3 既設防護柵の強化改良構造 …… 445
10.2 実用化構造の検討 …… 448
10.2.1 ガードレール …… 448
10.2.2 ガードケーブル …… 451
10.3 防護柵構造の提案 …… 452
10.3.1 路側用ガードレール構造 …… 452
10.3.2 分離帯用ガードレール構造 …… 453
10.3.3 路側用及び分離帯用ガードケーブル構造 …… 453
11. 今後の検討課題 …… 461

あとがき …… 462
参考文献 …… 463
付録 …… 464
1 衝突実験結果覧表 …… 465
2 衝突シミュレーション入力データ …… 467
3 衝突実験データ …… 471
3.1 路側用ガードケーブル Gc－A－19 …… 471
3.2 実験に使用した車両の諸元 …… 477
3.3 実験場の簡易貫入試験結果 …… 532

４．研究の流れ

４．１　研究経緯

本研究にあたっては、過去に行われた防護柵に関する研究成果が取り入れられた。

特に、昭和59年および昭和60年に実施された分離帯用Ｓｍ種の開発により過去に例のない400kJ対応型の高強度構造が示され、昭和62年および昭和63年に行われた急カーブ用防護柵の開発[1]では、わが国で初めて三山断面のガードレールが取り入れられた。

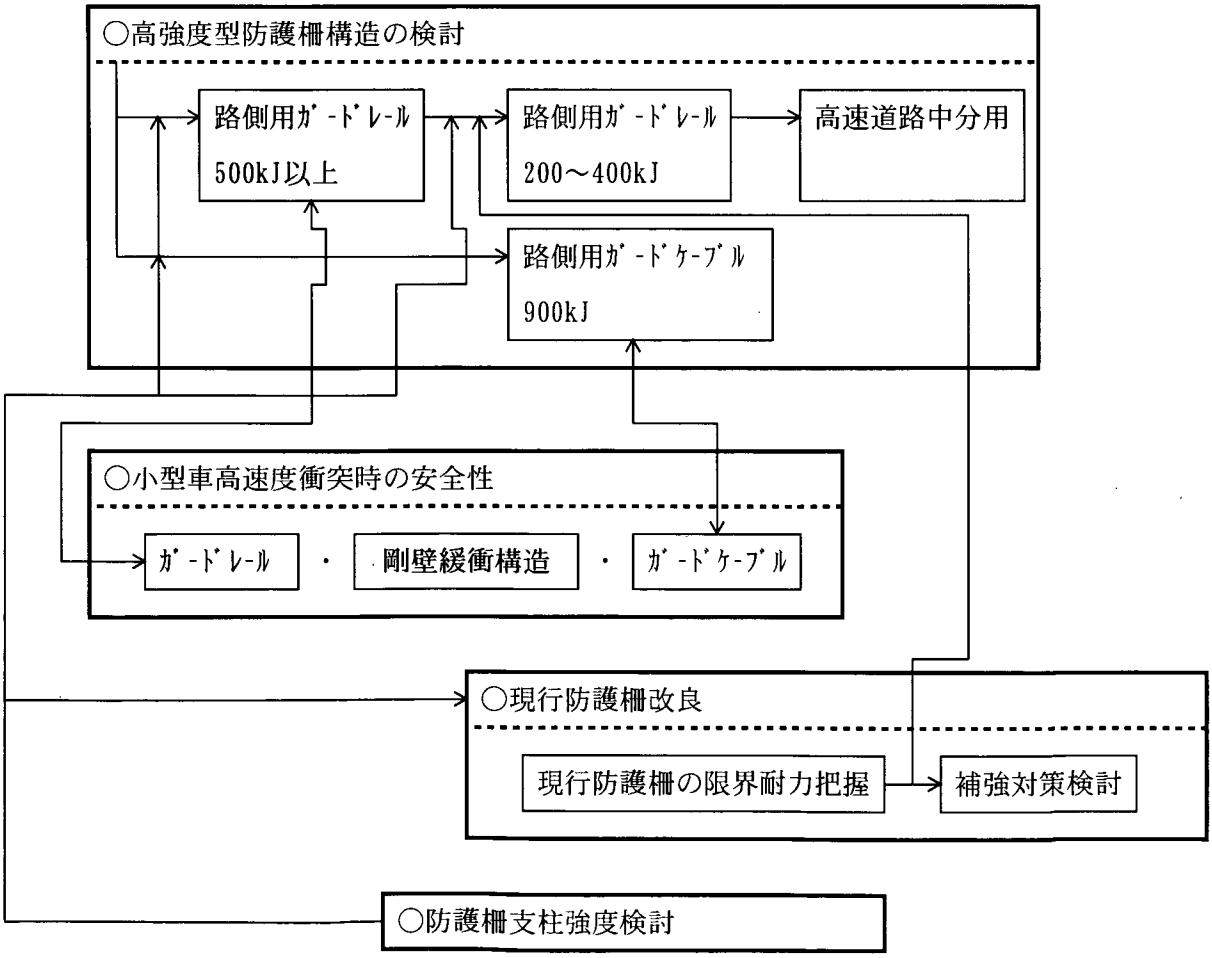
これらの研究および本研究について、防護柵開発の経緯を示したものが表－４・１・１である。

この表では、本報告書の７章以下で述べる実験結果および防護柵の構造提案に至る経緯についても含め、総括的にまとめているので、この表により本研究の全体的な実験状況および結果について知ることができる。

また、路側用ガードレールおよび中央分離帯用ガードレールの構造開発経緯について図－４・１・１～４・１・２に示している。

４．２　本研究の流れ

本研究は、一連の防護柵開発の中で、以下の流れに沿って検討を行った。



注）　　は、報告書（その１）に記載。その他は、本報告書に記載。

表－４．１．１　新型防護柵の開発経緯

（路側用）

研究内容	防護柵形式	想定衝突条件 車両質量 (t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (kJ)	防護柵 ビーム形状 2山 厚さ(mm)	3山	その他	支柱径 (mm)	支柱間隔 (m)	ブロックアウト量 (mm)	実験目的	実験結果	原因・問題点	衝撃度(kJ) 100 200 300 400 500 600 700 800 900
防護柵設置要綱	Gr-C	14	35	15	45	2.3			○-114	4.0	83				●
	Gr-B	14	40	15	58	3.2			○-114	4.0	84				●
	Gr-A	14	60	15	131	4.0			○-139	4.0	110				●
	Gr-S	14	80	15	231	4.0+2.3			○-139	2.0	110				●
急カーブ用防護柵の開発	2段型	14-B	51	44	678	3.2+3.2			○-139	1.0	250	2枚ビーム	×：突破	強度不足	● → × 3山構造の適用
	3山型	14-B	52	43	678		4.0		○-139	1.0	250	3山構造	○：誘導		● 閉断面の適用
	閉断面型	14-B	50	41	581			□-250	○-139	1.5	250	閉断面の効果	○：誘導誘	重量大	バストラックの適用 ×
高速化対応型防護柵	プロトタイプ	20-T	100	15	517		4.0		○-139	1.0	250	3山構造	×：横転	柵高・強度不足	× 上段ビーム構造の適用
	荷受ビーム	20-T	100	15	517		4.0	荷受ビーム	□-125	1.0	450	荷受けビームの効果	○：誘導	重量大	○ → ○
		20-T	100	20	903		4.0	荷受ビーム	□-125	1.0	450	衝撃度増加	○：誘導	重量大	経済性（支柱間隔増加
		20-T	100	20	903		4.0	荷受ビーム	□-125	2.0	450	軽量化	○：誘導		○ 柵高低下 ×
	背面ビーム	20-T	100	20	903		4.0	背面ビーム	□-125	2.0	450	背面ビーム構造	×：横転	柵高不足	支柱強化 ×
	荷受ビーム	20-T	100	20	903		4.0	荷受ビーム	○-139	1.5	450	支柱強度	×：横転	支柱強度不足	
	Gr-20-1	8-T	100	15	207		4.0		□-125	4.0	250	3山構造	×：横転	支柱強度不足	× ←
	Gr-20-2	8-T	100	15	207		4.0		□-125	3.0	250	支間短縮	○：誘導		○ 支柱間隔の短縮
	Gr-40-1	20-T	67	20	405	4.0		背面ビーム	○-139	2.0	250	背面ビーム構造	×：横転	柵高不足	× ←
	Gr-40-2	20-T	90	15	419		4.0		□-125	2.0	250	3山構造	×：横転	柵高不足	3山ビームの適用 ×
	Gr-40-3	20-T	80	17	423		4.0	荷受ビーム	□-125	3.0	250	荷受けビームの効果	○：誘導		荷受ビームの適用 ○
	Gr-70	25	100	15	646		4.0	荷受ビーム	□-125	2.0	450				高速化対応型として適用

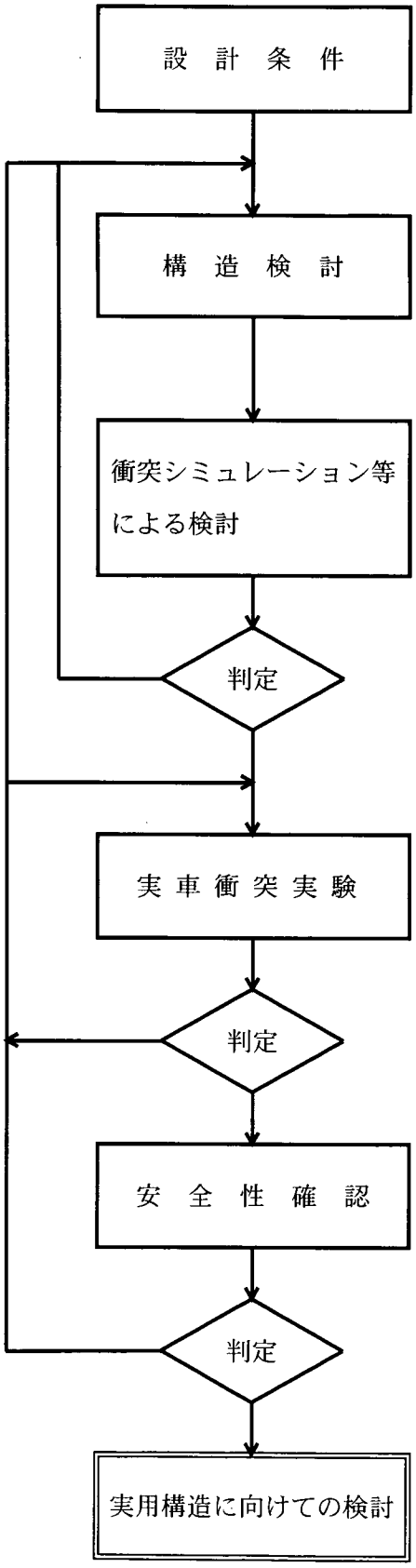
（分離帯用）

研究内容	防護柵形式	想定衝突条件 車両質量 (t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (kJ)	防護柵 ビーム形状 2山 厚さ((mm)	3山	その他	支柱径 (mm)	支柱間隔 (m)	ブロックアウト量 (mm)	実験目的	実験結果	原因・問題点	衝撃度(kJ) 100 200 300 400 500 600 700 800 900
防護柵設置要綱	Grm-B	14	40	15	58	3.2			○-114	4.0	800				●
	Grm-A	14	60	15	131	4.0			○-114	4.0	800				●
高速化対応型防護柵	Grm-S	16-T	70	20	349	5.0			○-139	2.0	1000	板厚・ブロックアウト量大	○：誘導	重量大	○ → ○ ビーム板厚、支柱のサイズダウン
	Grm-S	14-T	75	20	360	4.0			○-114	2.0	1000	板厚減少	○：誘導	限界強度	○ ビーム材質の変更
	Grm-S	14-T	75	20	381	ss490			○-114	2.0	1000	材質アップ	○：誘導		○
	Grm-S	20-T	92	15	453	ss490			○-114	2.0	1000	高衝撃度	○：誘導		→ ○
	Grm-70	20-T	90	20	739		4.0		□-125	2.0	1000	3山・角支柱	○：誘導		→ ○

a)：B；バス、T；トラック

４．３　構造検討の手順

一連の防護柵構造の検討は、下記の手順に従って行った。



・想定される車両重量、衝突速度、衝突角度の検討

・評価基準の検討

・設計条件に応じた防護柵強度の検討

・想定される衝突車両に応じた部材形状や配置の検討

・部材強度に関する検討

・検討された構造のシミュレーションによる強度推定

・施工上の問題点や景観性に関する検討

5．設計条件の設定

5．1　衝撃度

設計条件は、衝撃度ＩＳ（kJ）を基本として設定した。

衝撃度は以下の式により求めることができる。

$$IS = M \cdot (v \cdot \sin\theta)^2 / 2 \quad (kJ) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.1.1)$$

ここで　M：質量（t）

v：速度（m/s）

θ：衝突角度（度）

衝撃度の３要素となる質量、速度、衝突角度の設定については以下の考え方により行った。

5．2　３要素の設定

5．2．1　質量

防護柵の強度設定に必要となる設計車両は、要綱で示されている１４トン車、平成５年の車限令の改正以前における最大重量の２０トン車、改正以降の最大重量の２５トン車、普通免許で運転できる最大重量である８トン車から選択するものとした。これにより強度設計の基準車は、平成５年以前であれば２０トン車、平成５年度以降は２５トン車であり、一般道路等で特に高い強度を必要としない箇所に対しては、８トン車を設計車両とした。また、過去の実験条件や要綱との整合に配慮する必要のある場合には、従前の基準車両であった１４トンを用いた。

ただし設計車両を２５トン車とする場合は、衝突実験場の牽引能力限界２０トンを超えることから、実験に用いる車両は２０トン車を用いるものとし、速度または角度の割り増しにより衝撃度が２５トン車と等価となるよう条件設定した。

5．2．2　衝突速度

第二東名神高速自動車国道を想定した実験では、大型車両は１００ｋｍ／ｈ、小型車両は１４０ｋｍ／ｈを最高速度として設定した。いずれも、土木研究所衝突実験施設の実験能力の最大速度である。また、一般道路では設計速度の上限である８０ｋｍ／ｈを最大として設定した。

5．2．3　衝突角度

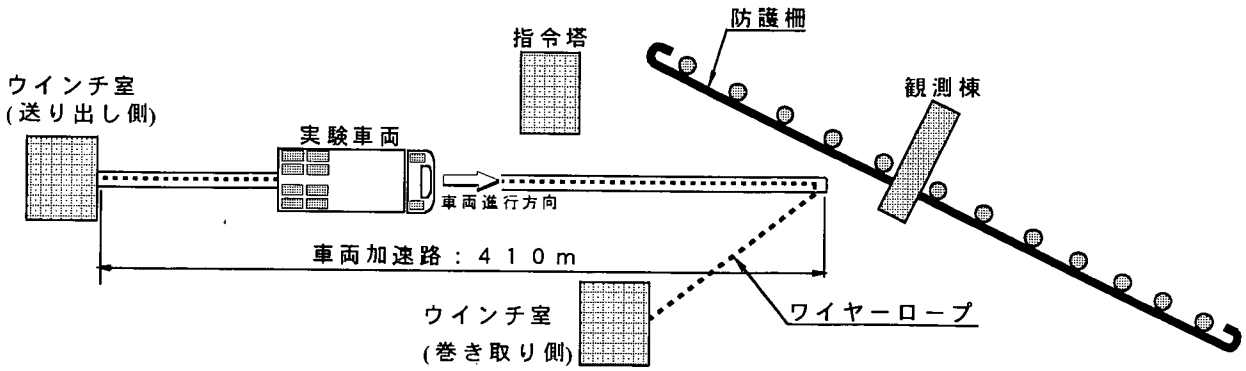
要綱では、大型車については衝突角度１５度を設計値としており、車両の挙動を考慮した理論的な衝突角度の推定からみても、一般的には２０度程度が最大と考えられる[2)]。また、諸外国の基準でも１５度～２０度が一般的になっている[3)]。従って、設計に用いる衝突角度も、基本的には１５度または２０度から、想定される道路交通の状況（線形、速度）等を踏まえ選定するものとした。

6．衝突実験

6．1　実験施設

6．1．1　実験施設概要

実験場所は、建設省土木研究所内の衝突実験施設（茨城県つくば市）である。衝突実験施設の概略図を図－6・1・1に示す。



図－6・1・1　衝突実験施設概略図

6．1．2　実験車両の牽引方法

実験車両はウインチにより牽引する方式である。加速路の長さは４１０m(有効加速路長＝３８０m)で、実験車両を牽引ワイヤに接続するドーリー(牽引用治具)を誘導するためのガイドレールが設置されている。ウインチには直流電動機を使用し、ドラムの回転により牽引ワイヤを巻き取るものである。

参考までに、この施設の最大牽引能力は乗用車(２．５t)で１４０km/h、貨物車(２０t)で１００km/hであり、設定された速度は速度設定制御装置により±１％の精度で制御されている。

6．1．3　車両牽引装置の仕様

実験施設の仕様を以下の表－6・1・1に示す。

表－6・1・1　衝突実験施設の仕様

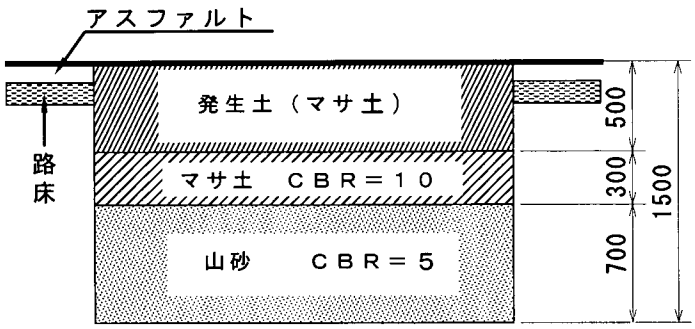
条件	車両種類		最大衝突速度
	大型車　２０ｔ 小型車　２．５ｔ		１００　[km/h] １４０　[km/h]
牽引装置仕様	巻取電動機	構造 ドラム有効径 駆動電動機数 電圧 定格出力	ドラム直結式 １３２０　[mm] ２　[機] ＤＣ４４０　[V] ５５０+３７０　[kw]
	送出電動機	構造 ドラム有効径 駆動電動機数 電圧 定格出力	ドラム直結式 １３２０　[mm] １　[機] ＤＣ４４０　[V] ７５　[kw]
	制御機構	制御方式 衝突速度制御精度 加速方式 制動方式	定加速制御 ±１　[km/h] 無段階加速 ディスクブレーキ
	ワイヤ	全長 直径 破断強度	１，０００　[m] １９　[mm] ２７８　[kN]
実験場	加速路全長 有効加速距離		４１０　[m] ３８０　[m]

６．２　衝突実験地盤

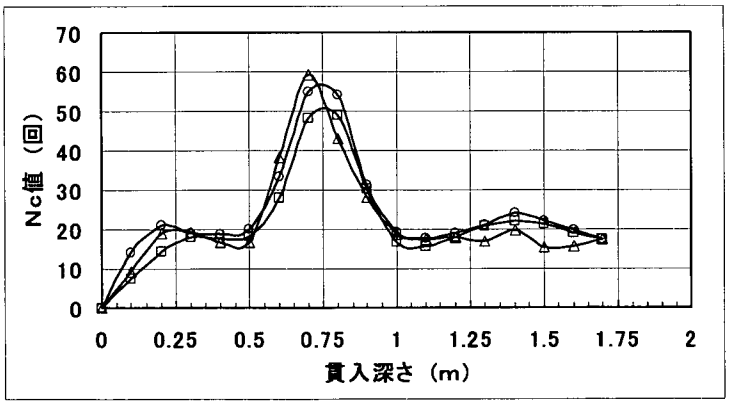
たわみ性防護柵土中式の支柱強度は、実験地盤の強度に左右され車両の誘導性に大きな影響を与えることが過去の衝突実験等における支柱挙動や、変形状況からわかっている。このようなことから、衝突実験では常に安定した地盤条件に基づいて実験を行うことが求められる。

本研究では、高速道路の地盤条件条件などを参考に、図－６・２・１に示す地盤を標準地盤とした。

この地盤は、図－６・２・２に示す地盤置換後の簡易貫入試験結果からみると、路面表面以下600mm近傍で安定した高い強度を有する地盤となっている。



図－６・２・１　実験地盤の標準断面(単位ｍｍ)



図－６・２・２　地盤置換後の簡易貫入試験結果

6．3　実験車両

6．3．1　実験車両の標準仕様

実験車両は、故障や損傷のないものを用い、また実験時においてドアー、フロントガラス、ボンネット等の欠落もなく、車両のエンジンは駆動し一般公道を走行できる状態に整備した。なお貨物車の場合、所定の最大質量となるように積載量を満たした。

6．3．2　質量特性

以下に車両の一般的な質量特性を示す。

（1）車両質量

車両質量とは自動車の空車状態での質量を示す。

（2）車両総質量

車両総質量とは、その自動車に規定の定員が乗車し、最大積載量を積んだ際の全体の質量である。この場合、定員１名は５５kgとして計算した。

（3）最大積載量

その自動車に積むことが許された積載物等の最大質量をいう。

6．3．3　積載物の質量

（1）計測機器および荷台固定治具の質量

表－６・３・１に計測機器等の質量を示し、図－６・３・１には土嚢固定方法を示す。

表－６・３・１　計測機器および荷台固定治具積載例（貨物車）

No	用　途	名　称	個 数	質量(kg)	個数×質量(kg)
1	加速度計測	土研ダミー*1	2体	約６１	１２２
2	土嚢飛散防止材	ｶﾞｰﾄﾞﾚｰﾙのﾋﾞｰﾑ材等	6枚	約３０	１８０
3	荷台横揺れ防止材	鋼材（角型鋼管）	１３本	約１０	１３０
4	積載物全体の固定	チェーンブロック	5ヶ	約１０	５０
5	制動装置	ブレーキ装置一式	1ヶ	約３０	３０
6	加速度計測	計測機器一式	1ヶ	約３０	３０
				合　計	約　５４２

＊１）参考値として加速度を計測する場合に使用する土研ダミー（３ＤＭ）で、日本人平均男子の体重を再現している。

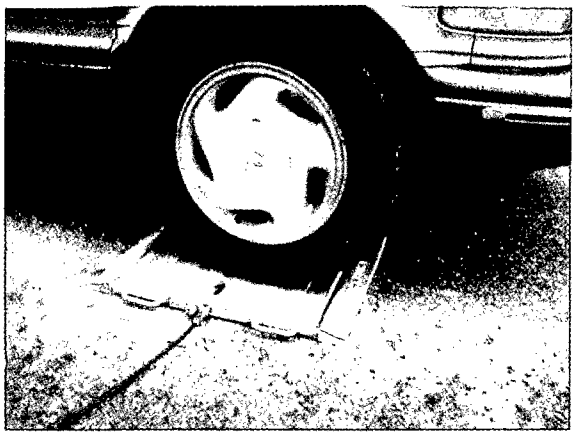
なお、小型車の場合はＮｏ１，５，６を搭載した場合の質量であり、合計約１８２Kgとなる。

（2）土嚢（積載物）の質量算定

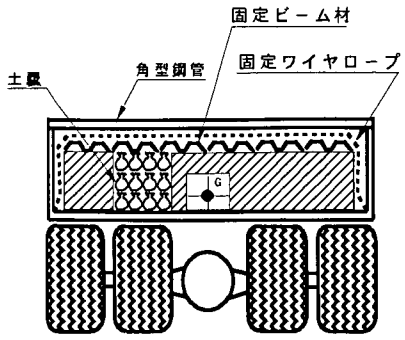
実験車両の荷台形状寸法から、所定の車両総質量となるように土嚢の数量を算出した。なお、土の単位体積質量は標準的な１．８t/m³を用いた。

（3）車両総質量の計測

写真－6・3・1に示す軸重計測器を用いて積載時の車両総質量を計測した。



写真－6・3・1　軸重計測器



図－6・3・1　土嚢の固定方法

6．3．4　実験車両の諸元

（1）重心高さの算定

実験車両の積載時車両重心高さ（H_G）は、実験車両の実寸計測値や車両諸元表[4]を参考に、以下に示す算定式を用いて算出し、防護柵構造に対する車両の横転検討等に用いた（図－6・3・2～4参照）。

$$H_G = \{(W_O \times H_{G1}) + (we \times H_{G2})\} / Wa \quad ------ (6.3.1)$$

$$H_{G2} = h_a + h_b \quad ------ (6.3.2)$$

ここで、

空車時車両質量：W_O

積載物質量：we

車両総質量：Wa

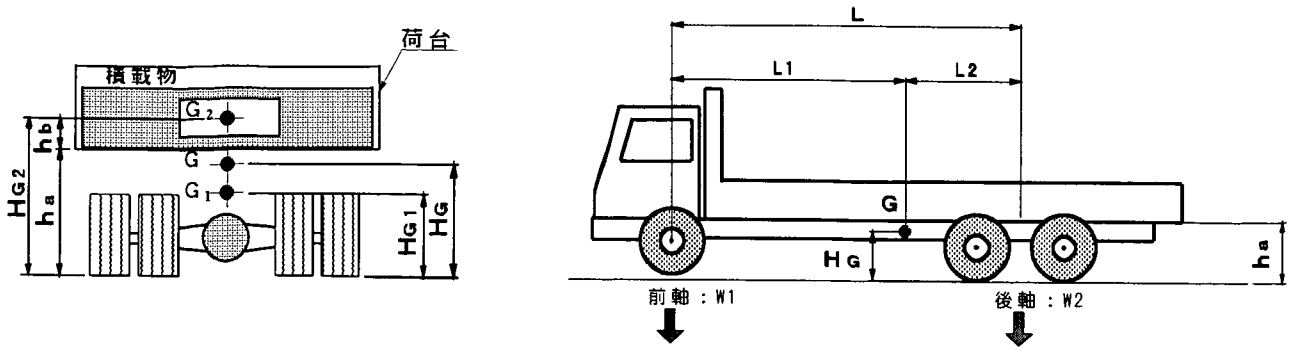
車両積載時重心高さ：H_G　　荷台高さ：h_a

空車時車両重心高さ：H_{G1}　　積載物重心高さ：h_b

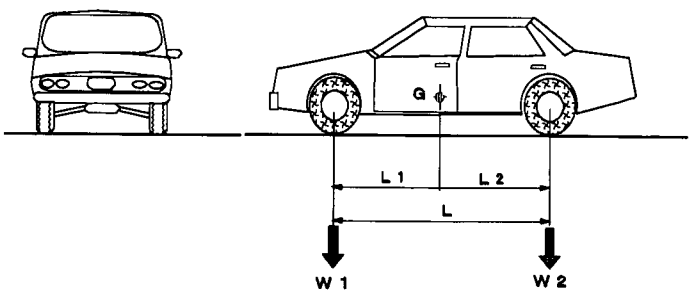
積載物車両重心高さ：H_{G2}

注）空車時車両重心高さ、空車時車両質量は車両諸元表[4]を参照。

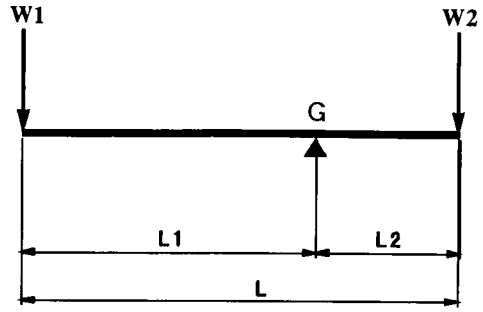
なお、乗用車の場合の車両横転については既往の衝突実験の車両挙動や、車両構造と防護柵高さの関係から車両の横転現象は発生しにくい為、重心高さの算定は行っていない。また、既往の衝突実験で用いている乗用車（1,600ccクラス）の諸元を統計的にみても大きな差はなく、重心高さも着座席位置付近である。



図－６・３・２　貨物車両重心高さと位置の算出（20t，14t，８t）



図－６・３・３　乗用車重心位置（1.1t，1t）



図－６・３・４　重心位置算定図

（２）重心位置の算定

重心位置の算出は、車両側面寸法を参考に次式から算出する（図－６・３・４参照）。

$W1 \cdot L1 = W2 \cdot L2$ ――――――――（６．３．３）

$W1 \cdot L1 = W2 (L - L1)$ ―――――（６．３．４）

$L1 = L \cdot W2 / (W1 + W2)$ ―――――（６．３．５）

ここで、式（６．３．２）にＷ１（前軸質量）、Ｗ２（後軸質量）、Ｌ（前軸～後軸間距離）を代入してＬ１、Ｌ２を求める。

注）Ｗ１，Ｗ２，Ｌは車両諸元表[4]を参照。

6．4　計測方法

6．4．1　車両関係

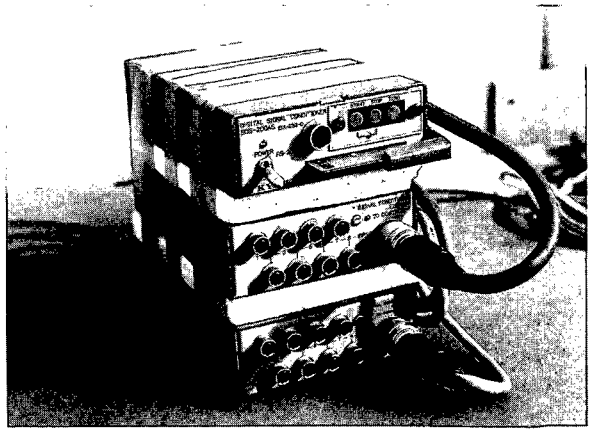
実験車両の計測方法を以下に示す。

（1）スキッドマーク

高速カメラおよびビデオ撮影時の車両挙動計測用のスキッドマークを実験車両の上部、前面、側面に１m間隔で塗布した。

（2）加速度計の取付け

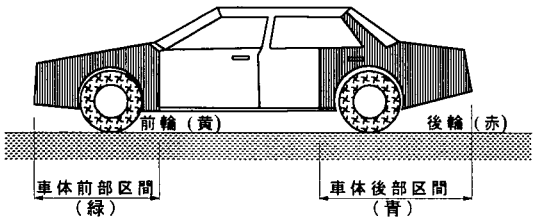
車両重心位置に加速度計を取り付けまた写真－６・４・１に示す計測用機器を搭載した。



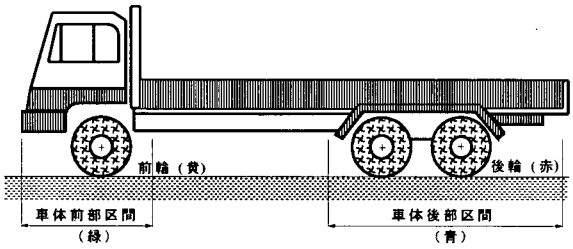
写真－６・４・１　加速度記録装置
（貨物車，乗用車）

（3）スクラブマーク

防護柵衝突時の車両による接触跡（スクラブマーク）は、前輪後輪および車体前後に図－６・４・１（１）に示すように異なった色のペイントを塗布し、防護柵に車両のどの部位が接触したかを実験後に観察できるようにした。



a）乗用車（1.1t，1t）

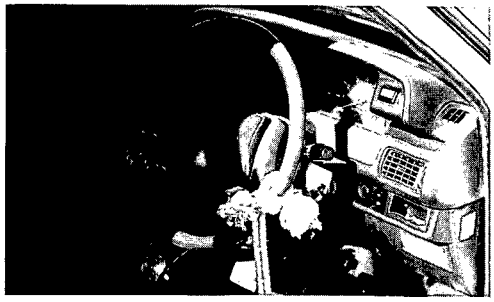


b）貨物車（20t，14t，8t）

図－６・４・１　車両スクラブマーク

（4）ハンドル

写真－６・４・２にハンドルの固定方法を示す。ハンドルはロープ等により遊びを持たせるように固定した。固定を強固にすると実験車両が牽引時に進行方向に対して左右に振られやすくなり、車両の直進性が損なわれるので固定は半固定とした。



写真－６・４・２　ハンドル固定

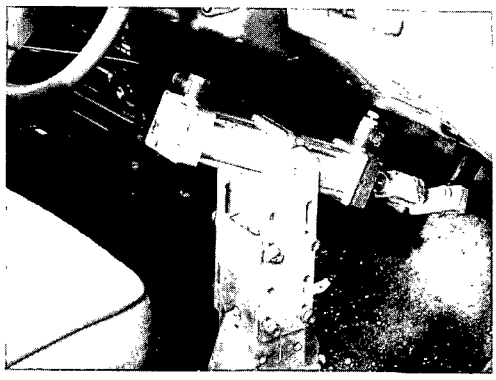
（5）ブレーキ

写真－６・４・３に遠隔制動装置を示す。

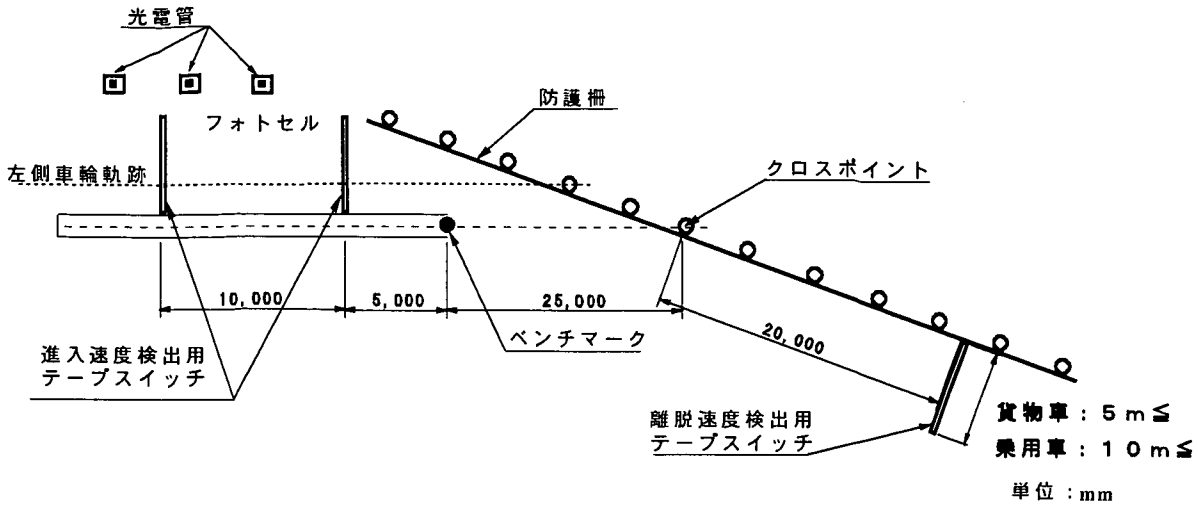
（6）衝突・離脱速度の計測

衝突速度および離脱速度の計測方法はテープスイッチ式車両感知器で行った。

図－６・４・２に、進入速度検出用テープスイッチと離脱速度検出用テープスイッチの設置位置を示す。



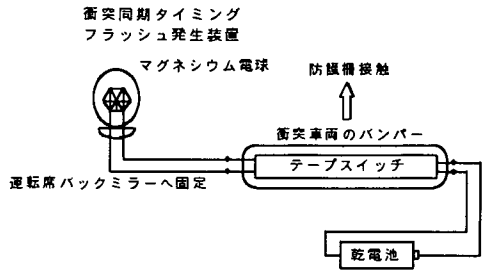
写真－６・４・３　遠隔制動装置



図－６・４・２　テープスイッチ設置位置

（７）タイミングマーク

タイミングマーク装置を図－６・４・３に示す。これは、電気計測データの分析時に１６㎜高速フィルムを他のデータチャンネルに相関させるために衝突開始位置を計測上でマークするものである。１６㎜高速撮影で撮られた映像からデータアナライザーを用いた加速度解析や、衝突・離脱速度等を解析する際には、タイミングマークを衝突開始の目安としている。



図－６・４・３　タイミングマーク装置

（８）軌跡および最大進入行程

実験車両の進入・離脱角度は、実験車両衝突後のスリップ跡や、轍等の車両軌跡から角度を計測した。また、車両の最大進入行程も実験車両衝突後のスリップ跡や、轍等の車両軌跡から計測した。なお、計測は実験車両の衝突点側（左側）の車輪外側とした。

（９）傾斜角と飛び上がり量

車両衝突時の傾斜角および飛び上がり量は、１６㎜高速撮影より求めた。（６．４．３項参照）。

（１０）車両挙動

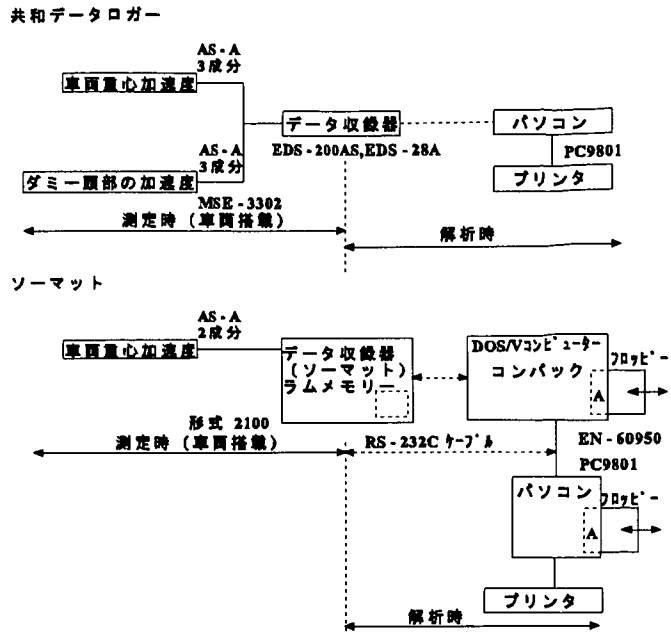
衝突時の車両挙動は、１６㎜高速撮影以外に、８㎜ビデオにより多方向から撮影して記録した（６．４．３項参照）。

（１１）加速度計測

車両重心位置に発生する加速度を記録した。なお、ダミー頭部・胸部・大腿部の計測については参考値としている。加速度データの収録方法は、実験車両に搭載したソーマットおよびデータロガー中のラムカードに収録している。また、小型車にダミーを搭載する場合は、防護柵衝突側にあたる助手席にダミーを搭載している。

１）加速度計の取付け位置

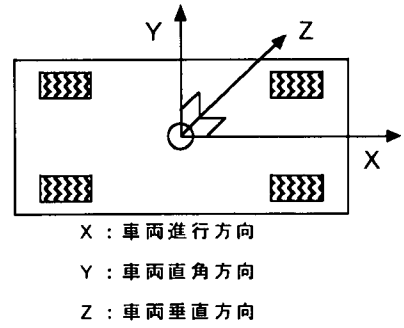
乗用車は床面、貨物車は車体フレームの右側(衝突側と反対)の重心位置に容量が９８０m/s²程度の加速度計を取り付けた。



図－６・４・４　加速度計測システム

２）加速度計の種類

加速度計測装置の種類を表－６・４・１に示し、計測システムを図－６・４・４に示す。乗員の傷害値を参考計測する場合、助手席側にダミーを搭載し頭部にＸ，Ｙ，Ｚの３成分の加速度計を取り付け、衝突時の発生加速度を計測した。加速度計測装置は、加速度センサーおよびデータ収録部から構成されている。車両重心位置を原点とした場合の方向３成分を、図－６・４・５に示す。



図－６・４・５　加速度成分表

表－６・４・１　加速度計測種類

取り付け位置	加速度の種類	計測器の種類	電　源	ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ間隔
車両重心	Ｘ（車両進行）方向 Ｙ（車両直角）方向 Ｚ（車両垂直）方向	共和ﾃﾞｰﾀﾛｶﾞｰ	内　蔵 ﾊﾞｯﾃﾘｰ	５ms
	Ｘ（車両進行）方向 Ｙ（車両直角）方向	ソーマット		０．５ms
ﾀﾞﾐｰ頭部	Ｘ（ﾀﾞﾐｰ進行）方向 Ｙ（ﾀﾞﾐｰ直角）方向 Ｚ（ﾀﾞﾐｰ垂直）方向	共和ﾃﾞｰﾀﾛｶﾞｰ		５ms

（１２）車両損傷状況

車両は、車室空間が侵されると乗員に対する危険度が大きくなるため、車両内・外部の損傷状況を調査した。以下に調査項目を示す。

1)車室内の変形状況（ダッシュボードの移動、ステアリング・ドア・フロントピラーの変形）

2)ダミーの損傷状況（感圧紙によるダミー頭部の損傷、空間的移動状況、その他の体部位の損傷）

3)フロントおよびサイドガラスの破損状況

4)実験車両の自力走行、または牽引走行（タイヤ、車軸およびサスペンション等の損傷状況）

６．４．２　防護柵関係

（１）変位計測

防護柵の最大変位量は、柵直角方向に対して棒状変位計（ｽﾄﾛｰｸ：1,000～1,200mm）を取り付けて行う直接測定方法で行った。図－６・４・６に棒状変位計の変位計取り付け概要を示す。分離帯用の両面型防護柵の場合は、表・裏ビームの中間に位置する支柱頭部に変位計先端を取り付けた。なお、最大変位の計測結果は、変位計の取り付け位置の関係から必ずしも残留変位よりも大きくなるとは限らない。

表－６・４・２　残留変位測定箇所（フォーマット）

項目 ＼ 測定方向			X方向（延長方向）	Y方向（直角方向）	Z方向（垂直方向）	備考
支柱	頭部					
	地際部					
	傾斜角					
ビーム	ビーム	表側 裏側*1				
	上段ビーム					
	継ぎ手					

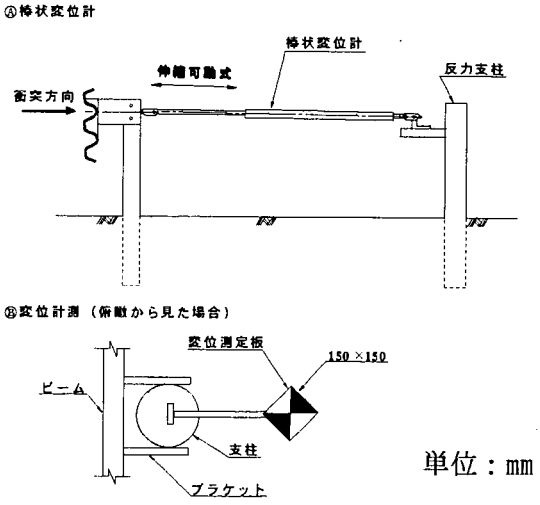
その他；支柱引抜き後のGLから折れ点までの長さ
＊１：分離帯用防護柵の場合

衝突実験における防護柵変位、支柱水平力、ビーム張力、および衝突・離脱速度等の電気計測のブロックダイヤグラムを図－６・４・７ に示す。

（２）残留変位

残留変位については、防護柵延長方向をＸ、直角方向をＹ、垂直方向をＺとして測定点を定め、実験前後に各部材の位置をトランシット、レベルおよびスケール等により計測した（表－６・４・２参照）。

衝突による防護柵の影響範囲は、支柱の変位がＸＹ方向共に１０mm以上発生した範囲を目安として整理した。また、継ぎ手部ずれの移動量の測定は、実験前の供試体にポンチ等でマーキングし、衝突後にノギス等で測定した。

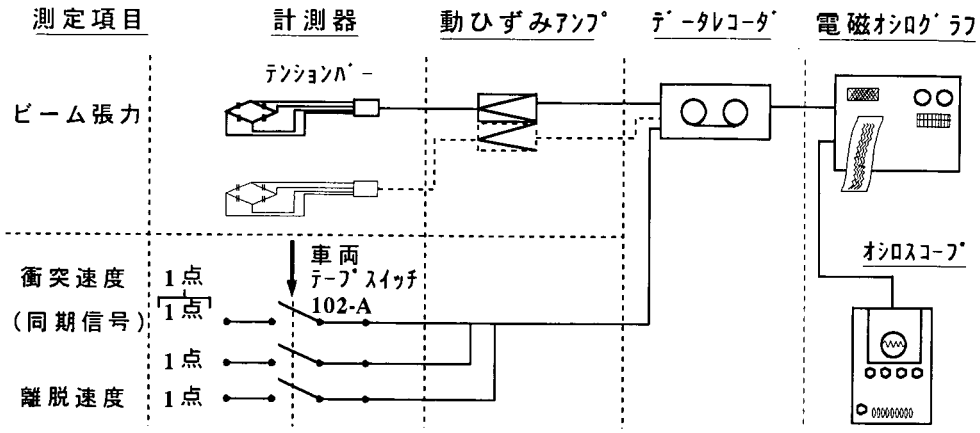


単位：mm

図－６・４・６　変位計取付け概要

（3）支柱水平力

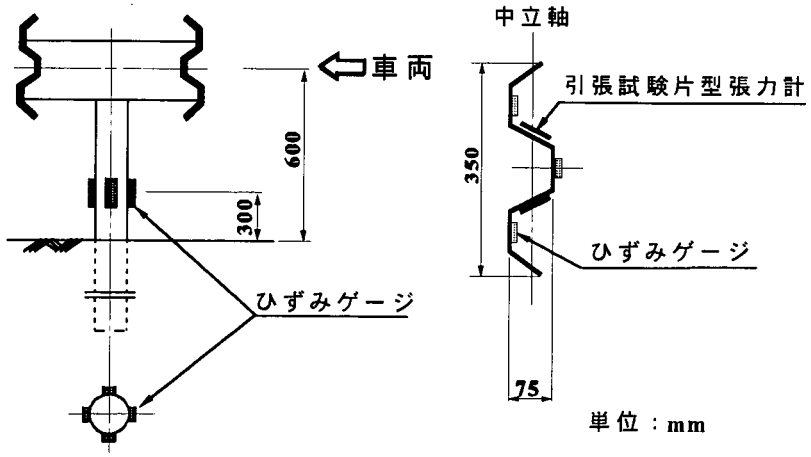
支柱、ビームのひずみゲージ測定位置例を図－６・４・８に示す。支柱に働く水平力の計測には、引張り、圧縮の双方に1軸歪みゲージを貼り付けて曲げ応力から測定する方法と、2軸の歪みゲージを支柱側面に貼り付け、せん断歪みを測定する方法があるが、主として後者の方法で計測した。



図－６・４・７　電気計測ブロックダイヤグラム

（4）ビーム張力

ビーム張力の計測は、曲げと塑性変形の両方の影響を大きく受けるので非常に困難である。そこで既往の実験では、ビームの塑性変形の小さい領域を選び中立軸にひずみゲージを貼り付けて計測を行っている。また、測定位置は衝突時に最大変位が発生すると予想される近傍としている。実験ケースによってはデータ収集を目的に行ったものもある。この場合は、ビームに働く軸力および曲げモーメントは１軸ひずみゲージを貼り付けて測定した。



図－６・４・８　支柱、ビームのひずみ測定位置例

6．4．3　映像記録

衝突実験の映像記録は実験前状況、実験、実験後状況とそれぞれについて８㎜ビデオカメラ、１６㎜高速撮影カメラ（記録映画），スチールカメラを用いて記録した。

（1）１６㎜高速撮影

１６㎜高速撮影カメラの機種を表－６・４・３に示す。また、図－６・４・９に配置位置を示す。

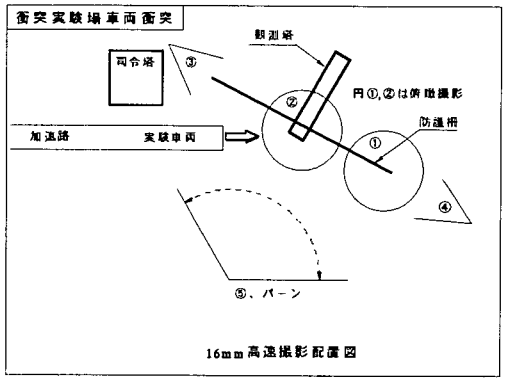
（2）８㎜ビデオ撮影

衝突実験では１６㎜高速撮影カメラ以外に、多方向から衝突状況を把握するために８㎜ビデオカメラで撮影した。なお、図－６・４・１０に８㎜ビデオカメラの配置位置を示す。

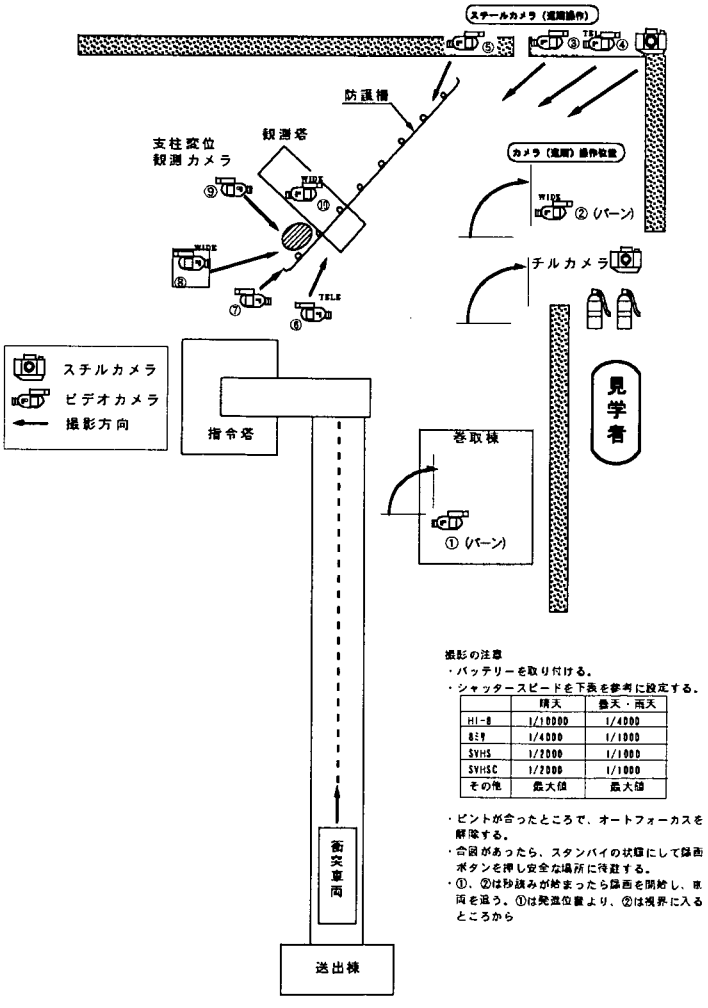
表－６・４・３　１６㎜高速撮影の機種

No	撮 影 機	撮影スピード（コマ／秒）	撮影位置	配置位置
1	ﾌｫﾄ･ﾘﾆｯｸDHB-4A	４００[1]	俯瞰	観測塔
2	ﾌｫﾄ･ﾘﾆｯｸDHB-4A	４００	俯瞰	観測塔
3	ｽｸﾋﾟｯｸ　H16	６４	後方	供試体延長
4	ｽｸﾋﾟｯｸ　H16	６４	前方	供試体延長
5	ｱﾘﾌﾚｯｸｽ　H16	２４	側面	供試体正面

1）衝突実験終了後、モーションアナライザーにより高速度撮影フィルムを解析。



図－６・４・９　高速撮影カメラ配置位置



図－６・４・１０　ビデオ・スチールカメラ配置位置

6．5　性能評価

6．5．1　車両関係

防護柵の機能性を評価する為に、以下に示す各項目を評価の目安とした。

（1）離脱速度

図－6・5・1に、離脱速度および離脱角度の模式図を示す。

離脱速度は、後続車両の追突や追突回避行動に影響する。そこで離脱速度を定量的に評価する方法としては、過去の実験や海外の基準等[5]を参考にして離脱速度は衝突速度に対して２０km/h程度以上の減速（米国では２４km/h）、および２５％以上減速しないこととした。

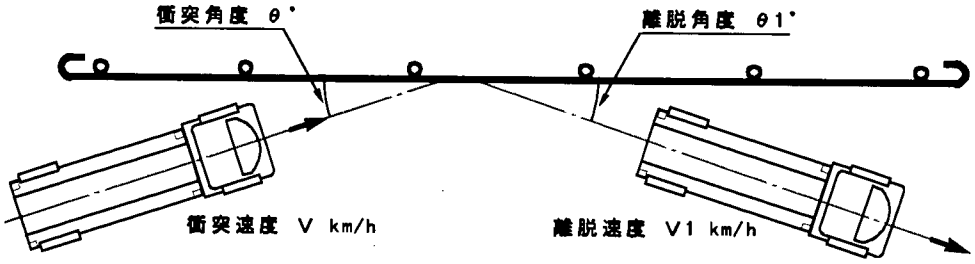
（2）軌跡

衝突後の軌跡は、２次事故に対して影響することからも重要である。衝突後の軌跡を示す指標は、次の事項とした

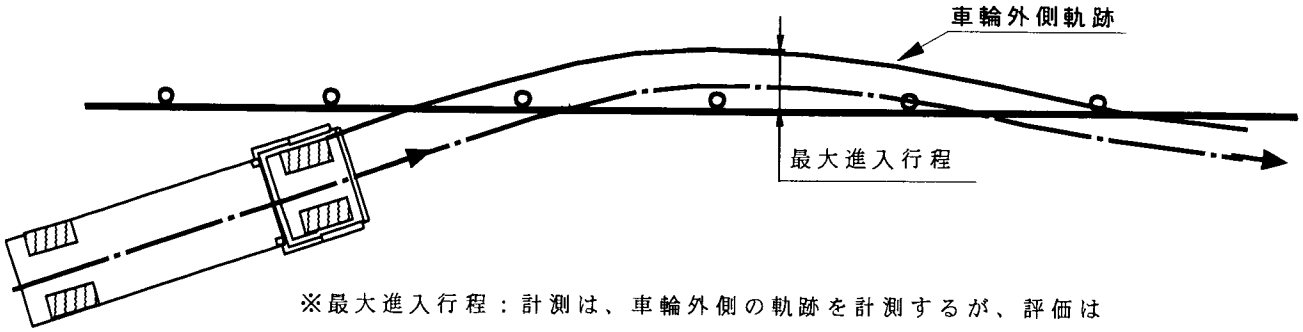
1）離脱角度は、衝突角度に対して６０％以下であること。

2)車両の最大進入行程は、図－6・5・2に示す車輪外側軌跡計測値から車輪内側に換算する。

最大進入行程は、路側１．１m以下、分離帯１．５m以下[6]であること。



図－6・5・1　離脱速度・離脱角度



※最大進入行程：計測は、車輪外側の軌跡を計測するが、評価は車輪内側とする。

図－6・5・2　最大進入行程

（3）加速度

加速度による乗員安全性評価は、乗用車により行った。

1）５０ms移動平均加速度

乗員安全性評価のために行う加速度の計測は車両重心位置の車両進行方向ｘ、直角方向ｙおよびｘ、ｙの合成方向の加速度波形を計算処理し（図－６・５・３ を参照）、その最大値（以下 a_{50} と表す）が表－６・５・１に示す許容値を超えないこととし、後で記述する１０ms移動平均加速度との比較検討を行った。

$$a_{50}=\left(\int_{t1}^{t2} a\,dt\right)／0.05 \quad \text{－－－－－（6．5．1）}$$

ここで、

a_{50}：50ms間の加速度の移動平均値の最大値（m/s²）

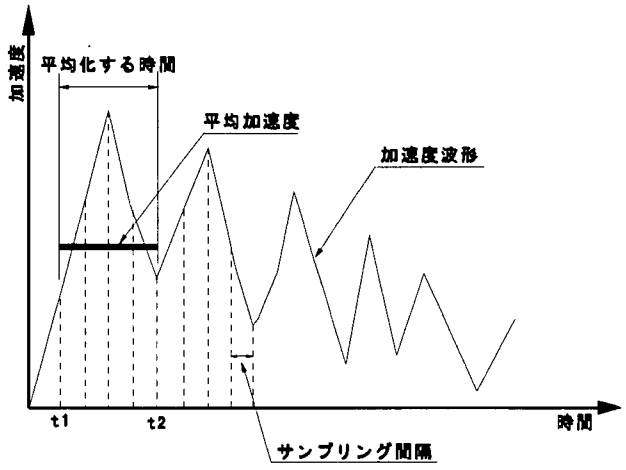
ａ：重心加速度（m/s²）

t_1：加速度作用中の任意の時刻（s）

t_2：$t_1+0.05$（s）

表－６・５・１　a_{50}の評価基準[7]　単位(m/s²)

乗員拘束状態	ｘ方向	ｙ方向	合成方向	備　　考
無拘束	４９	２９	５９	許容値
２点式ベルト	９８	４９	１１８	
３点式ベルト	２４５	１４７	２４５	限界許容値



図－６・５・３　平均加速度の概要

2）乗員の打撃速度および１０ms移動平均加速度[5]

ｘ，ｙ波形を用いて、次式により各時刻における１０ms移動平均加速度（ライドダウン加速度）を求め、この移動平均加速度を積分して乗員の車室内における相対的な移動速度、移動距離を求める。その結果を用い、移動中に生じた最大加速度、乗員が車室内に衝突すると仮定した距離を移動したときの速度（以下打撃速度と表す。）および１０ms移動平均加速度の最大値（以下 a_{10} と表す。）を計算し、乗員への危険度を評価するものである。

$$a_{x,y}=\left(\int_{t1}^{t2} a_{x,y}\,dt\right)/0.01 \quad \text{---} \quad (6.5.2)$$

$$V_{x,y}=\int_{t0}^{t1} \alpha_{x,y}\,dt \quad \text{------} \quad (6.5.3)$$

$$D_{x,y}=\int_{t0}^{t1} V_{x,y}\,dt \quad \text{------} \quad (6.5.4)$$

ここで、

$a_{x,y}$ ：１０ms間の移動平均値(m/s²)

$V_{x,y}$ ：乗員の移動速度(m/s)

$D_{x,y}$ ：乗員の移動距離(m)

t_0 ：車両の衝突開始時(s)

t_1 ：加速度作用中の任意の時刻(s)

t_2 ：t_1+0．０１(s)

上式より求められた値の許容値は、a_{10}はｘ、ｙ方向それぞれ１９６ m/s²、またＶｘ、ｙは ｘ方向については０．６m移動した時点で打撃速度が１２m/s、ｙ方向については０．３m移動した時点で打撃速度が９m/sを超えないこととしている（表－６・５・２参照）。

表－６・５・２　欧米の乗員保護基準[3)]

国名	評価項目		推奨値	限界値
米国	乗員に加わる加速度 (車両重心に発生する加速度)	前後	150m/s²	200m/s²
		左右	150m/s²	200m/s²
ＥＣ	車両重心に発生する加速度	合成	180m/s²	250m/s²
	乗員頭部に発生する加速度	合成	200m/s²	

３）５０msおよび１０ms移動平均値の相関関係

既往衝突実験で計測した加速度データを統計的に処理し、計測データの精度と信頼性を把握した乗員の安全性に関する報告書[8)]によれば、原波形最大値と実効値、５０msおよび１０ms移動平均値の間には下記の表－６・５・３に示す相関関係がある。これらを考慮し乗員への安全性を評価する際の目安とした。

表－６・５・３　原波形加速度と各評価値との関係

評価基準値		ｘ方向	ｙ方向	ｚ方向	合成
実効値		0.365･A	0.266･A	0.195･A	0.286･A
１０ｍｓ平均		0.736･A	0.686･A	———	———
５０ｍｓ平均	大型車	0.465･A	0.440･A	———	0.585･A
	小型車	0.404･A	0.220･A	———	0.232･A

注）表内の"A"は、車両重心加速度の原波形最大値を示す。

4）ＨＩＣ値；ダミー頭部に生じた加速度 [9] ＜参考値＞

ＨＩＣ値は、ダミーの頭部に加速度計を搭載し、ダミーに生じた加速度を直接計測して評価する方法である。

$$a_{HIC}=\left\{(t_2-t_1)\int_{t_1}^{t_2} a\,dt/(t_2-t_1)\right\}^{2.5} \quad ---(6.5.5)$$

ここで、

ＨＩＣ：頭部の衝撃度

ａ　：発生加速度（m/s²）

t_1、t_2　：ＨＩＣが最大になる時刻の組み合わせ(s)　ただし、$t_1<t_2$

評価基準；１０００、脳震盪が生じない許容限界値

5）実効値 [8]

発生した加速度から乗員への影響を評価する。実効値は要綱で車両と人間を単一の物体と考えた場合、人間が耐えられる許容加速度を３９m/s²（4g）と規定したものである。実効値は次式で定義している。

$$a_{yx,y}=\sqrt{\int_{t1}^{t2} a_{x,y}^2\,dt/T} \quad ---(6.5.6)$$

$$a_{y合成}=\sqrt{a_{yx}^2+a_{yy}^2} \quad ---(6.5.7)$$

ここで、$a_{yx,y}$：ｘ、ｙ波形の実効値(m/s²)

a_{y}合成：ｘ、ｙ波形の実効値の２乗平均(m/s²)

Ｔ：最大進入行程；衝突時から発生加速度が最大になるまでの時間(s)

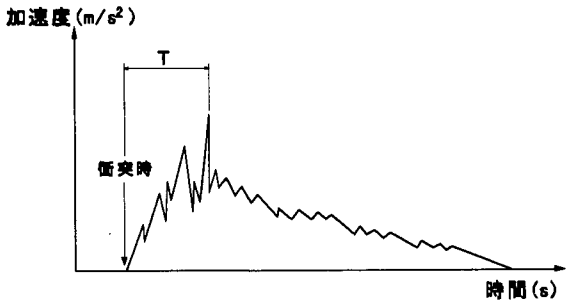
t_1：衝突時時刻(s)

t_2：t_1+T、発生加速度最大時刻(s)

$a_{x,y}$：発生加速度（m/s²）

評価基準；３９m/s²（4g）、乗員に障害が発生しない限界。

注）訓練した乗員の場合５９m/s²（6g）まで許容可能。



（4）損傷状況

車両の損傷については、衝突後の誘導性や乗員の安全性に影響を及ぼすことから、特に以下の項目に注意して観察した。

1）足廻り

タイヤのバースト・外れ、ホイールの外れ、車軸およびサスペンションの破断・脱落。

2）ガラス

フロントガラス、サイドガラスの破損。

3）車室内（車室内の変形による乗員の生存空間の確保）

ダッシュボードの侵入、ハンドルの変形、ペダルの変形、ドアの変形

6．5．2　防護柵関係

防護柵の機能性を評価する為に、以下に示す各項目を注意して観察し評価の目安とした。

（1）最大変位

最大進入行程が路側1．1m以下、分離帯1．5m以下[6]になること。

（2）残留変形

ビームおよび支柱の極端な折れ曲がり、破断、亀裂が見られないこと。

７．構造検討と性能評価

要綱に記載されている防護柵の構造にどの程度の性能があるのか、あるいは想定している衝突条件に対応するため、防護柵はどのような構造（新規、改良）が適切なのか、衝突実験により防護柵構造の性能評価を行う。

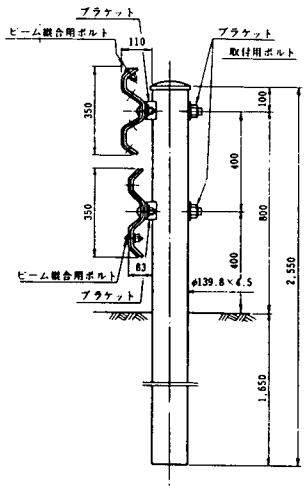
７．１．現行防護柵の機能限界

要綱に記載されている防護柵構造についての限界性能を把握し、新規構造を開発する基礎データを収集するため、代表的な現行防護柵構造を対象に実験を実施した。

７．１．１．路側用ガードレール　種別Ｓ

（１）実験目的

本実験は、路側用ガードレール種別Ｓ（土中用：Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ）について、防護柵の性能限界を把握することを目的として実施した。



図－７．１．１　断面図　　（単位：mm）

（２）衝突条件

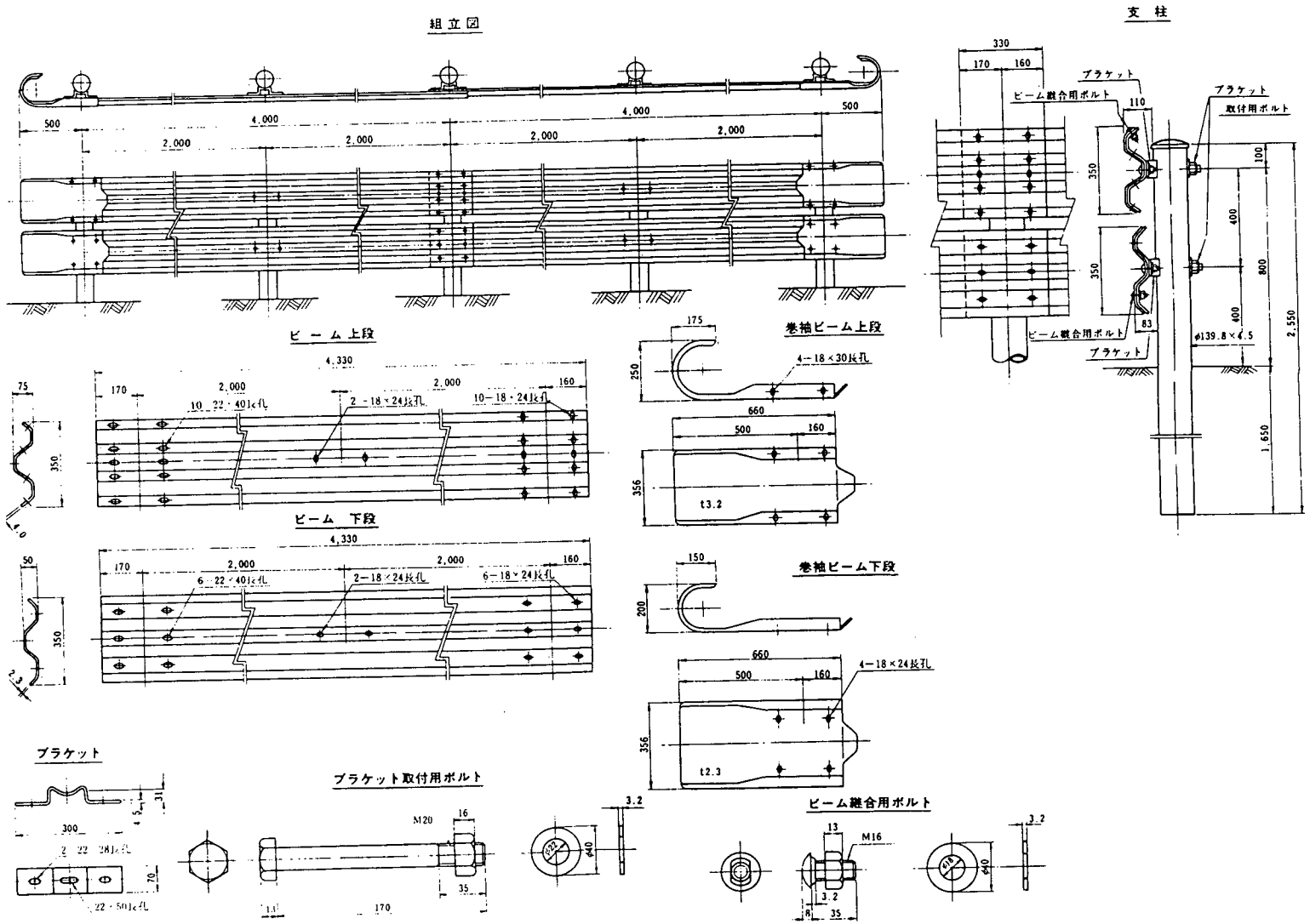
衝突条件を表－７．１．１に示す。

表－７．１．１衝突条件

	Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ
衝突車両	貨物車
車両質量	１４ｔ
衝突速度	８０km/h
衝突角度	１５度
衝撃度	２３２kJ

（３）供試体構造

Ｇｒ－Ｓ－２Ｅの供試体構造を図－７．１．２に示す。



図－７．１．２　構造図（Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ）　（単位：mm）

（4）衝突シミュレーションによる検討

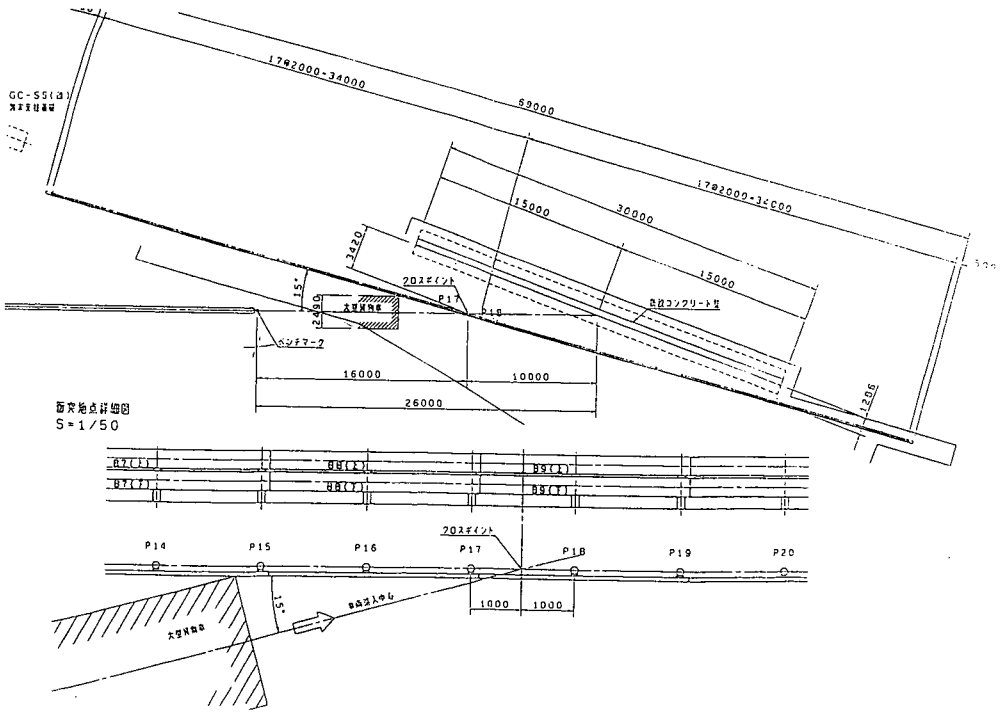
衝突シミュレーションで演算した結果を表－７．１．２に示す。

表－７．１．２　衝突シミュレーション

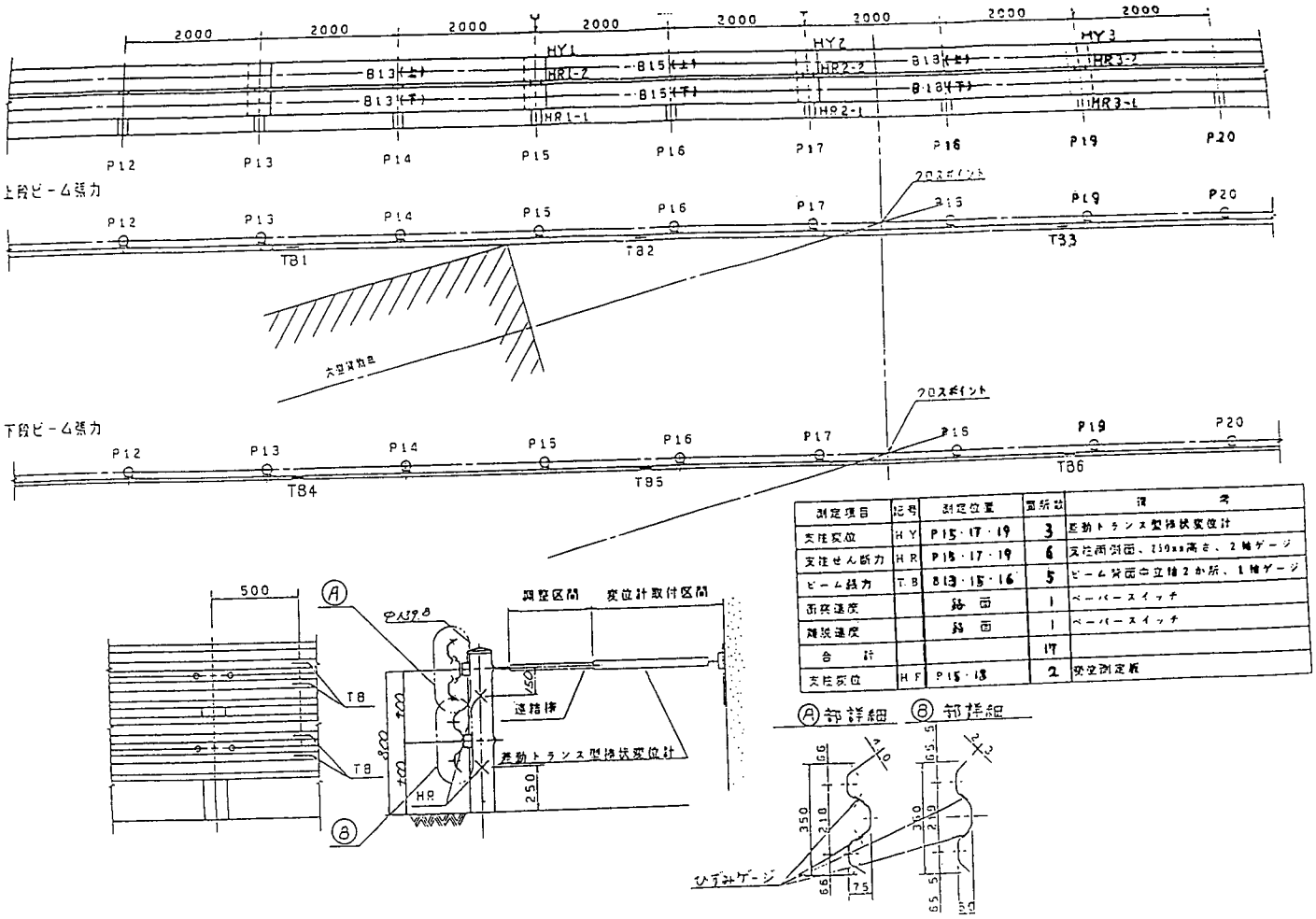
		Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ
衝突条件	車両質量(t)	１４
	衝突速度(km/h)	８０
	衝突角度(度)	１５
	衝撃度(kJ)	２３２
演算結果	離脱速度(km/h)	７１．９
	離脱角度(度)	１２．６
	最大進入行程(m)	０．４６
	防護柵変形範囲(m)	２０
	防護柵最大変形量(m)	０．６５
	支柱最大変形量(m)	０．６１１
	ビーム最大張力(kN)	３６８
	最大合成加速度(m/s²)	１６６

（5）供試体の配置および計測位置

供試体の配置および計測位置を図－７．１．３、４にそれぞれ示す。



図－７．１．３供試体配置図　（Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ）　(単位：mm)



測定項目	記号	測定位置	個所数	備考
支柱変位	HY	P15・17・19	3	差動トランス型摺状変位計
支柱せん断力	HR	P15・17・19	6	支柱両側面、210mm高さ、2軸ゲージ
ビーム張力	TB	B13・15・16	5	ビーム底面中立軸2か所、1軸ゲージ
通過速度		路面	1	ペーパースイッチ
離脱速度		路面	1	ペーパースイッチ
合計			17	
支柱変位	HF	P15・18	2	予定測定点

図－７．１．４　供試体計測位置図（Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ）　（単位：mm）

（6）実験結果および考察

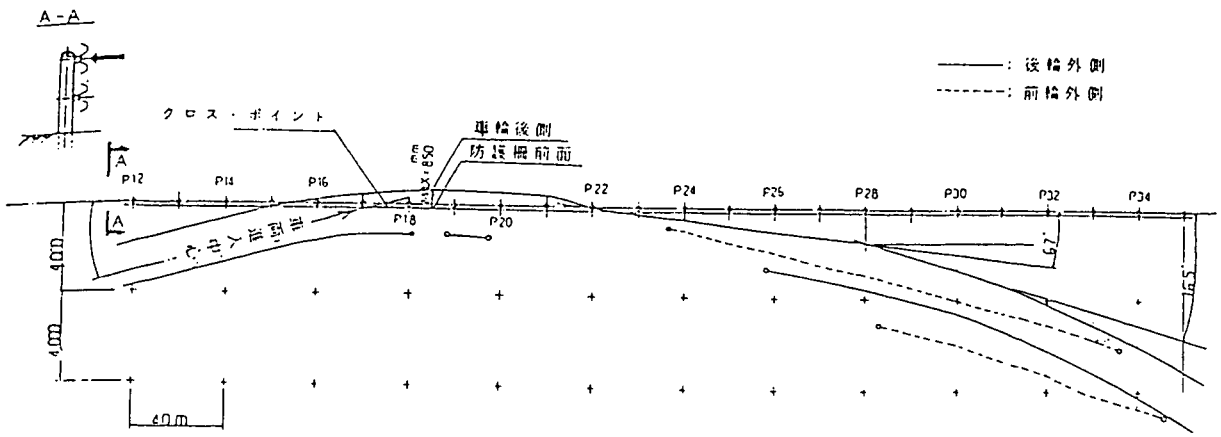
実験結果を表－７．１．３に示す。

表－７．１．３　実験結果一覧表

実験供試体				Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ
衝突条件	車両質量(t)			１４
	衝突速度(km/h)			８０．０
	衝突角度(度)			１５
	衝撃度　(kJ)			２３２
離脱速度(km/h)				６５．１
離脱角度(度)				６．７
接触長(m)				２２．４６
最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		１，１７２
		残留	直角(Y)方向(mm)	１，０６８
			延長(X)方向(mm)	１０８
	ビームY方向残留変位(mm)			１，０４０
最大進入行程(mm)				５９０
車両最大傾斜角(度)				３０．２
支柱最大水平力(kN)				４８．８
ビーム最大張力(kN)				２３２
車両重心最大加速度(高速度写真)		進行(X)方向(m/s²)		２９．４
		直角(Y)方向(m/s²)		５１．９
		合成　(m/s²)		－

１）車両誘導性

質量14tの車両は、速度80km/h、角度15度、衝撃度232kJで防護柵に衝突した。衝突後の大型貨物車は、離脱速度65.1km/h（で減速率は18.6%）で急激な速度低下もなく、6.7°という浅い角度で離脱した。最大進入行程は、590mm(車輪外側進入量は、850mm)であった。車両軌跡図を図－７．１．５に示す。



図－７．１．５　車両軌跡図（Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ）　（単位：mm）

2）防護柵強度

①支柱

支柱の単独最大水平力はP15で39kN、P17で48.8kN、P19で46.9kNであった。

表－７．１．４　支柱の最大変位量(支柱頂部)

支柱番号	P15	P16	P17	P18	P19
最大変位量(mm)	164	580	952	1,090	1,172

表－７．１．５　支柱の最大水平力

支柱番号		P15	P17	P19
最大水平力 (kN)	支柱根元部	31.16	35.67	36.65
	上下ビーム間	27.83	－	－
	合計	39.10	48.80	46.94

②ビーム

ビーム張力測定では、最大張力が発生したと思われる箇所の計測は出来なかったが、B13で最大張力を比較すれば、上段ビームで79.48kN、下段ビームで91.38kNで、下段ビームのほうが13%((93-79)/93×100)上段ビームよりも張力が上回った。ビームのコルゲーションのつぶれ状況からしてビームは破断はしなかったものの、限界状態であったと考えられる。

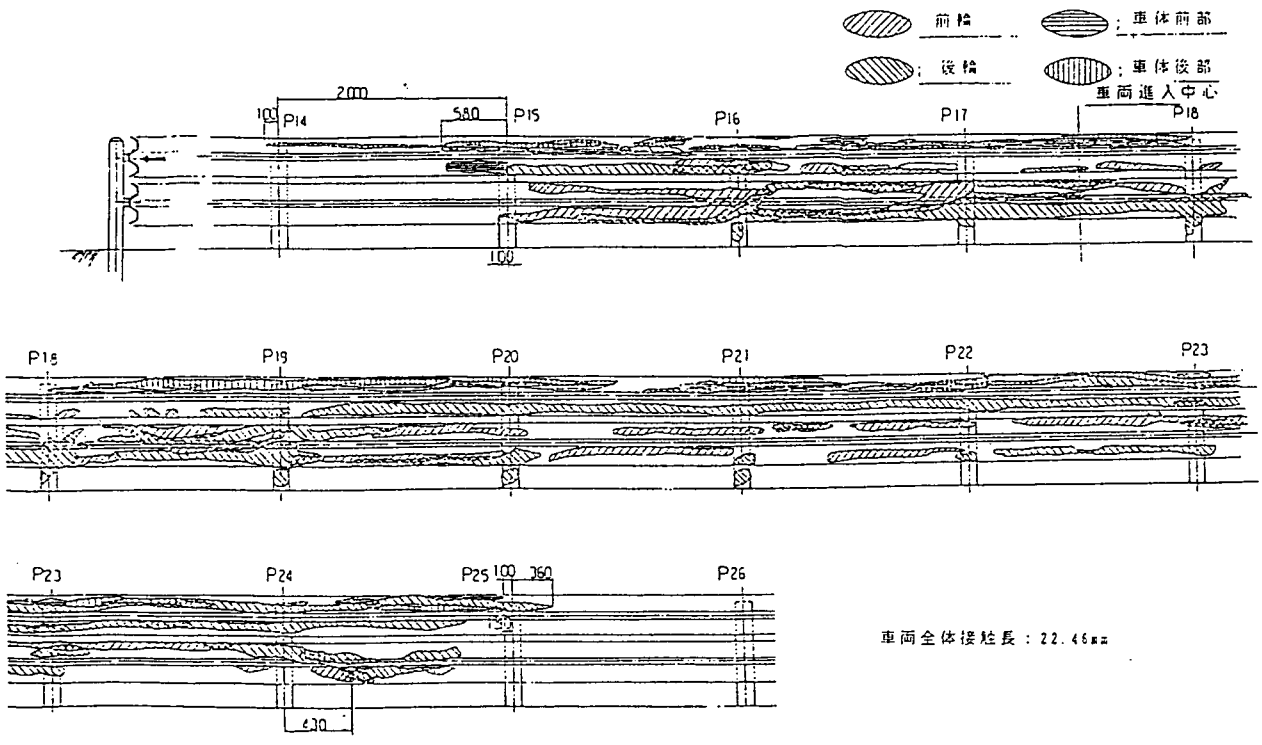
表－７．１．６　ビームの最大張力

ビーム番号		B13	B15	B18
最大張力 (kN)	上段ビーム	79.48	231.7	－
	下段ビーム	91.38	－	－

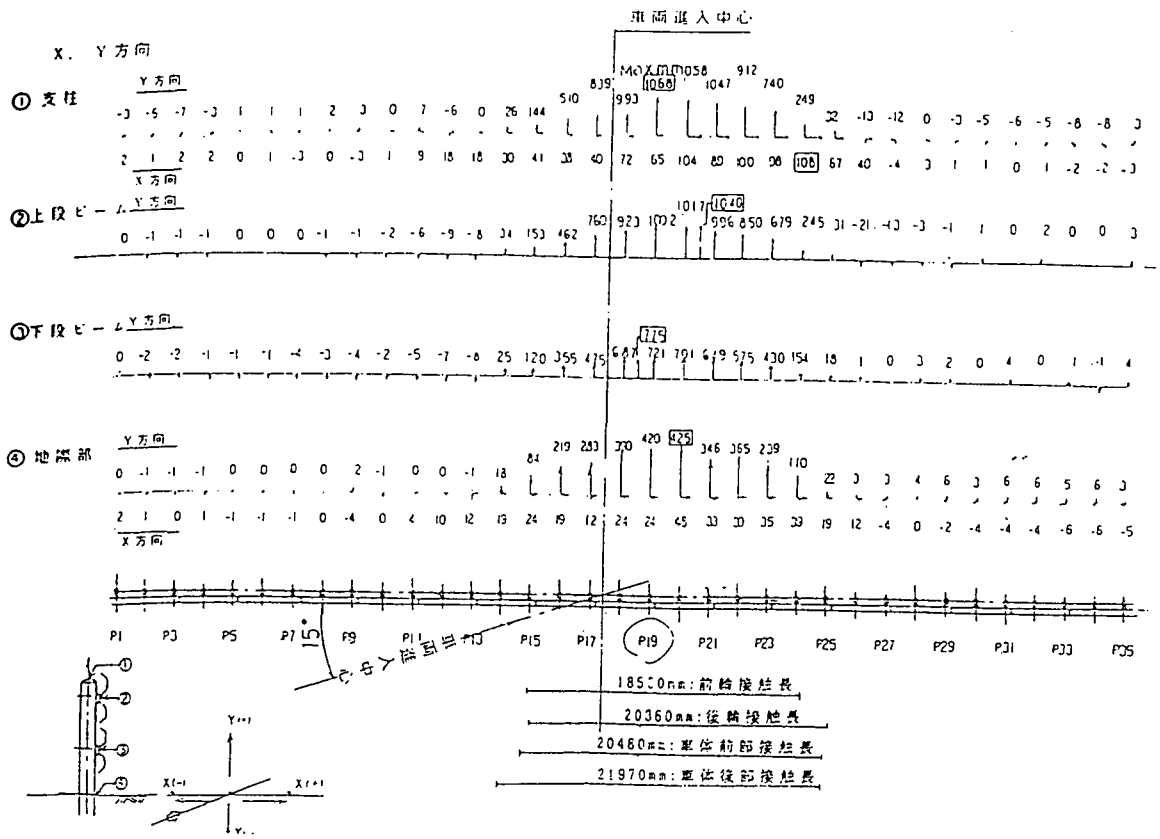
③ブラケット

ブラケットは変形性能及び、ビームから支柱への荷重伝達を満足しており、またビーム接合ボルトの破断は認められなかったので、強度的には十分であると考えられる。

車両接触跡を図－７．１．６に、防護柵変形状況を図－７．１．７に示す。



図－７．１．６車両接触跡（Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ）　（単位：mm）



図－７．１．７　防護柵変形状況（Ｇｒ－Ｓ－２Ｅ）　（単位：mm）

3）防護柵損傷状況

①支柱

支柱6本(P16~P21)に左後輪の踏付、10本(P15~P24)に背面方向に傾斜または倒れ、9本(P16~P24)に土中部の"く"の字曲りは(平均GL-415mm：GL-340mm~GL--455mm)あるが、抜け出しや損傷はなかった。

②ビーム

上下段ビームともに、車両衝突によりビームの変形が生じた。

下段ビームに、ブラケット支柱取付ボルトの穴あき4箇所(P16,18,20,21)が発生した。

③ブラケット

ブラケット１１カ所(P16~P26)に変形または潰れ等はあるが、破断はなかった。

④ボルトおよび接合部

継手部の最大ズレは上段が23mm(P17)、下段が28mm(P17)であったが、ビーム端部およびボルトの引き抜けや破断はなかった。

4）車両損傷状況

左側前部バンパー、フェンダーに約120mm程度の凹みがあった。荷台の先端から後輪付近まで高さ1,120mmの箇所に擦傷があった。

左後前輪(外側)がバースト、左後後輪の外側側面に深さ5mm程度の削傷があった(バースト無し)が、ステアリングには大きな損傷がなく、自力走行可能であった。

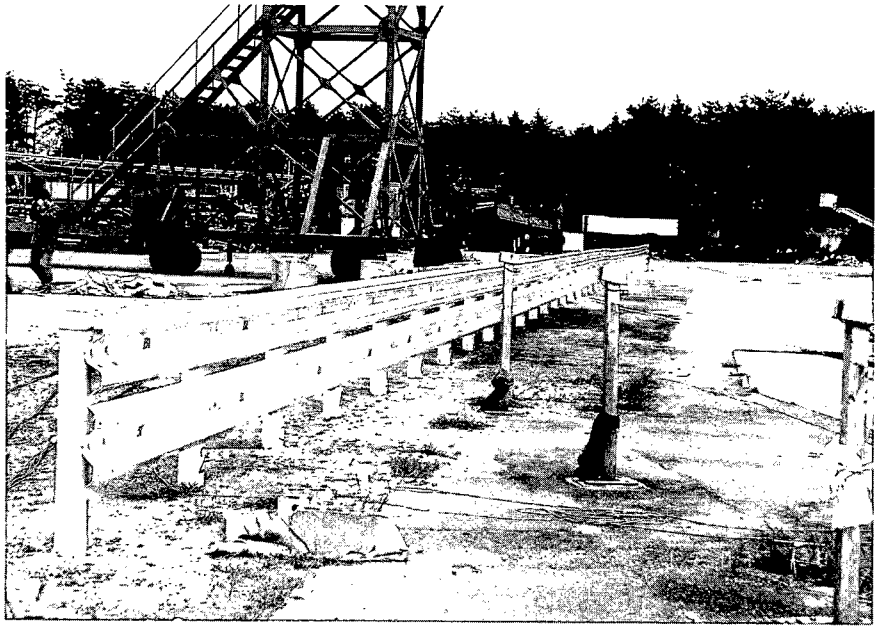
5）乗員の安全性

車室内の生存空間は確保されており、車室内に搭載したダミー頭部にも損傷が無いことから、乗員の安全性は確保されていた。

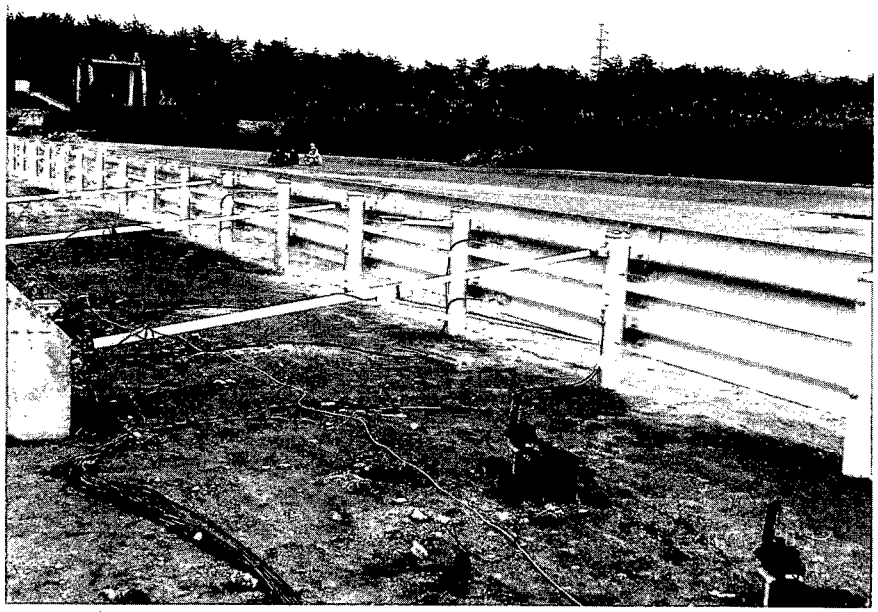
6）考察

Ｇｒ－Ｓ－２Ｅの衝突実験では、要綱で要求されている諸機能に大きな問題もなく、満足できる結果であった。

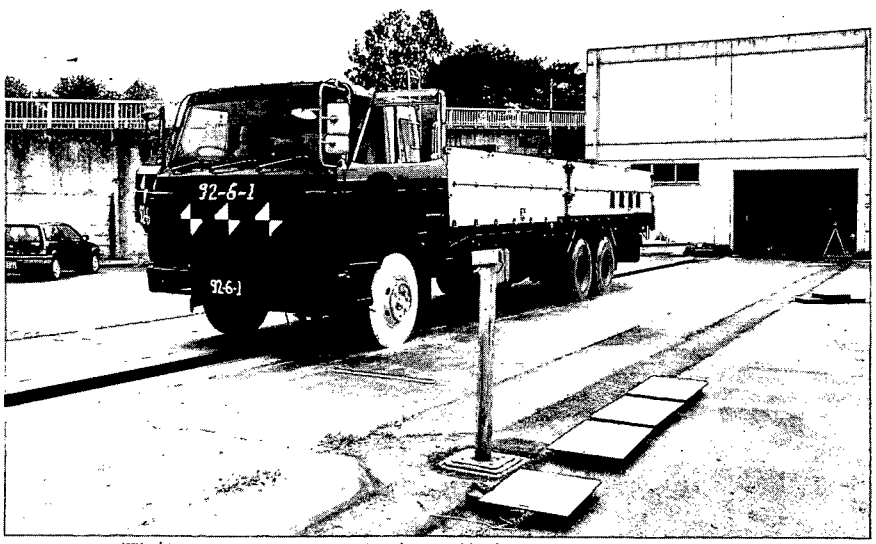
この実験から車両の路外逸脱防止能力のある防護柵であることが確認されたが、前述の車両の誘導性および防護柵の強度・損傷等から判断すると十分余裕のある状態ではなく、防護柵のこれらの諸機能が限界に近い状態にあったものと考えられる。



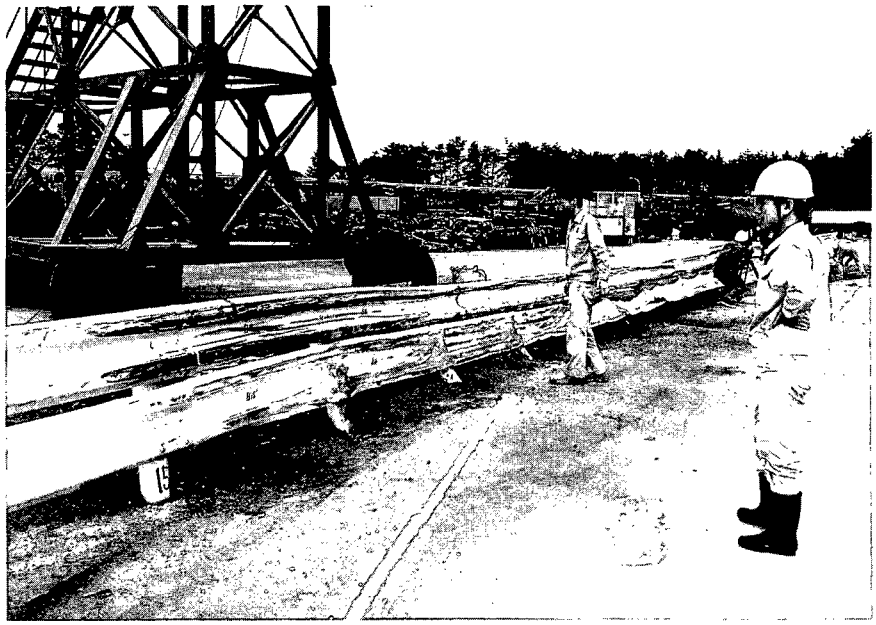
写真－７．１．１（１）　供試体（Gr-S-2E：14t,80km/h,15 度）



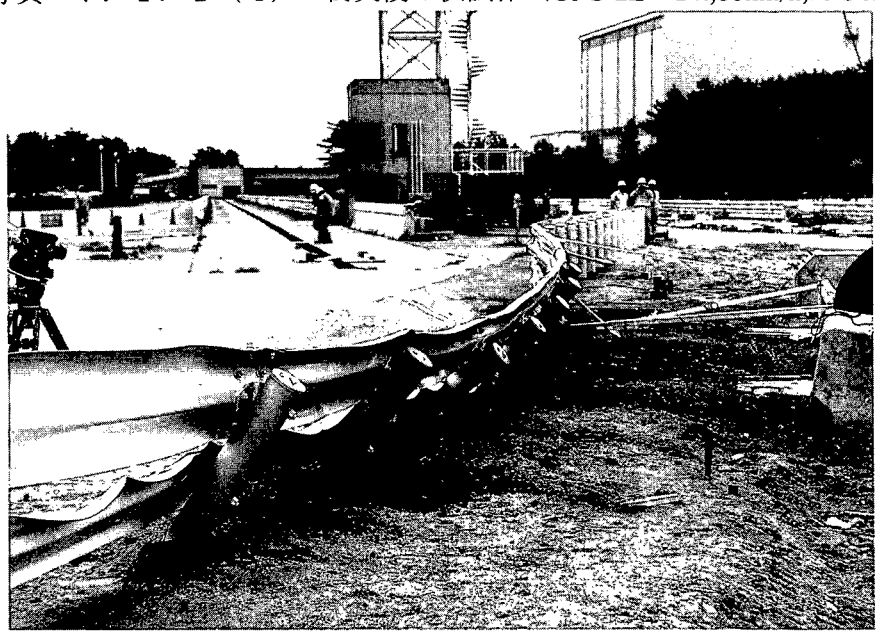
写真－７．１．１（２）　供試体（Gr-S-2E：14t,80km/h,15 度）



写真－７．１．１（３）　衝突車両（貨物車１４ｔ）



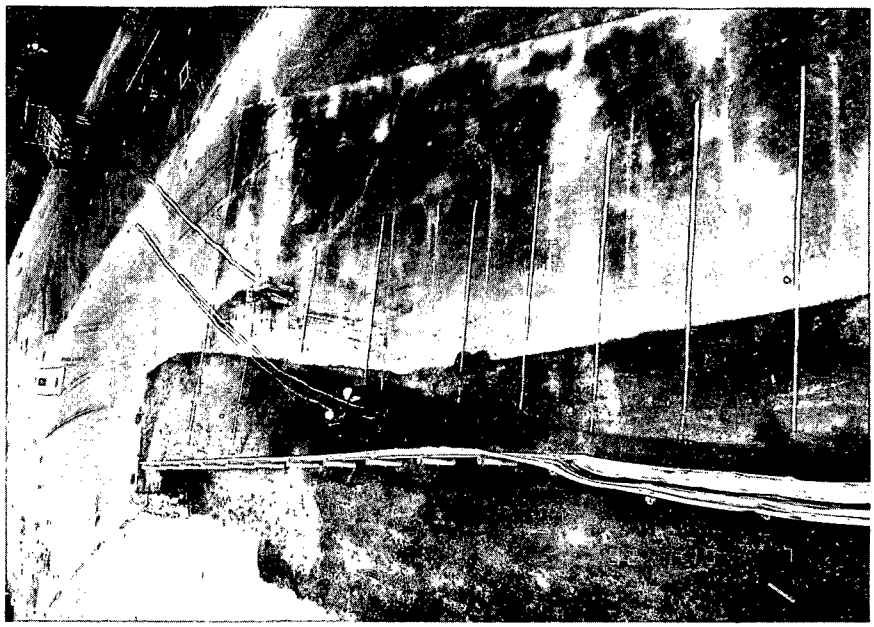
写真－７．１．１（４）　衝突後の供試体（Gr-S-2E：14t,80km/h,15 度）



写真－７．１．１（５）　衝突後の供試体（Gr-S-2E：14t,80km/h,15 度）



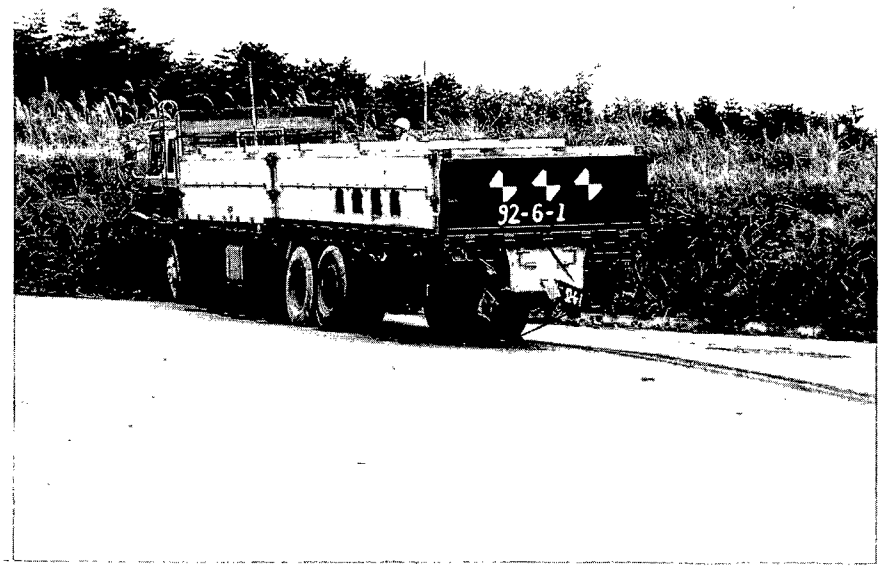
写真－７．１．１（６）　衝突後の供試体（Gr-S-2E：14t,80km/h,15 度）



写真－７．１．１（７）　衝突後の供試体（Gr-S-2E：14t,80km/h,15 度）



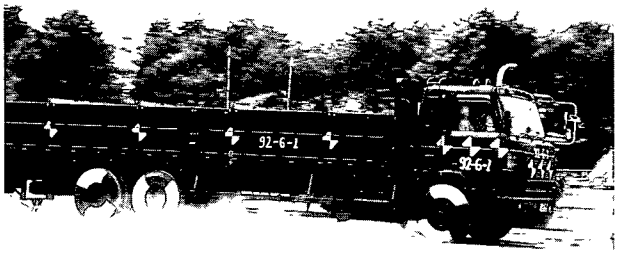
写真－７．１．１（８）　衝突後の車両

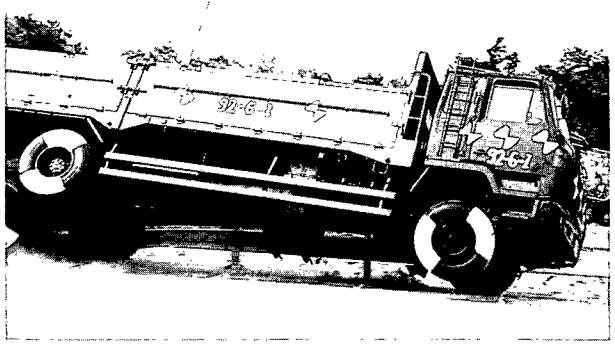


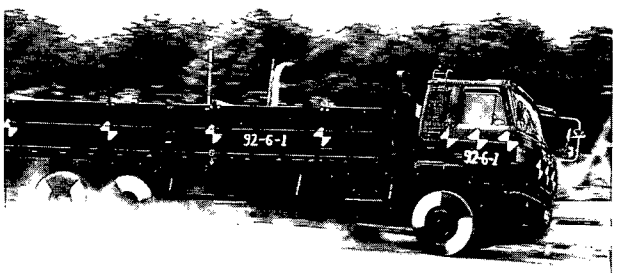
写真－７．１．１（９）　衝突後の車両



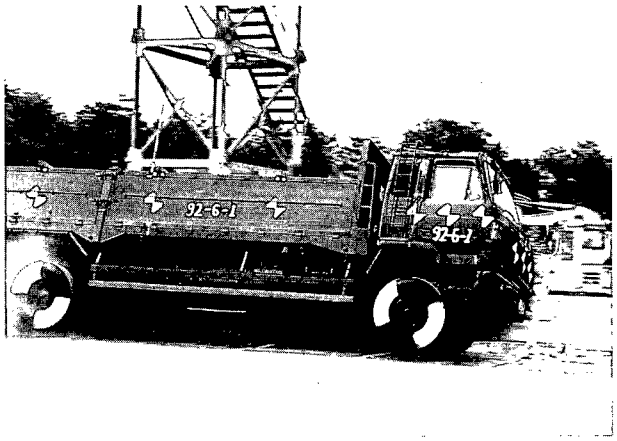


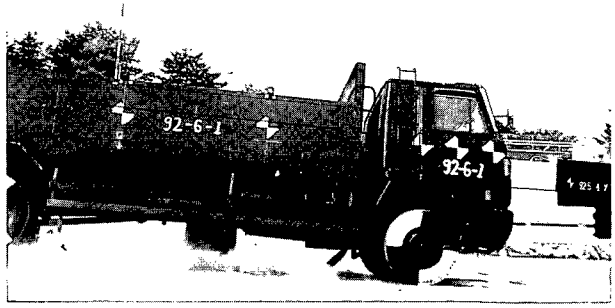




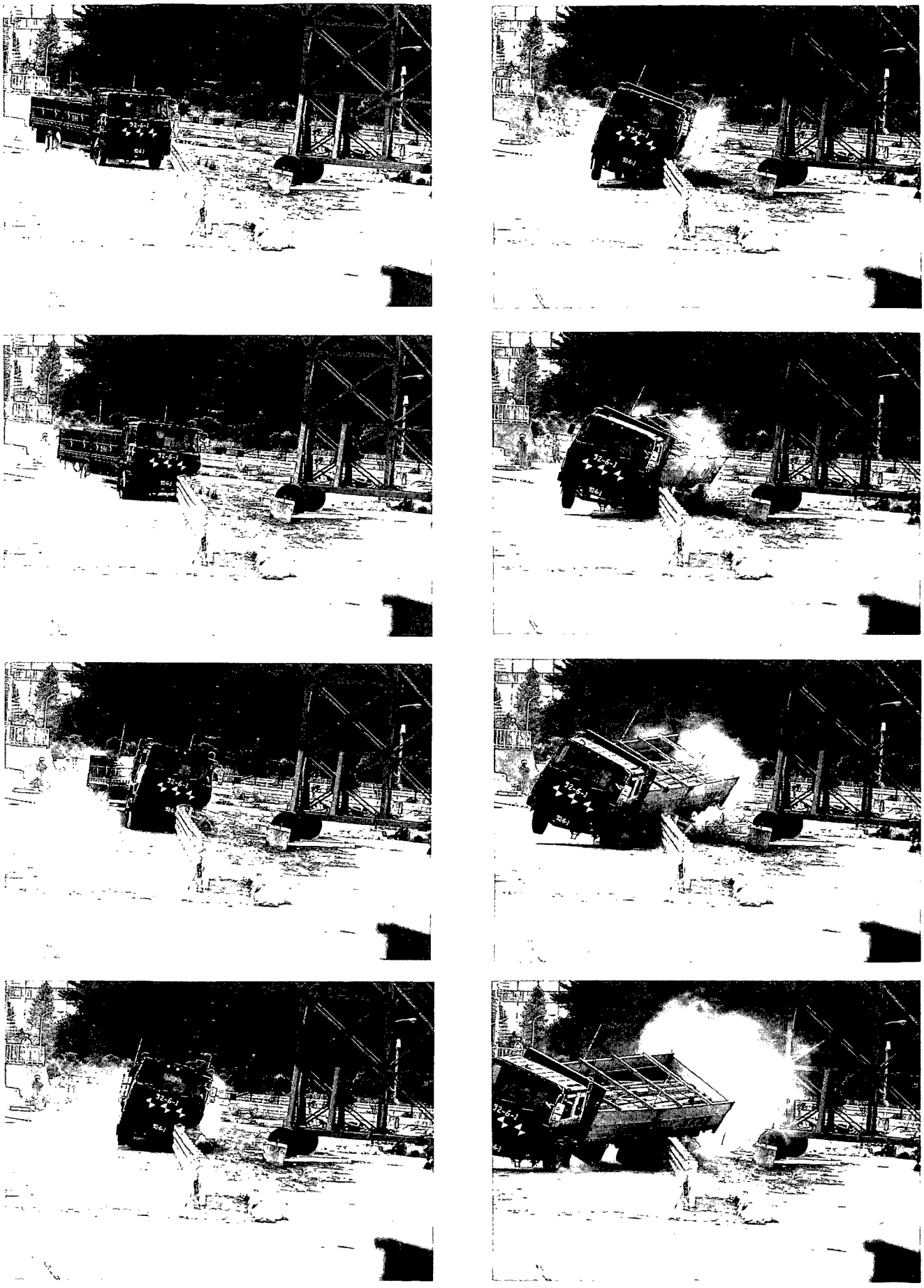








写真－７．１．１（１０）　衝突状況（Gr-S-2E）

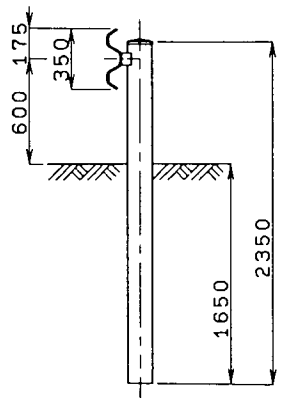


写真－７．１．１（１１）　衝突状況（Gr-S-2E）

7．1．2．路側用ガードレール　種別A

（1）実験目的

本実験は、路側用ガードレール種別A（土中用Gr－A－4E）について、防護柵の性能限界を把握することを目的として実施した。



図－7．1．8　断面図　（単位：mm）

（2）衝突条件

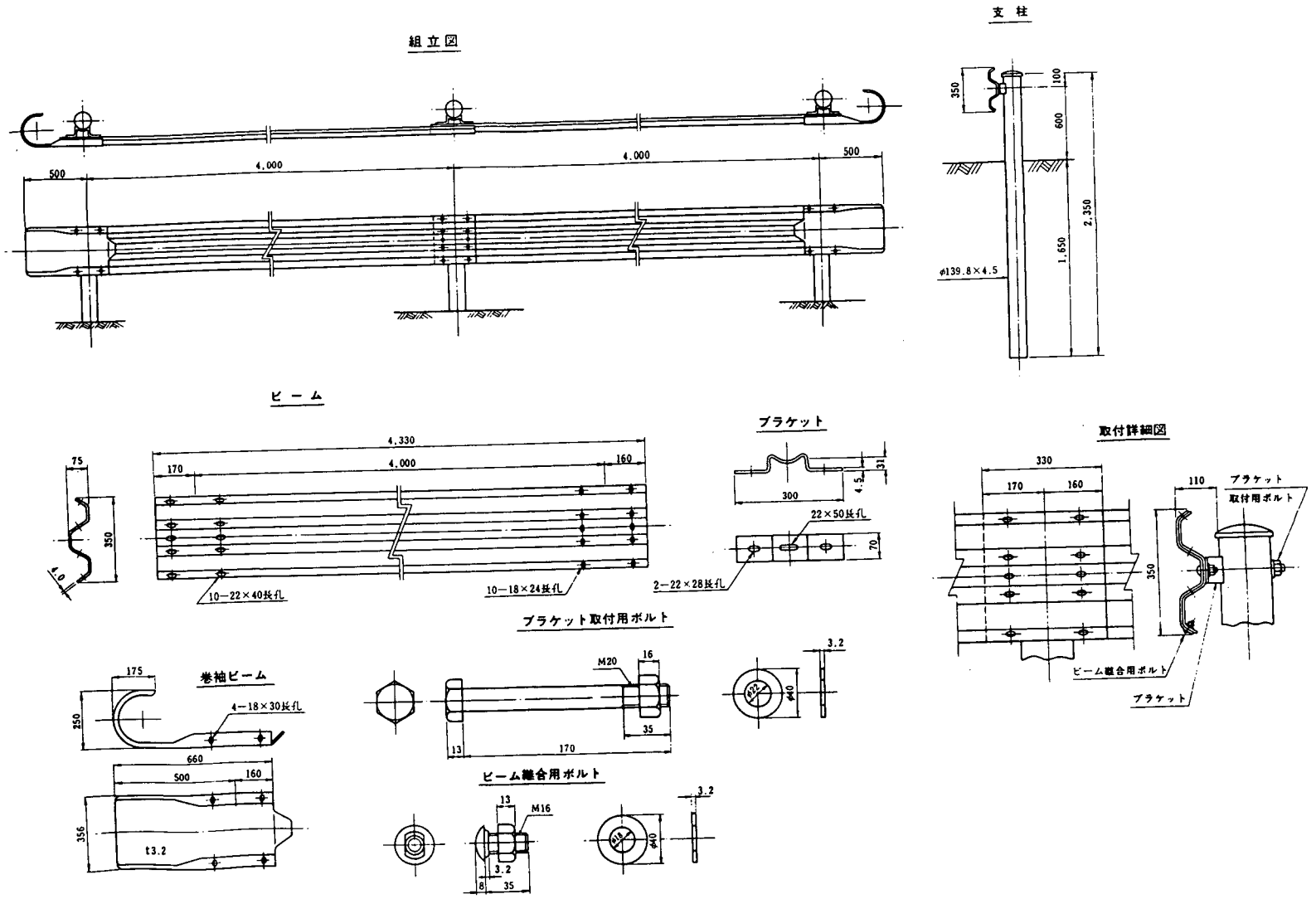
実験は、同じ構造で2ケース実施した。それぞれの衝突条件を表－7．1．7に示す。

表－7．1．7　衝突条件

	実験－1	実験－2
衝突車両	貨物車	貨物車
車両質量	20t	20t
衝突速度	50km/h	40km/h
衝突角度	20度	20度
衝撃度	225kJ	144kJ

（3）供試体構造

供試体構造を図－7．1．9に示す。



図－７．１．９　構造図　（単位：mm）

（4）衝突シミュレーションによる検討

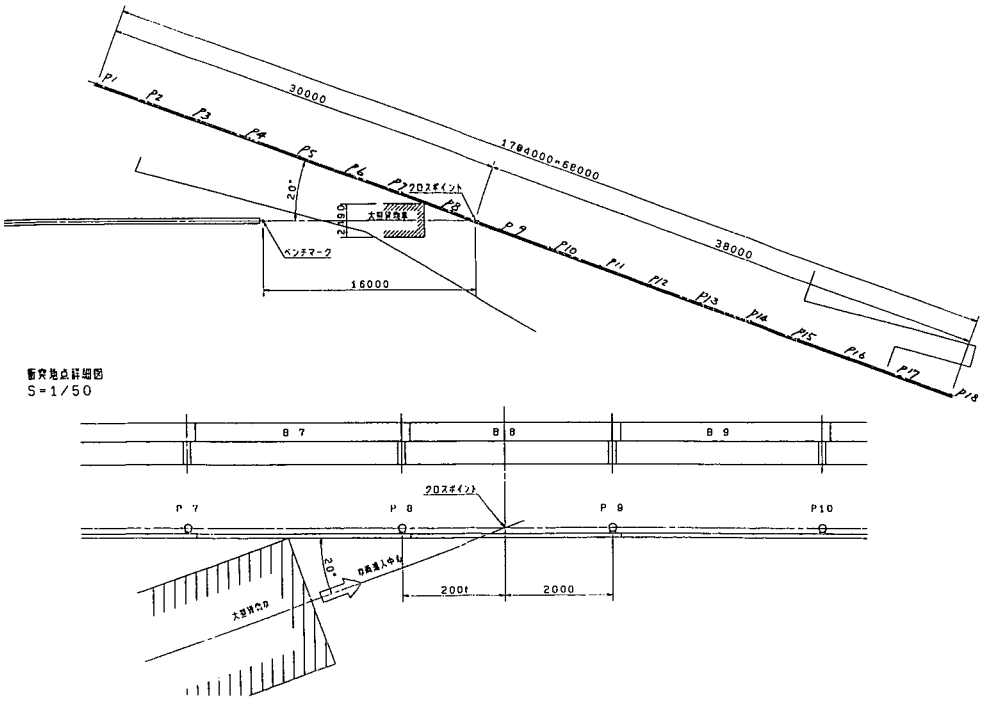
衝突シミュレーションで演算した結果を表－７．１．８に示す。

表－７．１．８　衝突シミュレーション

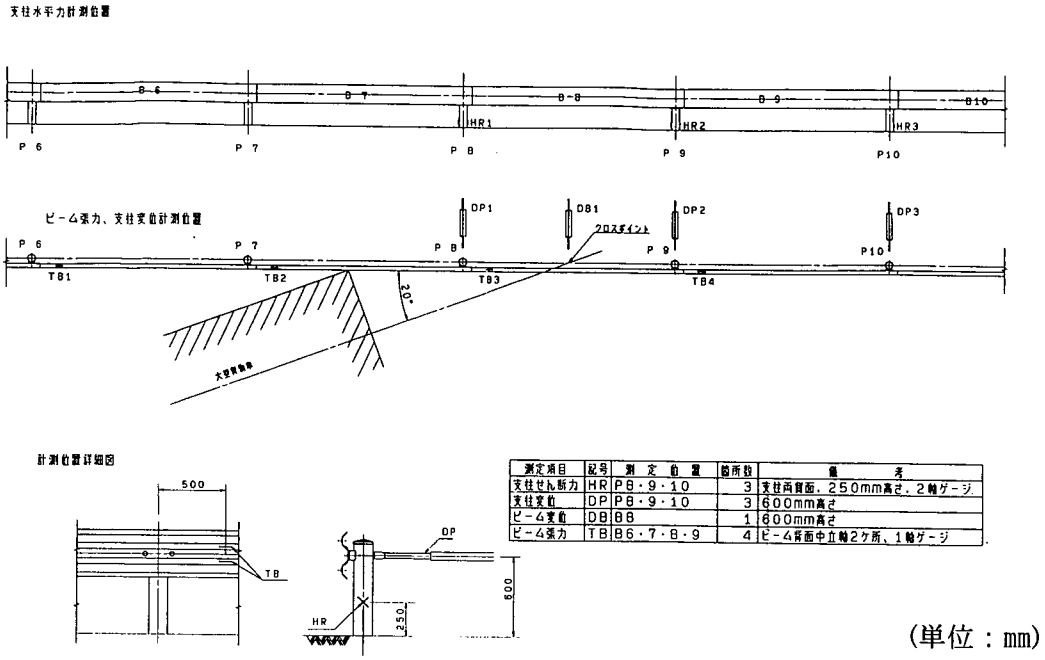
		実験－１	実験－２
衝突条件	車両質量(t)	２０	２０
	衝突速度(km/h)	５０	４０
	衝突角度(度)	２０	２０
	衝撃度(kJ)	２２５	１４４
演算結果	離脱速度(km/h)	離脱無し	３６．９４
	離脱角度(度)	離脱無し	－１．５１
	最大進入行程(m)	０．３２	０．１８
	防護柵変形範囲(m)	２０．０	１５．０
	防護柵最大変形量(m)	０．５６	０．４６
	支柱最大変形量(m)	０．４２６	０．３１５
	ビーム最大張力(kN)	２５１．６	１９６．８
	最大合成加速度(m/s²)	１４．３	１０．１

（5）供試体の配置および計測位置

実験１，２の供試体の配置を図－７．１．１０、実験－１の計測位置を図－７．１．１１、実験－２の計測位置を図－７．１．１２に示す。



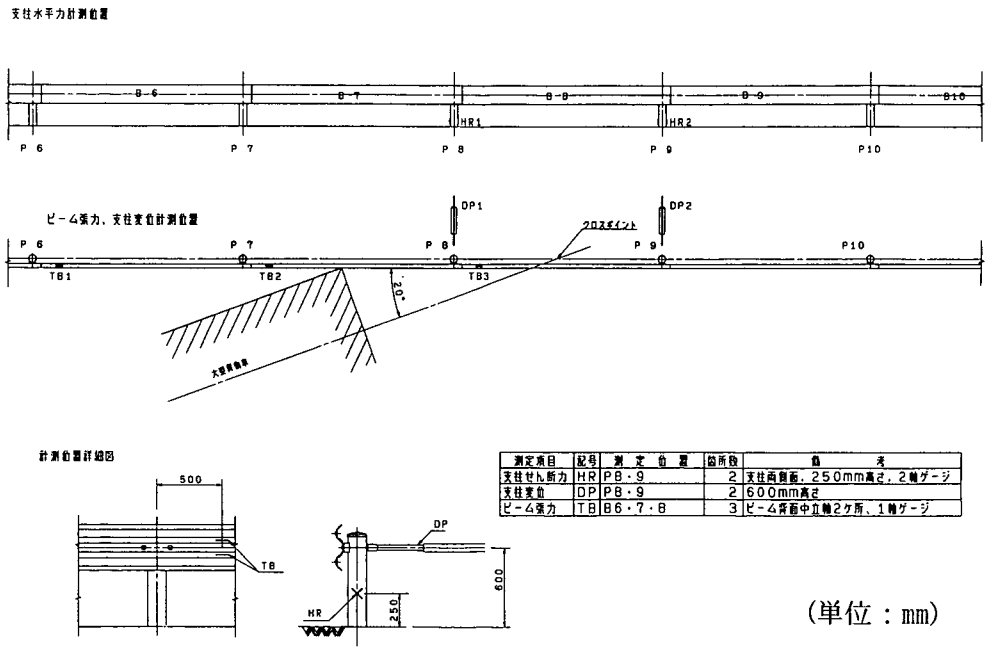
図－７．１．１０供試体配置図（実験－１，２）　（単位：mm）



測定項目	記号	測 定 位 置	箇所数	備 考
支柱せん断力	HR	P8・9・10	3	支柱両側面，250mm高さ，2軸ゲージ
支柱変位	DP	P8・9・10	3	600mm高さ
ビーム変位	DB	B8	1	600mm高さ
ビーム張力	TB	B6・7・8・9	4	ビーム背面中立軸2ケ所，1軸ゲージ

(単位：mm)

図－７．１．１１　計測位置（実験－１）



測定項目	記号	測 定 位 置	箇所数	備 考
支柱せん断力	HR	P8・9	2	支柱両側面，250mm高さ，2軸ゲージ
支柱変位	DP	P8・9	2	600mm高さ
ビーム張力	TB	B6・7・8	3	ビーム背面中立軸2ケ所，1軸ゲージ

(単位：mm)

図－７．１．１２　計測位置図（実験－２）

（6）実験結果および考察

実験結果を表－７．１．９に示す。

表－７．１．９　実験結果一覧表

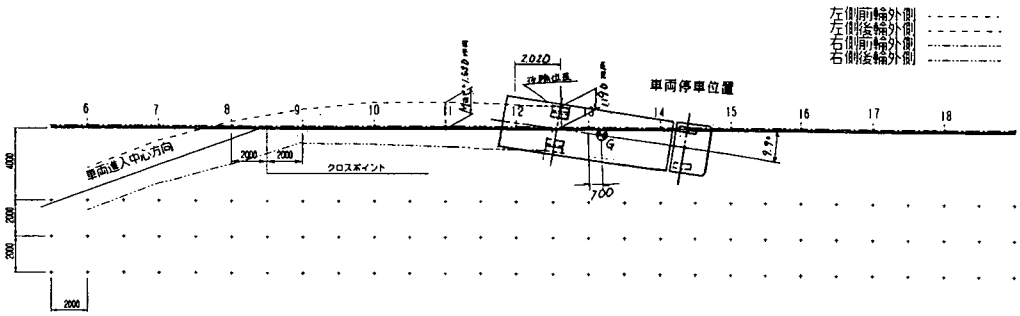
				実験－１	実験－２
実験供試体				Gr-A-4E	Gr-A-4E
衝突条件	車両質量(t)			２０	２０
	衝突速度(km/h)			５０	４０
	衝突角度(度)			２０	２０
	衝撃度　(kJ)			２２５	１４４
離脱速度(km/h)				柵上停止	２８．３
離脱角度(度)					６．０
接触長(m)				１９．７５	１３．７２
最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		１，００２	９３０
		残留	直角(Y)方向(mm)	１，１９７	９５０
			延長(X)方向(mm)	１，０５０	１００
	ビームY方向残留変位(mm)			９７７	８８０
最大進入行程(mm)				１，２７０	４６８
車両最大傾斜角(度)				６．５０	－
支柱最大水平力(kN)				５６．８	４７．０
ビーム最大張力(kN)				２８８	８６．２
車両重心加速度（高速度写真）	進行(X)方向(m/s^2)			１０５	－
	直角(Y)方向(m/s^2)			６５．７	－
	合成　(m/s^2)			－	－

1）実験－1（20t, 50km/h, 20度）

①車両誘導性

車両は、衝突速度50.0km/h、角度20度で防護柵に衝突した。衝突後、防護柵は路外方向へ大きく倒れ、車両は防護柵を踏み越え、防護柵を跨いだ状態で停止した。最大進入行程は、1,270mm（車輪外側進入量は、1,530mm）であった。

車両軌跡図を図－７．１．１３に示す。



図－７．１．１３　車両軌跡図（実験－１）　（単位：mm）

②防護柵強度

a）支柱

支柱頂部のY方向最大残留変形はP9で1,197mm、X方向最大残留変位はP13で1,050mmであった。

支柱の最大水平力は、P8で43.7kN、P9で54.1kN、P10で56.8kNであった。

表－７．１．１０　支柱の最大変位量（GL+800mm）

支柱番号	P8	P9	P10
最大変位量（mm）	625	803	515

表－７．１．１１　支柱の最大水平力

支柱番号	P8	P9	P10
最大水平力（kN）	43.71	54.10	56.84

b) ビーム

ビームのY方向の最大変位はビーム中心高さにおいて生じた1,002mmで、最大残留変位はビームP9の977mmであった。

ビーム発生最大張力は、B6で150kN、B7で216kN、B8で288kNであった。

表－７．１．１２　ビームの最大張力

ビーム番号	B6	B7	B8	B9
最大水平力(kN)	150.1	216.3	288.2	425.5

③防護柵損傷状況

a）支柱

P8からP13にかけて、変形が見られたが、引き抜けは発生しなかった。

b）ビーム

衝突車両の踏みつけや接触により、ビームP9からP12までが接地するまで変形し、P10，11では局部変形が見られたが、ビームの破断はなかった。

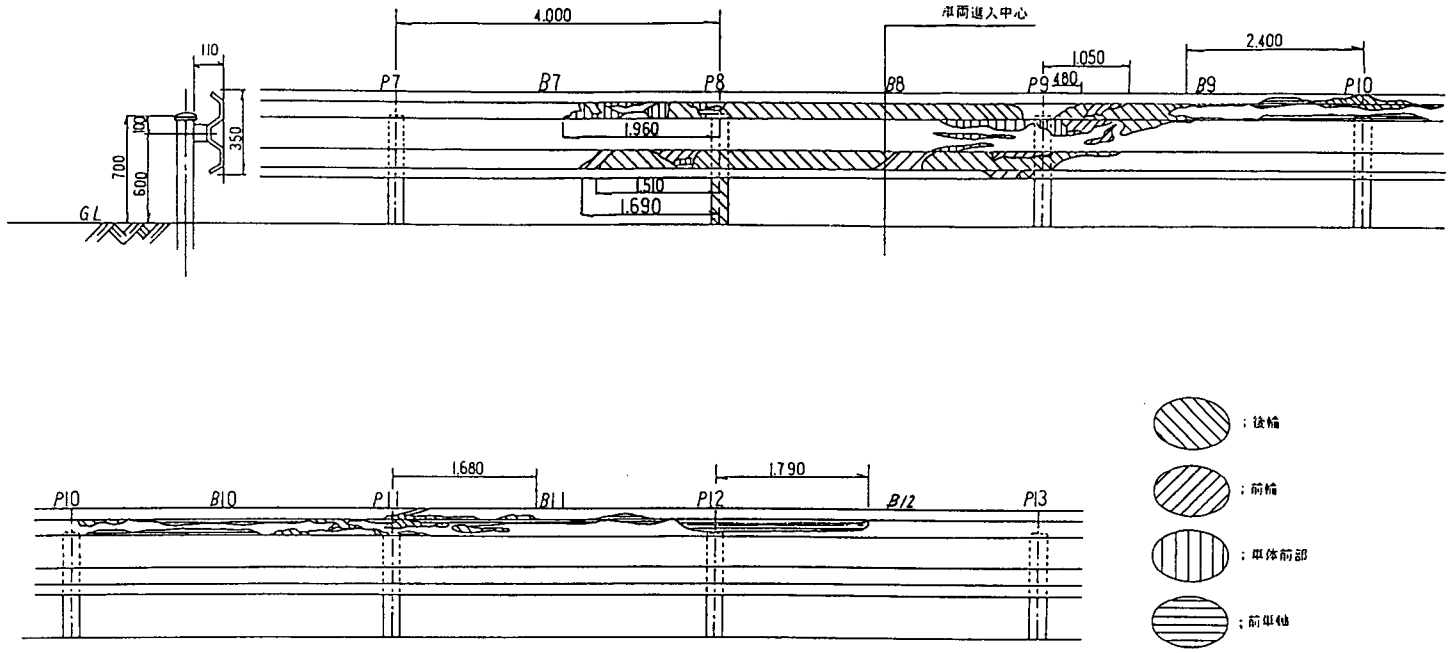
c）ブラケット

ブラケットに大きな損傷はなかった。

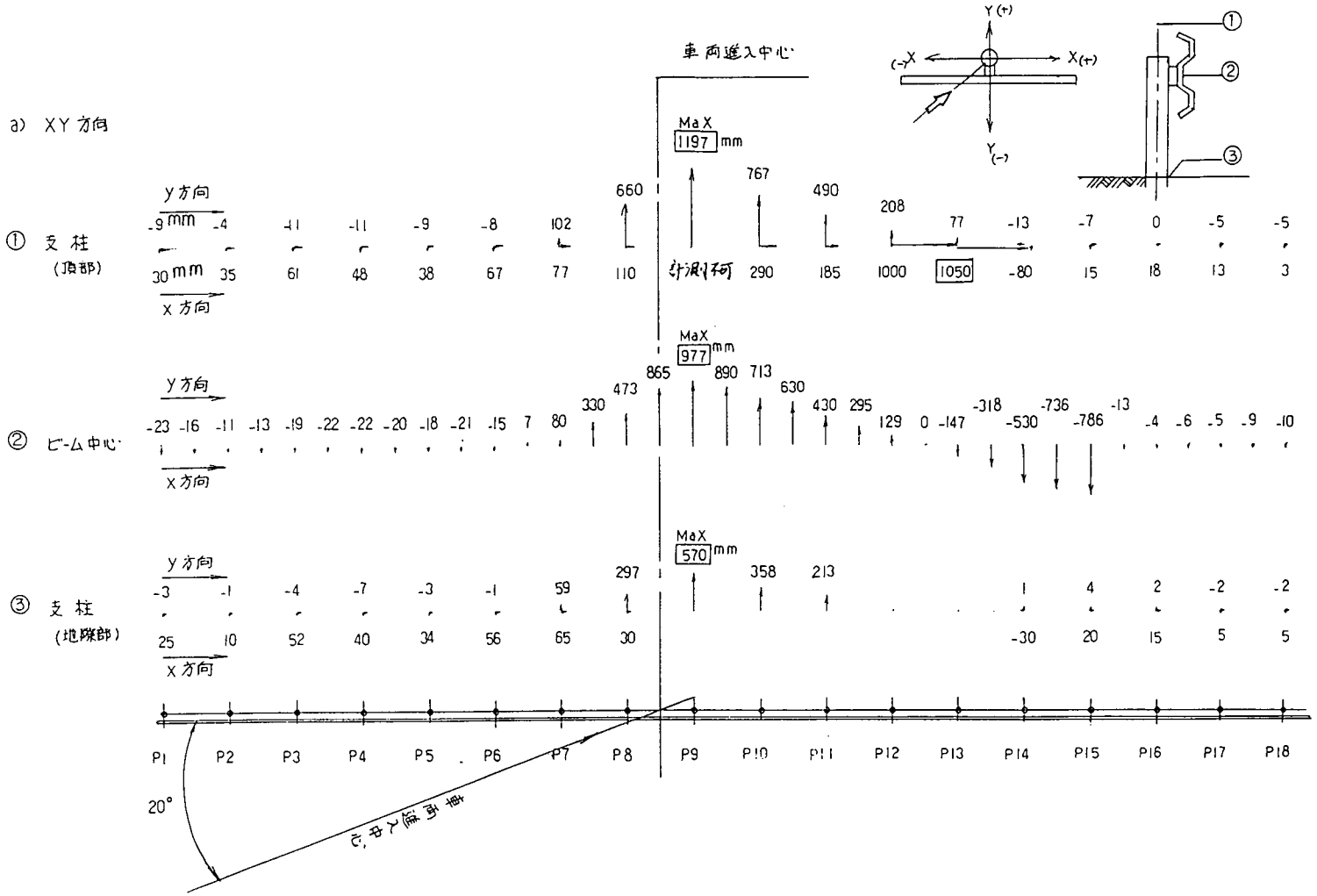
d）ボルトおよび接合部

ビーム継ぎ手部の最大ずれ量は、P6で26mmであった。

車両接触跡を図－７．１．１４に、防護柵変形状況を図－７．１．１５に示す。



図－７．１．１４　車両接触跡（実験－１）　（単位：mm）



図－７．１．１５　防護柵変形状況（実験－１）　（単位：mm）

④車両損傷状況

左側前部バンパー、フェンダーにへこみがあり、燃料タンクに損傷が見られた。

車輪のバーストはなく、車室内にも大きな損傷はなかったが、左側前輪が1,420mm、右側前輪が530mmそれぞれ後方に移動した。

⑤乗員の安全性

車室内に大きな損傷及び変形が無く、乗員の生存空間は確保されていた。

⑥考察

Ｇｒ－Ａ－４Ｅは、要綱での１ランク上の種別にあたる衝撃度230kJ（種別Ｓ）相当の衝突エネルギーに対して、防護柵全体の強度が不足しており、衝突車両を誘導できないことが判明した。

2）実験－2（20t, 40km/h, 20度）

①車両誘導性

質量20tの車両は速度40km/h、角度20度、衝撃度144kJで防護柵に衝突した。衝突後車両は安定した挙動で誘導され離脱した。離脱角度は6度、離脱速度は28.3km/hで、減速率は29%である。最大進入行程は468mm（車輪外側進入量は、730mm）であった。

②防護柵強度

a）支柱

支柱の最大水平力は、衝突から0.9秒後にP8で発生した47.04kNである。

表－7．1．13　支柱の最大変位量（GL+800mm）

支柱番号	P8	P9
最大変位量（mm）	580	930

表－7．1．14　支柱の最大水平力

支柱番号	P8	P9
最大水平力（kN）	45.08	47.04

b）ビーム

ビームの最大張力は、B8で発生した587kNであった。

表－7．1．15　ビームの最大張力

ビーム番号	B6	B7	B8
最大水平力（kN）	86.24	57.82	587.0

c）ブラケット

ブラケットには、大きな変形は見られなかった。

③防護柵損傷状況

a）支柱

車両と防護柵の接触長は、支杜P7～P11間で13.72mであった。支柱の最大残留変形量は、柵直角方向に950mm、柵平行方向に100mmであった。支柱の最大変位はP9の930mmであった。

b）ビーム

ビームの最大残留変形量は、柵直角方向で880mmであった。

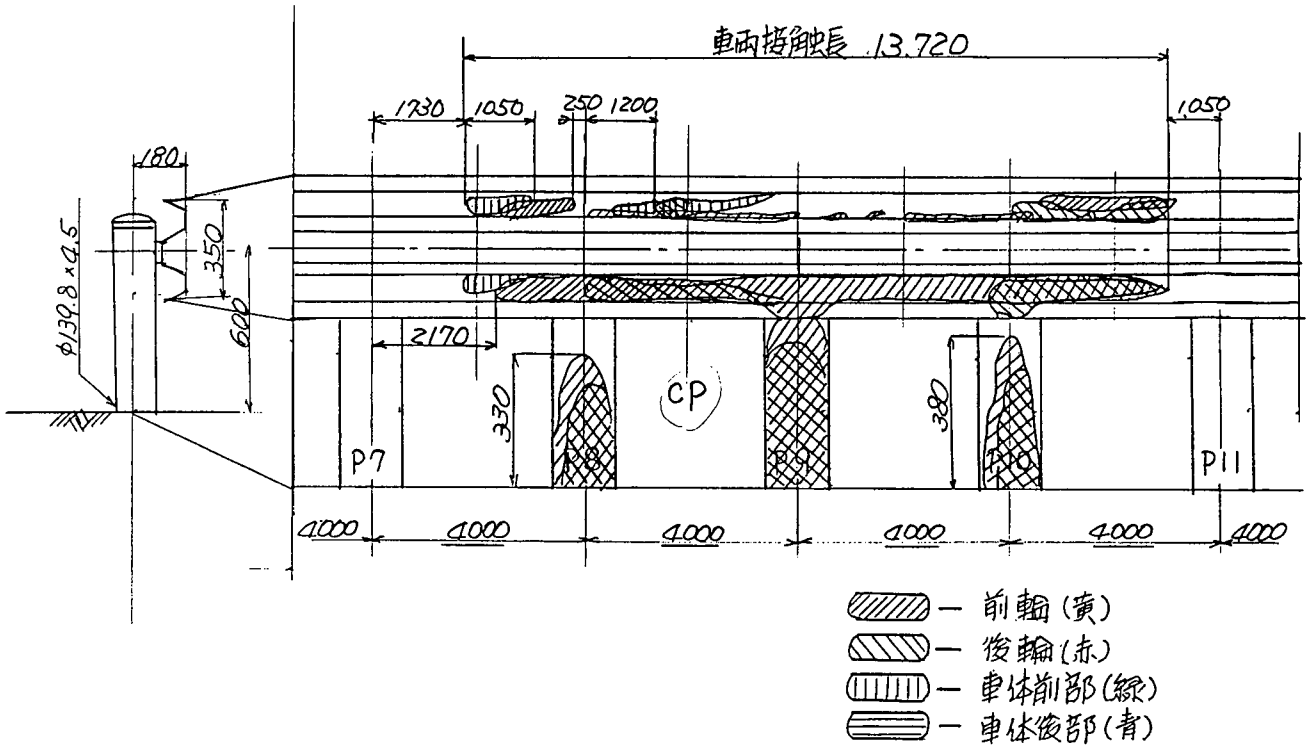
c）ブラケット

ブラケットは、P8～P9・P10の３カ所でつぶれた。

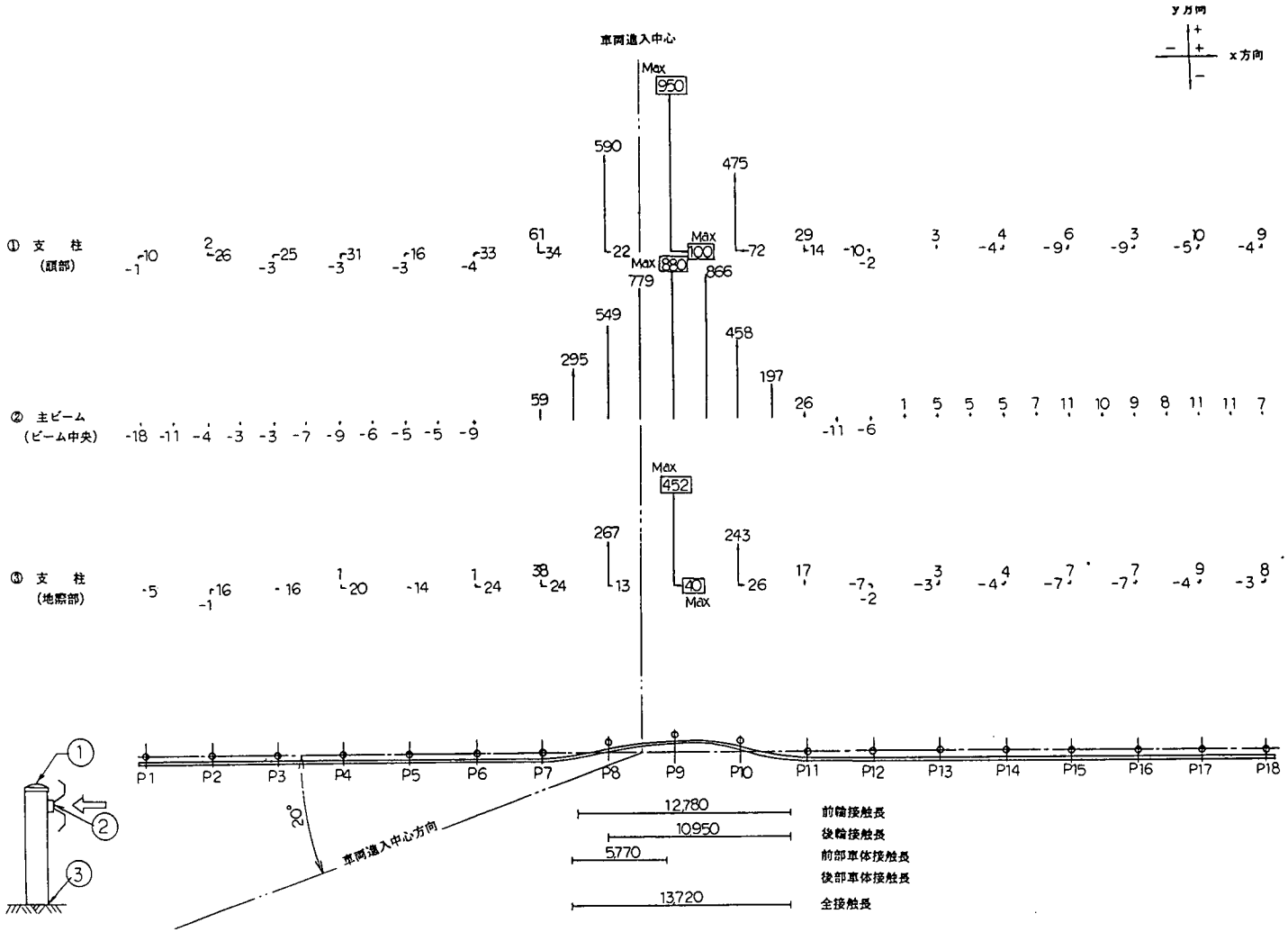
d）ボルトおよび接合部

各ビームに発生した張力により接合部にずれが生じたが、その最大量はP7の20mmであった。

車両接触跡を図－7．1．16に、防護柵変形状況を図－7．1．17に示す。



図－７．１．１６　車両接触跡（実験－２）　（単位：mm）



図－７．１．１７　防護柵変形状況（実験－２）　（単位：mm）

④車両損傷状況

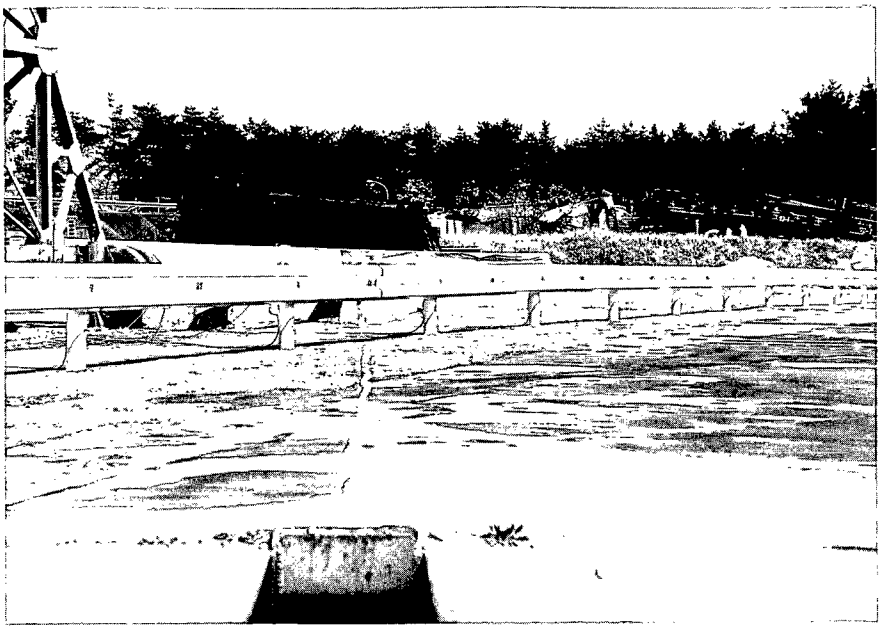
左側前後部のバンパーに軽微な変形がある程度で、自力走行が可能であった。

⑤乗員の安全性

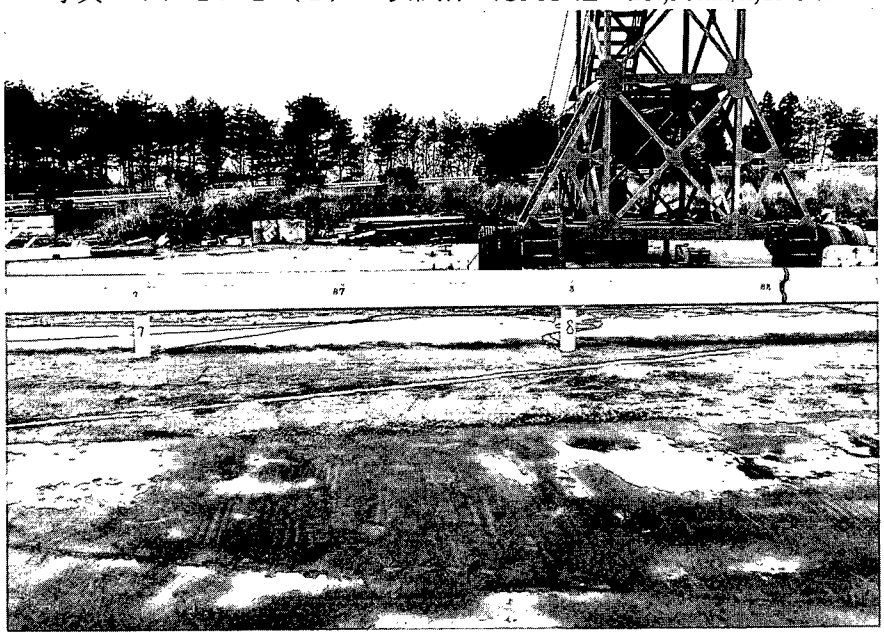
車両の損傷状況が軽微なことから、乗員の安全性は確保されていたと考えられる。

⑥考察

車両は衝突後、良好に誘導され離脱した。また、車両の最大進入行程も1.1m以下となり、評価基準を十分満足した。しかし、柵全体の変形量が大きいことから、Ｇｒ－Ａ－４Ｅは衝撃度144kJ程度が防護柵としての限界と考えられる。



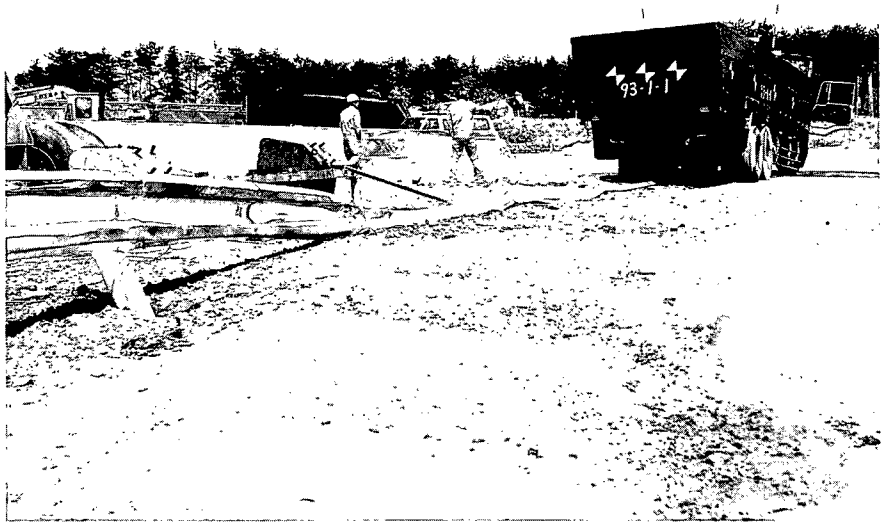
写真－７．１．２（１）　供試体（Gr-A-4E：20t,50km/h,15 度）



写真－７．１．２（２）　供試体（Gr-A-4E：20t,50km/h,15 度）



写真－７．１．２（３）　衝突車両（貨物車２０ｔ）



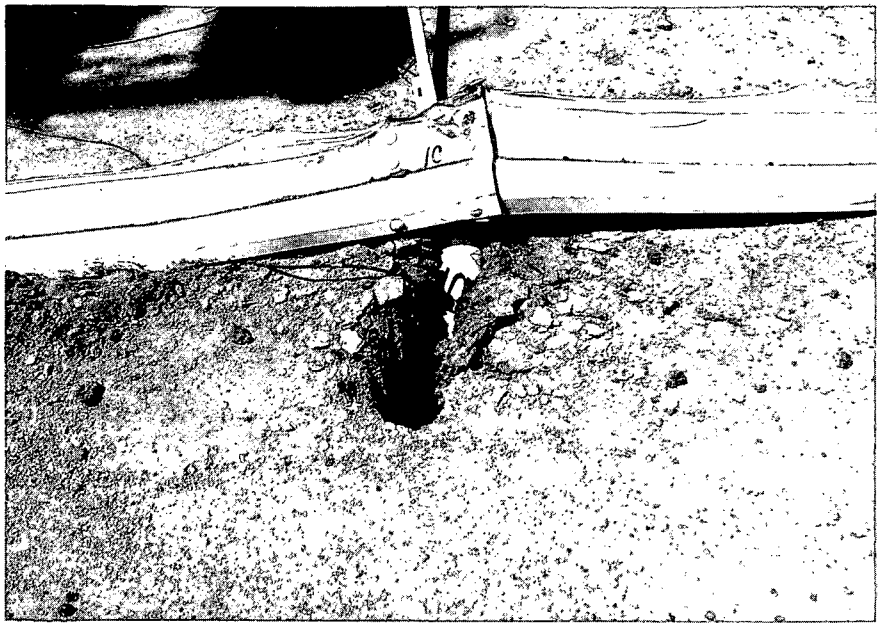
写真－７．１．２（４）　衝突後の供試体（Gr-A-4E：20t,50km/h,15 度）



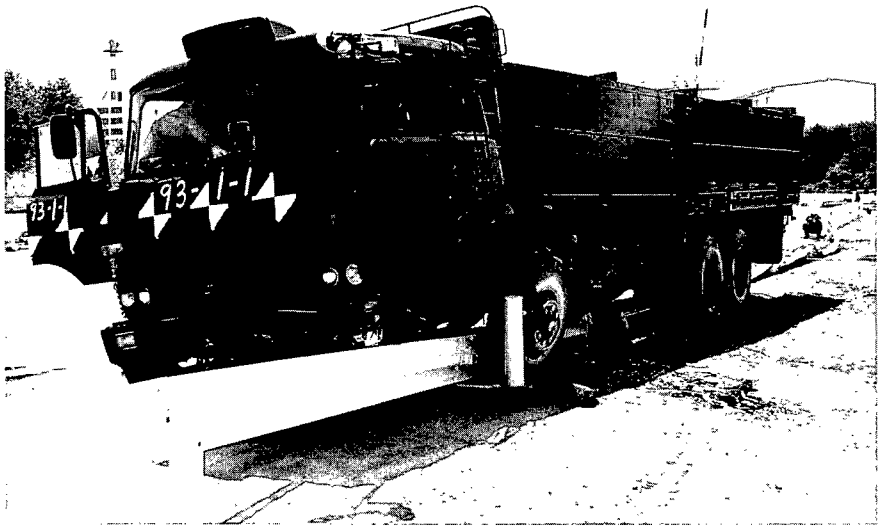
写真－７．１．２（５）　衝突後の供試体（Gr-A-4E：20t,50km/h,15 度）



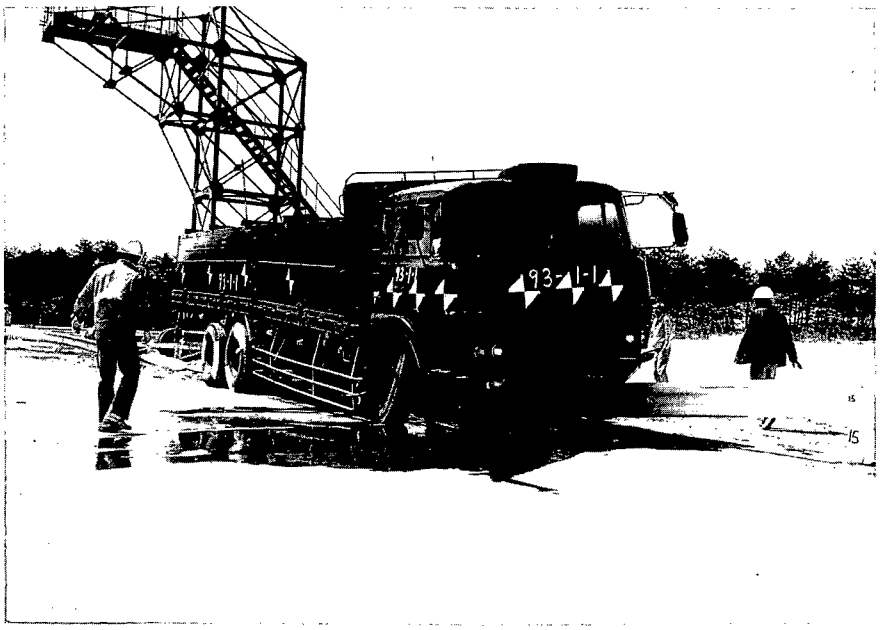
写真－７．１．２（６）　衝突後の供試体（Gr-A-4E：20t,50km/h,15 度）



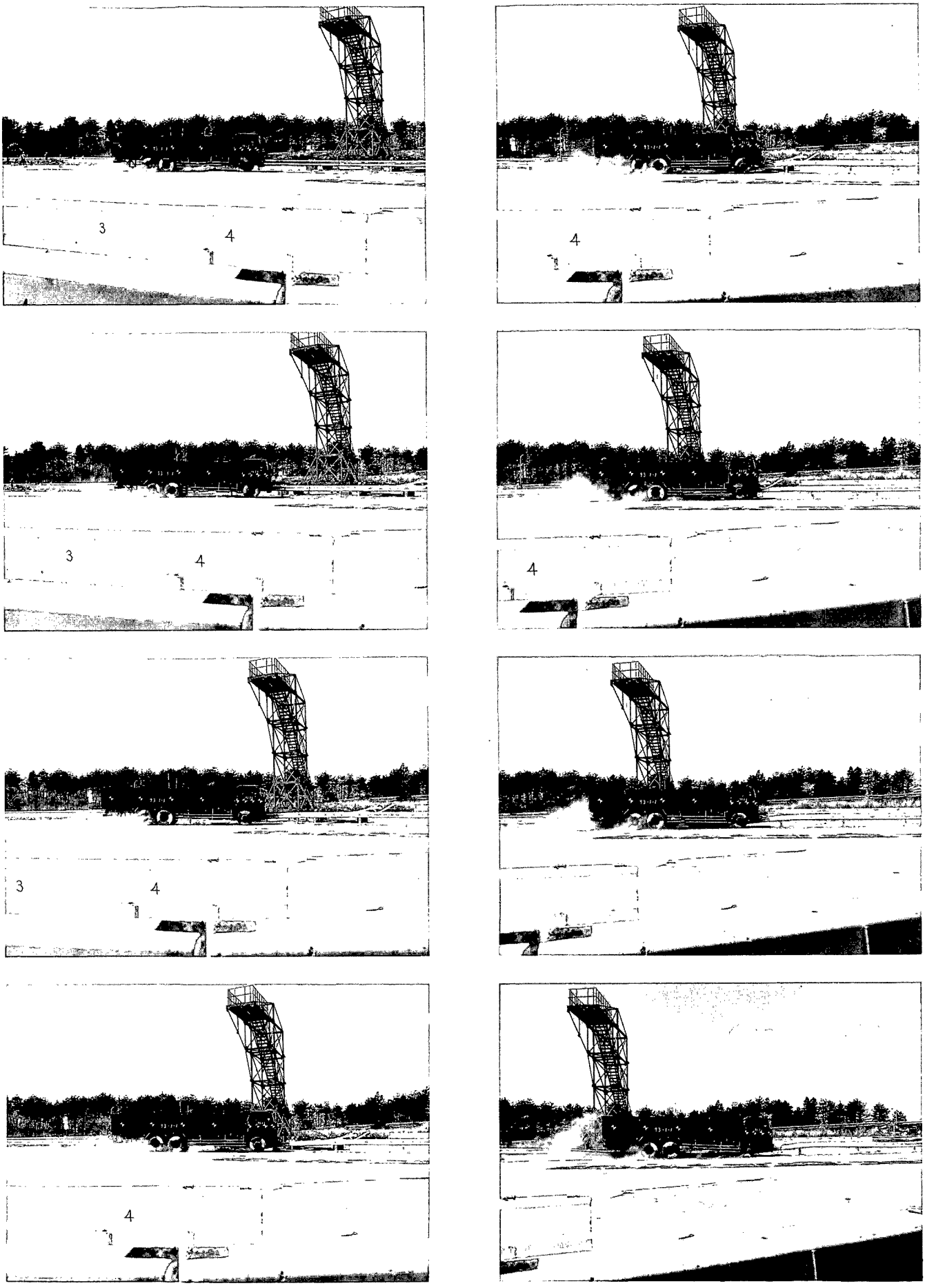
写真－７．１．２（７）　衝突後の供試体（Gr-A-4E：20t,50km/h,15 度）



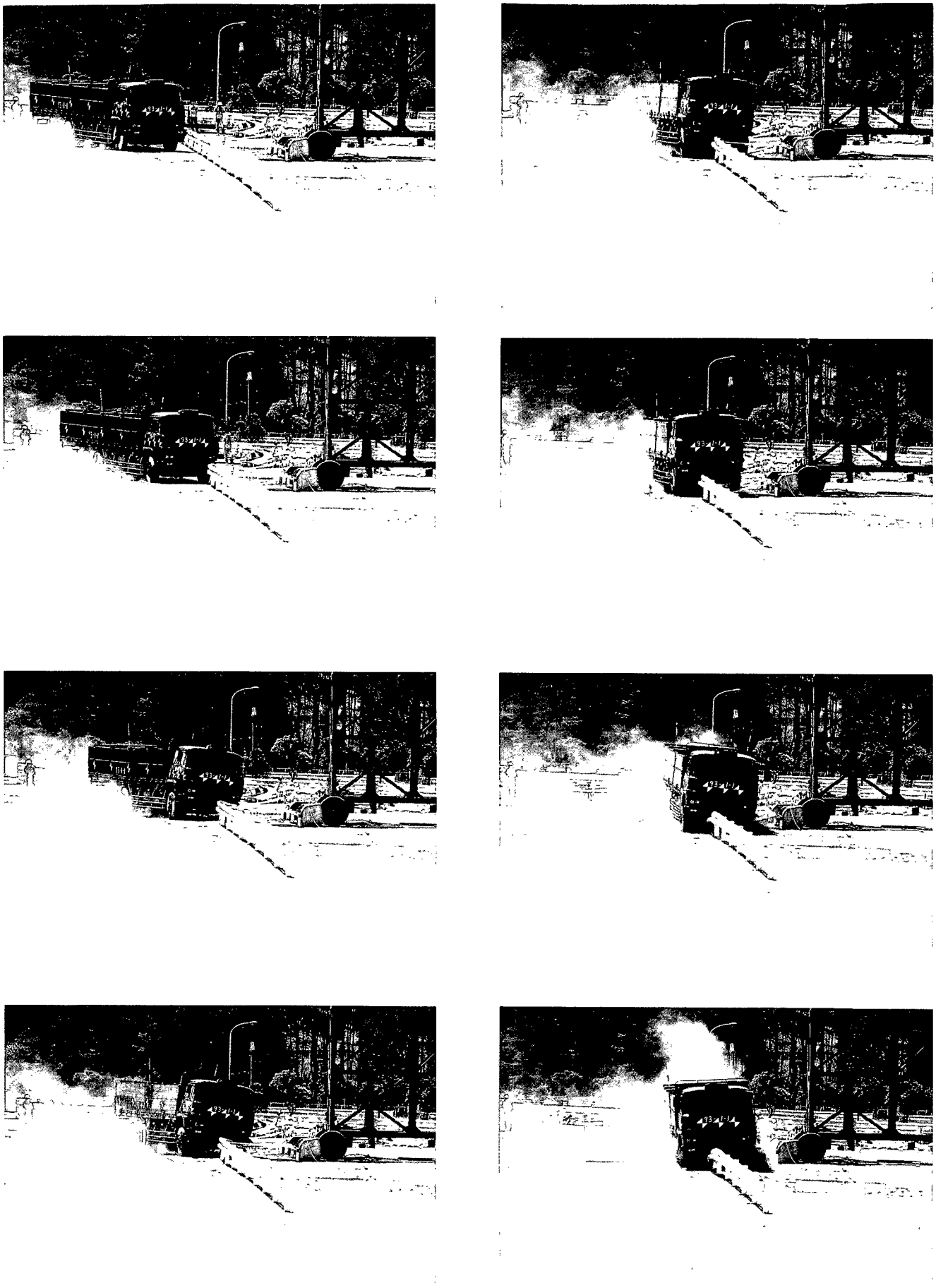
写真－７．１．２（８）　衝突後の車両



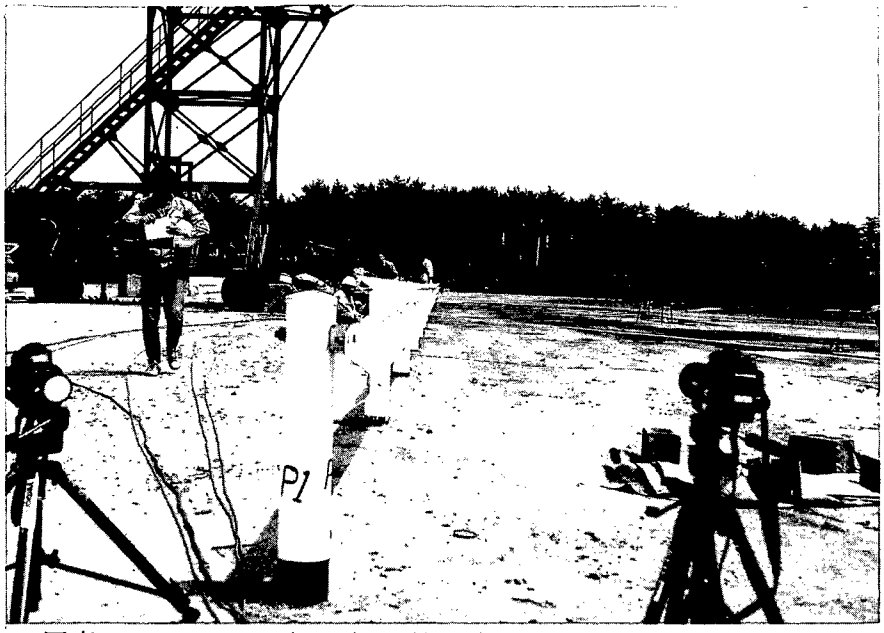
写真－７．１．２（９）　衝突後の車両



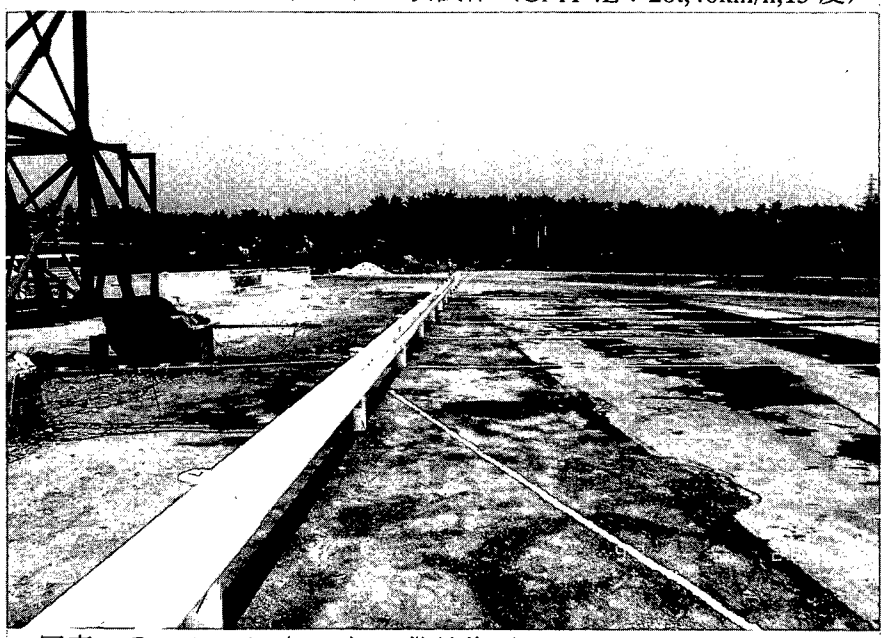
写真－７．１．２（１０）　衝突状況（Gr-A-4E:20t,50km/h,20 度）



写真－７．１．２（１１）　衝突状況（Gr-A-4E:20t,50km/h,20 度）



写真－７．１．２（１２）　供試体（Gr-A-4E：20t,40km/h,15 度）



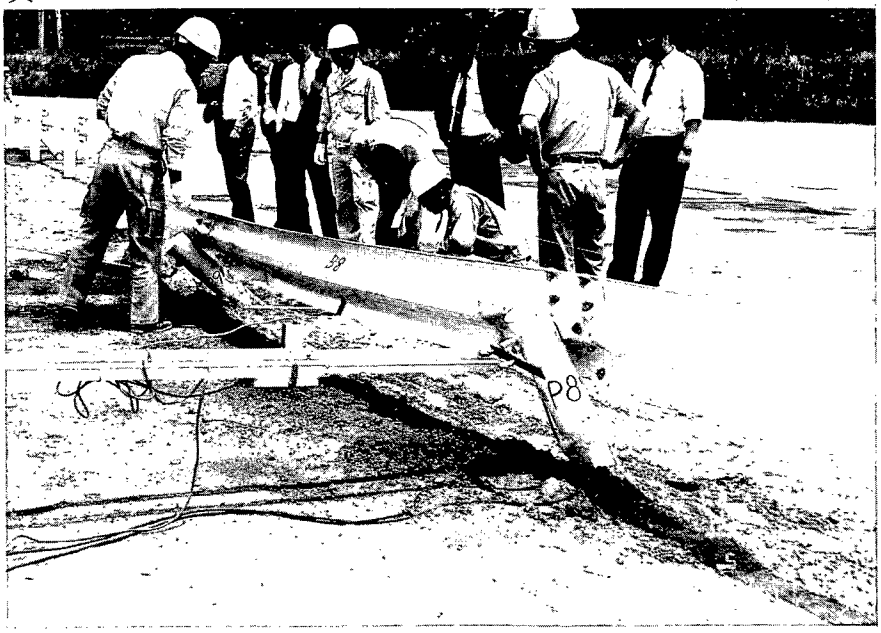
写真－７．１．２（１３）　供試体（Gr-A-4E：20t,40km/h,15 度）



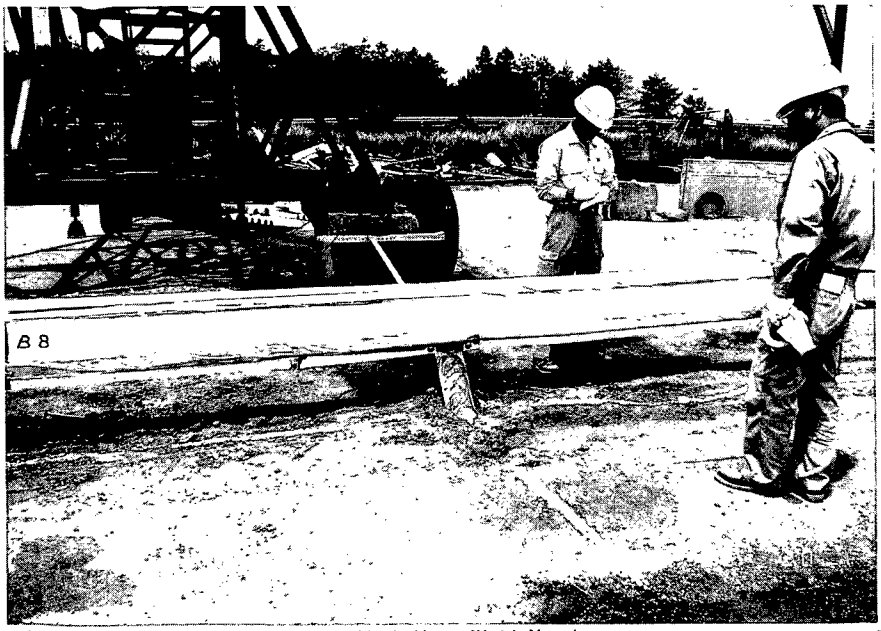
写真－７．１．２（１４）　衝突車両（貨物車２０ｔ）



写真－７．１．２（１５）　衝突後の供試体（Gr-A-4E：20t,40km/h,15 度）



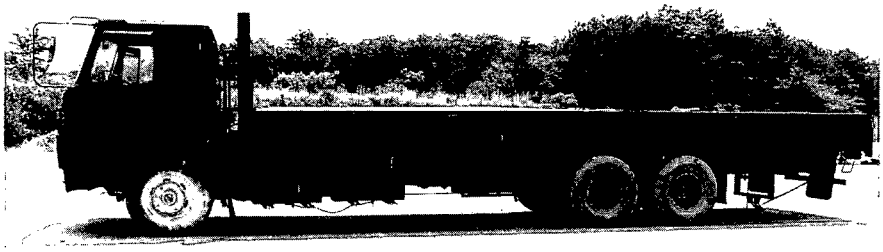
写真－７．１．２（１６）　衝突後の供試体（Gr-A-4E：20t,40km/h,15 度）



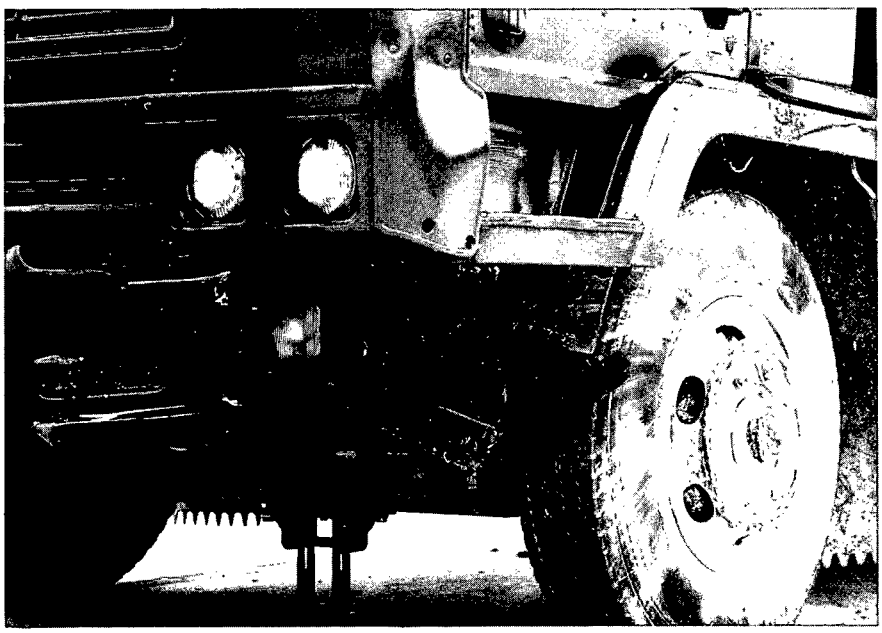
写真－７．１．２（１７）　衝突後の供試体（Gr-A-4E：20t,40km/h,15 度）



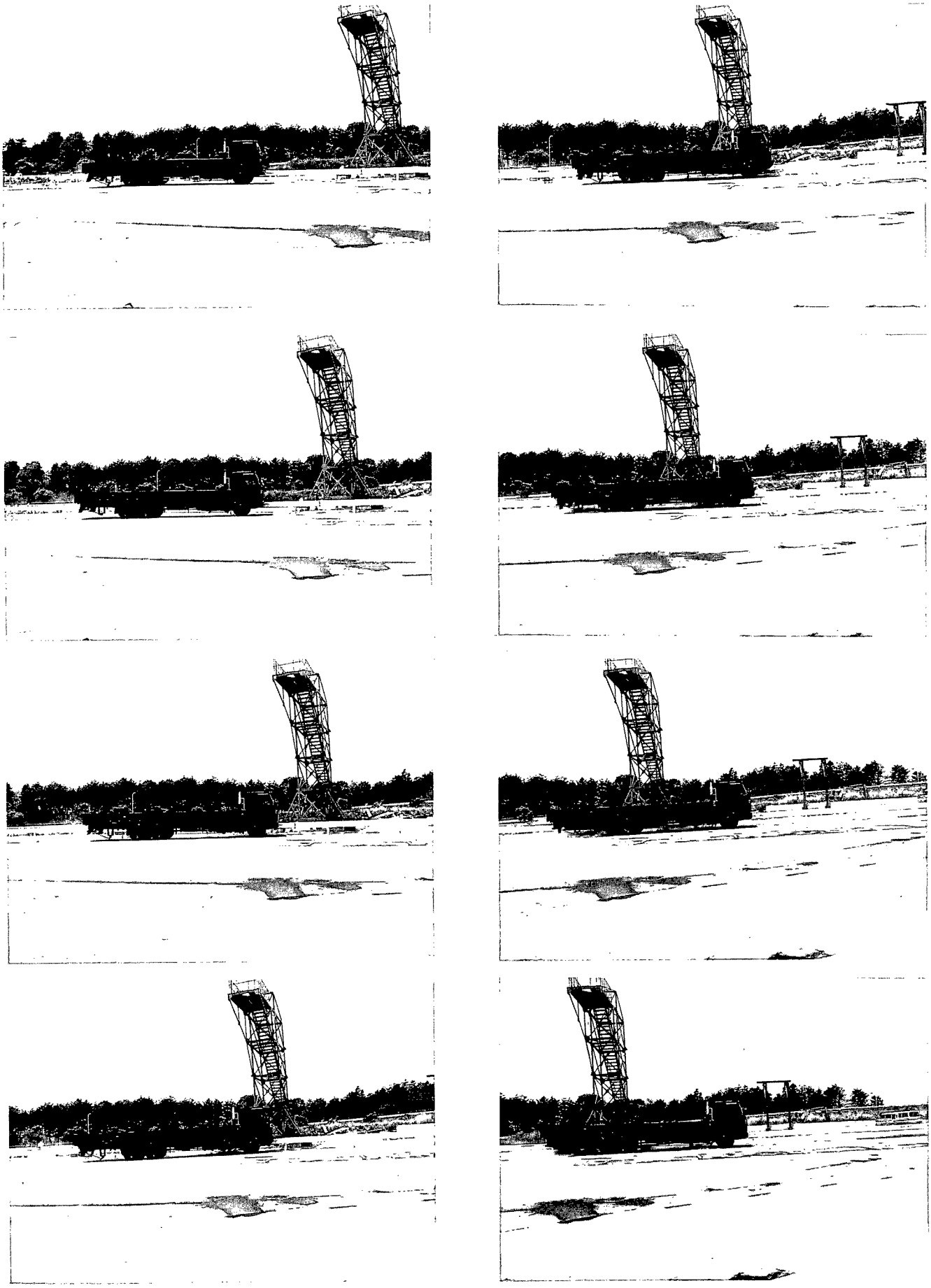
写真－７．１．２（１８）　衝突後の供試体（Gr-A-4E：20t,40km/h,15 度）



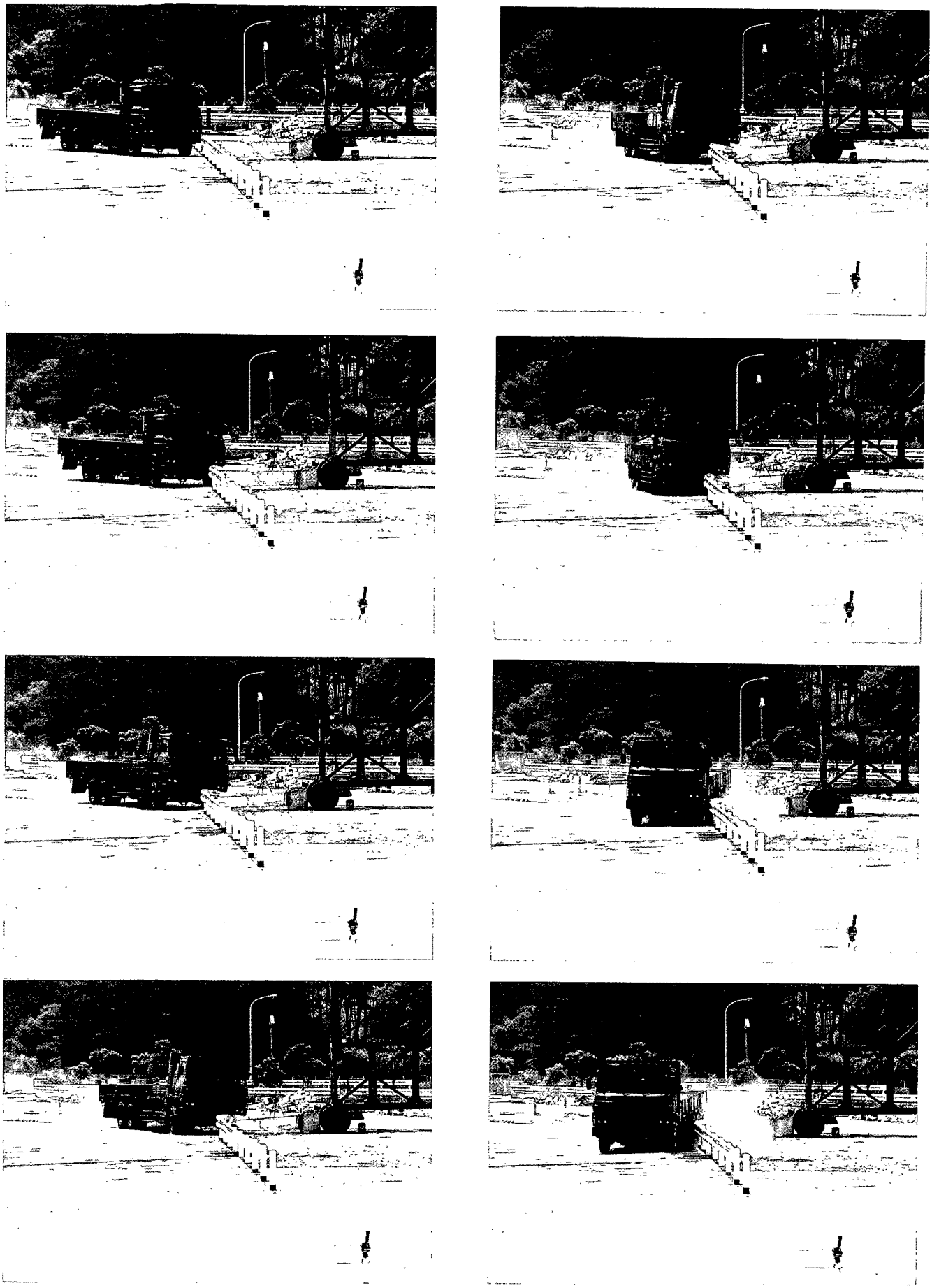
写真－７．１．２（１９）　衝突後の車両



写真－７．１．２（２０）　衝突後の車両



写真－７．１．２（２１）　衝突状況（Gr-A-4E:20t,40km/h,20 度）

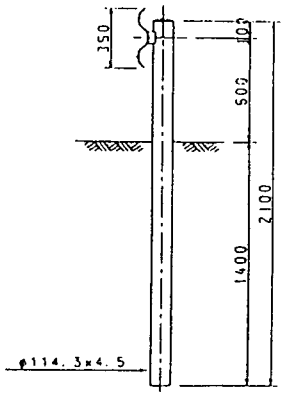


写真－７．１．２（２２）　衝突状況（Gr-A-4E:20t,40km/h,20 度）

7．1．3．路側用ガードレール　種別C

（1）実験目的

本実験は、路側用ガードレール種別C（土中用：Gr－C－4E）について、性能限界を把握することを目的として実施した。



図－7．1．18　断面図　（単位：mm）

（2）衝突条件

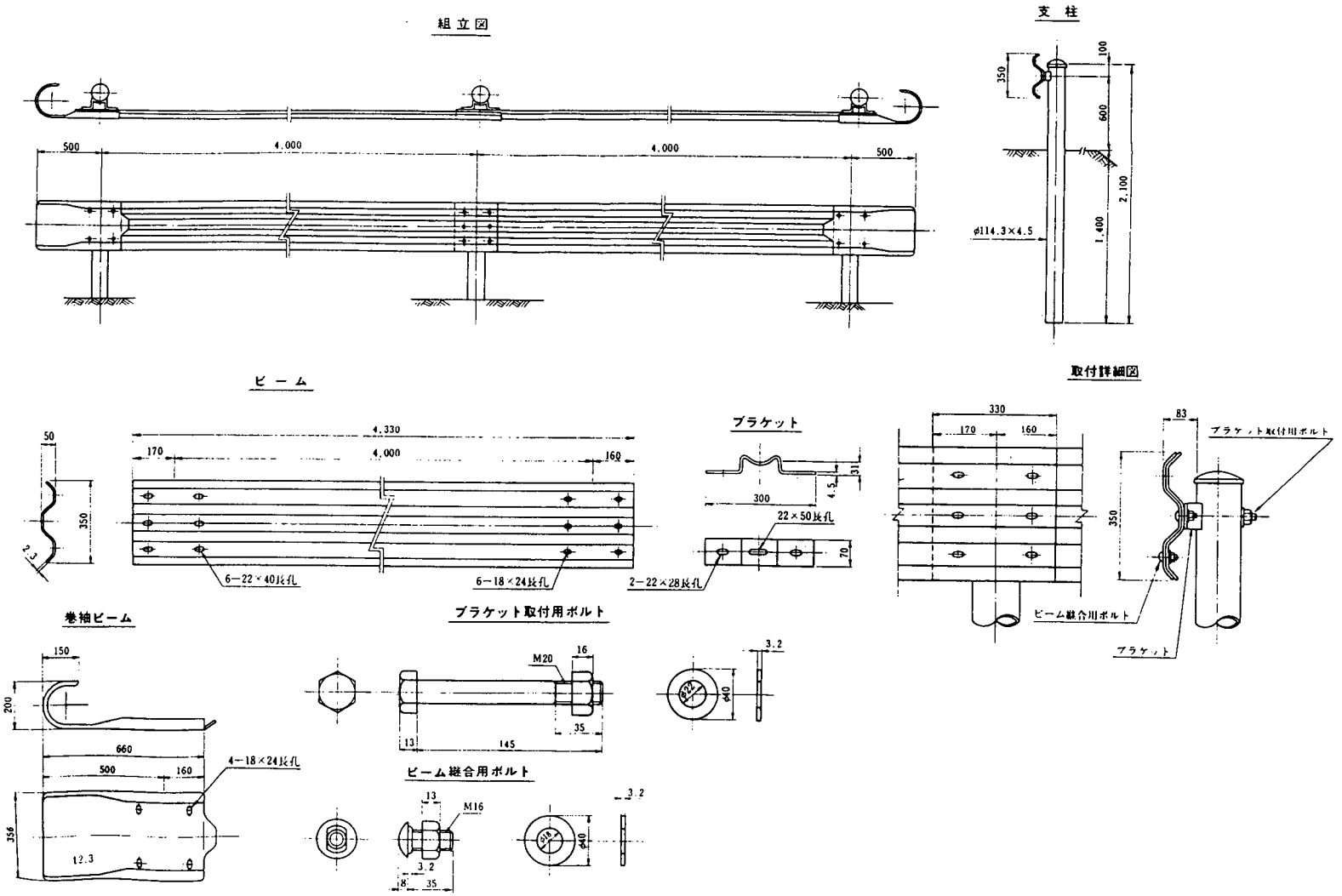
衝突条件を表－7．1．16に示す。

表－7．1．16　衝突条件

	実験条件	参考：防護柵設置要綱	
		B種条件	C種条件
衝突車両	貨物車	貨物車	貨物車
車両質量	8t	14t	14t
衝突速度	40km/h	40km/h	35km/h
衝突角度	20度	15度	15度
衝撃度	57．8kJ	57．9kJ	44．3kJ

（3）供試体構造

供試体構造を図－7．1．19に示す。



図－７．１．１９構造図　（単位：mm）

（4）衝突シミュレーションによる検討

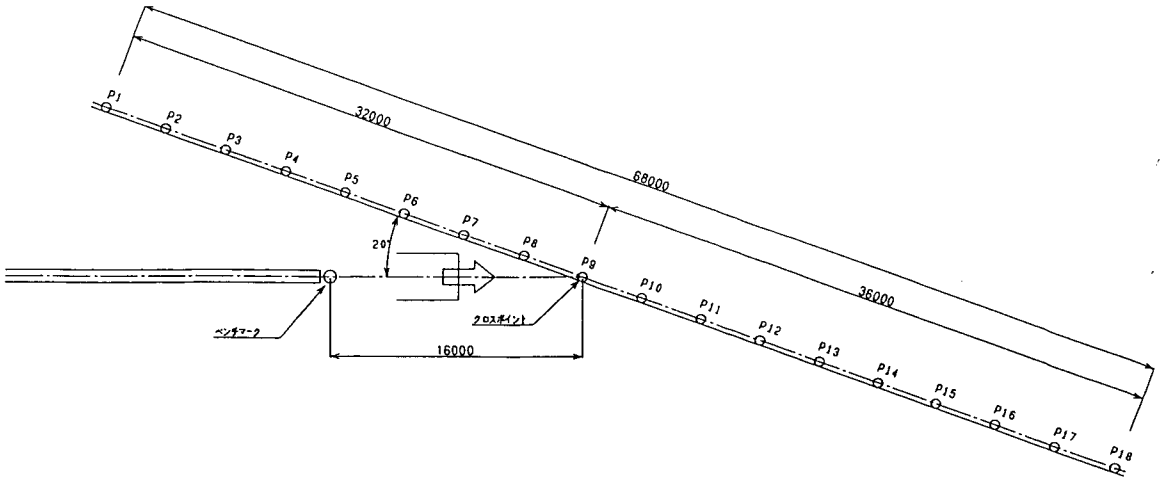
衝突シミュレーションで演算した結果を表－７．１．１７に示す。

表－７．１．１７　衝突シミュレーション

		実験条件	要綱Ｂ種	要綱Ｃ種
衝突条件	車両質量(t)	８	１４	１４
	衝突速度(km/h)	４０	４０	３５
	衝突角度(度)	２０	１５	１５
	衝撃度(kJ)	５７．８	５７．９	４４．３
演算結果	離脱速度(km/h)	３５．７１	３６．１８	３１．１０
	離脱角度(度)	－２．０７	－０．８９	－２．４１
	最大進入行程(m)	０．２０	０．２６	０．１８
	防護柵変形範囲(m)	１２．０	１２．０	１２．０
	防護柵最大変形量(m)	０．４５	０．５０	０．４３
	支柱最大変形量(m)	０．３９０	０．３４６	０．３０５
	ビーム最大張力(kN)	８７．０２	１２７．０	９７．１２
	最大合成加速度(m/s²)	１９．１	５．３３	４．７３

（5）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－７．１．２０に示す。



図－７．１．２０　供試体配置図　（単位：mm）

（6）実験結果および考察

実験結果を表－７．１．１８に示す。

表－７．１．１８　実験結果一覧表

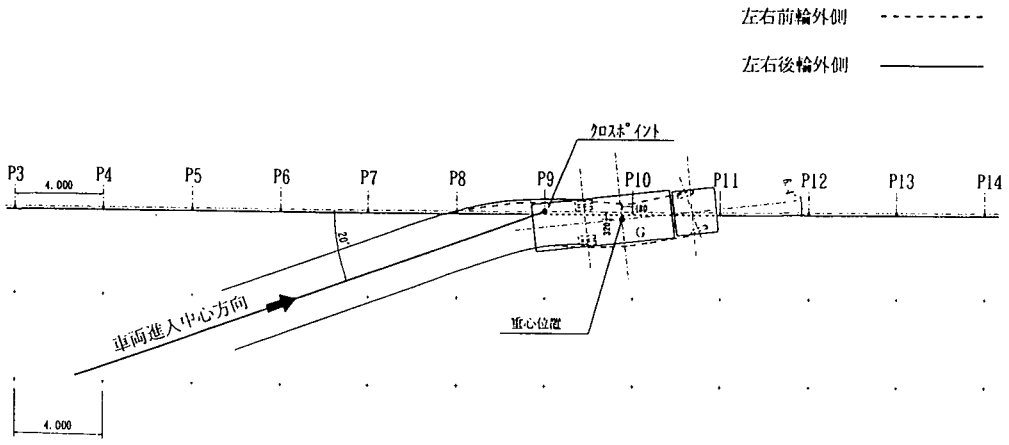
実験供試体				Ｇｒ－Ｃ－４Ｅ
衝突条件	車両質量(t)			８
	衝突速度(km/h)			３９．６
	衝突角度(度)			２０
	衝撃度　(kJ)			５６．６
離脱速度(km/h)				柵上停止
離脱角度(度)				柵上停止
接触長(m)				６．８４
最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		－
		残留	直角(Y)方向(mm)	（９８０）
			延長(X)方向(mm)	（２３５）
	ビームY方向残留変位(mm)			（７９９）
最大進入行程(mm)				８０３
車両最大傾斜角(度)				０
支柱最大水平力(kN)				－
ビーム最大張力(kN)				－
車両重心加速度(10ms平均値)	進行(X)方向(m/s²)			１３６
	直角(Y)方向(m/s²)			１５０
	合成　(m/s²)			１６２

注：()内の数値は、柵上停止により、計測不可能な箇所があるため計測可能な範囲での参考数値。

1）車両誘導性

車両は、衝突速度39.6km/h、角度20度で防護柵に衝突した。衝突後、車両は左側前輪で防護柵を踏み越え、ビームを跨ぐような状態で走行し、支柱に衝突し停止した。最大進入行程は、858mm(前輪外側進入行程は、1,023mm)であった。

車両軌跡図を図－７．１．２１に示す。



図－７．１．２１　車両軌跡図　（単位：mm）

2）防護柵強度

①支柱

車輪の踏み越えが発生したことから、支柱強度が不足していたと考えられる。

②ビーム

継ぎ手部でビーム破断が発生したことから、ビーム強度が不足していたと考えられる。

③ブラケット

ブラケットの変形が見られたことから、強度が不足していたと考えられる。

3）防護柵損傷状況

①支柱

衝突により、支柱P8，9，10に座屈が発生した。傾斜角度は、それぞれ残留変形でP8は路外方向に7度、P9は路外側に59度、P10は車両進行方向に72度であった。

②ビーム

P10の位置でビームが破断し、破断したビームが衝突車両により設置方向に押され、P11付近で折れ曲がる結果となった。

コルゲーションのつぶれは、P8から車両衝突位置まで発生していた。

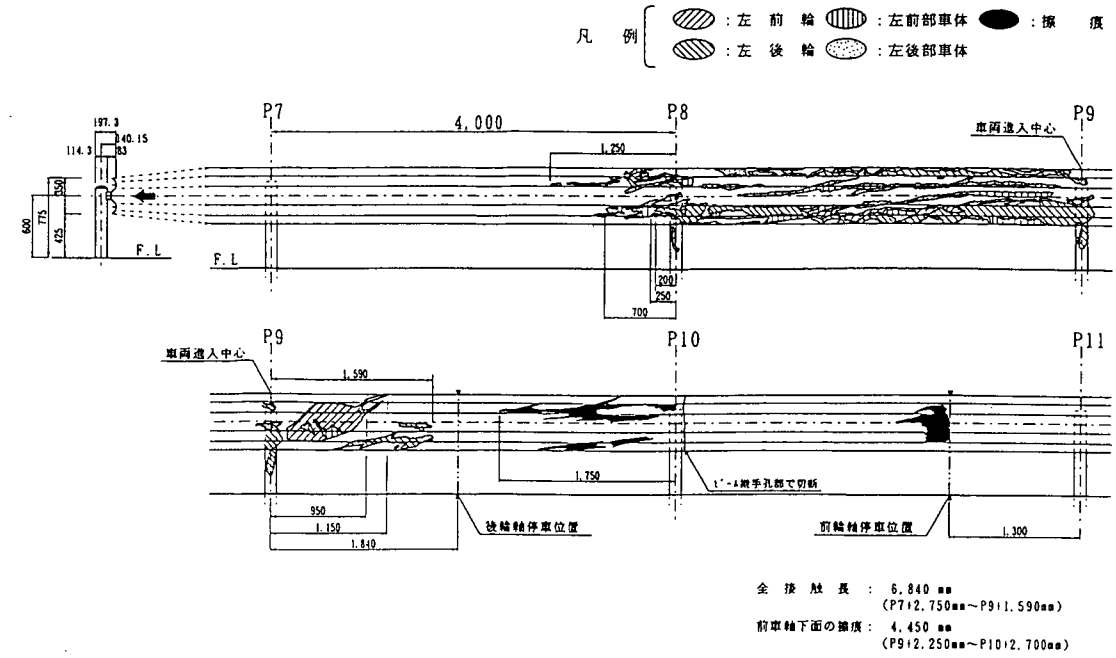
③ブラケット

P2からP13のブラケットでは、2～28mmの変形が発生した。

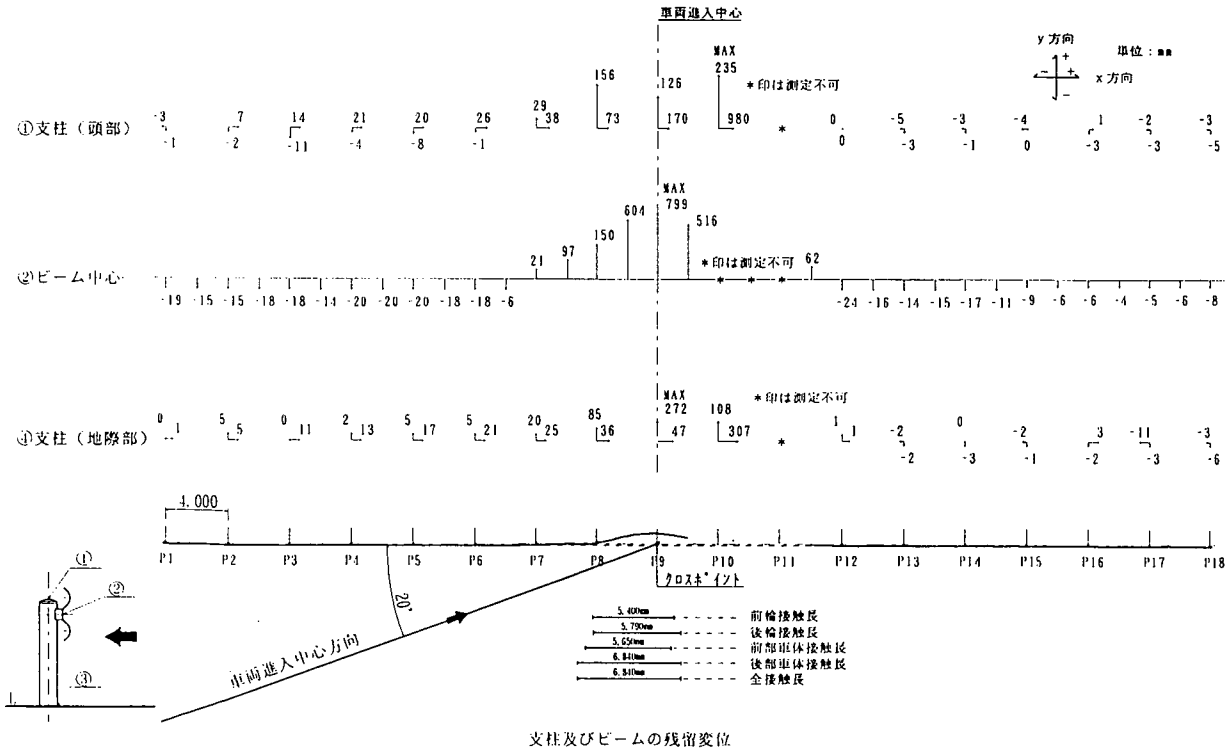
④ボルトおよび接合部

P10の位置で、ビームの破断があった。

防護柵接触跡を図－７．１．２２に、防護柵変形状況を図－７．１．２３に示す。



図－７．１．２２　防護柵接触跡　（単位：mm）



支柱及びビームの残留変位

図－７．１．２３　防護柵変形状況

4）車両損傷状況

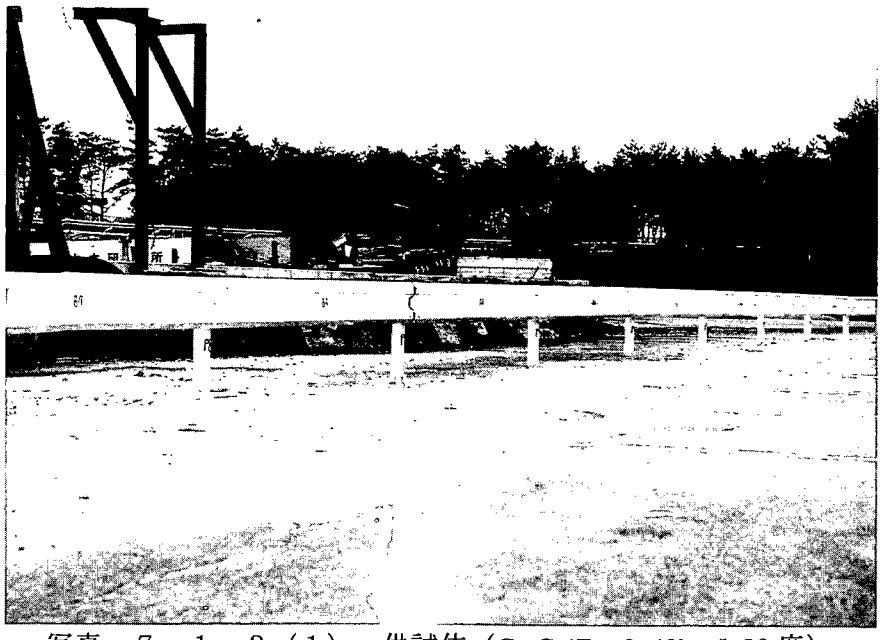
衝突車両は、前部バンパーや左側前部につぶれはあるものの、車室内に大きな変形はなかった。足廻りに関しては、タイヤのバーストはなかったものの、ステアリングの板バネが外れ、ステアリングが左側前輪部で240mm後方に変形していることから、自力走行は不可能であると考えられる。

5）乗員の安全性

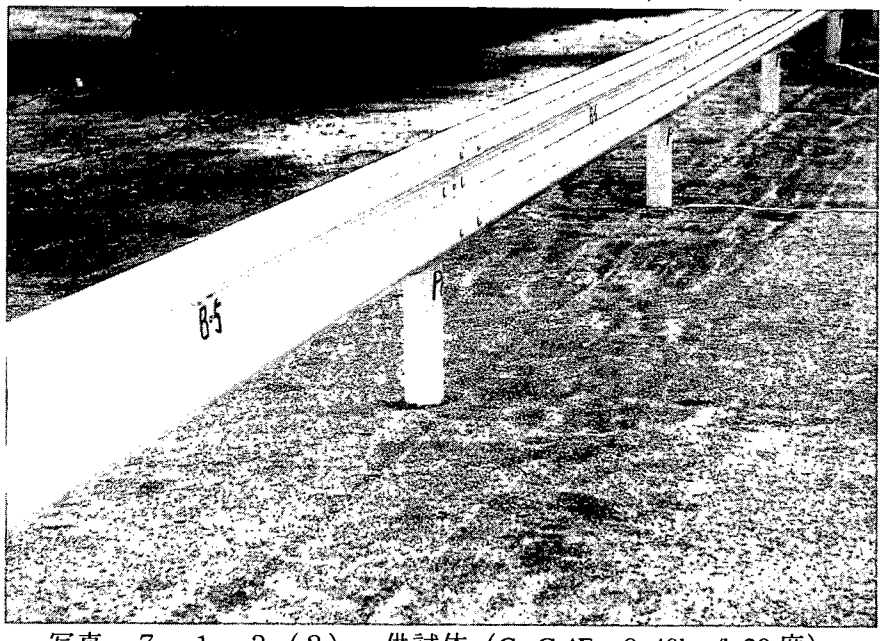
車室内の大きな損傷の発生はなかったことから、乗員の安全性は確保されていたと考えられる。

6）考察

Ｇｒ－Ｃ－４Ｅは、要綱での１ランク上の種別Ｂの衝突に対しては、防護柵全体の強度が不足しており、車両を誘導できないことが判明した。



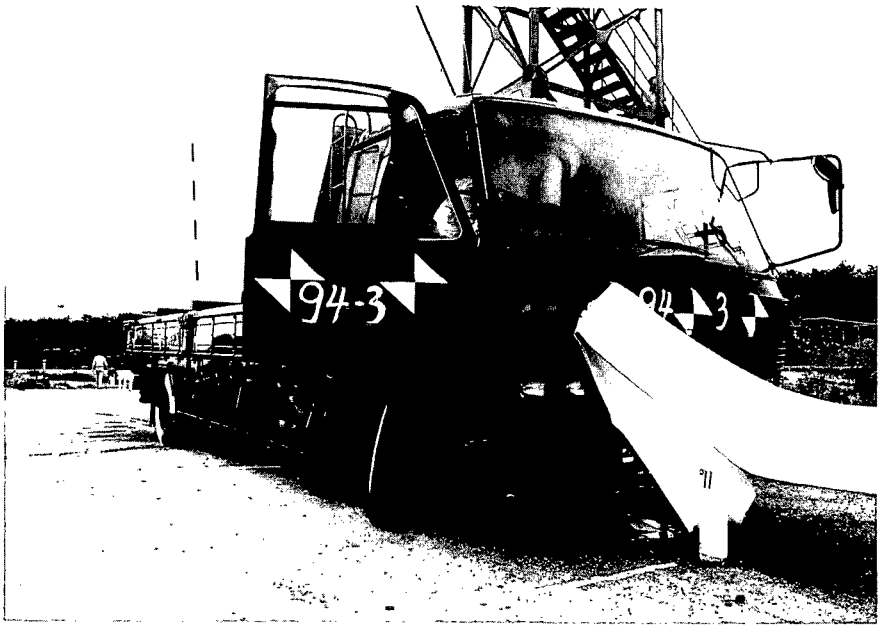
写真－７．１．３（１）　供試体（Gr-C-4E：8t,40km/h,20 度）



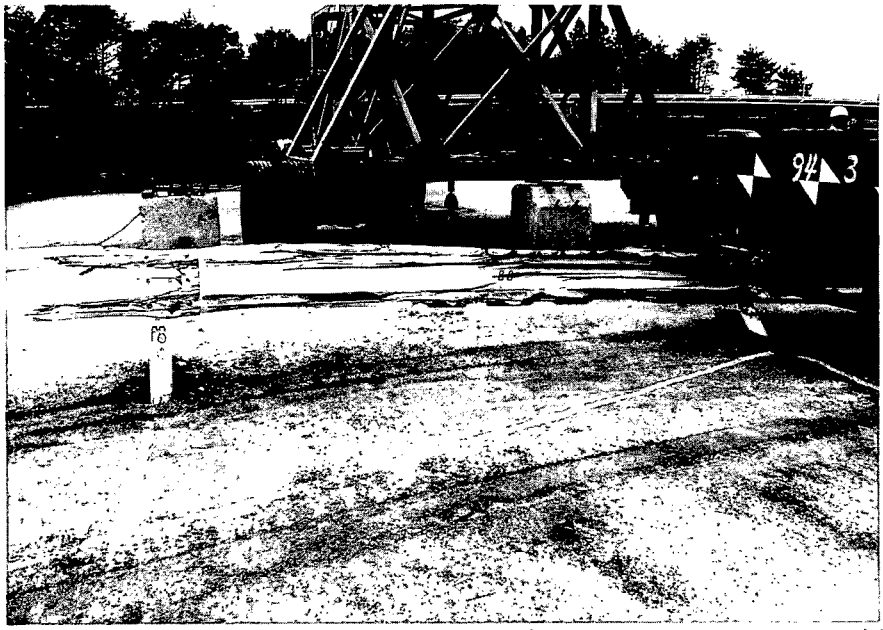
写真－７．１．３（２）　供試体（Gr-C-4E：8t,40km/h,20 度）



写真－７．１．３（３）　衝突車両（貨物車８ｔ）



写真－７．１．３（４）　衝突後の供試体（Gr-C-4E：8t,40km/h,20 度）



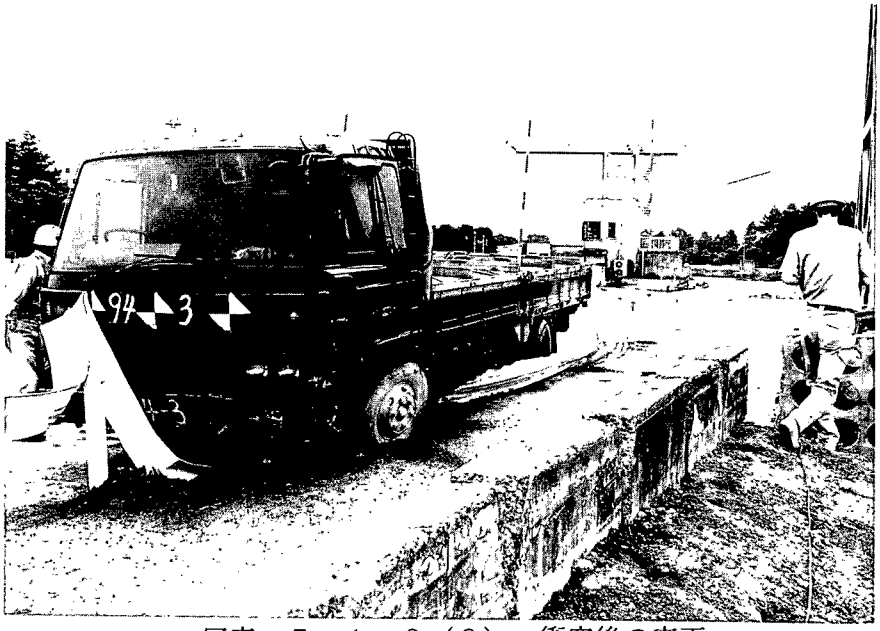
写真－７．１．３（５）　衝突後の供試体（Gr-C-4E：8t,40km/h,20 度）



写真－７．１．３（６）　衝突後の供試体（Gr-C-4E：8t,40km/h,20 度）



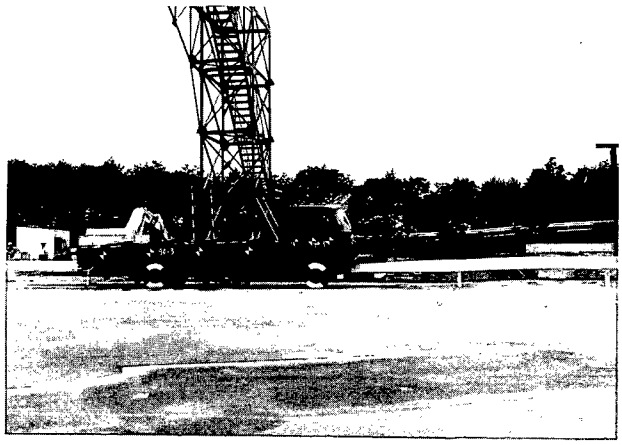
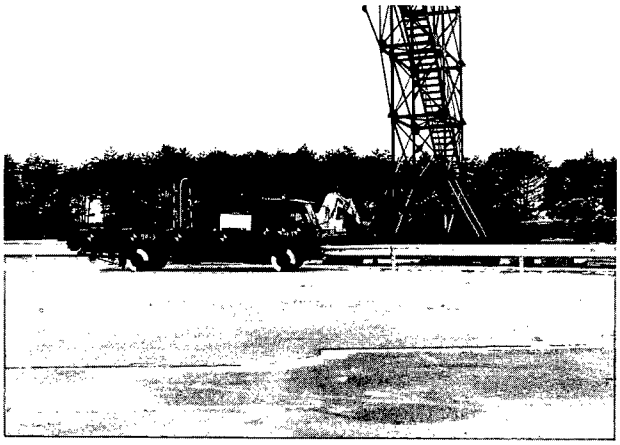
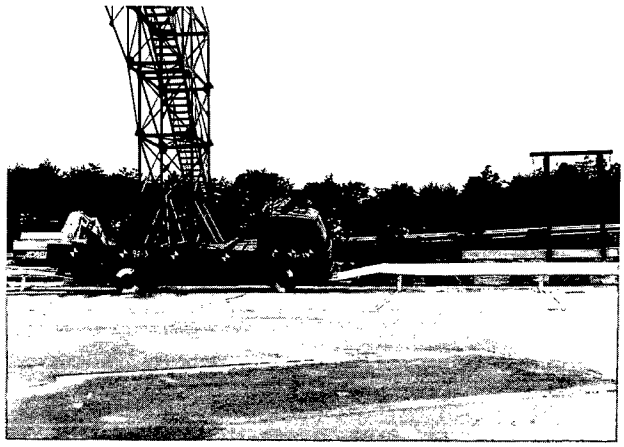
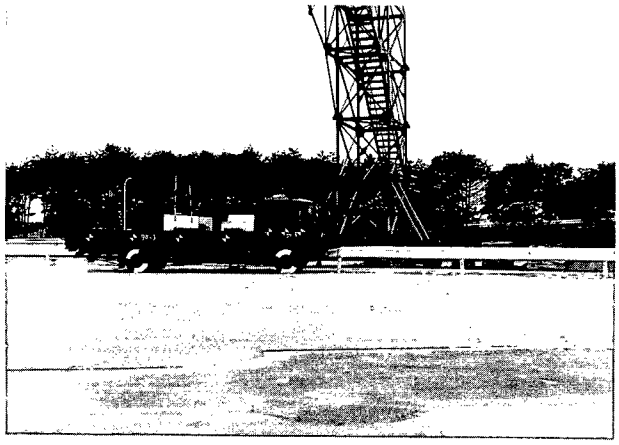
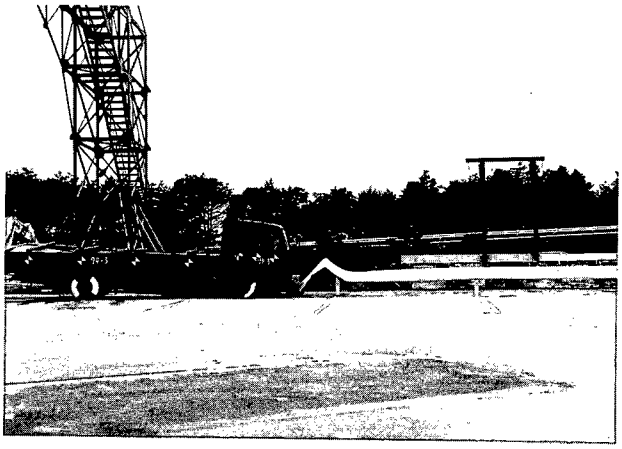
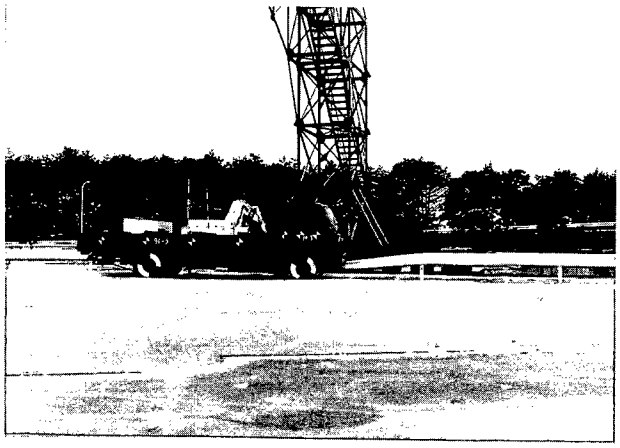
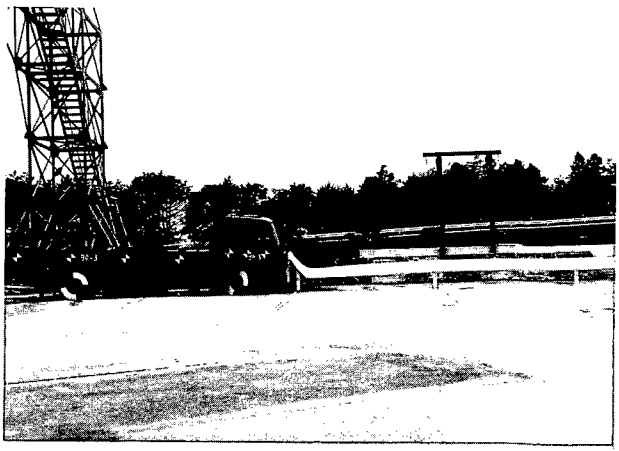
写真－７．１．３（７）　衝突後の供試体（Gr-C-4E：8t,40km/h,20 度）



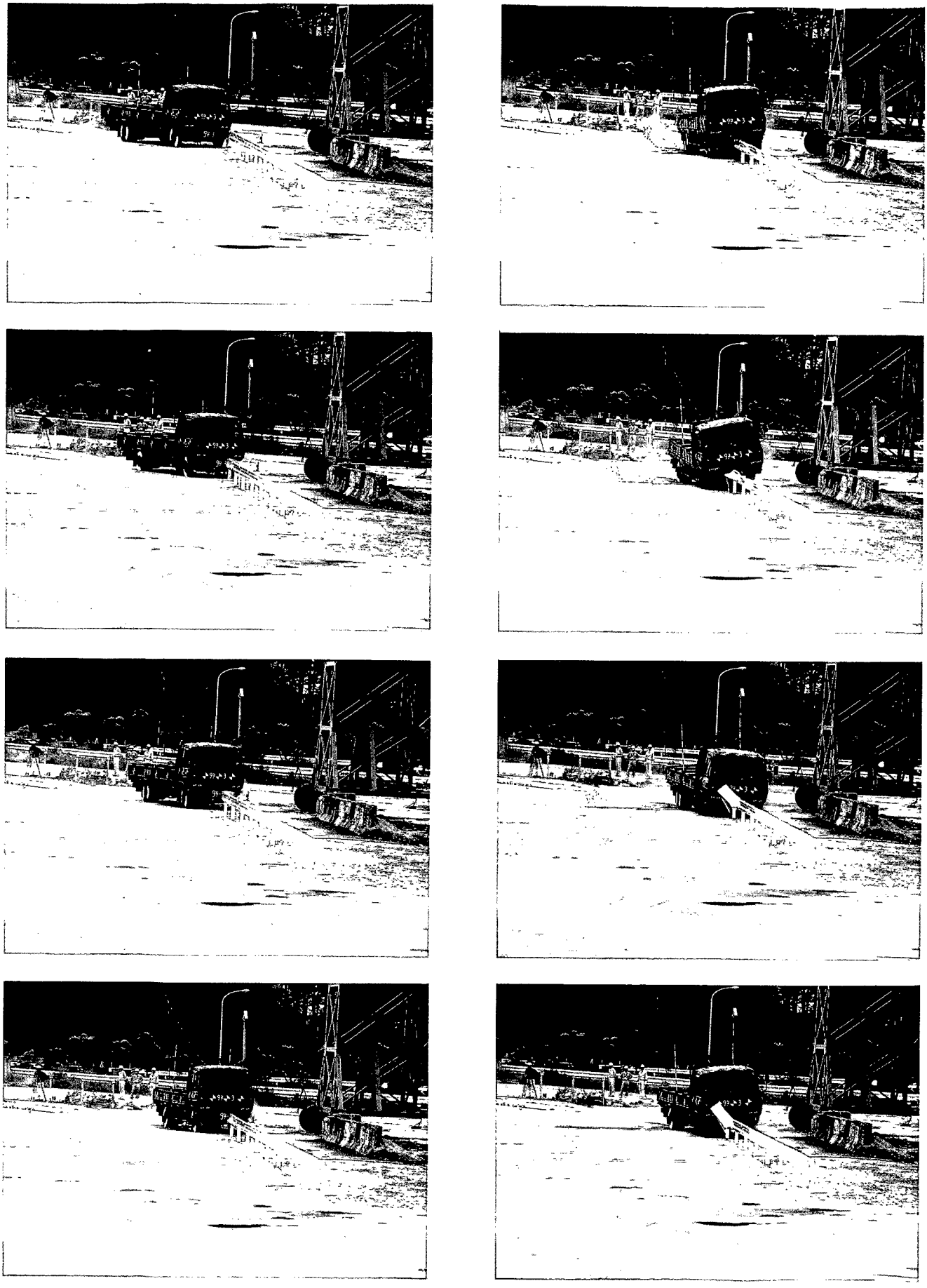
写真－７．１．３（８）　衝突後の車両



写真－７．１．３（９）　衝突後の車両

写真－７．１．３（１０）　衝突状況（Gr-C-4E）



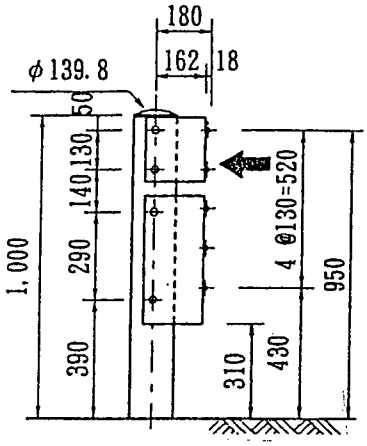
写真－７．１．３（１１）　衝突状況（Gr-C-4E）

7．1．4．路側用ガードケーブル　種別A

（1）実験目的

現行Ｇｃ－種別Ａを用いた実車試験を行い、衝撃度 230kJ レベルの路側用防護柵としての耐力を確認する。

防護柵の断面図及び諸元を図－７．１．２４に示す。



支柱間隔	6.0m
ケーブル	3×7 G/O φ18 5本
ケーブル最下段位置	GL+430mm
ケーブル初期張力	20kN/本

図－７．１．２４　防護柵の断面図及び諸元（単位：mm）

（2）衝突条件

衝突条件を表－７．１．１９に示す。

表－７．１．１９　衝突条件

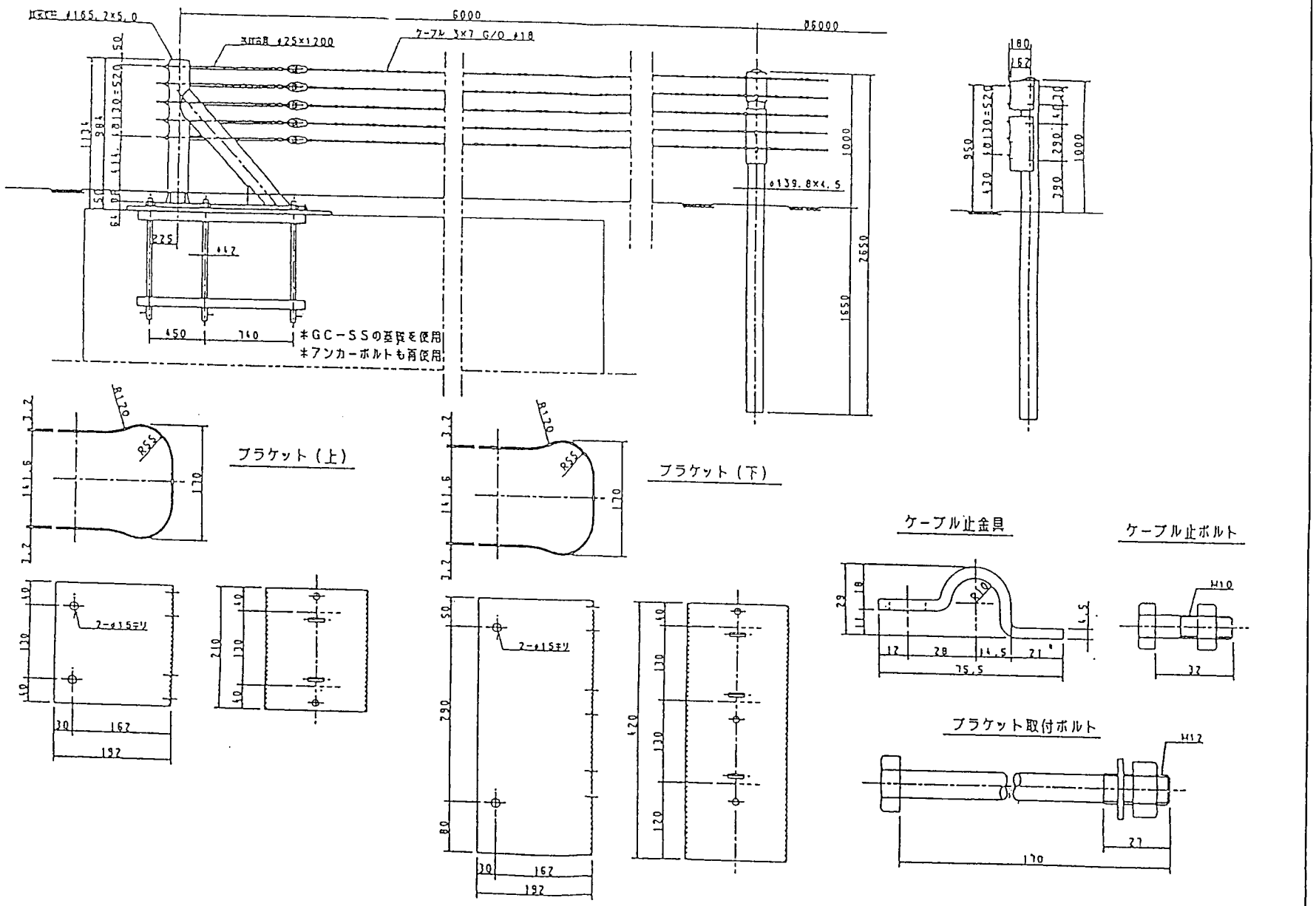
実験条件	設定値
衝突車両	貨物車
車両質量	２０ｔ
衝突速度	５０ km/h
衝突角度	２０度
衝撃度	２２６ kJ

（3）供試体構造

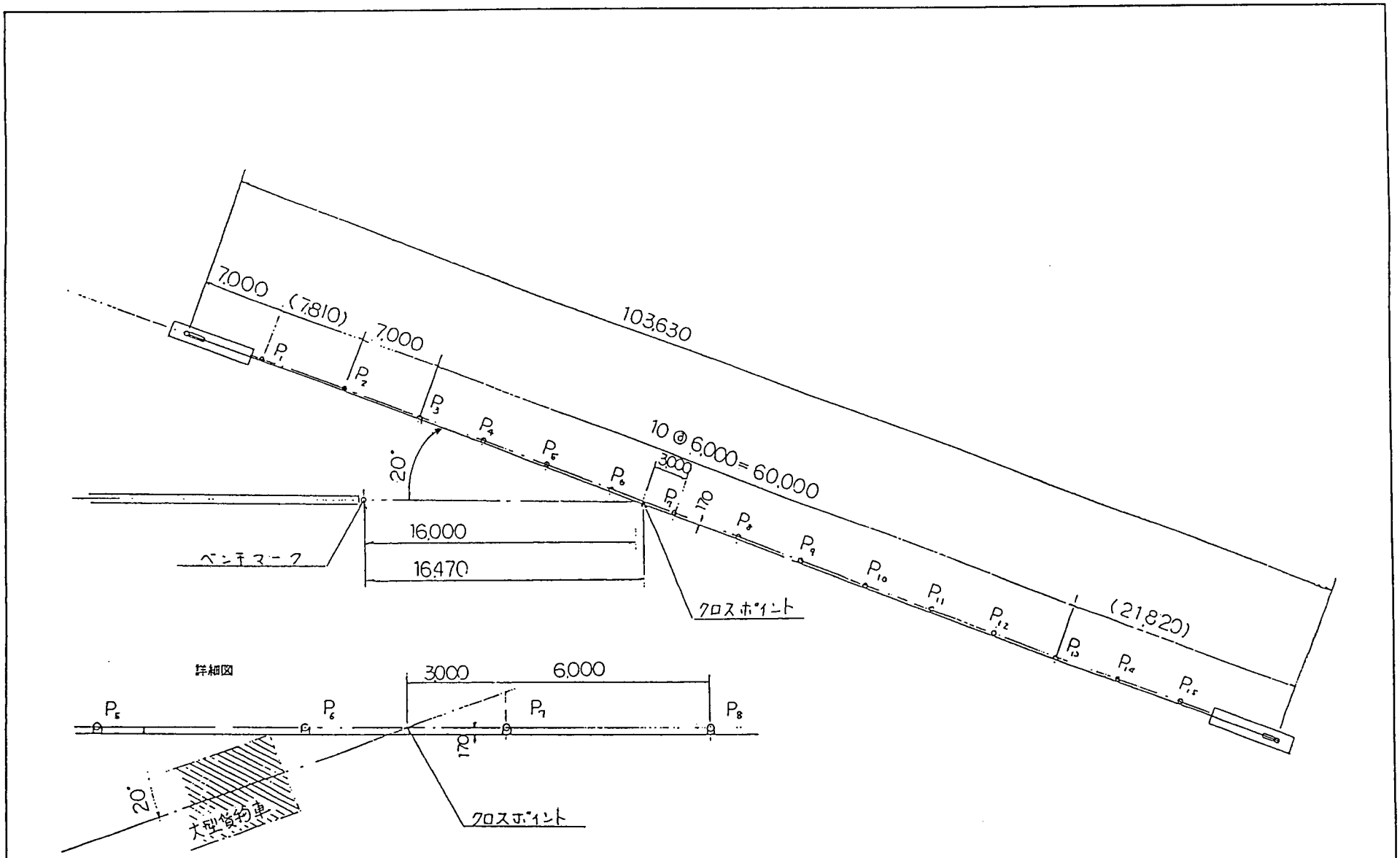
供試体構造を図－７．１．２５に示す。

（4）供試体の配置及び計測位置

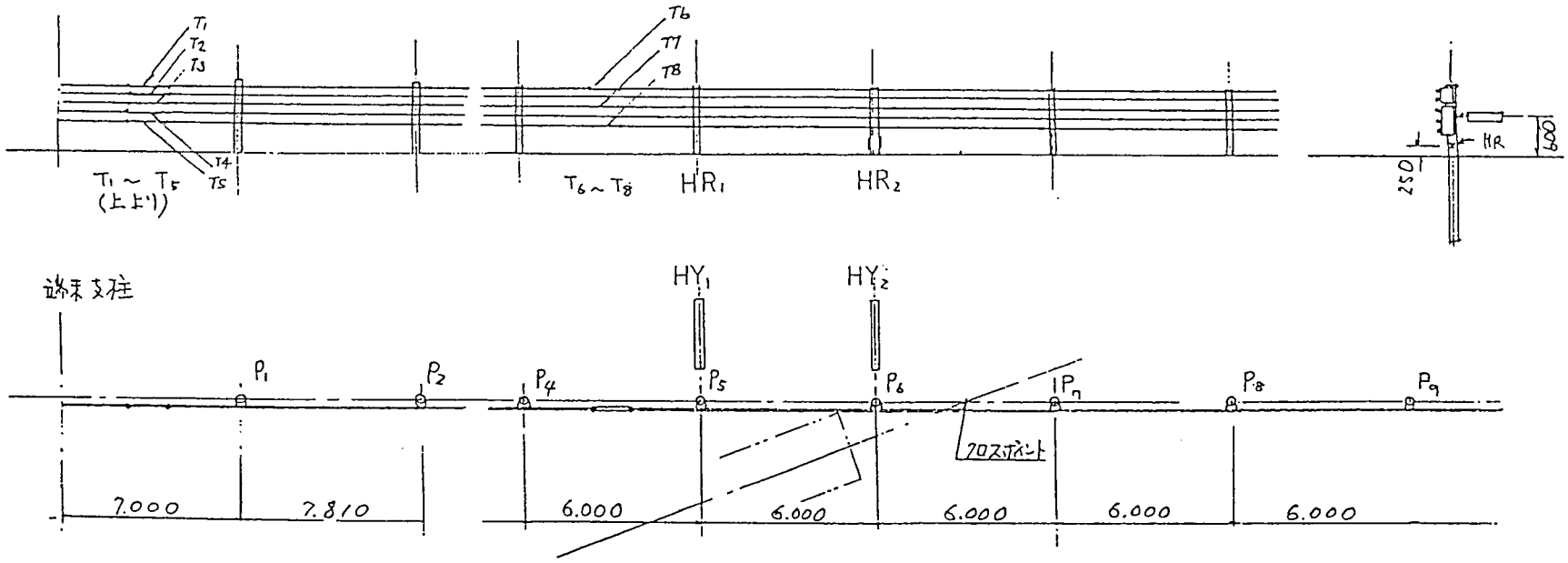
供試体の配置及び計測位置を図－７．１．２６～２７に示す。



図－７．１．２５　供試体構造図(mm)



図－７．１．２６　計測位置(mm)



計測数量および計測位置

測定項目	記号	測定位置	箇所数	備考
ケーブル張力	T	端末部　P_0～P_1	5	
		中間部　P_4～P_5	3	
支柱剪断力	HR	P_5　P_6	2	
支柱変位	HY	P_5　P_6	2	

合計　　12

図－7．1．27　計測位置(mm)

（5）実験結果

結果の一覧を表－７．１．２０に示す。

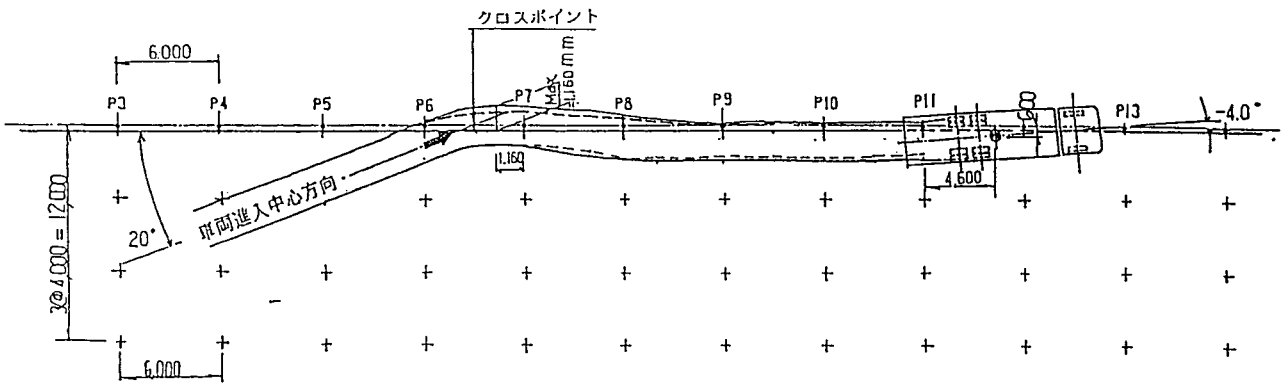
表－７．１．２０　実験結果一覧

衝突条件	車両質量(t)		２０．０
	衝突速度(km/h)		５０．３
	衝突角度(度)		２０．０
	衝撃度(kJ)		２２８
離脱速度(km/h)			２４．３
離脱角度(度)			－
最大進入行程(mm)			９５０
車両接触長(m)			４１．７
支柱最大変形量	防護柵最大変形量(mm)		０．４５
	残留	直角(Y)方向(mm)	０．３９０
		延長(X)方向(mm)	８７．０２
車両最大傾斜角（度）		前端	１２．３
		後端	１２．５
支柱最大水平力（kN）			３７．０
ケーブル最大張力（kN）		索端部合計最大値	２０．３
		一本当り最大張力	４５．６

１）車両の誘導性

車両は、防護柵に衝突後、左前後輪が下部ケーブルを乗り越え防護柵に沿って約30ｍ進行した後、下ケーブル４本を跨いだ状態で停止した。

車両の軌跡を図７．１．２８に示す。



図－７．１．２８　車両軌跡図(mm)

2）防護柵強度

①支柱

支柱の最大変位量を表－７．１．２１に示す。支柱の柵直角方向（Y方向）最大変位量は、Ｐ７の 667mm であった。最大水平力はＰ７の 37kN であった。

表－７．１．２１　支柱の最大変位量（支柱頭部）

支柱番号	Ｐ５	Ｐ６	Ｐ７	Ｐ８	Ｐ９	Ｐ 10	Ｐ 11	Ｐ 12
変位量(mm)	52	411	667	428	308	231	183	294

②ケーブル

各ケーブル端末部の索端金具に張力計を取り付けひずみを測定し張力を求めた。ケーブル最大張力を表－７．１．２２に示す。ケーブルの最大張力は 45.6kN、最大累計張力は 203kN であった。

表－７．１．２２　ケーブルの最大張力

ケーブル番号	Ｔ１	Ｔ２	Ｔ３	Ｔ４	Ｔ５
最大張力(kN)	40.8	44.5	45.6	40.9	31.2

3）防護柵の損傷状況

車両との防護柵接触長は、衝突点（Ｐ６＋ 1.82m）からＰ 13 付近まで約 41.7 ｍであった。防護柵の残留変形が生じた区間は、Ｐ５～Ｐ 12 の 48 ｍであった。

車両の接触跡を図－７．１．２９、防護柵の残留変形を図－７．１．３０に示す。

①支柱

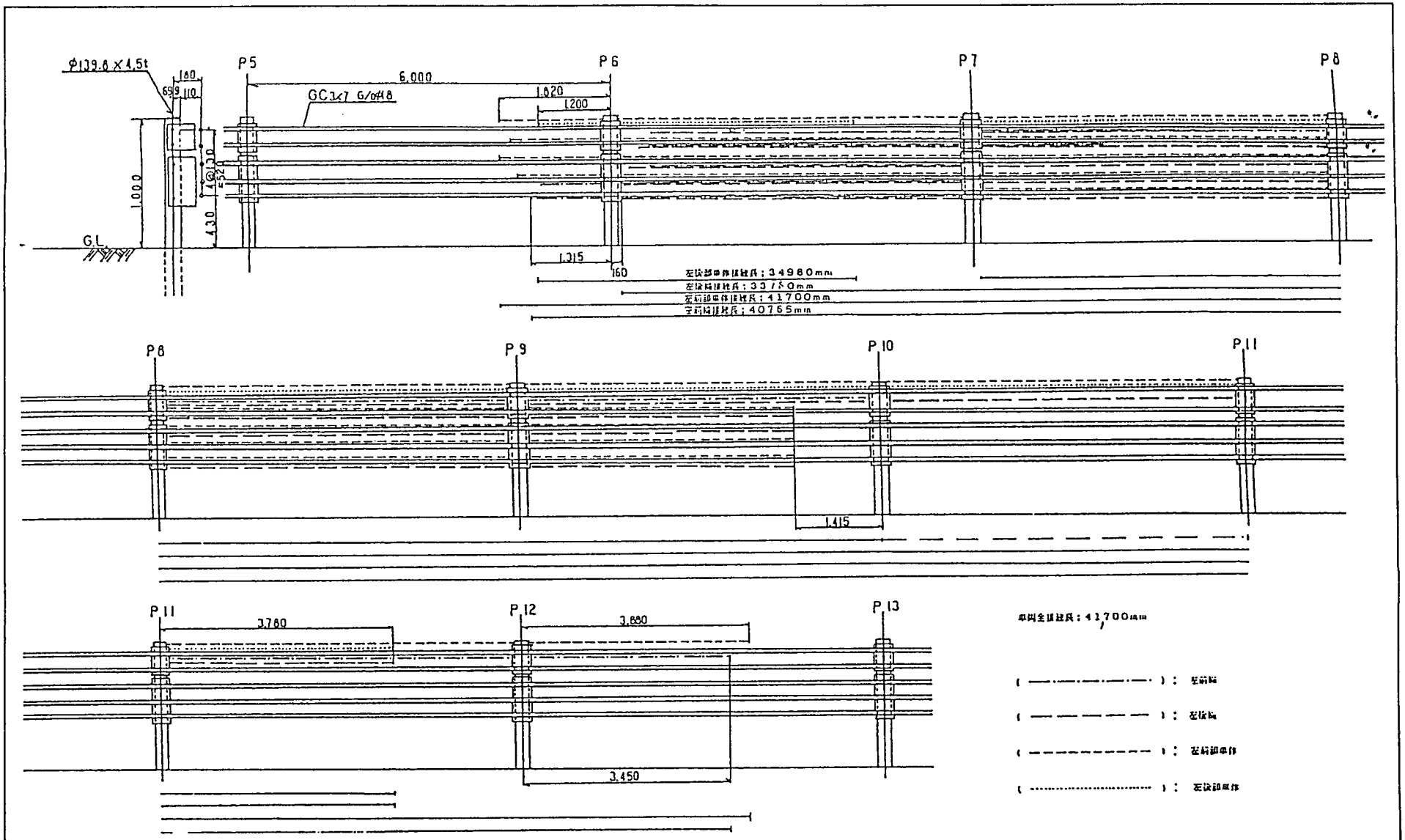
最大残留変位量は、頂部の柵直角（Y）方向が 667mm（Ｐ７）、柵延長（X）方向が 1460mm（Ｐ７）であった。１本（Ｐ６）付け根に左側前後輪の接触跡があった他、７本（Ｐ６～Ｐ 12）には埋め込み部に“く”の字の曲がり（GL － 170mm ～ GL － 580mm）が生じており、支柱３本（Ｐ 10 ～ Ｐ 12）のキャップが外れていた。

②ケーブル

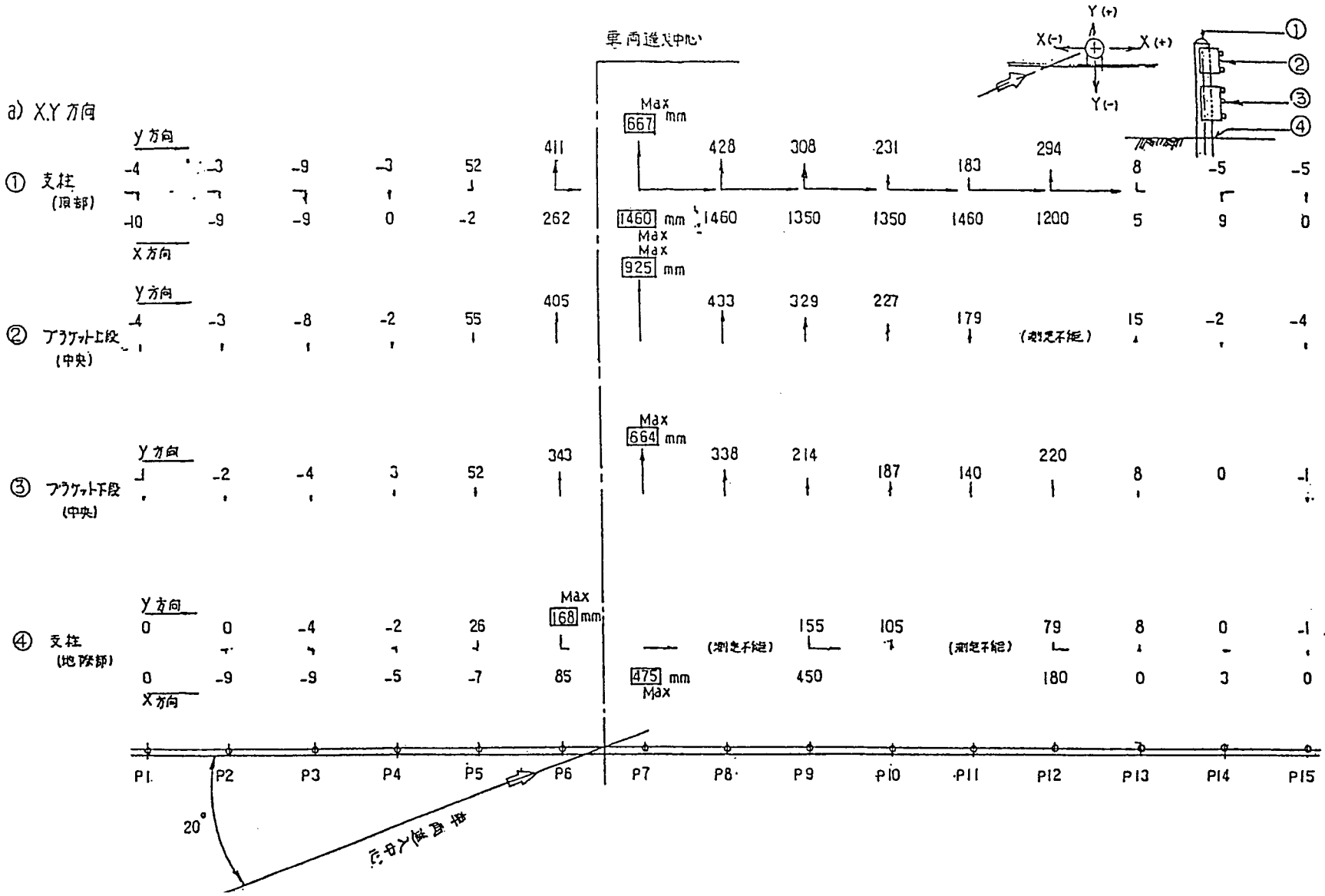
ブラケット取付金具の一部（Ｐ６、Ｐ９～Ｐ 12)、又は全部（Ｐ７、Ｐ８）に外れがあったが、破断部はなかった。

③ブラケット

６箇所（Ｐ７～Ｐ 22）に扁平な潰れがあったが、支柱からの外れはなかった。



図－７．１．２９　車両の接触跡(mm)



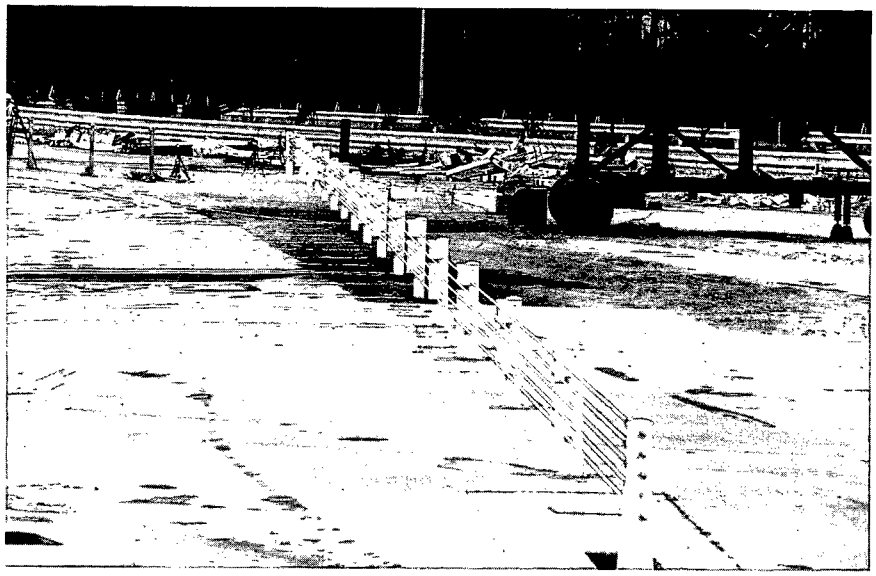
図－７．１．３０　防護柵の残留変形(mm)

4）車両損傷状況

左側前部のバンパーが変形し、左側フェンダーが床下までへこみ、さらに左側ステップが外れたが、車室内にはほとんど損傷なく自力走行が可能であった。

（6）考察

ケーブルの最大張力、最大進入行程とも許容値内であったが、左側車輪が下部４本のケーブルを乗り越えたため、車両誘導ができなかった。これは５本のケーブルが一体として有効に機能しなかったことが原因と考えられる。間隔保持材等の設置など何らかの対策を講ずれば５本のケーブルが一体化して、防護柵の機能がさらに有効になるものと考えられる。



写真－７．１．４（１）供試体（Ｇｃ－Ａ）



写真－７．１．４（２）供試体（Ｇｃ－Ａ）



写真－７．１．４（３）衝突車両（貨物車）



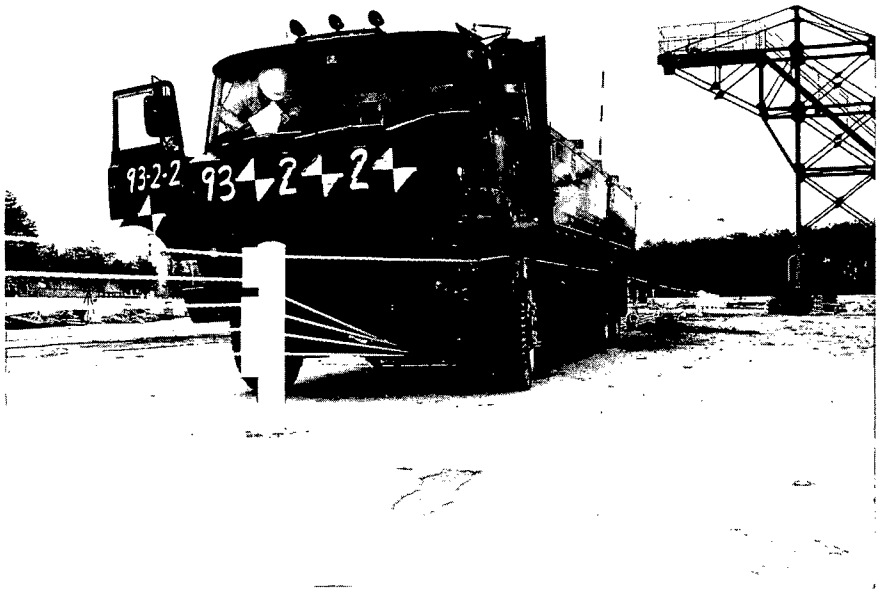
写真－７・１・４（４）衝突後の供試体



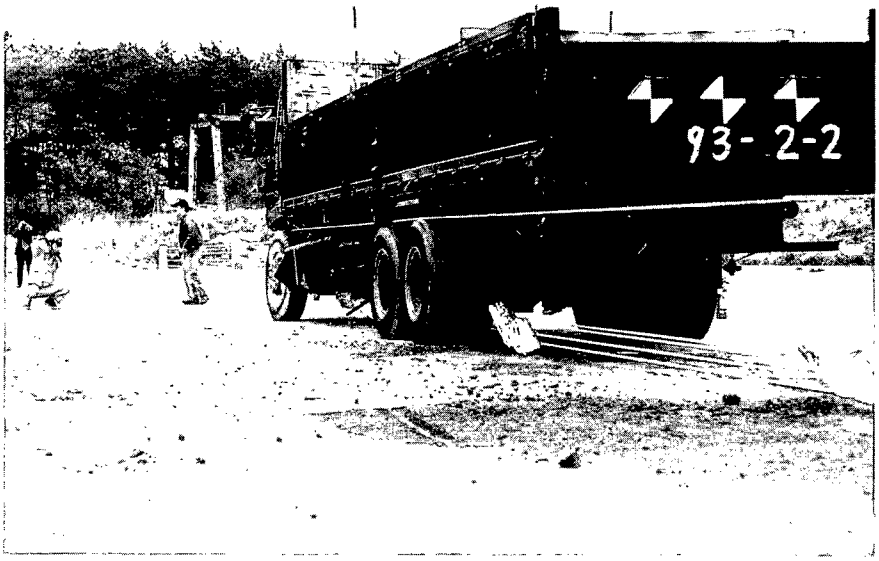
写真－７・１・４（５）衝突後の供試体



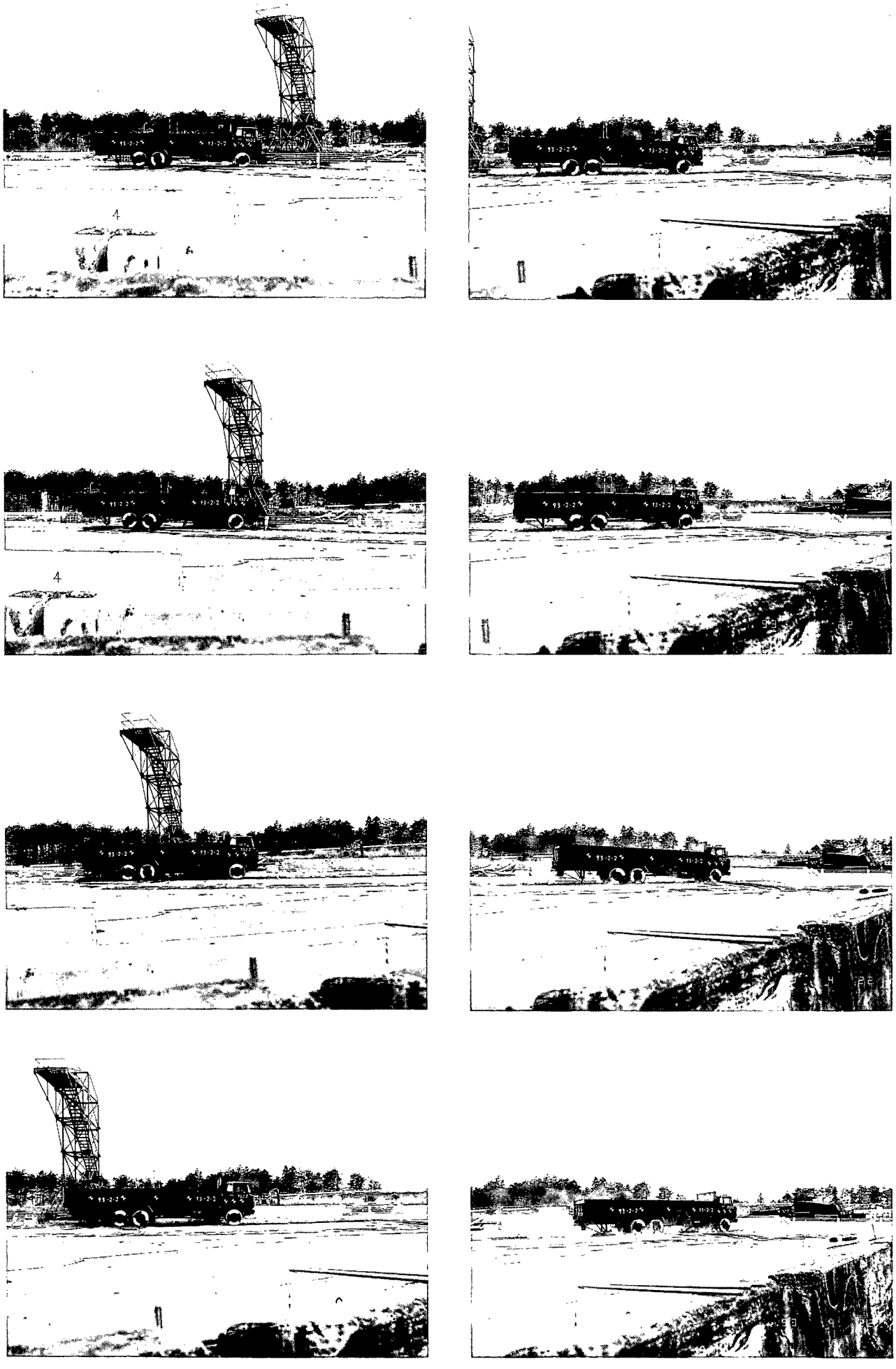
写真－７・１・４（６）衝突後の供試体



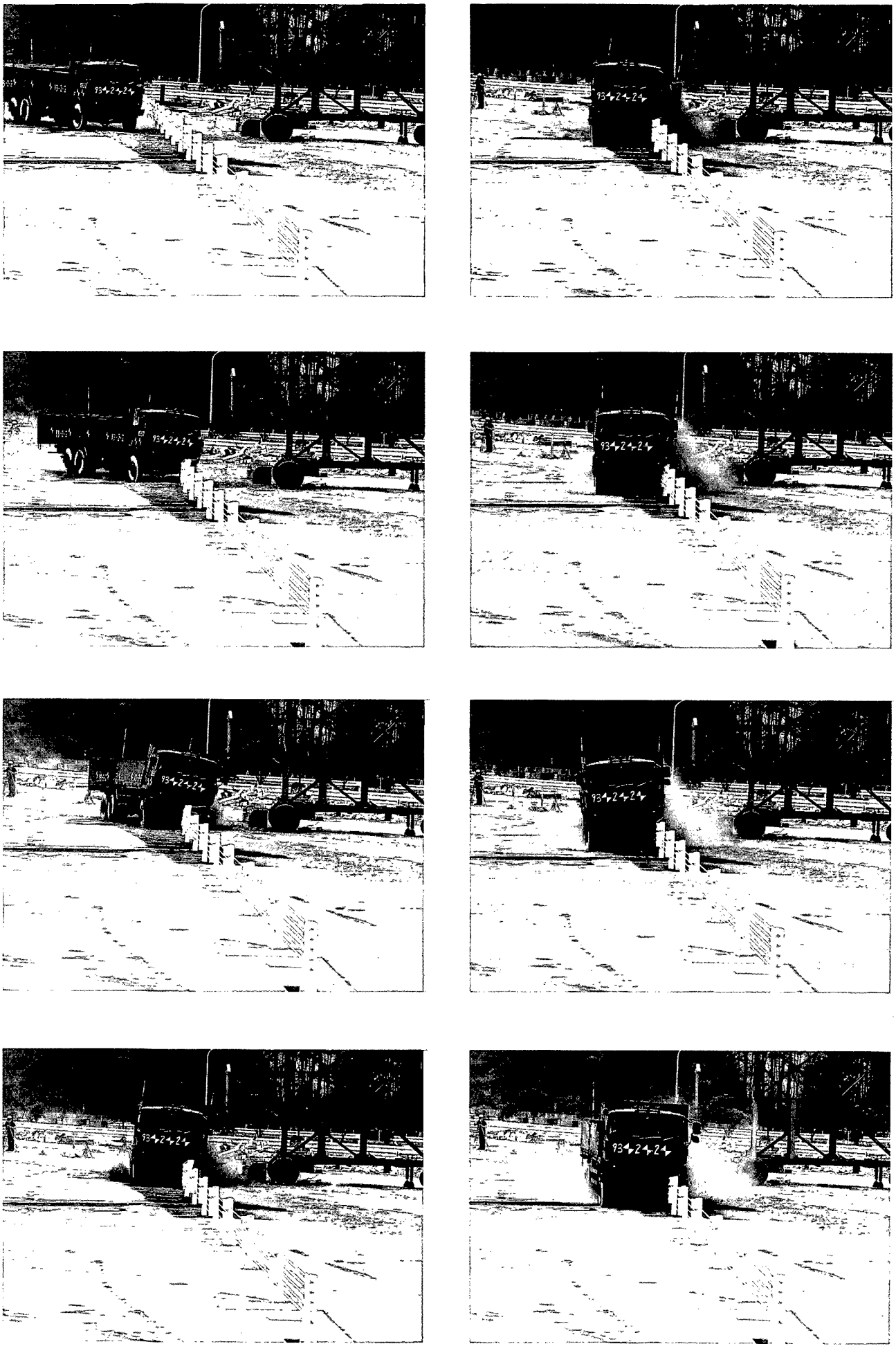
写真－７・１・４（７）衝突後の車両



写真－７・１・４（８）衝突後の車両



写真－7．1．4（9）衝突状況（Gc－A）



写真－７．１．４（10）衝突状況（Ｇｃ－Ａ）

７．１．５．分離帯用ガードレール　種別Ｓ

（１）実験目的

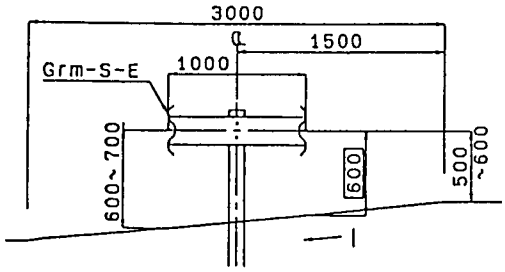
本実験は、分離帯用ガードレール種別Ｓ（Ｇｒｍ－Ｓ）について、構造別に以下の目的で実施した。

１）Ｇｒｍ－Ｓ－２Ｅ

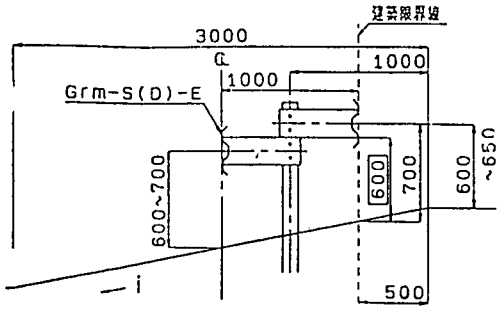
過去に種別Ｓ相当（衝撃度381kJの衝突実験で検証）として開発されたＧｒｍ－Ｓ－Ｅタイプを対象とし、現行防護柵の機能および強度限界を調査することを目的としている。

２）Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）、Ｇｒ－Ｓ（Ｓ）

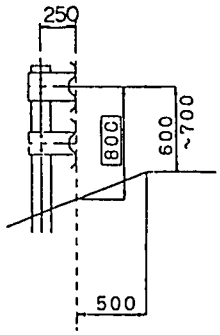
現行の中央分離帯用防護柵（Ｇｒｍ－Ａ、Ｇｒｍ－Ｓ）の設置位置は、分離帯中心でその高さは支柱設置位置において支柱打ち込み地面からビーム中心までを600mmと規定していた。そのため、分離帯勾配により路面からビーム中心までの高さが低くなり、大型車両の中分乗り越え等が懸念される。そこで、今まで以上に安全性を強化するための対応策として、分離帯に勾配が付いている場合のガードレールの設置方法の変更を行い、大型車の路外逸脱、横転防止機能や乗用車の潜り込み防止機能を確認することを主目的とした。



Ｇｒｍ－Ｓ－２Ｅ



Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）



Ｇｒ－Ｓ（Ｓ）

図－７．１．３１　断面図　（単位：mm）

（2）衝突条件

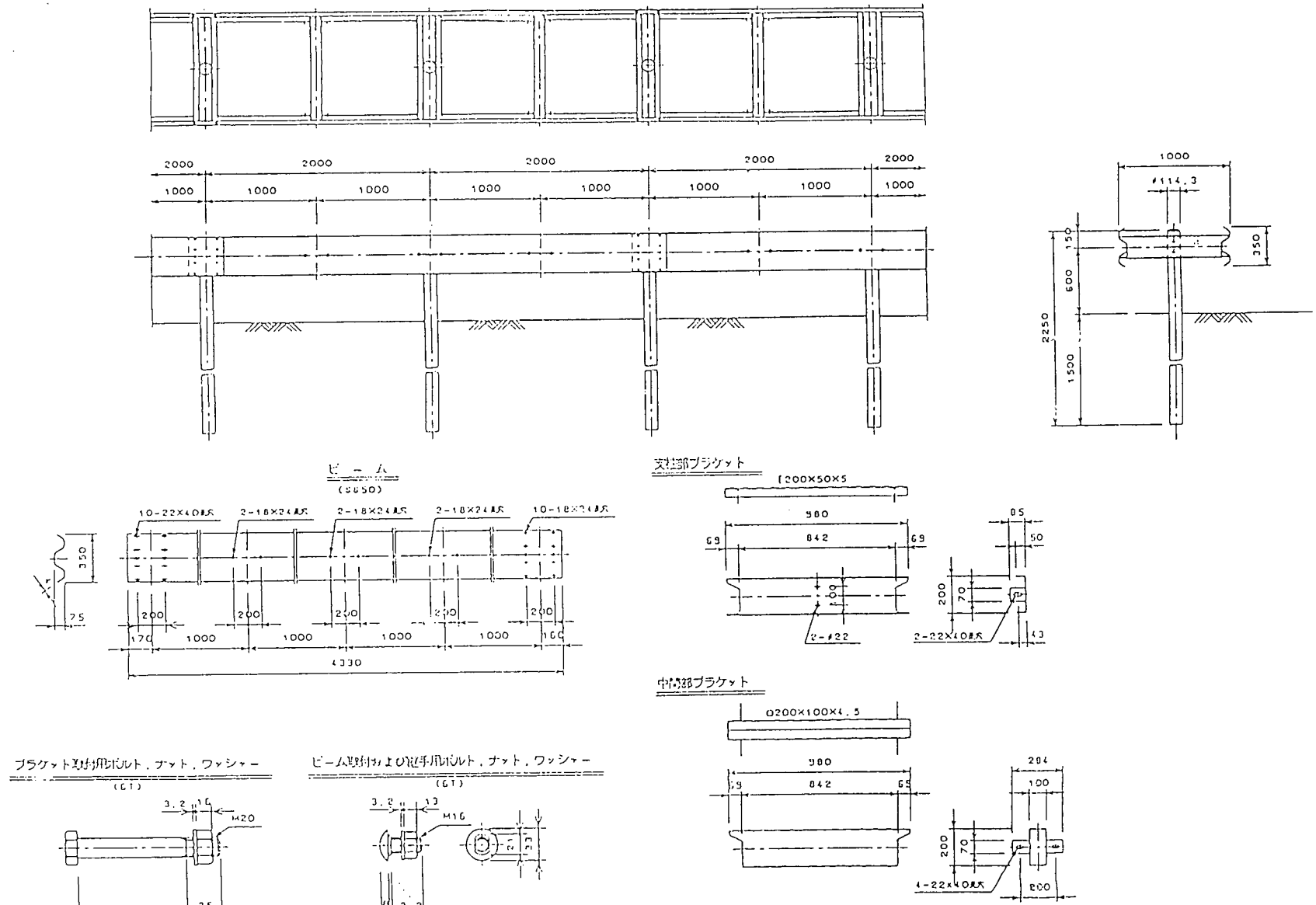
衝突条件を表－７．１．２３に示す。

表－７．１．２３　衝突条件一覧表

名称	Grm-S-2E	Grm-S(D)-E		Grm-S(S)-E2
タイプ	フラット型	段差型		セパレート型
分離帯勾配：i %	0≦i≦10	10＜i≦20		20＜i
衝突車両	貨物車	乗用車	貨物車	貨物車
車両質量(t)	２０	１．１	１４	１４
衝突速度(km/h)	１００	１００	８０	８０
衝突角度(度)	１５	２０	１５	１５
衝撃度　(kJ)	５１６	５０	２３１	２３１

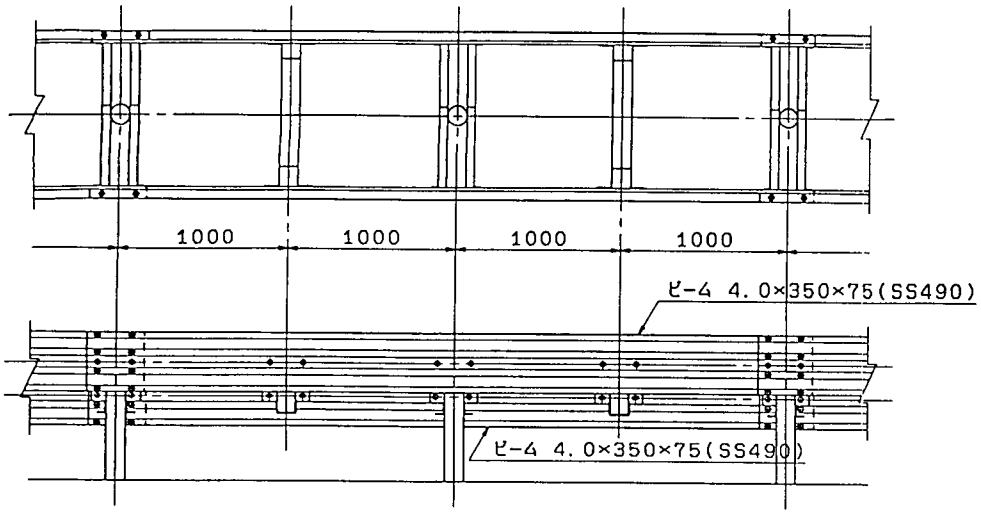
（3）供試体構造

供試体構造を図－７．１．３２～３４に示す。



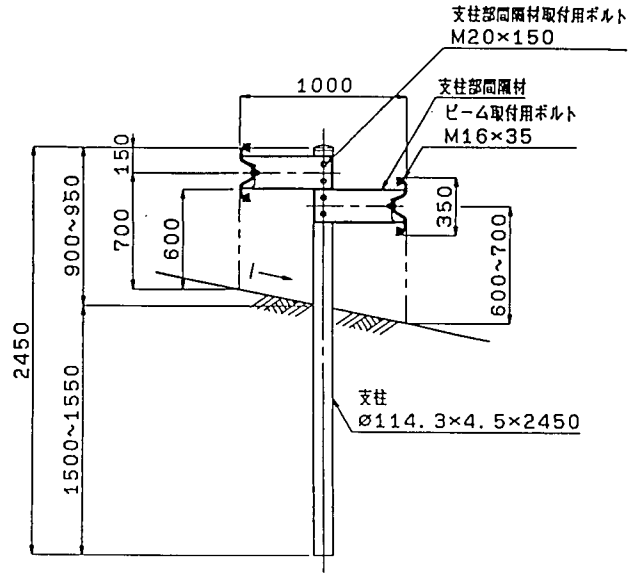
図－７．１．３２　Ｇｒｍ－Ｓ－２Ｅ構造図　（単位：mm）

組立図



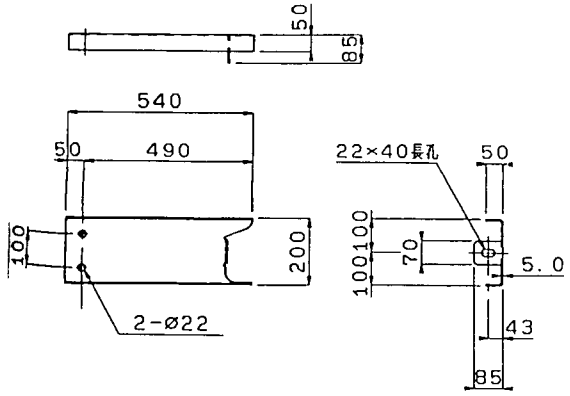
適用勾配：10＜I≦20(％)

支柱部断面図



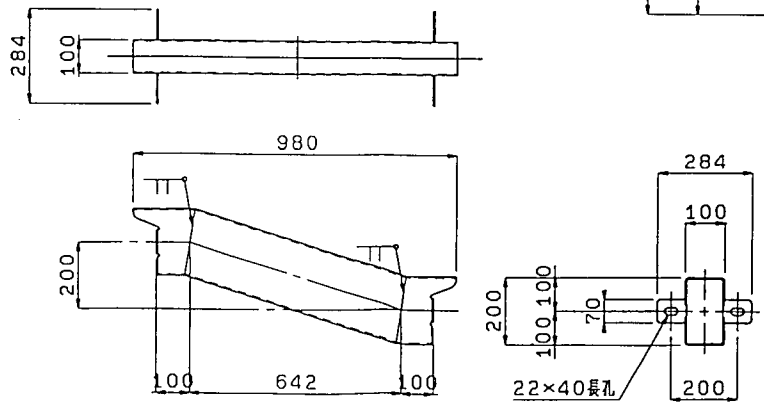
支柱部間隔材

[-200×50×5.0×540

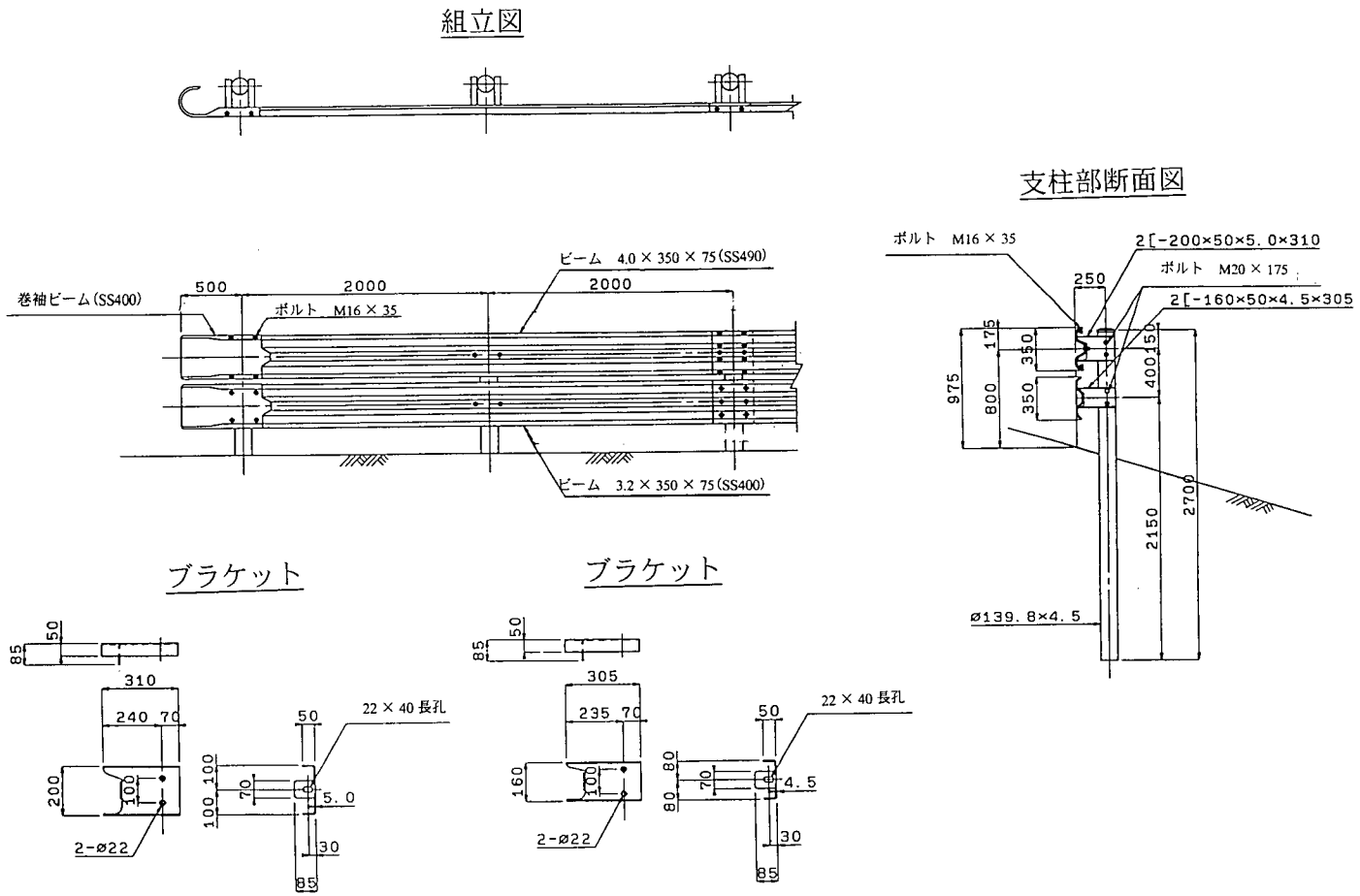


中間部間隔材

□-200×100×4.5×980



図－7．1．33　Grm－S（D）構造図　（単位：mm）



図－７．１．３４　Ｇｒ－Ｓ（Ｓ）構造図　（単位：mm）

（4）衝突シミュレーションによる検討

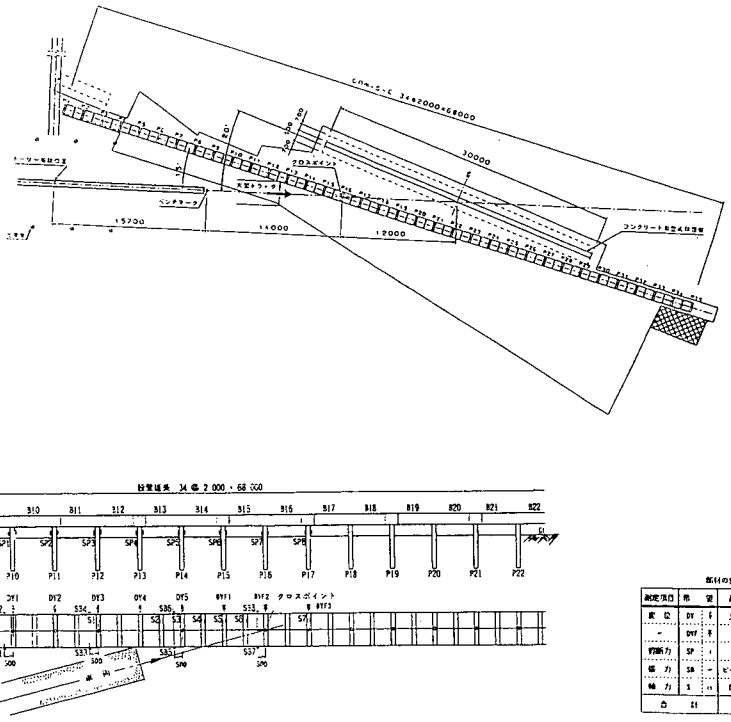
衝突シミュレーションで演算した結果を表－７．１．２４に示す。

表－７．１．２４　衝突シミュレーション一覧表

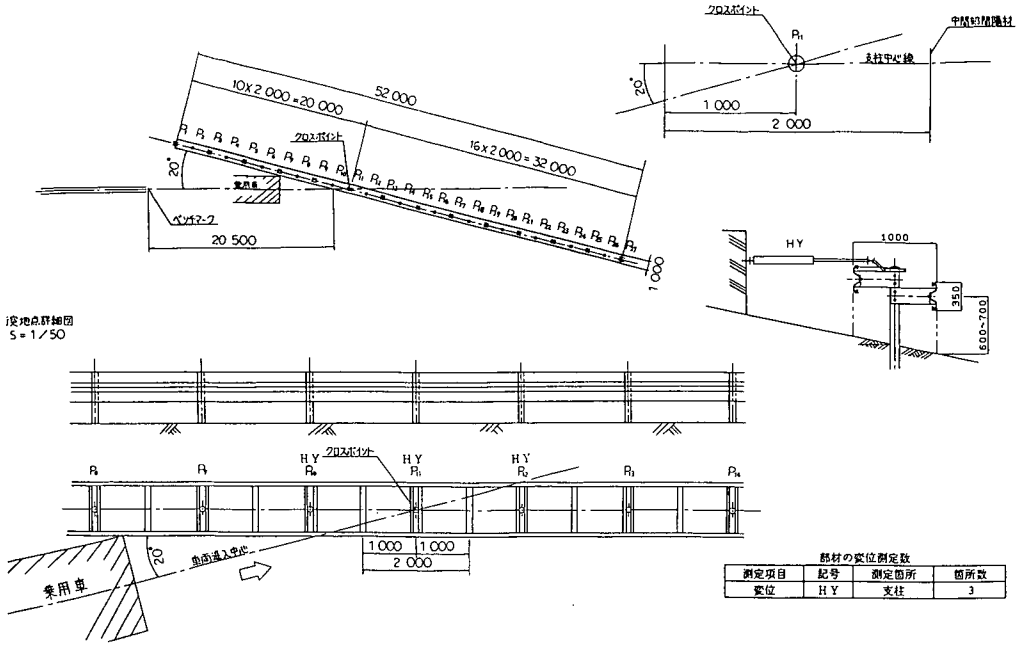
		Grm-S-2E	Grm-S(D)-E	Grm-S(D)-E	Grm-S(S)-E2
衝突条件	車両質量(t)	２０	１．１	１４	１４
	衝突速度(km/h)	１００	１００	８０	８０
	衝突角度(度)	１５	２０	１５	１５
	衝撃度(kJ)	５１６	５０	２３１	２３１
演算結果	離脱速度(km/h)	８５．７５	８３．５６	６７．７９	６７．６４
	離脱角度(度)	２５．６１	１８．７６	２０．７８	２０．７１
	最大進入行程(m)	０．８３	０．２６	０．６６	０．６５
	防護柵変形範囲(m)	３０．０	１０．０	２４．０	２４．０
	防護柵最大変形量(m)	１．０２	０．２７	０．８５	０．８４
	支柱最大変形量(m)	１．００２	０．１９７	０．８２６	０．８１８
	防護柵最大水平力(kN)	３２９．１	６０．１７	３０８．１	５４０．６
	最大合成加速度(m/s^2)	４４．２	１３６．５	２２．８	２２．６

（5）供試体の配置および計測位置

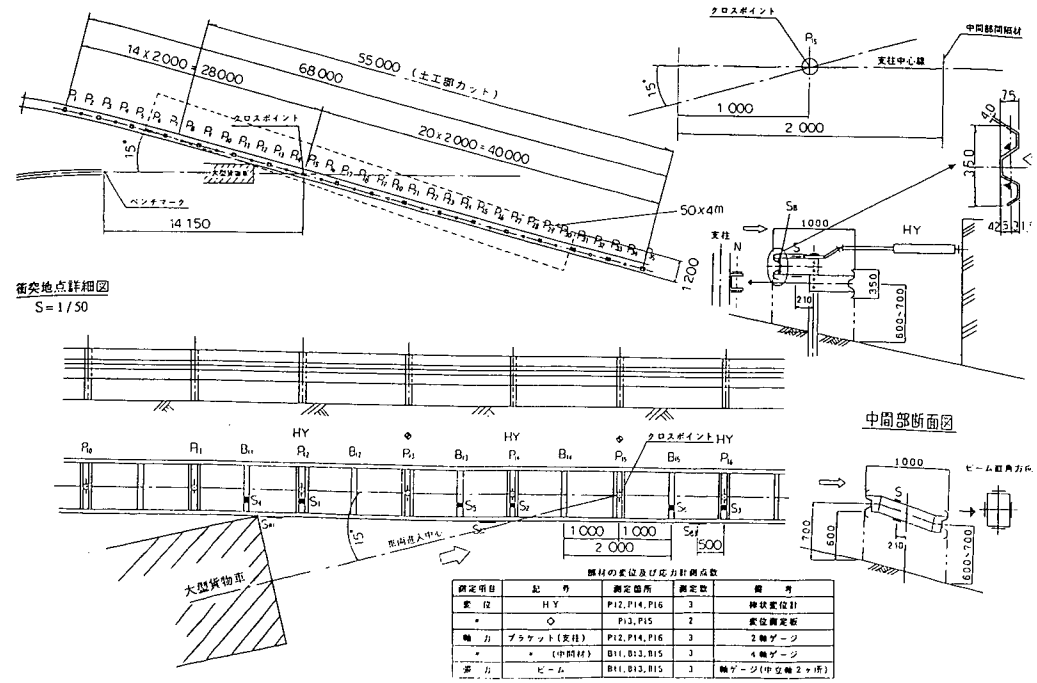
供試体の配置及び計測位置を図－７．１．３５～３７に示す。



図－７．１．３５　Ｇｒｍ－Ｓ－２Ｅの配置および計測位置　（単位：mm）

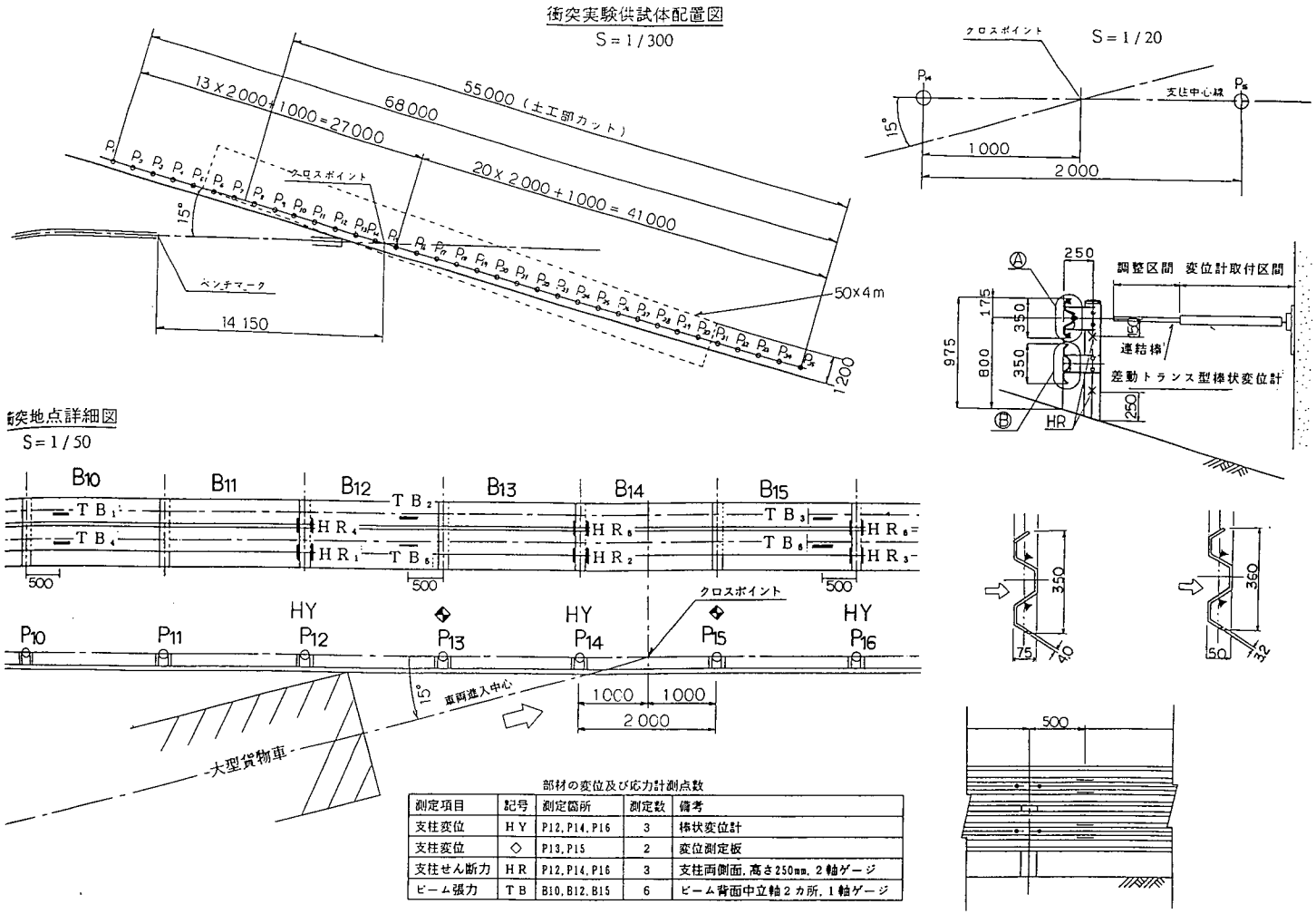


乗用車実験(1.1t, 100km/h, 20度, 50kJ)



貨物車実験(14t, 80km/h, 15度, 231kJ)

図－7．1．36　Grm－S（D）の配置および計測位置　（単位：mm）



図－７．１．３７　Ｇｒ－Ｓ（Ｓ）の配置および計測位置　（単位：mm）

（6）実験結果および考察

実験結果を表－７．１．２５に示す。

表－７．１．２５　実験結果一覧表

実験供試体			Grm-S-2E	Grm-S(D)-E	Grm-S(D)-E	Grm-S(S)-E2
衝突条件	車両質量(t)		２０	１．１	１４	１４
	衝突速度(km/h)		１００	１００	８０	８０
	衝突角度(度)		１５	２０	１５	１５
	衝撃度　(kJ)		５１６	５０	２３１	２３１
離脱速度(km/h)			６９．３	８２．７	計測不能	計測不能
離脱角度(度)			７．２	３．８	８．２	１０．９
接触長(m)			３０．１２	７．２０	２４．５	２６．４４
最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)	１，３２０	３８５	９３４	１，１３０
	残留	直角(Y)方向(mm)	１，３４３	１００	１，３３６	１，８７８
		延長(X)方向(mm)	３９０	－	５１５	１４４
	ビームY方向残留変位(mm)		１，３６４	－	１，５８５	１７８８
最大進入行程(m)			１，４２５	４１３	１，１８５	１，１４６
車両最大傾斜角(度)			４４．８	０	２３．９	３４．６
支柱最大水平力(kN)			４２．２	－	－	３３３
ビーム最大張力(kN)			２０８．７	－	４６０．６	５３５
*車両重心最大加速度	進行(X)方向(m/s^2)		３０．４	５７．８	２８．４	１７．６
	直角(Y)方向(m/s^2)		６１．７	１３６．２	３３．３	３０．４
	合成　(m/s^2)		－	１０３．９	３５．３	３２．３

＊　：Grm-S-2EとGrm-S(D)-E(1t乗用車)は、電気計測による原波形

Grm-S(D)-E(14t貨物車)とGrm-S(S)-E2は、高速度写真から解析した加速度

1）Ｇｒｍ－Ｓ－２Ｅ(20t, 100km/h, 15度, 516kJ)

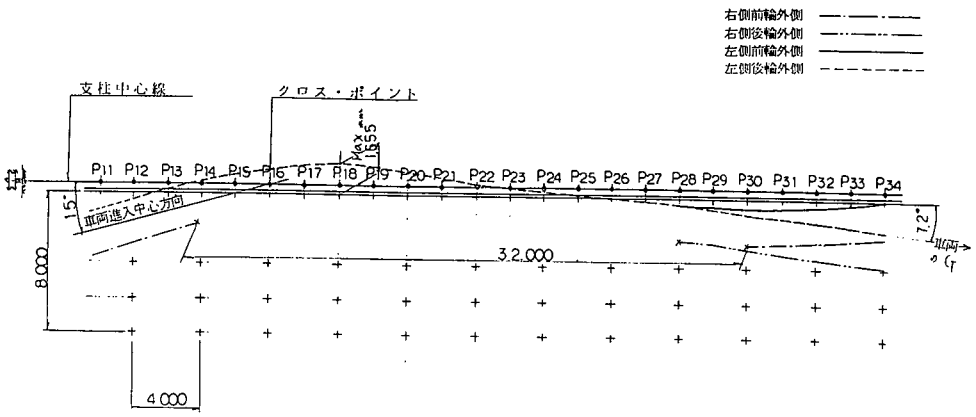
①車両誘導性

車両の衝突条件は車両質量20.78t、衝突速度91.8km/hであり、衝撃度は453kJであった。

車両は左前端部が衝突後、順次フェンダー部を防護柵に食い込ませながら方向転換するが、この時、運転席部は防護柵側に傾いた状態にある。次に後輪が衝突すると、荷台は大きく傾き運転席部との間に大きなねじれを生じながら一時離脱しようとするが、車両は再度防護柵側に方向転換し、姿勢角と進行角に大きな差異を生じながら防護柵に沿って7.2度の角度で離脱した。離脱速度は69.3km/h、減速率は25%であった。

最大進入行程は、1,425mm(外側最大進入量は1,655mm)であった。

車両の軌跡を図－７．１．３８に示す。



（単位：mm）

図－７．１．３８　車両軌跡図（Ｇｒｍ－Ｓ－２Ｅ）

②防護柵強度

a）支柱

支柱最大水平力は衝突0.275秒後に、P16で生じた42.1kNである。

表－7．1．26　支柱の最大変位量（支柱頂部）

支柱番号	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
最大変位量(mm)	59	170	331	582	915	1,070	1,260	1,320

表－7．1．27　支柱の最大水平力

支柱番号	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
最大水平力(kN)	6.08	8.13	16.0	24.7	35.8	36.9	42.1	26.4

b）ビーム

ビーム最大張力は、表ビームでは衝突0.965秒後にB15で生じた208.7kN、裏ビームでは衝突0.370秒後にB15で169.5kNであった。

表－7．1．28　ビームの最大張力

ビーム番号		B9	B11	B13	B15
最大張力(kN)	表	132.3	164.6	28.42	208.7
	裏	77.42	112.7	118.6	169.5

c）間隔材

間隔材最大軸力は、支柱部では衝突0.395秒後にP17で生じた-41.2kN、中間部では衝突0.078秒後にB13で生じた-12.7kNであった。

表－7．1．29　間隔材の最大軸力

間隔材番号		S1(P12)	S2(B13)	S3(P14)	S4(B14)	S5(P15)	S6(B15)	S7(P17)
最大張力	圧縮	7.84	6.86	50.0	3.92	42.1	95.1	63.7
(kN)	引張	5.88	12.7	0.98	24.5	24.5	3.92	41.2

③防護柵損傷状況

a）支柱

支柱では、5本（P16～P20）に左後輪の接触跡があり、内3本（P17～P19）が凹んでいた。また車両離脱付近の支柱2本（P27，28）が“く”の字（GL-350mm、-390mm）に曲ったが、引き抜けはなかった。

b）ビーム

ビームでは表側の下端部に波形状の変形（P14～P20）が生じ、上端部に局部的な潰れが数箇所認められたが、表、裏側ともに破断等はなかった。

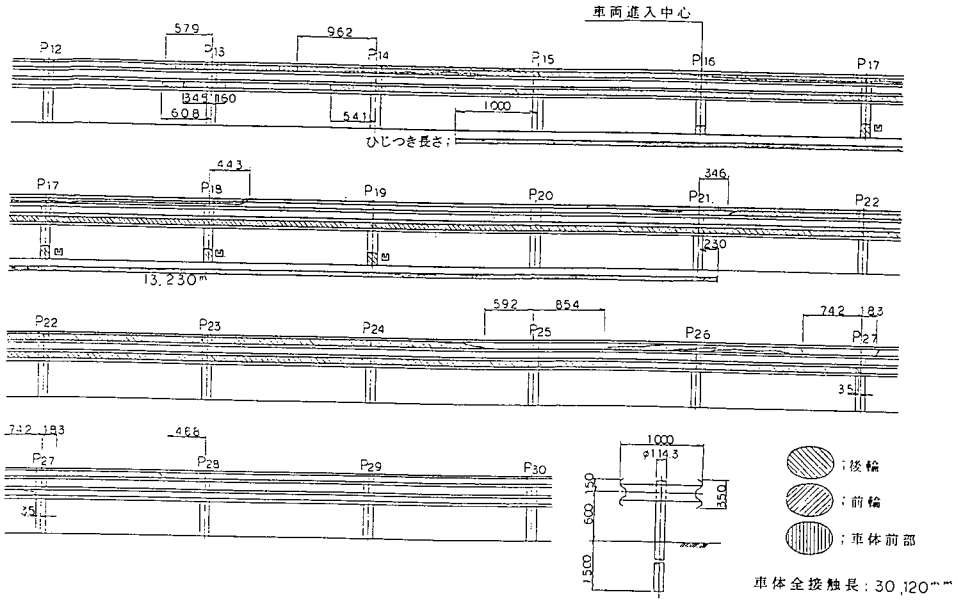
c）間隔材

間隔材ではビームとの取付端部のボルトの外れ（表：B21、P22～P29、裏：B21、P22～P24）、突起端部の曲り、亀裂、及び本体の曲り等が生じたが、取付ボルトの破断等はなかった。

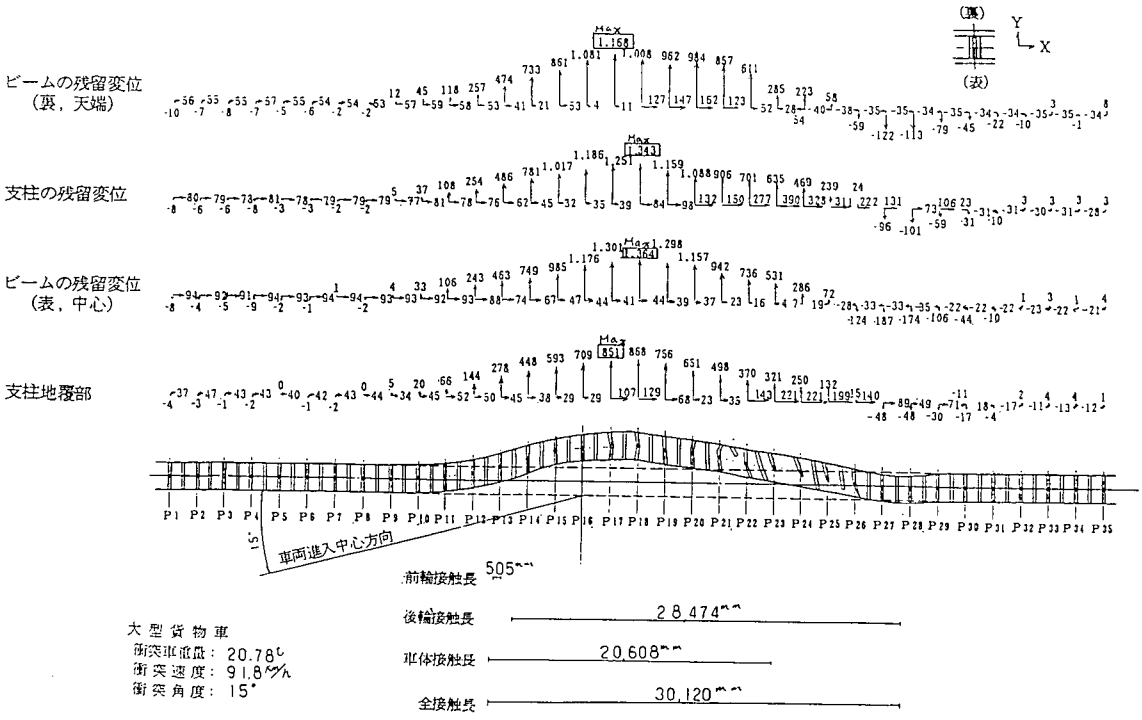
d）ボルトおよび接合部

ビーム継手部の最大ズレ（中央部）は表側、裏側それぞれ5mm（P23）、14mm（P31）であったが、ビームの端部、ボルト等の破断等は無かった。

車両接触跡を図－７．１．３９に、防護柵変形状況を図－７．１．４０に示す。



図－７．１．３９車両接触跡（Ｇｒｍ－Ｓ－２Ｅ）　（単位：mm）



図－７．１．４０　防護柵変形状況（Ｇｒｍ－Ｓ－２Ｅ）　（単位：mm）

④車両損傷状況

外廻りでは、左側前部バンパーの潰れ、同側フェンダーの運転席床下までの潰れ（最大凹み：300mm）、左側荷台前端部下端の突起部が潰れた他、荷台前端部から後輪付近にかけて圧痕が認められた。また左側前輪ステップが全潰し、同車輪取付ボルトのナットの外れはなかったが、ナット上端部にガードレールとの切削痕が認められた。

足廻りでは、左側前輪のホイールが変形し、タイヤがバーストした。なお、ステアリング（足廻り）関係は異常がなかったが、タイヤがバーストしていることから自力走行及び牽引走行は不可能であった。

⑤乗員の安全性

車室内に大きな損傷は発生しなかったことおよび運転席、助手席のダミーに大きな損傷がなかったことから、乗員の安全性は確保されていたと考えられる。

⑥考察

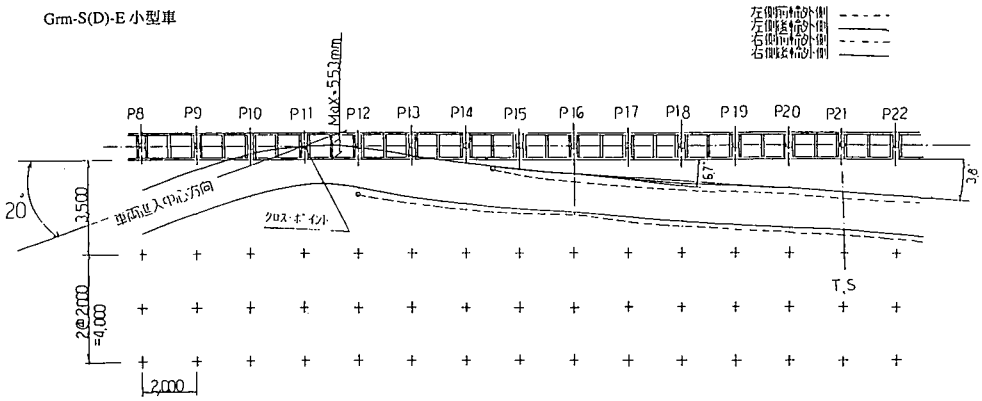
本実験では、車両進入量が車両中心位置で1,425mmと大きいものの、衝突車両を誘導する性能が確認された。各部材での発生応力や損傷状況から、防護柵強度は十分あったと判断できる。しかし、車両重心の傾きが最大で44.8度と非常に大きく不安定な状態での誘導であったことから、今回の衝突条件がＧｒｍ－Ｓ－２Ｅの機能限界であると考えられる。

2）Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－Ｅ(1.1t, 100km/h, 20度, 50kJ)

①車両誘導性

質量1．1tの乗用車は速度100.6km/h、角度20度、衝撃度50.2kJで防護柵に衝突した。衝突後、車両は防護柵と平行に向きを変え車両後部が防護柵に衝突した。その後、車両は防護柵の反力により、角度6.7度、速度82.7km/h（減速率18%）で離脱した。最大進入行程は、413mm(車輪外側進入量は553mm)であった。

車両の軌跡を図－７．１．４１に示す。



（単位：mm）

図－７．１．４１　車両軌跡図（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－Ｅ）

②防護柵強度

ａ）支柱

車両衝突時における防護柵直角方向の最大変位は、衝突0.22秒後にP11において発生し、支柱頂部で385mm（残留変位100mm）であった。

表－７．１．３０　支柱の最大変位量（支柱頂部）

支柱番号	P10	P11	P12
変位量(mm)	258	385	191

ｂ）ビーム

ビームの最大残留変位は、85mm(ビーム中心)でP11の支柱部分で生じた。

ｃ）間隔材

間隔材に大きな変形は無く、強度は十分であった。

③防護柵損傷状況

a）支柱

支柱については、タイヤの接触が認められたが、凹み、曲がりは無かった。

b）ビーム

ビームにはコルゲーションの潰れ等は無かった。

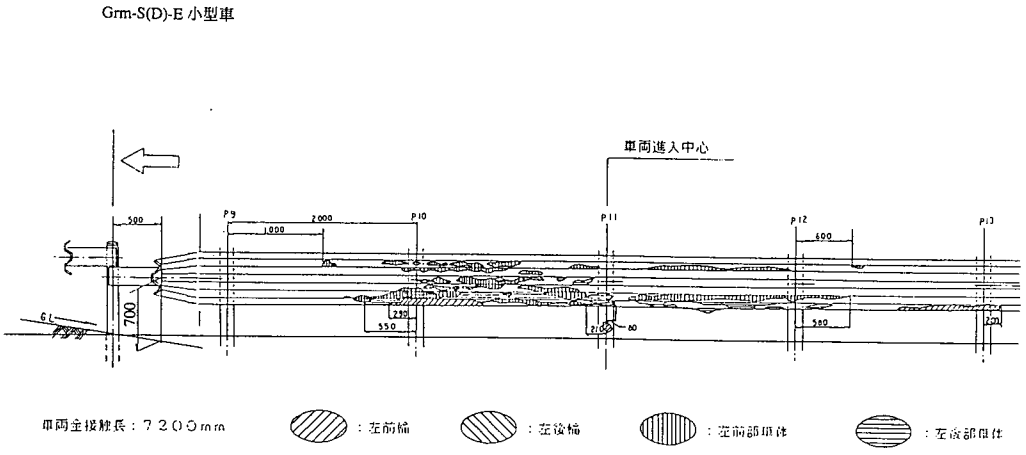
c）間隔材

間隔材の変形や損傷等は無かった。

d）ボルトおよび接合部

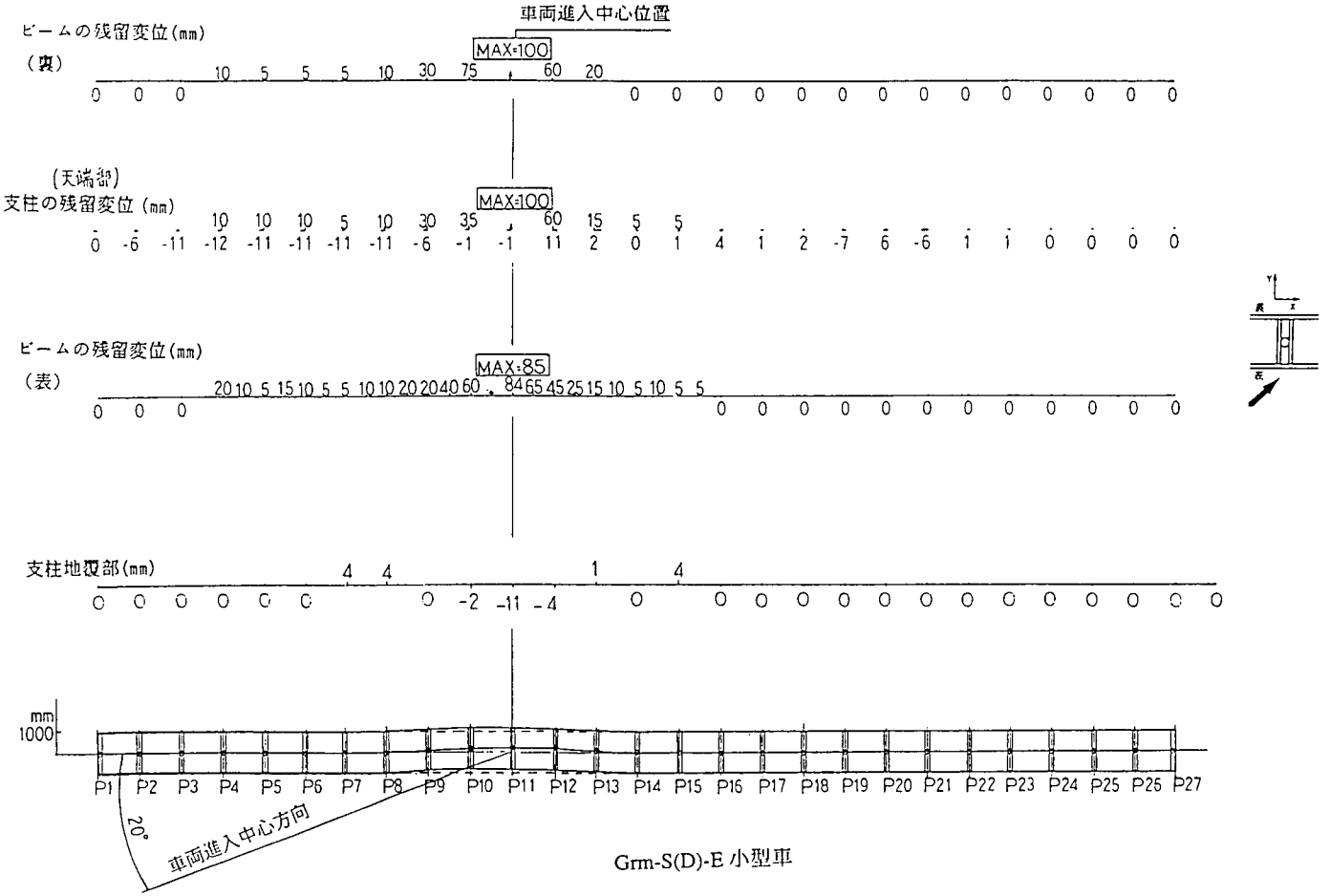
ボルトの破断や外れなどは無かった。

車両接触跡を図－７．１．４２に、防護柵変形状況を図－７．１．４３に示す。



（単位：mm）

図－７．１．４２　車両接触跡（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－Ｅ）



図－７．１．４３　防護柵変形状況（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－Ｅ）　（単位：mm）

④車両損傷状況

車両の損傷は、左側前部バンパー、フェンダー及び左ボデイ前から後部まで凹みがあった。足まわりでは、左側前輪ステアリングに多少変形はあるものの、自力走行が可能であった。

⑤乗員の安全性

車両重心の50ms平均値は、X方向（車両進行方向）が29.4(m/s²)、Y方向（車両直角方向）が86.2(m/s²)、合成値が86.2(m/s²)で、いずれも乗員の拘束条件が「腰ベルトのみ」のより望ましい範囲であった。

運転席ダミー頭部の最大加速度は、X方向が71.5(m/s²)、Y方向が208.7(m/s²)、助手席ダミー頭部はX方向が146(m/s²)、Y方向が209.7(m/s²)であった。一方、HIC値は、運転席が21.4、助手席が28.5でいずれも許容値1,000以下であった。

また、車室内部の変形がほとんどなかったことより、乗員の生存空間が確保されていたと判断できる。

以上のことから、乗員の安全性は確保されていたと考えられる。

表－７．１．３１最大加速度一覧表

（単位：m/s²）

	車両重心			ダミー			
	原波形	50ms平均	実効値	運転席		助手席	
				頭部	胸部	頭部	胸部
X方向	57.8	29.4	29.4	71.5	56.8	146	90.2
Y方向	136	86.2	55.9	209	60.8	210	102
Z方向	104	—	—	118	—	128	—
合成	139	86.2	62.7	209	—	245	—

⑥考察

乗用車の損傷は少なく、車両の誘導性、離脱速度、離脱角度、乗員の安全性とも問題がなく、乗用車の100km/h衝突に対して、十分な防護柵性能を有していることが確認できた。

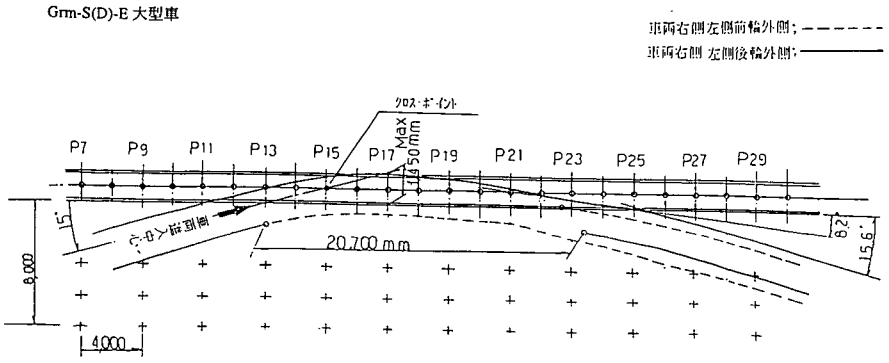
3）Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－Ｅ（14t, 80km/h, 15度, 231kJ）

①車両誘導性

質量14tの大型貨物車は、速度80km/h、角度15度、衝撃度231kJでガードレールに衝突した。衝突後ガードレールと平行に向きを変え、車両後部がガードレールに衝突した。その後、右側後輪が浮き上がり（最大浮き上がり量480mm）、ガードレール側に車両が傾いた。車両は、傾きを復元させながら離脱角度15.6度で離脱した。

最大進入行程は、1,185mm（車輪外側進入行程は、1,450mm）であった。

車両の軌跡を図－７．１．４４に示す。



（単位：mm）

図－７．１．４４　車両軌跡図（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－Ｅ）

②防護柵強度

ａ）支柱

Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－２Ｅは、肘付き効果を考慮して設計したものなので、間隔材の肘付きが始まるまでの間の支柱強度が評価の対象となる。

実験時に支柱が局部変形をせず、防護柵全体になめらかな変形を起こしたことから、支柱強度は適正であったといえる。

表－７．１．３２　支柱の最大変位量（支柱頂部）

支柱番号	P12	P13	P14	P15	P16
最大変位量(mm)	375	613	934	835	915

b）ビーム

車両前部衝突時に、ビームの最大残留変位が生じた箇所（最も大きなビーム張力が作用したと考えられる位置）より6m離れたB15で、参考耐力436kNを上回るビーム張力460.6kNが測定されたことや、コルゲーションの潰れ状況より、ビーム強度は上限近くであったと考えられる。

表－７．１．３３　ビームの最大張力

ビーム番号	B11	B13	B15
最大張力(kN)	73.70	205.8	460.6

c）間隔材

ガードレールの大変形時に、支柱部間隔材の取付けボルトの引き抜け、変形はあったが、表ビームが裏ビームと一体となり「肘付き」効果を保持したことにより、間隔材はビームから支柱への荷重伝達に十分な強度を有していたと考えられる。また接合ボルトには破断が認められず、十分な強度を有していることを確認した。

表－７．１．３４　間隔材の最大軸力

間隔材番号		S1(P12)	S2(P14)	S3(P16)	S4(B11)	S5(B13)	S6(B15)
最大軸力	圧縮	36.65	92.81	17.15	5.78	29.60	49.10
(kN)	引張	3.724	128.4	569.4	4.214	8.134	58.90

③防護柵損傷状況

a）支柱

支柱は、衝突位置P12から前方P24までの13本が地盤面から約400mmの深さで「く」の字に折れ曲がり、内5本には凹みがあったが、完全な引き抜けはなかった。

b）ビーム

表ビームはビーム下端部のコルゲーションの潰れ、ボルトの引抜けが2箇所であったが、破断はなかった。

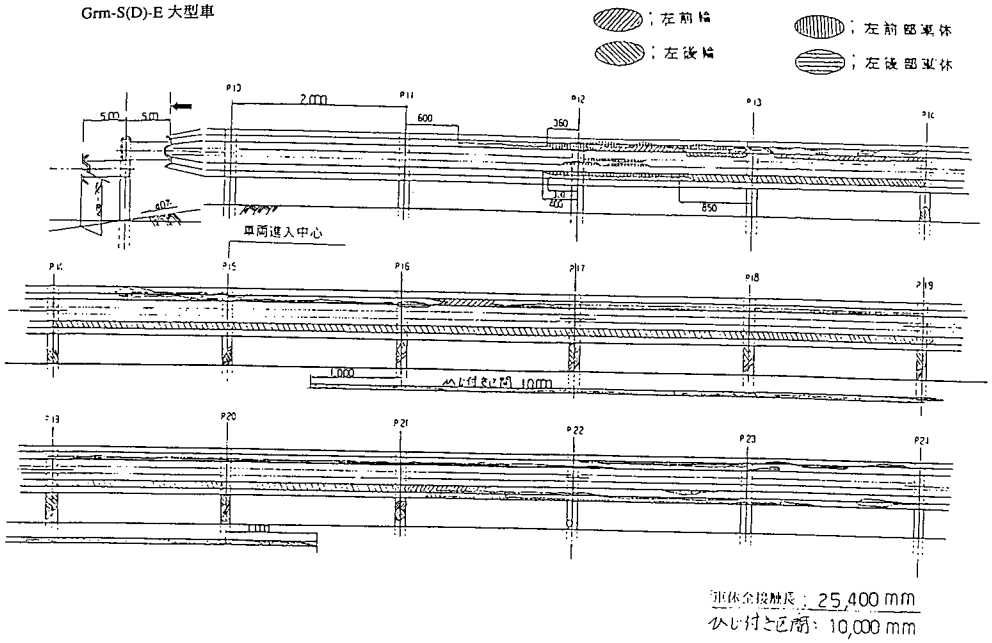
c）間隔材

間隔材は、支柱部間隔材が7本（P15～P21）変形し、ビームと間隔材取付部で１箇所破断した。

d）ボルトおよび接合部

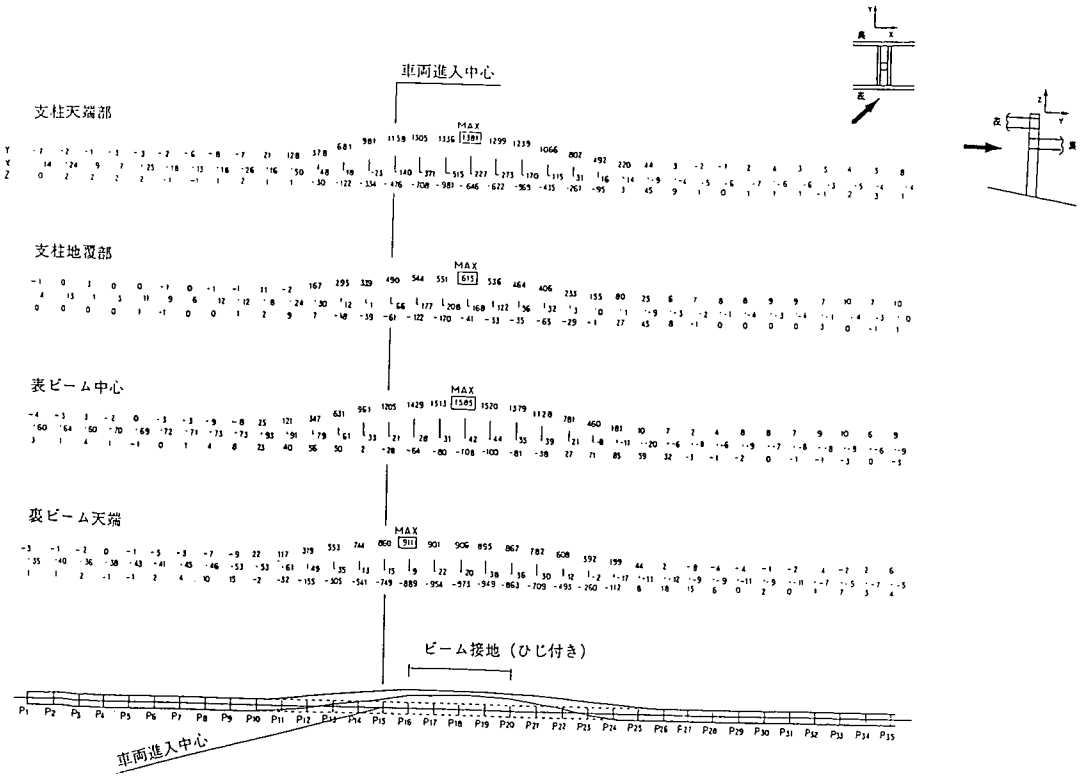
ビーム継手部の最大ずれは、22mmであった。また、２つの支柱で取付ボルトの外れがあった。

車両接触跡を図－７．１．４５に、防護柵変形状況を図－７．１．４６に示す。



（単位：mm）

図－７．１．４５　車両接触跡（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－Ｅ）



（単位：mm）

図－７．１．４６　防護柵変形状況（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）－Ｅ）

④車両損傷状況

車両の損傷状況については、左側前部バンパー、フェンダーに凹みがあり、荷台前部から中間付近まで線状接触跡があった。足まわりでは、前輪、後後輪が間隔材端部の切傷によりバーストしたので牽引走行は可能であるが、自力走行はできなかった。

⑤乗員の安全性

車室内に大きな変形が無かったことから、乗員の安全性は十分確保されていたと考えられる。

⑥考察

本実験結果からは、ブロックアウトや肘付き効果によりビーム中心高さの低下を防止し、車両の乗り越しもなく、ビームの変形により緩やかに車両を誘導した。Ｇｒｍ－Ｓ(Ｄ)－Ｅは、衝撃度232kJに対して十分な防護柵性能を有している。

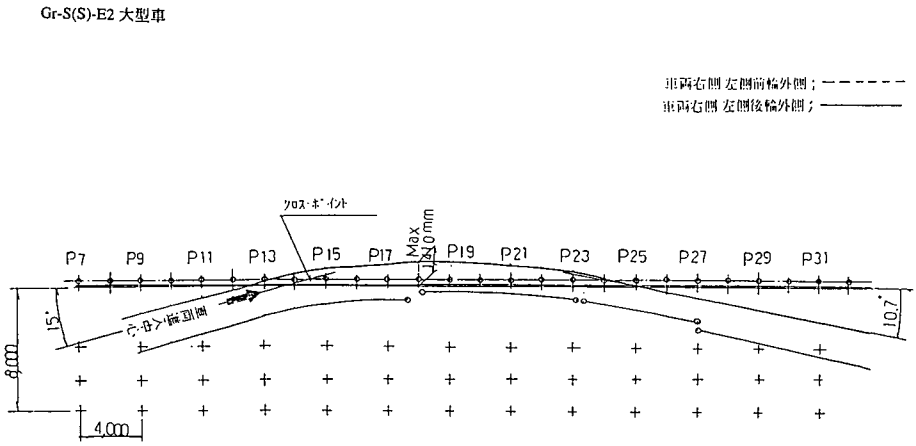
4）Ｇｒｍ－Ｓ（Ｓ）－Ｅ２(14t, 80km/h, 15度, 231kJ)

①車両誘導性

質量14tの貨物車は、速度81.4km/h、角度15度、衝撃度231kJでガードレールに衝突した。衝突車両は、衝突後ガードレールと平行に向きを変え、車両後部がガードレールに衝突した。衝突後、車両はガードレール側に傾き（最大傾斜角：34.6度、前端：22.4度、後端：47.3度）右側前輪が浮き上がった（最大浮き上がり量：右側後前輪：610mm)。その後、傾きを復元させながら角度10.9度で離脱した。

最大進入行程は、1,146mm(車輪外側進入行程は1,410mm)であった。

車両の軌跡を図－７．１．４７に示す。



（単位：mm）

図－７．１．４７　車両軌跡図（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｓ）－Ｅ２）

②防護柵強度

a）支柱

支柱水平力の最大値はP16で発生し、前部衝突時に33.3kN、後部衝突時に19.6kNであった。

表－７．１．３５　支柱の最大変位量（支柱頂部）

支柱番号	P12	P13	P14	P15	P16
最大変位量(mm)	489	855	*972	1,130	*992

＊：測定範囲の限界

表－７．１．３６　支柱の最大水平力

支柱番号		P12	P14	P16
最大水平力 (kN)	上段ビーム	19.70	24.60	22.05
	下段ビーム	12.35	42.24	66.54
	合計	21.46	28.71	33.22

b）ビーム

ビーム張力の最大値は、上段ビームでは前部衝突時に535.1kN、後部衝突時に460.6kN、下段ビームでは前部衝突時で392kN、後部衝突時で461.6kNであった。

表－７．１．３７　ビームの最大張力

ビーム番号		B11	B13	B15
最大張力(kN)	上段ビーム	122.3	3.14	535.1
	下段ビーム	60.00	1.86	461.6

c）ブラケット

ブラケットには変形が生じたものの、破断や外れ等は発生しなかった。

③防護柵損傷状況

a）支柱

後輪の接触跡があった８本の支柱の内、２本に凹みがあり、２本は地盤面から約100mmの深さで「く」の字に折れ曲ったが、完全な支柱引き抜けは無かった。

b）ビーム

ビームでは、コルゲーションの潰れが上段ビームで約8m（P18～P22）、下段ビームで約18m（P13～P22）生じ、上段ビームのP19では、曲げと引張りの複合的な応力により、ボルト縁端部で顕著な板厚の減少が発生したが、破断はなかった。

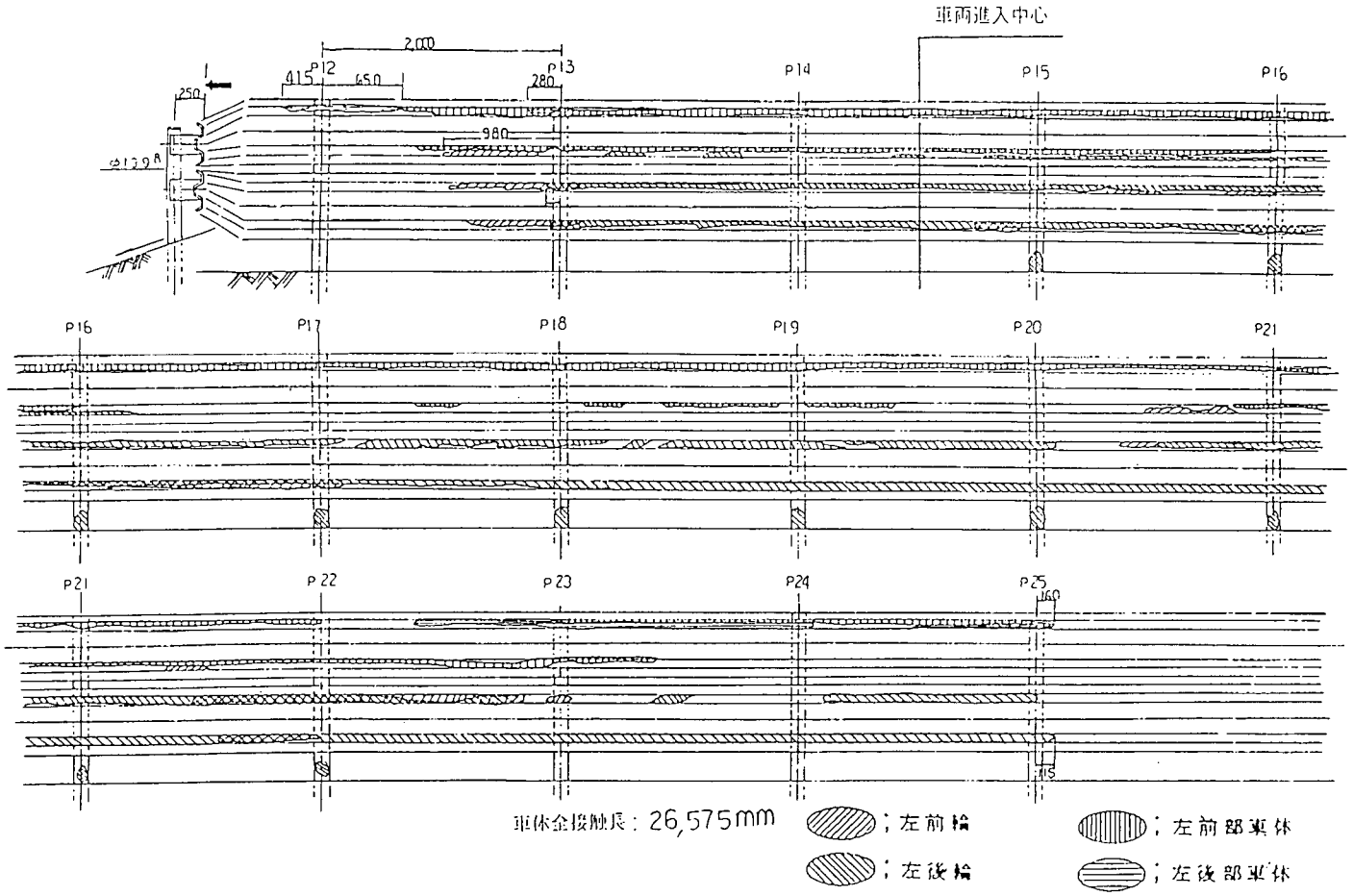
c）ブラケット

ブラケットでは、P16～P22の７箇所に潰れ等の変形が生じた。

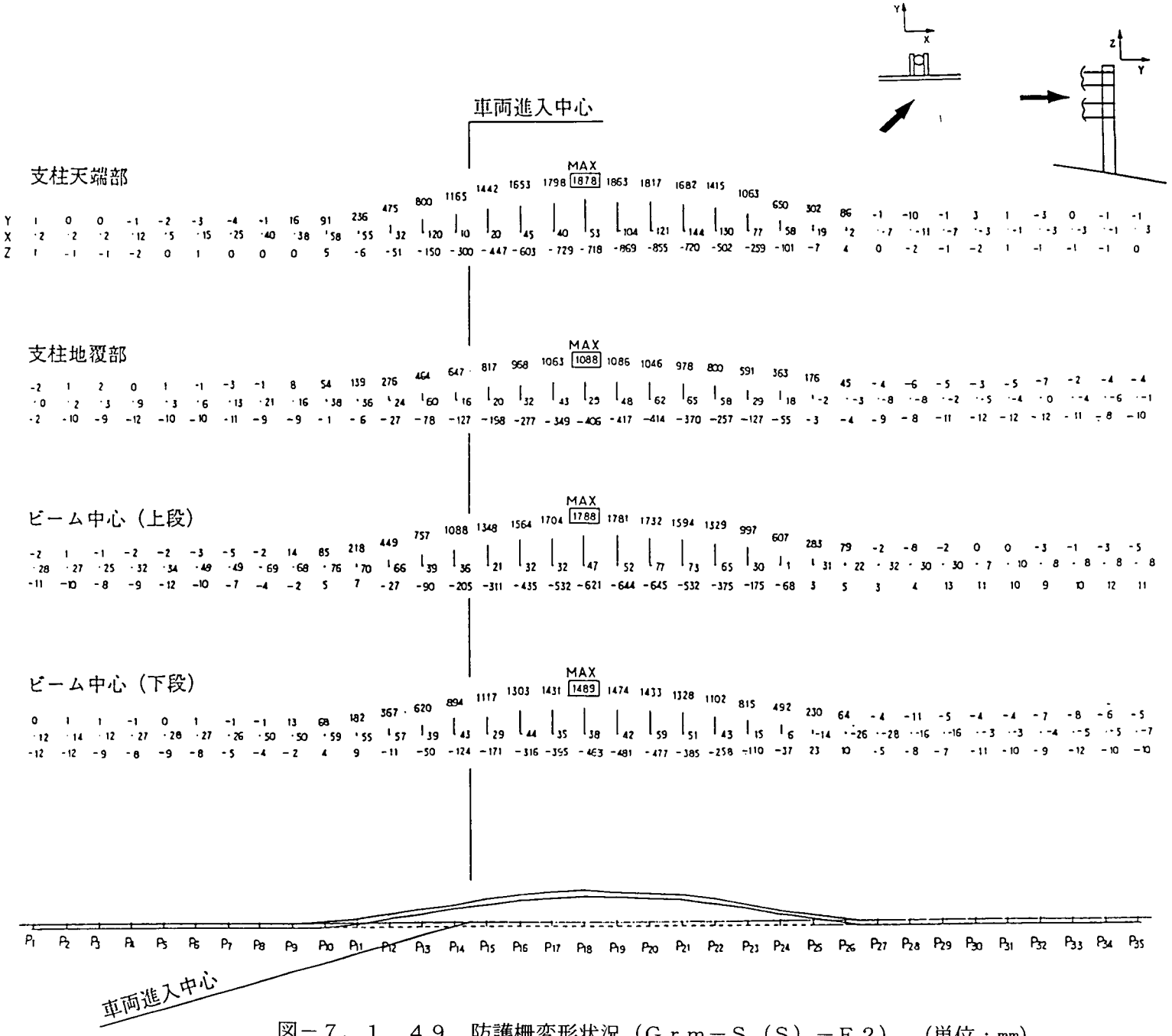
d）ボルトおよび接合部

ボルトの引き抜けは、ビームのボルト孔の変形により４箇所で発生した。P19では上下ビーム共にビーム継手部で最大ずれ25mmが発生した。

車両接触跡を図－７．１．４８に、防護柵変形状況を図－７．１．４９に示す。



図－７．１．４８　車両接触跡（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｓ）－Ｅ２）　（単位：mm）



図－７．１．４９　防護柵変形状況（Ｇｒｍ－Ｓ（Ｓ）－Ｅ２）　（単位：mm）

④車両損傷状況

車両の損傷状況は、左側前部バンパー、フェンダーに凹みがあり、後端部ではシャーシ外端まで食い込みがあった。

足まわりは、後輪（前後）に切傷、ホイール外端に変形があるものの、自力走行可能であった。

⑤乗員の安全性

衝突後の車室内には大きな変形が無かったことから、乗員の安全性は確保されていたと考えられる。

⑥考察

本実験結果から、乗り越しや、逸脱もなく、車両を誘導できたため、防護柵機能は満足できるものであった。しかしながら、損傷状況等よりＧｒｍ－Ｓ（Ｓ）－Ｅ２では、衝撃度232kJが上限に近い衝突条件であると考えられる。

（6）まとめ

車両の大型化や高速化に対応できるような防護柵として中央分離帯用強化型防護柵Ｇｒｍ－Ｓ－Ｅが路側種別Ｓ相当の設計条件で開発され、既に実用化されている。

中央分離帯に勾配が付いている場合、防護柵機能の向上を図るためには、Ｇｒｍ－Ｓ－Ｅの設置方法を変更した(設置位置、高さ及び形状)改良案について今回実車衝突実験を実施し、防護柵としての諸機能を確認した。

実験結果によれば、防護柵設置位置や形状を改良した供試体は、大型車による分離帯逸脱、突破及び乗用車による潜り込み防止機能や強度、誘導性等の防護棚機能の観点からみて満足できるものであった。

表－７．１．３８　今回提案したＧｒｍ－Ｓ種の使用区分と主な実験結果

		大型車の誘導性	小型車による 潜り込み	備考
中央分離帯 勾配(i%)毎の ガードレール形式	Grm-S-2E 0≦i≦10	i=0 ○ (14t,80km/h,20度)	○ (1.6t,120km/h,20度)	S59年実施 両面型
	Grm-S(D)-2E 10＜i≦20	i=20 ○ (14t,80km/h,15度)	○ (1.1t,100km/h,20度)	今回実施 段違い型
	Gr-S(S)-E2 20＜i	i=40 ○ (14t,80km/h,15度)	路側S種と ビーム高さは同一 (実験は省略)	今回実施 片面型

(　)は衝突条件

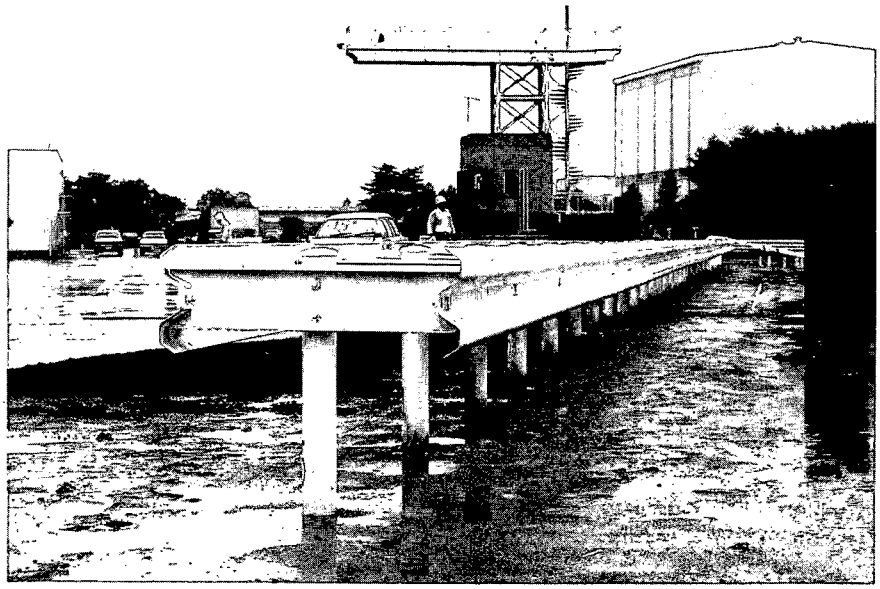
○　は実験によって防護柵機能を満足したもの

太字部は、今回提案した改良構造

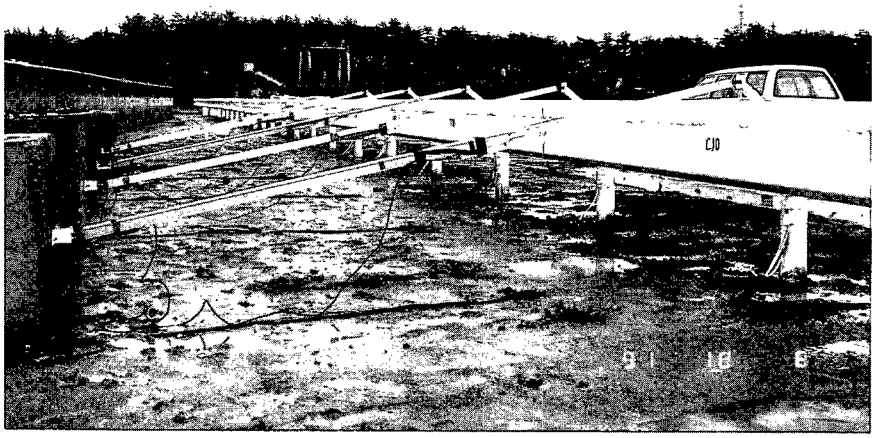
これらの結果より、Grm-S種のガードレールについて、以下のことを確認した。

① 使用区分に応じた各構造形式の防護柵諸機能は、要綱種別S（衝撃度232kJ)の設計条件を満足している。

② 中央分離帯勾配により防護柵設置方法を変更した改良案は、防護柵機能を確保するために有効である。



写真－７．１．５（１）　供試体（Grm-S-2E：20t,100km/h,15 度）



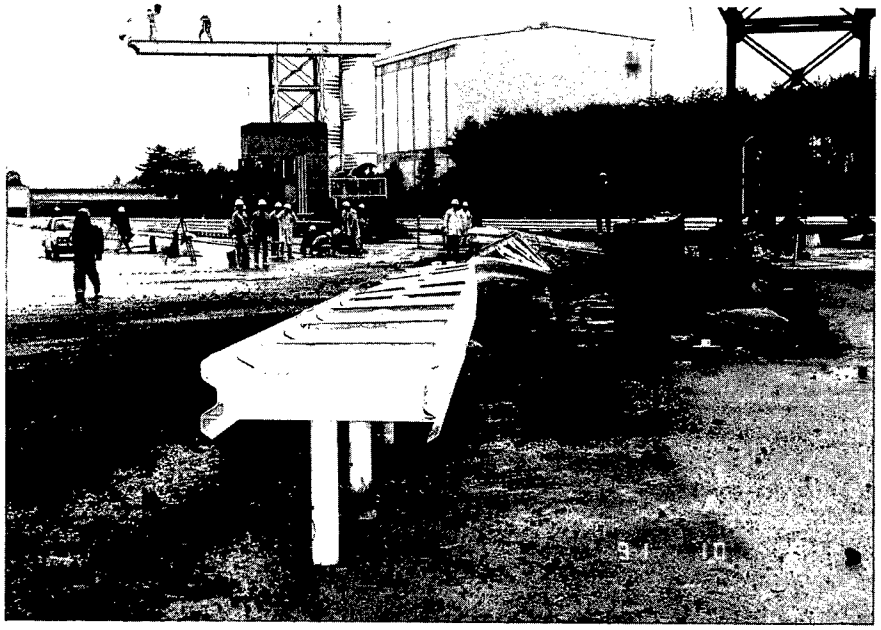
写真－７．１．５（２）　供試体（Grm-S-2E：20t,100km/h,15 度）



写真－７．１．５（３）　衝突車両（貨物車２０ｔ）



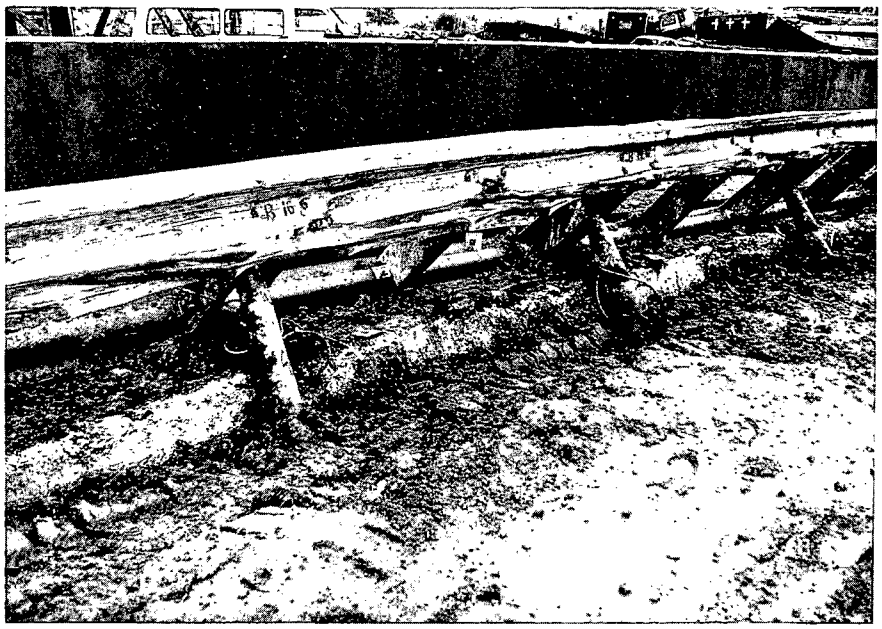
写真－７．１．５（４）　衝突後の供試体（Grm-S-2E：20t,100km/h,15 度）



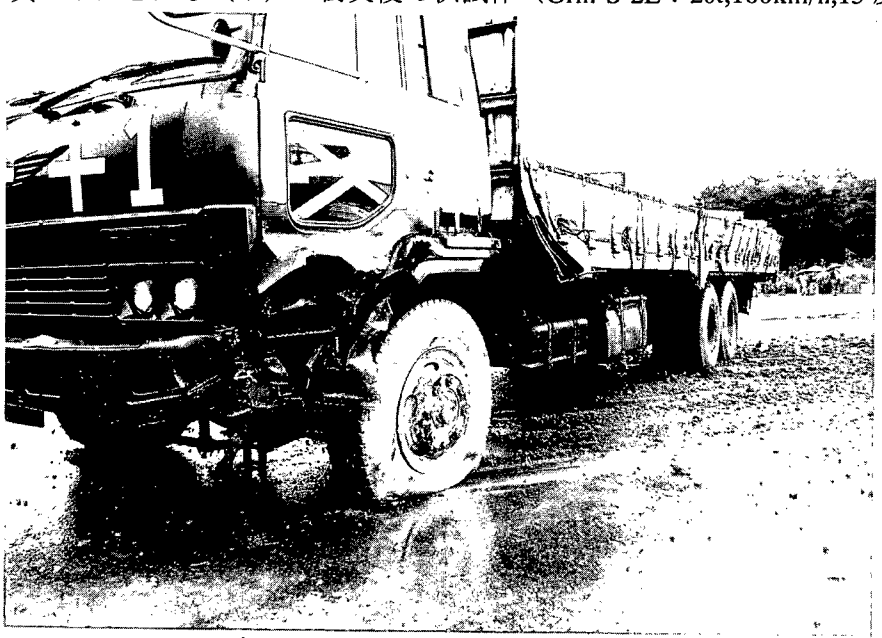
写真－７．１．５（５）　衝突後の供試体（Grm-S-2E：20t,100km/h,15 度）



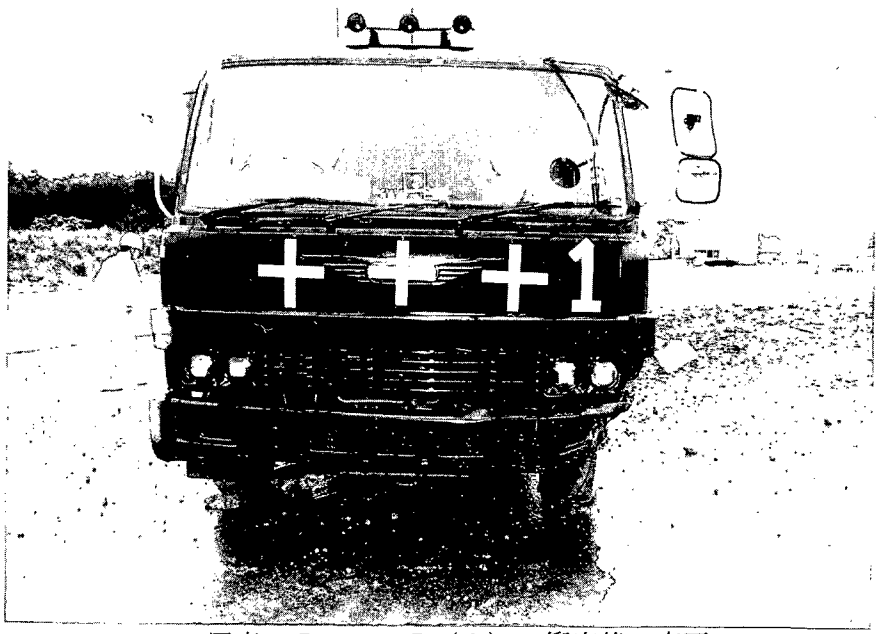
写真－７．１．５（６）　衝突後の供試体（Grm-S-2E：20t,100km/h,15 度）



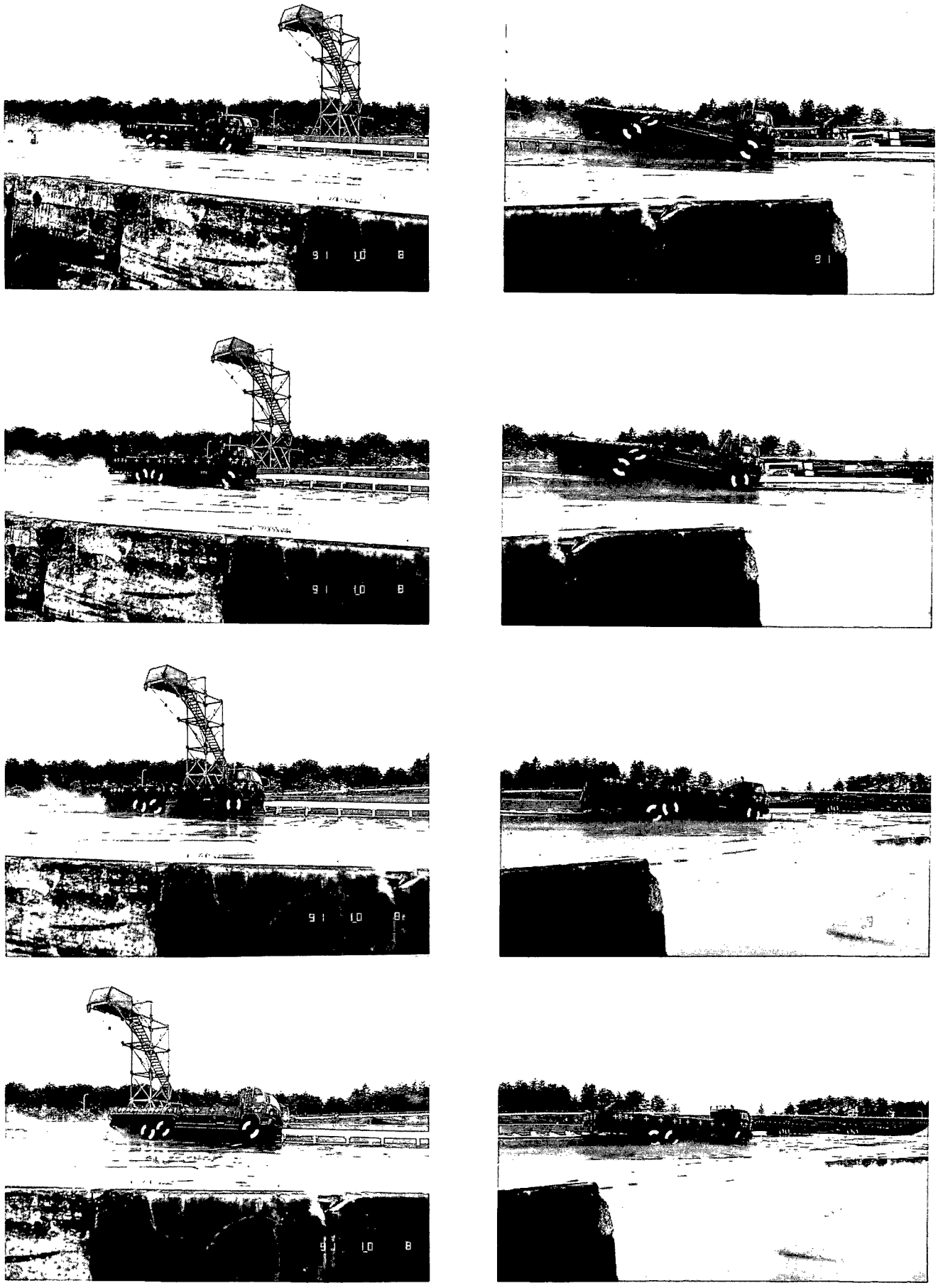
写真－７．１．５（７）　衝突後の供試体（Grm-S-2E：20t,100km/h,15 度）



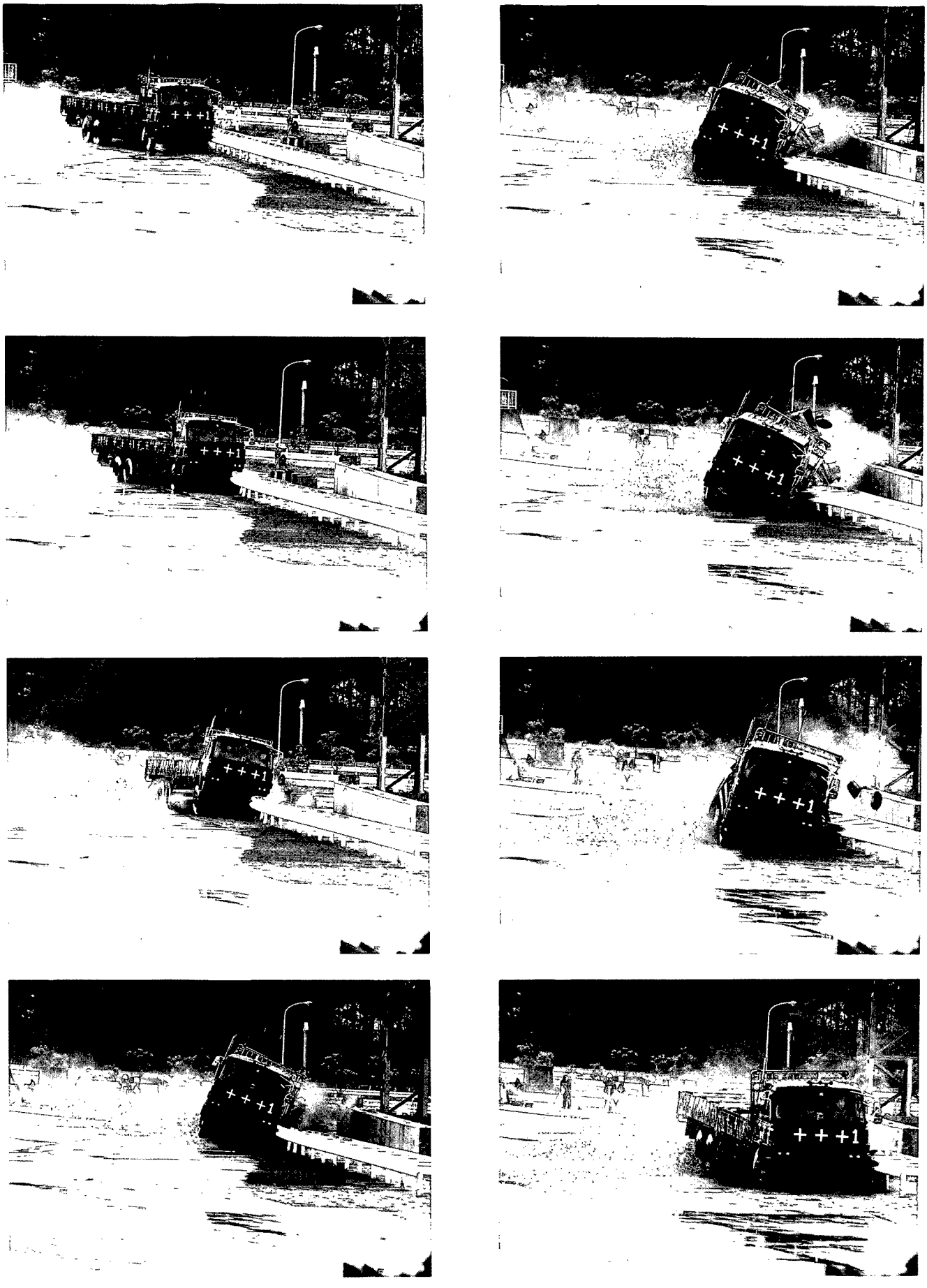
写真－７．１．５（８）　衝突後の車両



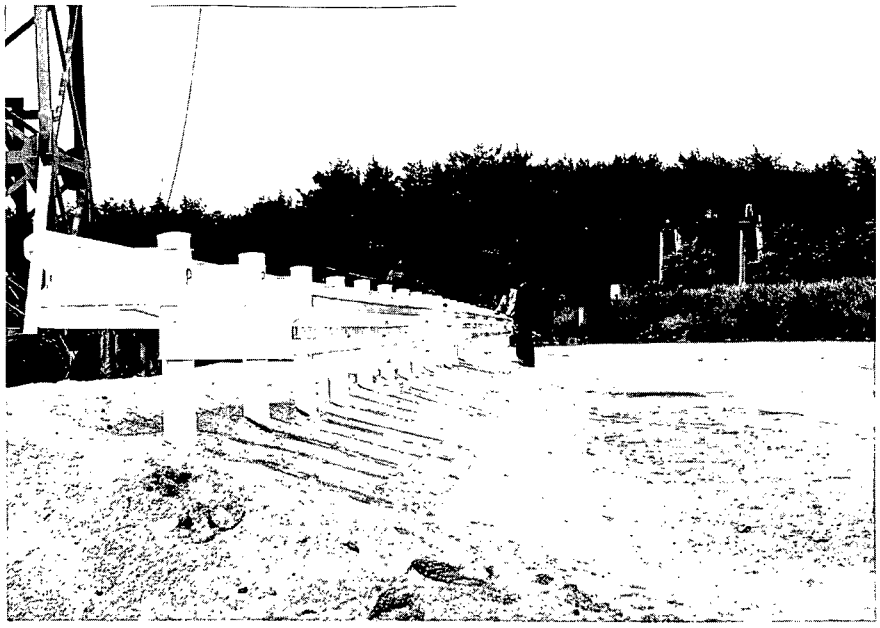
写真－７．１．５（９）　衝突後の車両



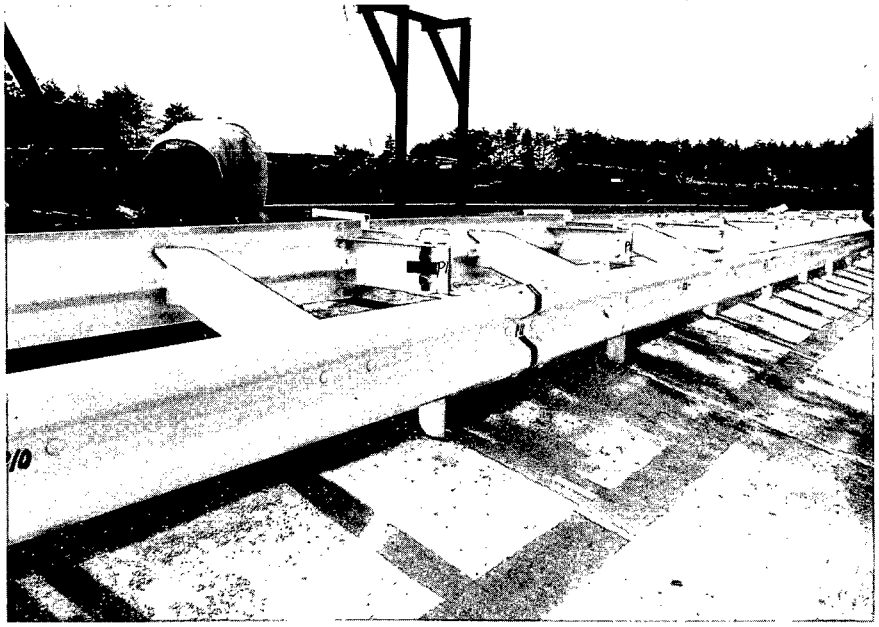
写真－７．１．５（１０）　衝突状況（Grm-S-2E:20t,100km/h,15 度）



写真－７．１．５（１１）　衝突状況（Grm-S-2E:20t,100km/h,15 度）



写真－７．１．５（１２）　供試体（Grm-S(D)：1.1t,100km/h,15 度）



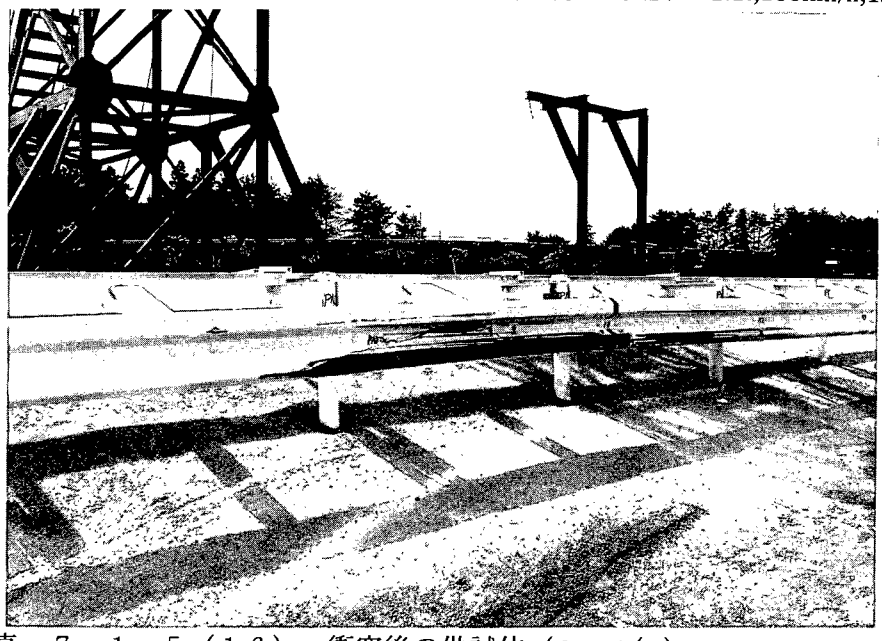
写真－７．１．５（１３）　供試体（Grm-S(D)：1.1t,100km/h,15 度）



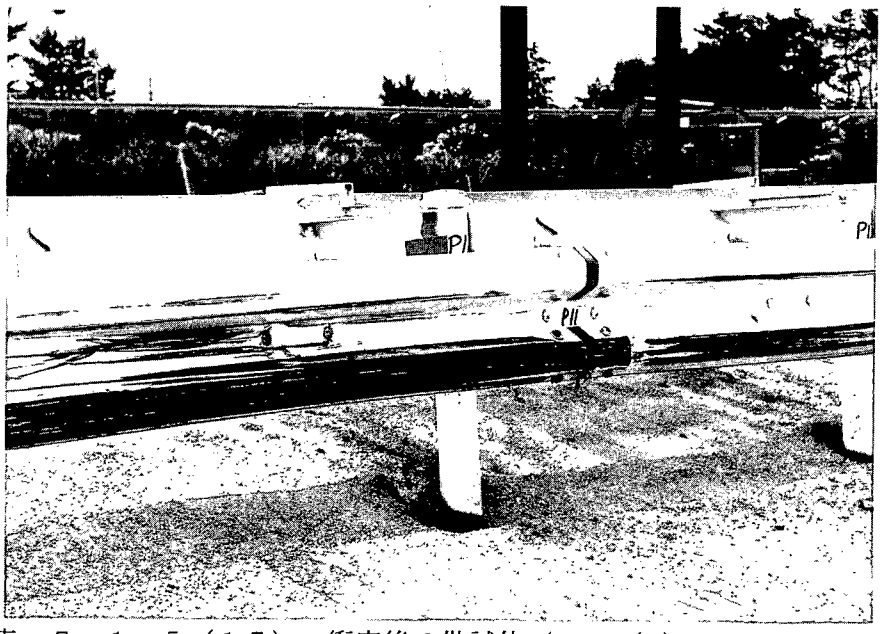
写真－７．１．５（１４）　衝突車両（乗用車１．１ｔ）



写真－７．１．５（１５）　衝突後の供試体（Grm-S(D)：1.1t,100km/h,15 度）



写真－７．１．５（１６）　衝突後の供試体（Grm-S(D)：1.1t,100km/h,15 度）



写真－７．１．５（１７）　衝突後の供試体（Grm-S(D)：1.1t,100km/h,15 度）



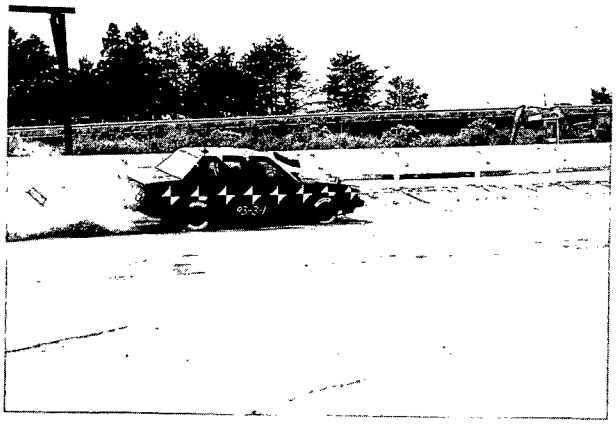
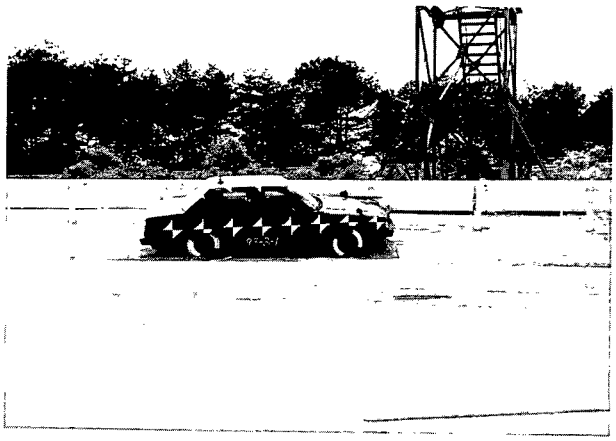
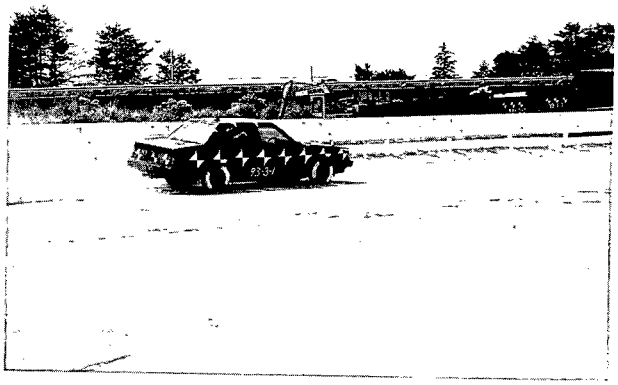
写真－７．１．５（１８）　衝突後の供試体（Grm-S(D)：1.1t,100km/h,15 度）

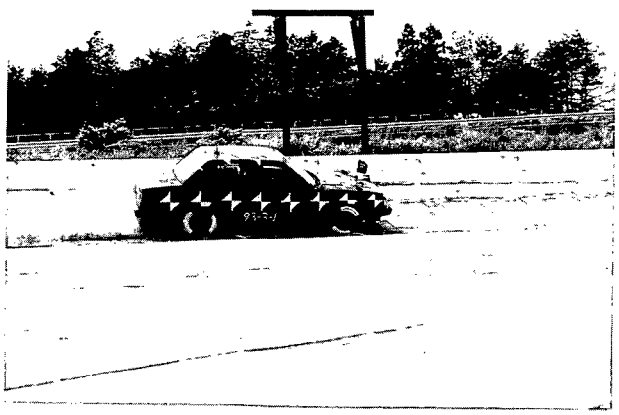
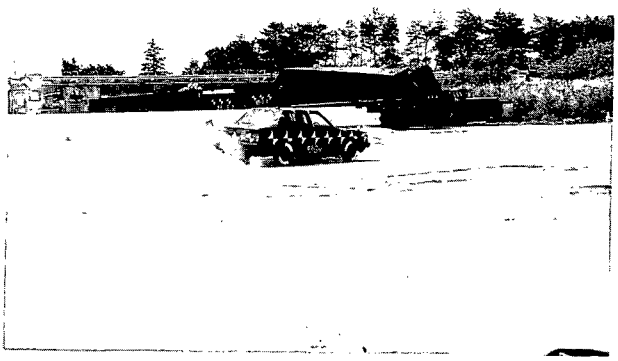


写真－７．１．５（１９）　衝突後の車両

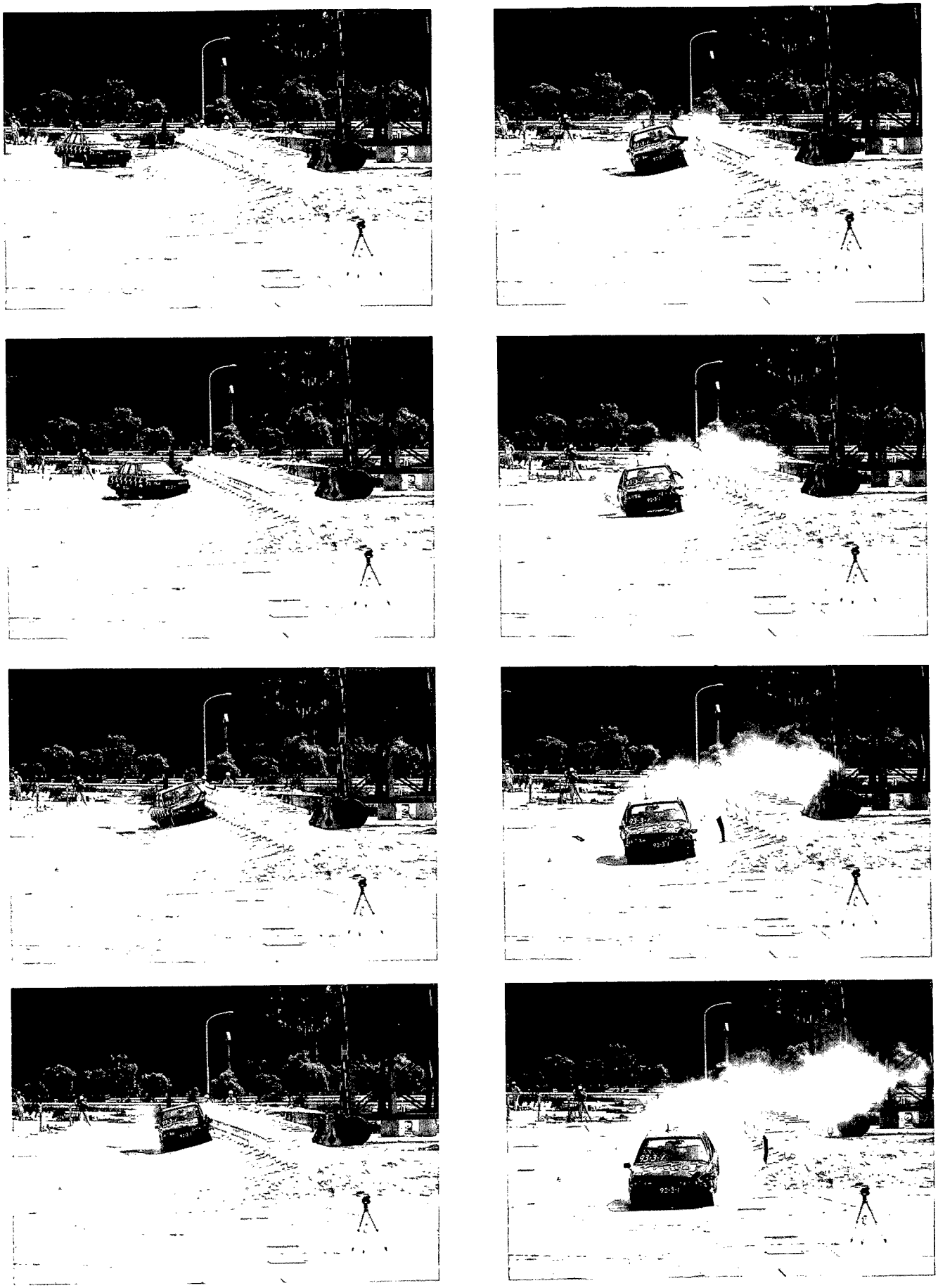


写真－７．１．５（２０）　衝突後の車両

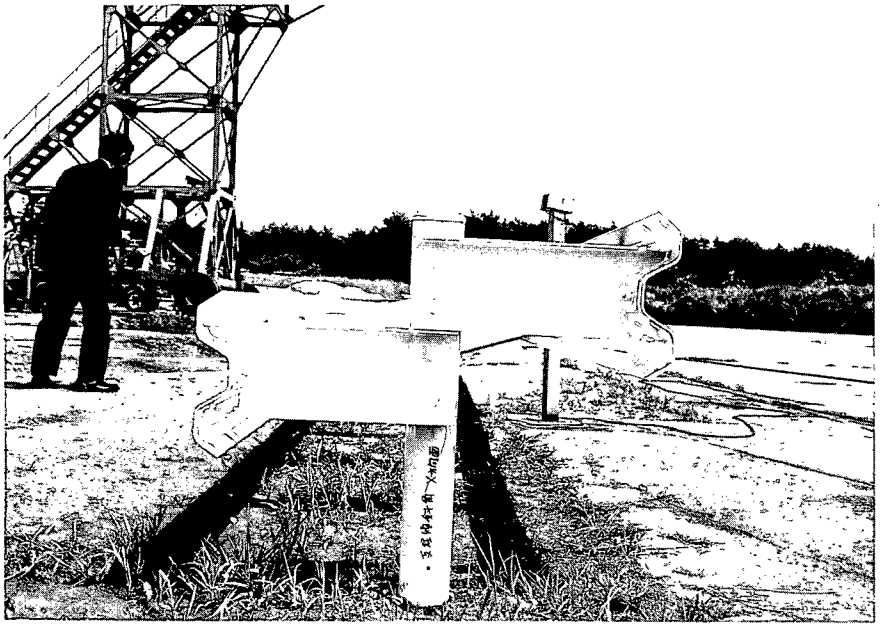





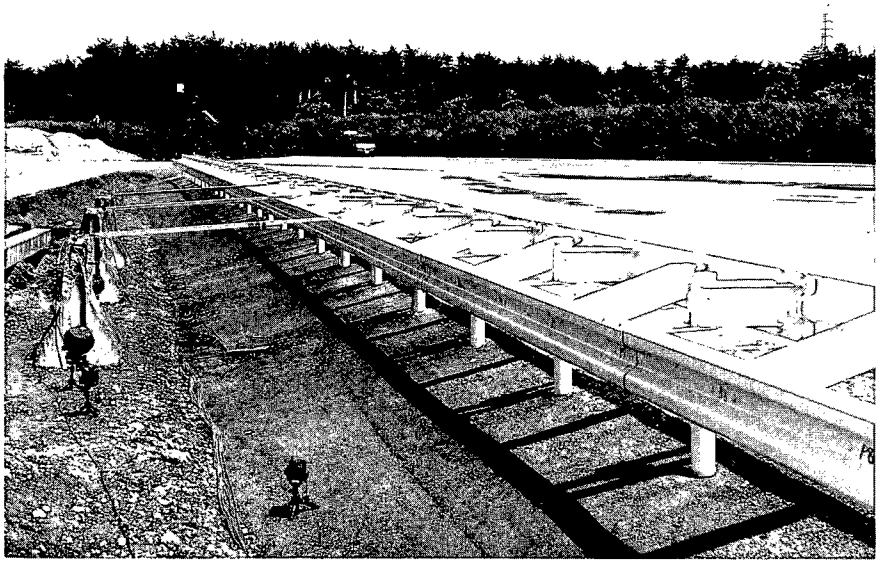
写真－７．１．５（２１）　衝突状況（Grm-S(D):1.1t,100km/h,20 度）



写真－７．１．５（２２）　衝突状況（Grm-S(D):1.1t,100km/h,20 度）



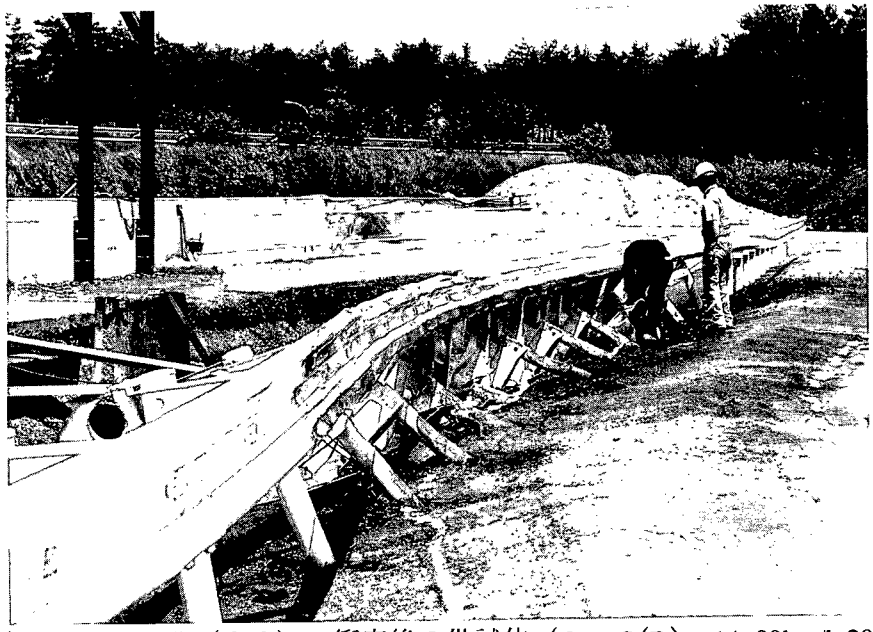
写真－７．１．５（２３）　供試体（Grm-S(D)：14t,80km/h,20 度）



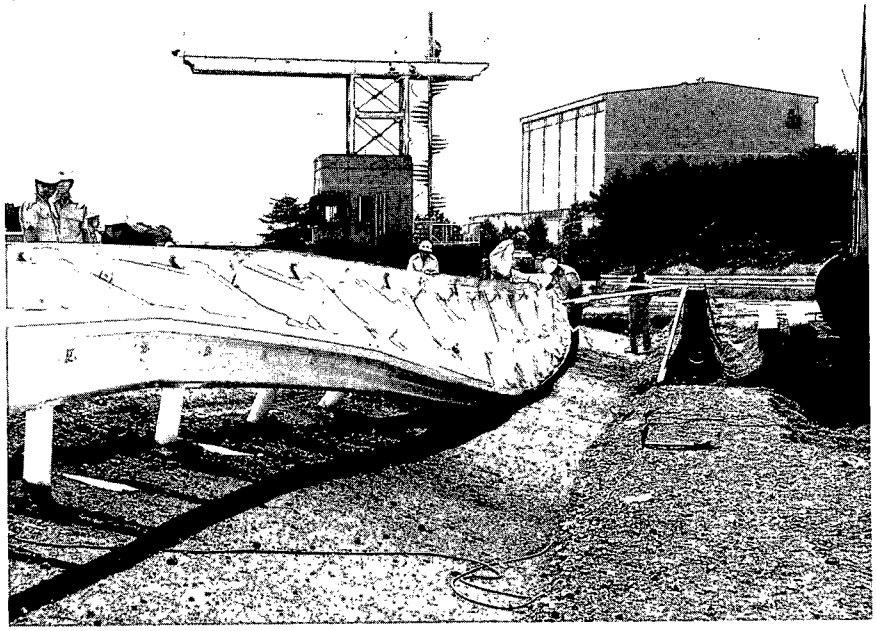
写真－７．１．５（２４）　供試体（Grm-S(D)：14t,80km/h,20 度）



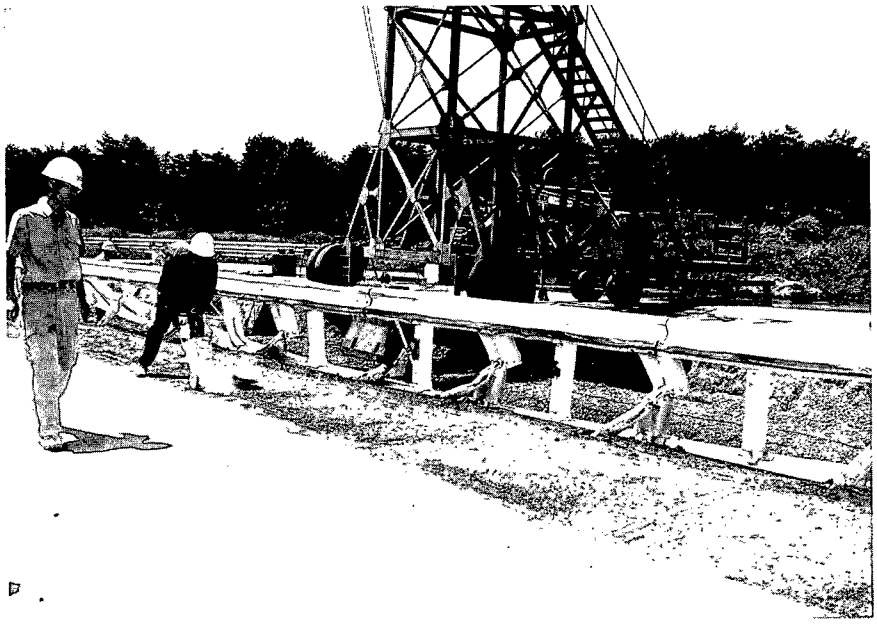
写真－７．１．５（２５）　衝突車両（貨物車１４ｔ）



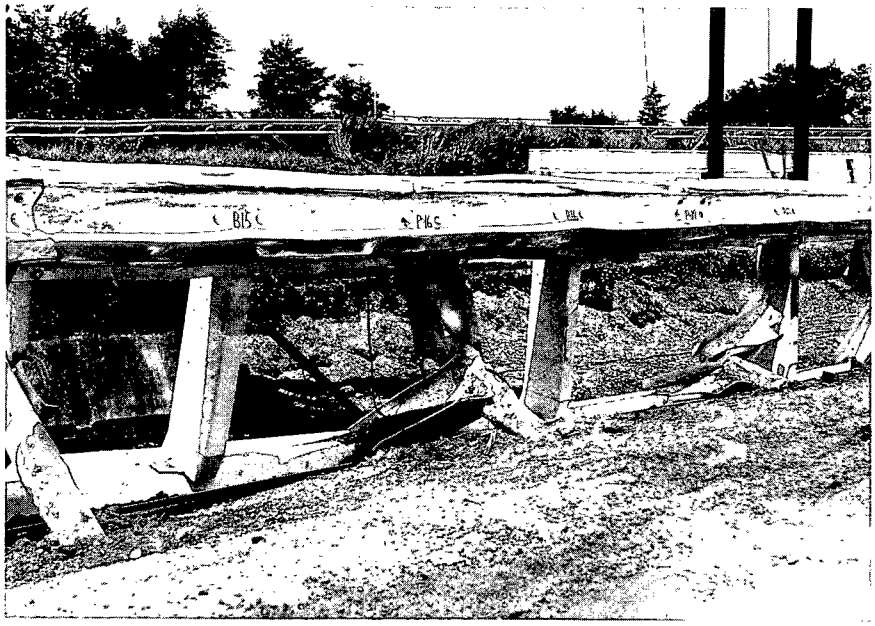
写真－７．１．５（２６）　衝突後の供試体（Grm-S(D)：14t,80km/h,20 度）



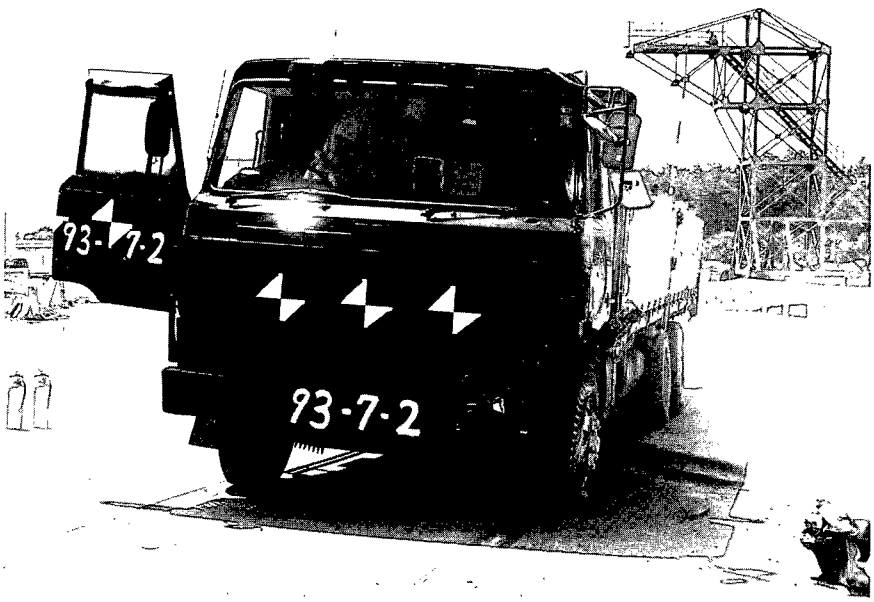
写真－７．１．５（２７）　衝突後の供試体（Grm-S(D)：14t,80km/h,20 度）



写真－７．１．５（２８）　衝突後の供試体（Grm-S(D)：14t,80km/h,20 度）



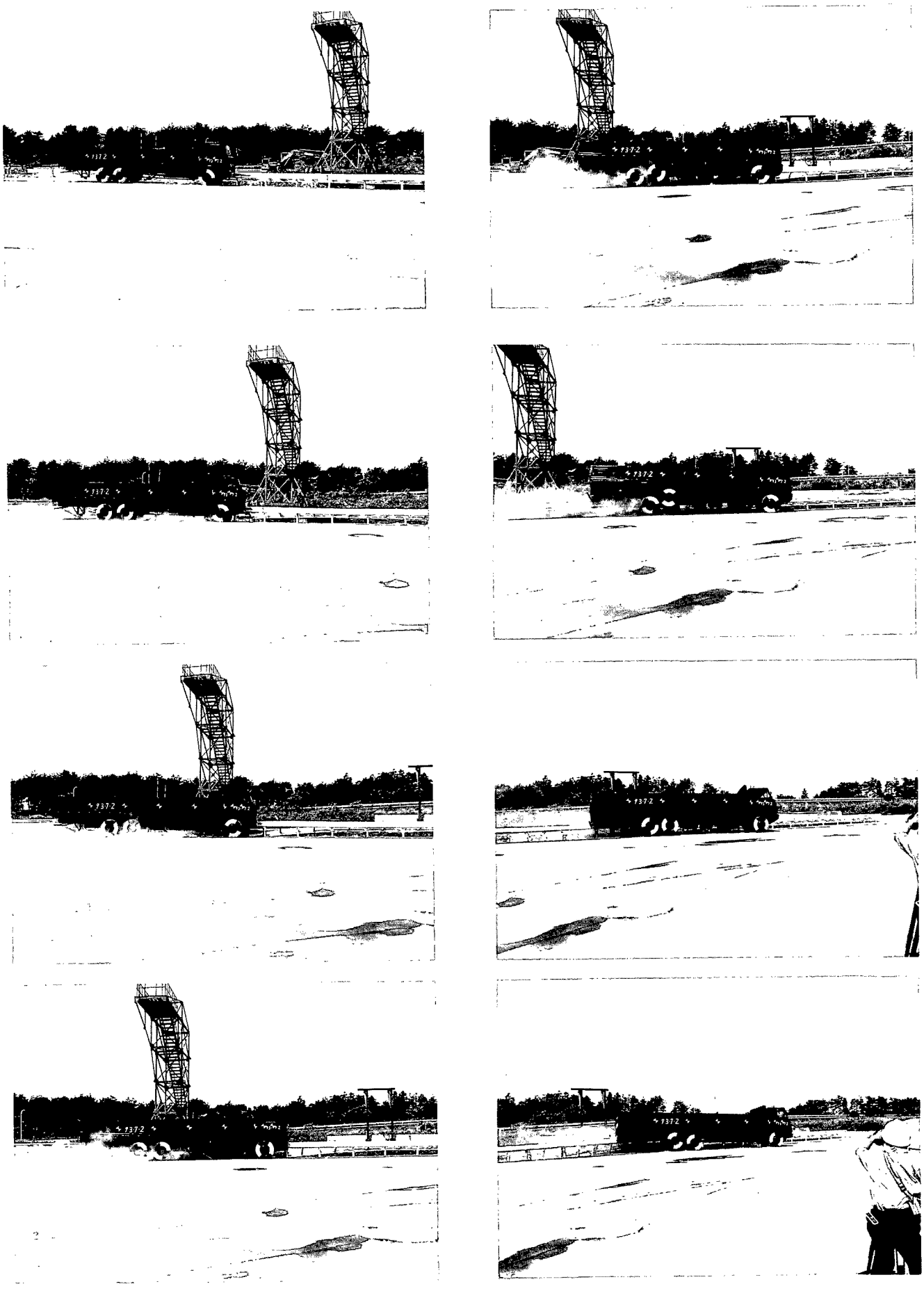
写真－７．１．５（２９）　衝突後の供試体（Grm-S(D)：14t,80km/h,20 度）



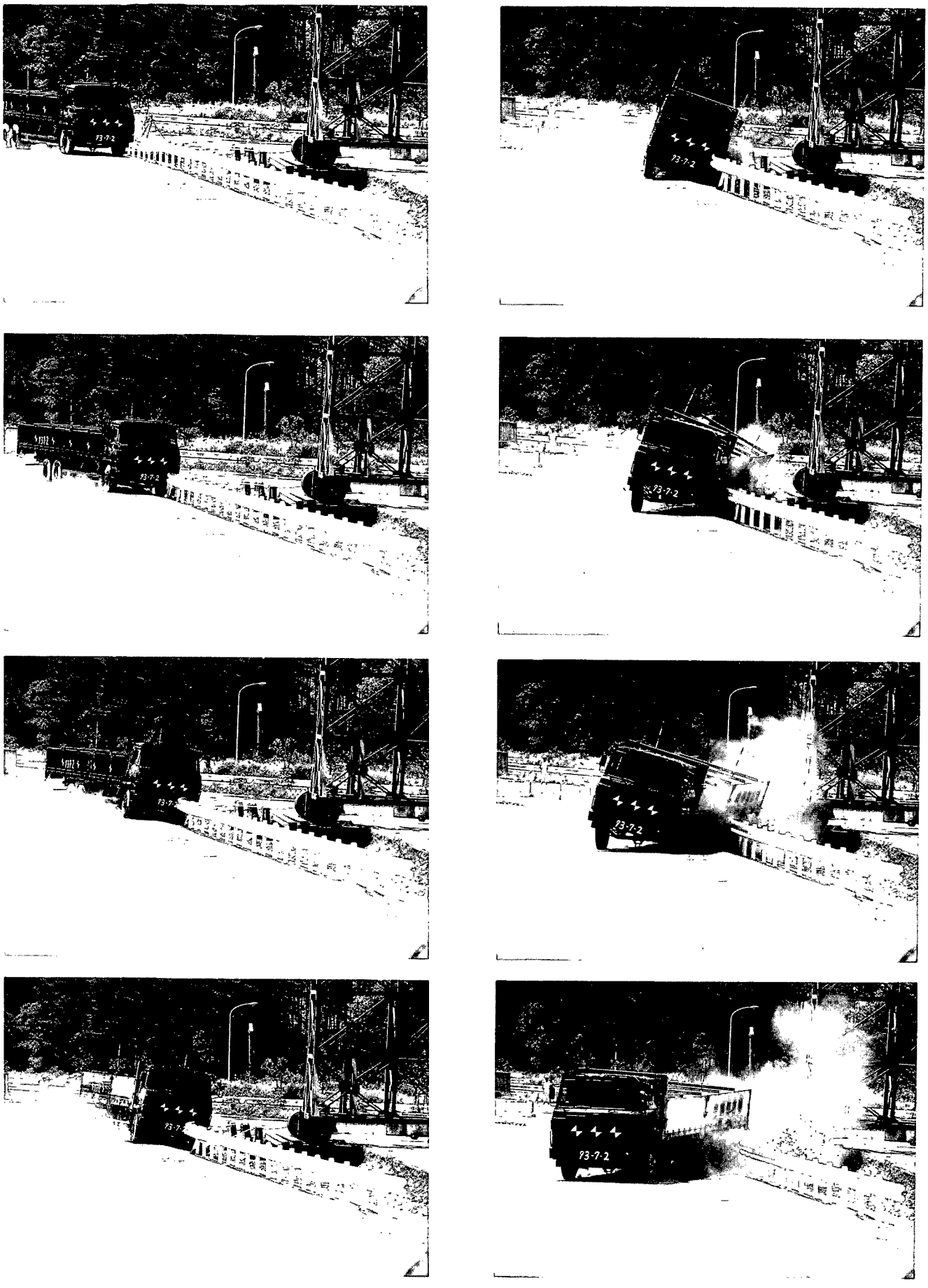
写真－７．１．５（３０）　衝突後の車両



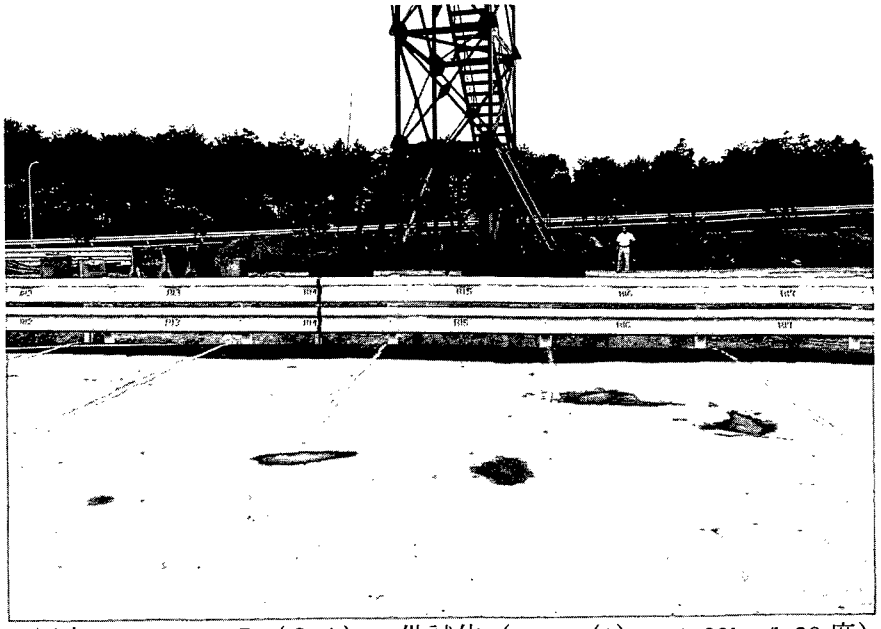
写真－７．１．５（３１）　衝突後の車両



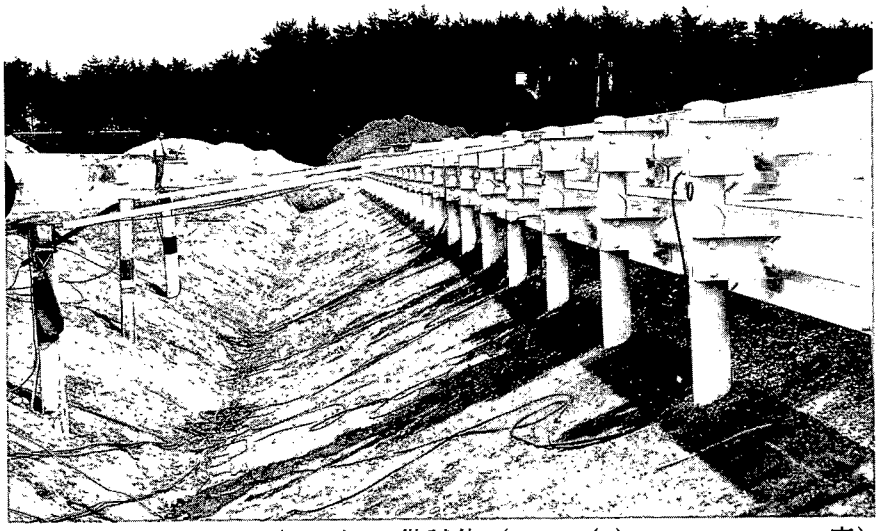
写真－７．１．５（３２）　衝突状況（Grm-S(D):14t,80km/h,20 度）



写真－７．１．５（３３）　衝突状況（Grm-S(D):14t,80km/h,20 度）



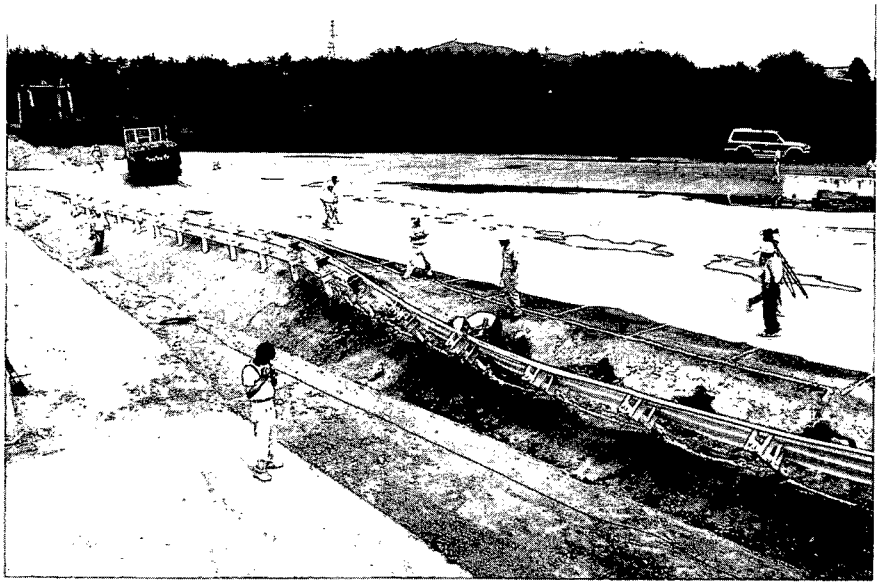
写真－７．１．５（３４）　供試体（Grm-S(S)：14t,80km/h,20 度）



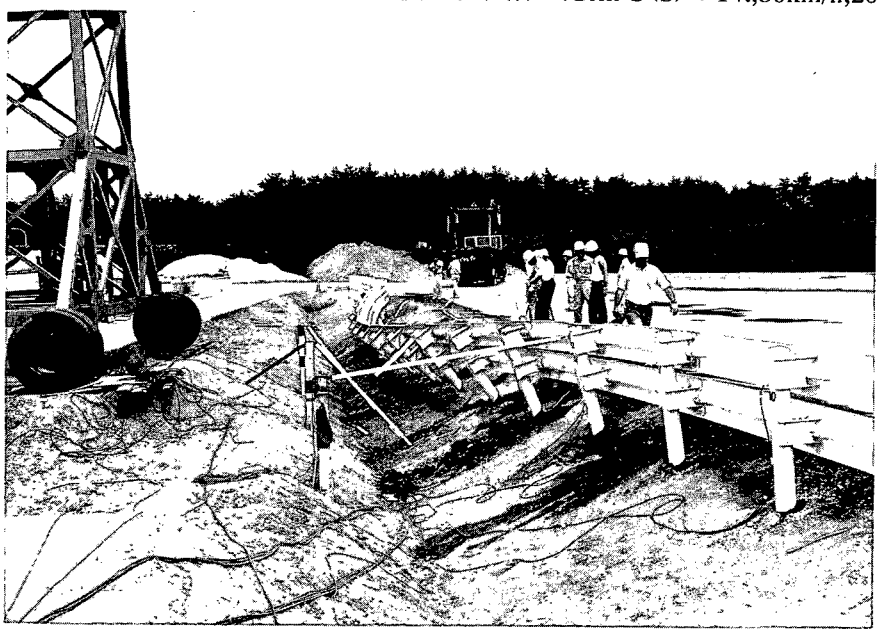
写真－７．１．５（３５）　供試体（Grm-S(S)：14t,80km/h,20 度）



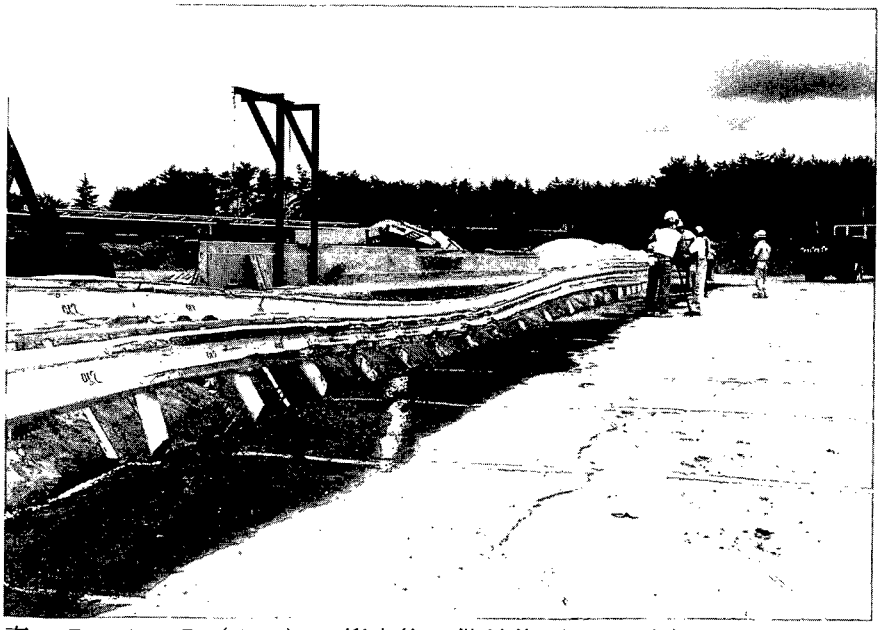
写真－７．１．５（３６）　衝突車両（貨物車１４ｔ）



写真－７．１．５（３７）　衝突後の供試体（Grm-S(S)：14t,80km/h,20 度）



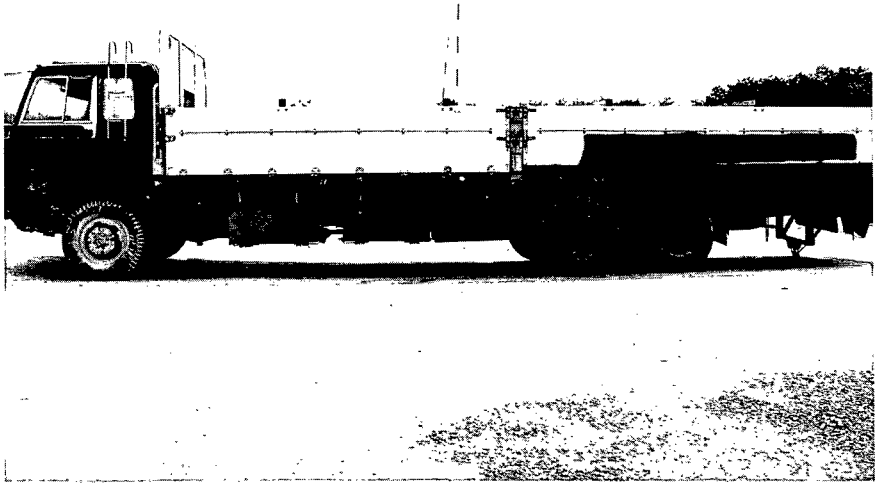
写真－７．１．５（３８）　衝突後の供試体（Grm-S(S)：14t,80km/h,20 度）



写真－７．１．５（３９）　衝突後の供試体（Grm-S(S)：14t,80km/h,20 度）



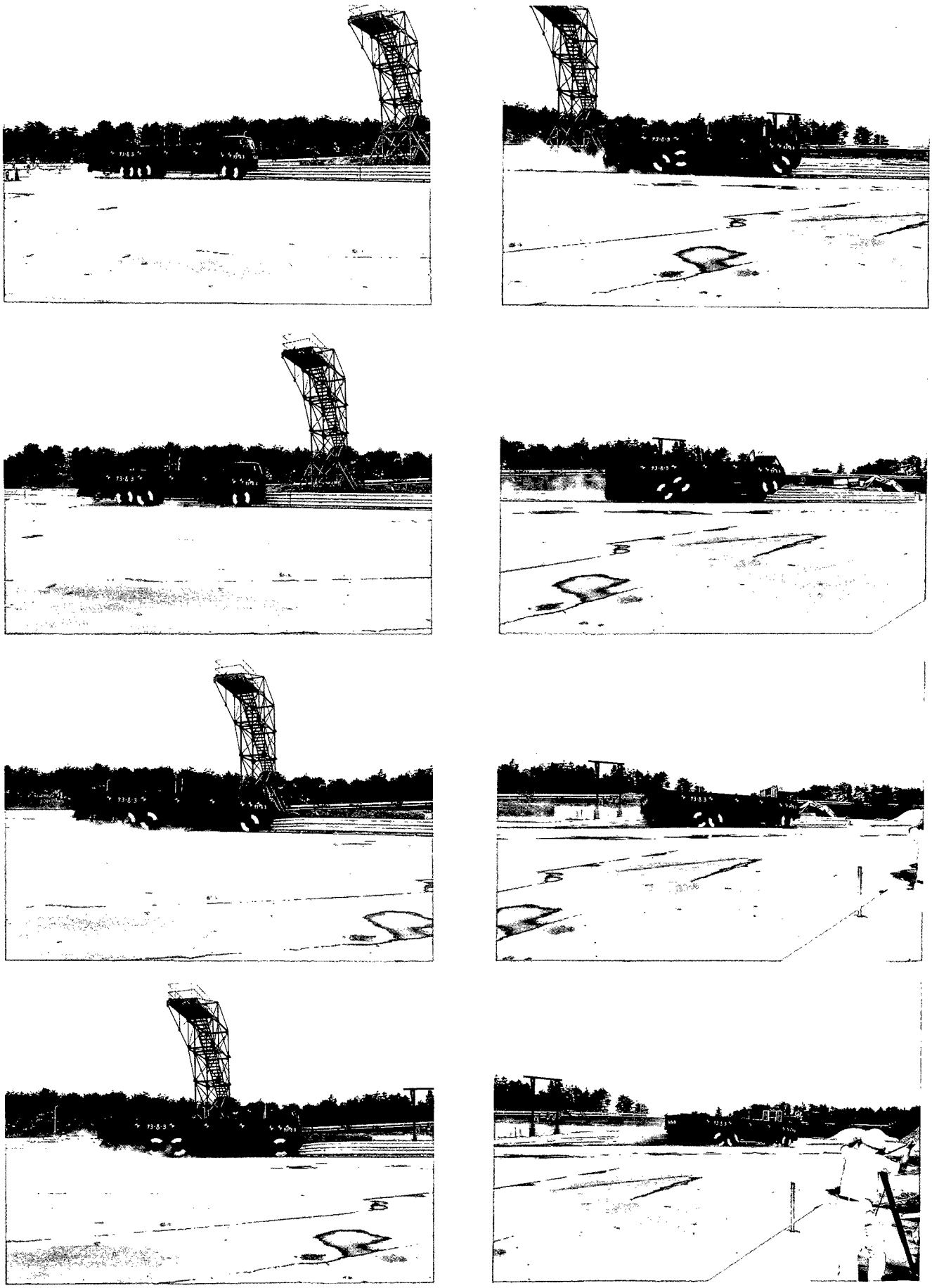
写真－７．１．５（４０）　衝突後の供試体（Grm-S(S)：14t,80km/h,20 度）



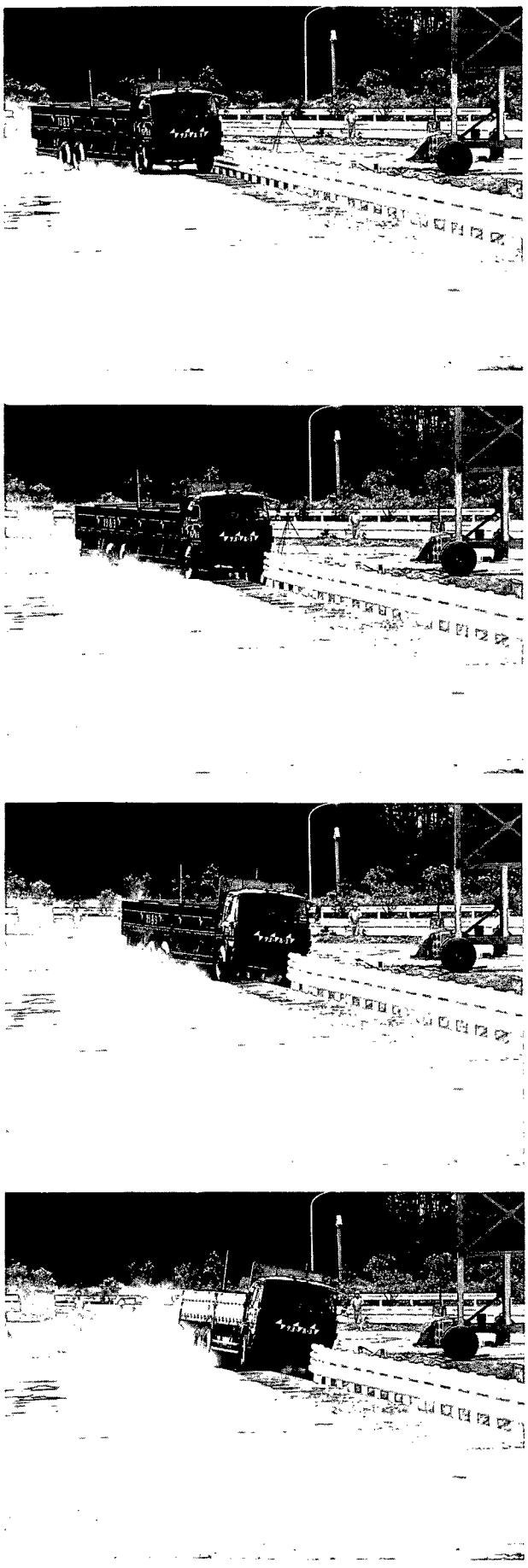
写真－７．１．５（４１）　衝突後の車両



写真－７．１．５（４２）　衝突後の車両



写真－７．１．５（４３）　衝突状況（Grm-S(S):14t,80km/h,20 度）



写真－７．１．５（４４）　衝突状況（Grm-S(S):14t,80km/h,20 度）

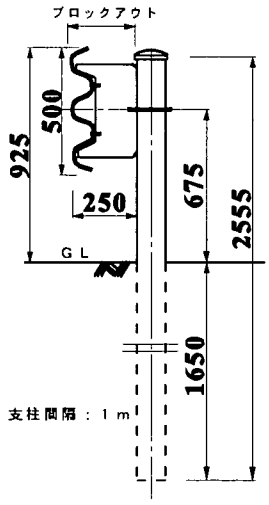
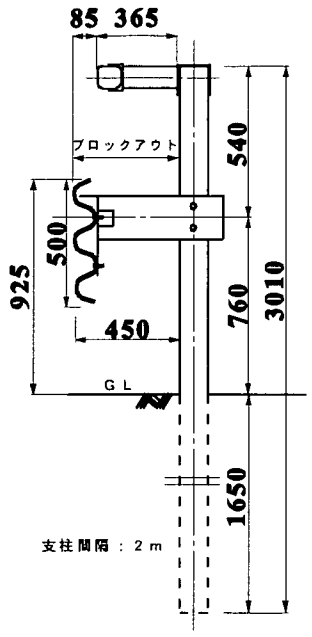
７．２　高強度型防護柵の構造検討と性能評価

既往の衝突実験データを基に、５００kJを超える高い衝撃度にも機能する防護柵構造を見いだすために、衝突実験により性能評価を行った。

７．２．１　高強度型路側用ガードレールに関する既往の研究（５００kJおよび９００kJの概要）

昭和６２～６３年に行われた「急カーブ用防護柵の構造形式および支柱補強に関する共同研究」[1)]では、衝突角度が大きくなる急カーブ区間で特にバスが衝突した場合を想定した。また、先に述べてた「高速化対応型防護柵（高速道路用）の開発に関する共同研究」[10)]では、第２東名・名神高速道路を想定し大型貨物車が高速度で衝突しても、十分な強度と機能・安全性を有する防護柵構造を見い出すことを目的に行われた。そこで、表－７・２・１にこれら２つの研究で見い出された基本構造の概要を示す。

表－７・２・１　既往の研究で得られた防護柵構造の概略

	Ｇｒ－ＳＳ[1)]	Ｇｒ－ＳＳ改良２型[10)]
基本断面構造		
構造概略	Ａ種ビームに対して、曲げ剛性で約２倍、引張強度で１．７倍に強化した３山ビームと、ブロックアウト量を確保したブラケットを用いた。 急角度で衝突するバスにも対応する機能性、安全性及び強度が衝突実験で検証された。	貨物車が高速度で防護柵に衝突した際、特有の車両挙動である荷台後部のねじれによる横転現象を上段ビームで支持させ、また初期衝突時に発生する車輪の支柱踏み付けや支柱回転防止に対して角形鋼管支柱を用いた。高衝撃度衝突にも対応する機能性、安全性及び強度が衝突実験で検証された。

単位：mm

表－７・２・２に、急カーブおよび高速化対応型の研究で得られた基本構造をもつ防護柵を用いた衝突実験結果を示す。急カーブ用防護柵に対する貨物車による衝突実験では衝突後車両が柵上で横転し、車両を円滑に誘導させることはできなかった。急カーブ用防護柵を改良したＧｒ－ＳＳ改良２型では、車両は路側に大きく傾いたものの、横転することなく正常に誘導された。

表－７・２・２　急カーブ・高速化対応型防護柵実験結果一覧表

供試体				Ｇｒ－ＳＳ[1]	Ｇｒ－ＳＳ改良２型[10]
車種				貨物車	貨物車
衝突条件	車両質量 (t)			20.0	20.5
	衝突速度 (km/h)			100.1	100.0
	衝突角度 (度)			15.0	20.0
	衝撃度 (kJ)			518	925
離脱速度 (km/h)				(計測不能)	79.5(減速率21%)
離脱角度 (度)				(計測不能)	7
接触長	ビーム (m)			17.4	20.0
	上段ビーム (m)			――――	21.3
防護柵最大変位	支柱	直角（Y）方向最大変位(mm)		1,220(P30)	1,178(P19)
		残留	直角（Y）方向 (mm)	1,202(P33)	1,602(P20)
			延長（X）方向 (mm)	627(P31)	134(P25)
	Y方向ビーム残留変位 (mm)	ビーム		1,117(P34)	1,671
		上段ビーム		――――	1,260
最大進入行程 (mm)				――――	1,045(P19)
車両最大傾斜角度（度）		前端		――――	24.7
		後端		――――	41.2
ビーム最大張力 (kN)		主ビーム		258	253
		荷受けビーム		――――	239
支柱最大水平力 (kN)				59	161
車両重心加速度 ５０ms値	進行方向(X) (m/s²)			-43.1	15.7
	直角方向(Y) (m/s²)			31.4	14.7
	垂直方向(z) (m/s²)			――――	――――
	合成方向 (m/s²)			48.1	34.3
ＨＩＣ値	運転席ダミー			14.9	8.3
	助手席ダミー			7.3	11.3

7．2．2　高強度型路側用ガードレール　Ｇｒ－４０

（1）実験目的

25トン車が80km/hを越える速度で衝突する場合に相当する、衝撃度 500kJ以上のクラスの防護柵については既に基本構造を把握している。ここでは、25トン車が60～80km/h程度で衝突する場合に相当する、衝撃度400kJクラスの防護柵について検討し、その機能及び挙動を検証することを目的とする。

（2）衝突実験の概要

本目的に対しては、実車衝突実験を４回実施している。それぞれの概要を表－７．２．３に示す。

表－７．２．３　実験概要

	実験１	実験２	実験３	実験４
構　造	両面型	片面型	片面型	２段型
支　柱	φ139.8×4.5	□－125×6.0	□－125×6.0	□－125×6.0
ビーム	350×75×4.0	500×85×4.0	500×85×4.0 （回転ブラケット）	500×85×4.0 □－100×4.5
柵高さ	775	925	925	1300
結　果	横転	横転	横転	誘導

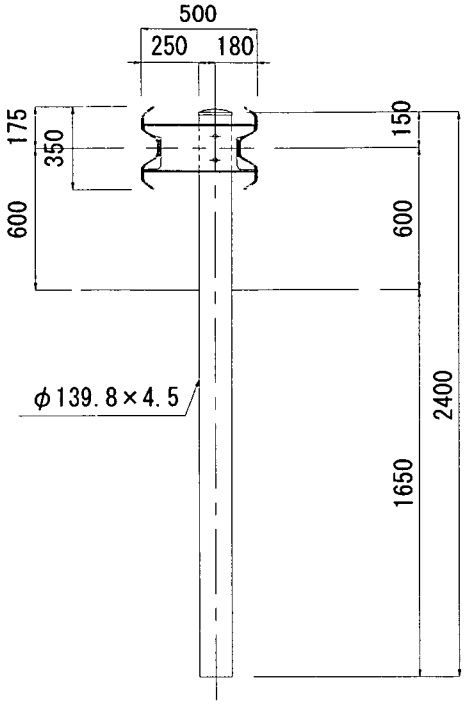
（3）実験1

1）供試体構造

既存設備と現行防護柵部材を活用する事によって、材料入手の容易性を高めるため、支柱はφ139.8×4.5（支持力40kN）で支柱間隔を2mとし、ビームはA種（350×75×4.0）2枚を両面に配置する構造とした。

ブロックアウト量は、道路幅や建築限界等を考慮して250mmとし、衝撃度400kJに対応する構造とした。

構造の断面図を図－7．2．1に示す。



図－7．2．1　断面図　（単位：mm）

2）衝突条件

衝突条件を表－7．2．4に示す。

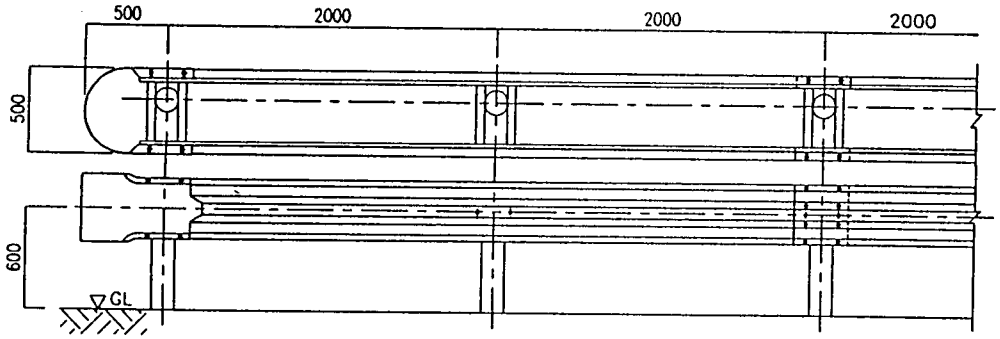
表－7．2．4　衝突条件

衝突車両	貨物車
車両質量	20 t
衝突速度	67 km/h
衝突角度	20 度
衝撃度	405 kJ

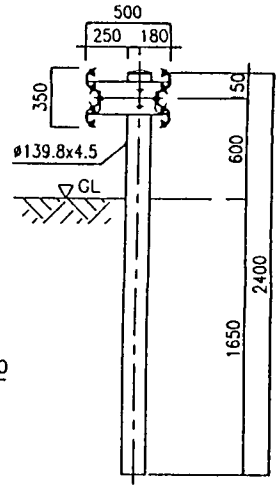
3）供試体構造

供試体構造を図－7．2．2に示す。

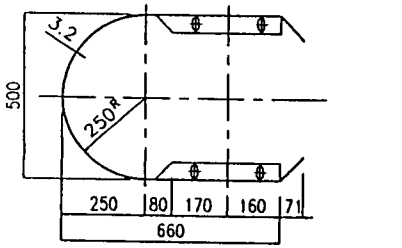
組立図　S = 1 / 30

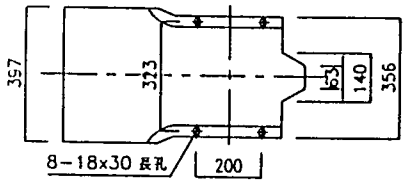


支柱　S = 1 / 30

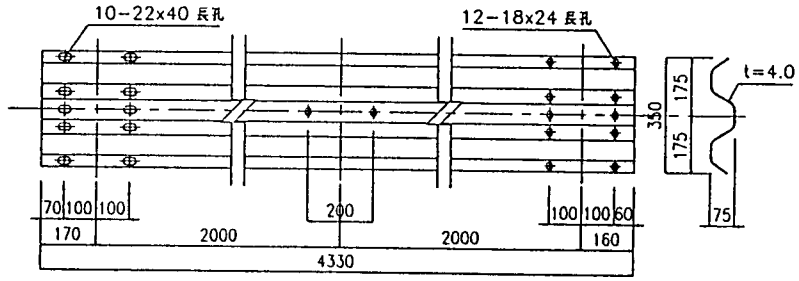


袖ビーム　S = 1 / 15

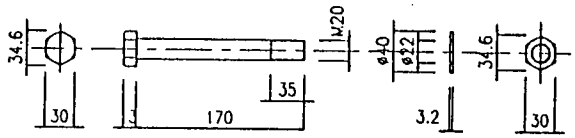




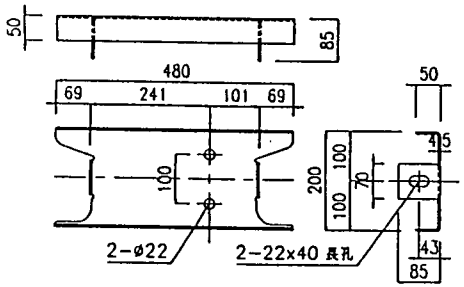
ビーム　S = 1 / 15



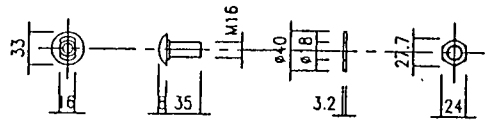
支柱取付用ボルト・ナット　S = 1 / 5



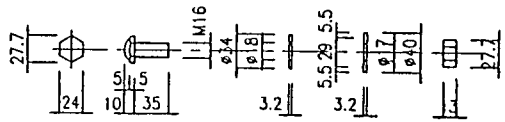
間隔材　S = 1 / 10



間隔材取付用ボルト・ナット　S = 1 / 5



ビーム継手用ボルト・ナット　S = 1 / 5



図－7．2．2　供試体構造図　（単位：mm）

4）衝突シミュレーションの検討

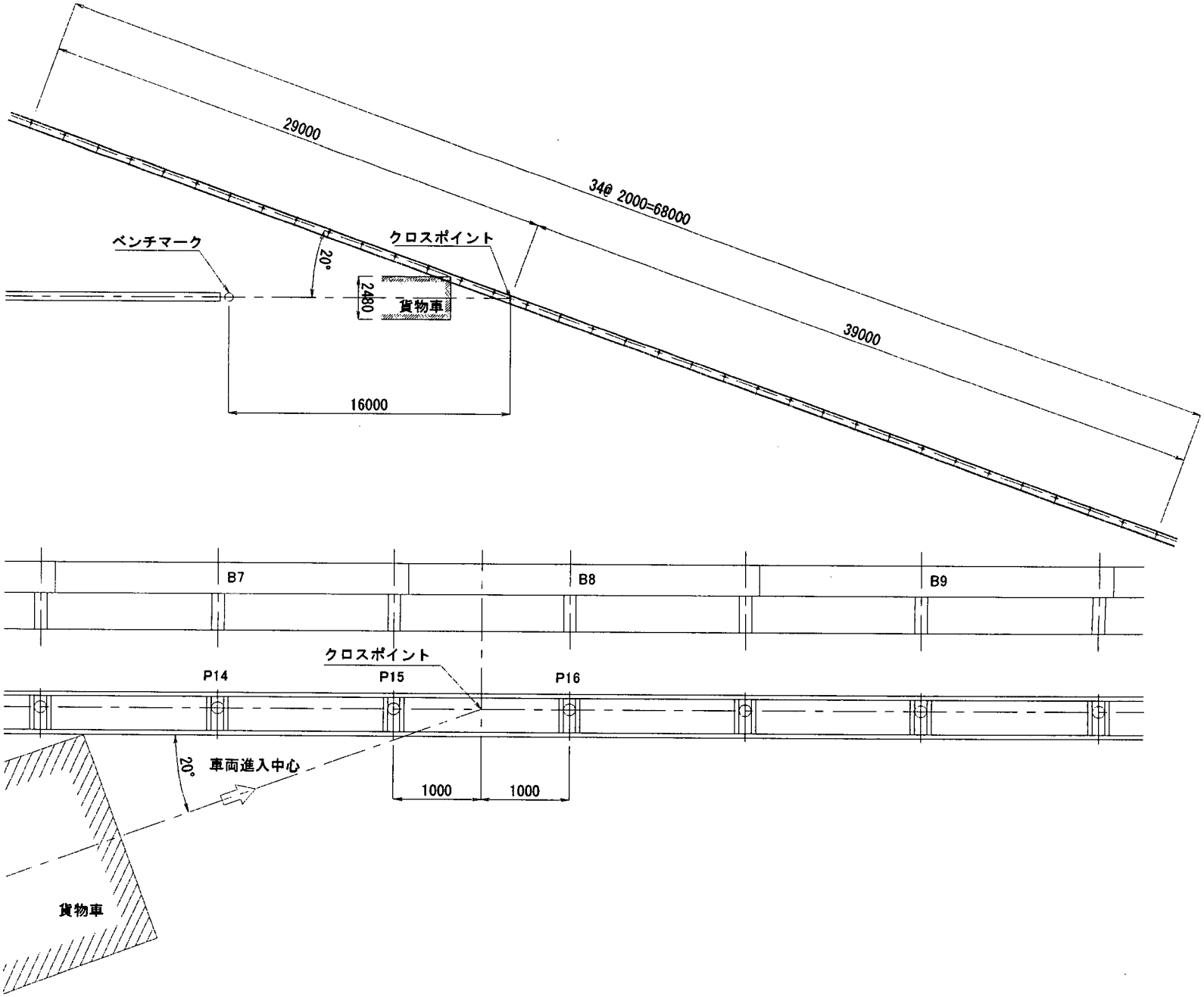
前項で設定した構造で衝突シミュレーションを実施し、その結果を表－７．２．５に示す。

表－７．２．５　衝突シミュレーション結果

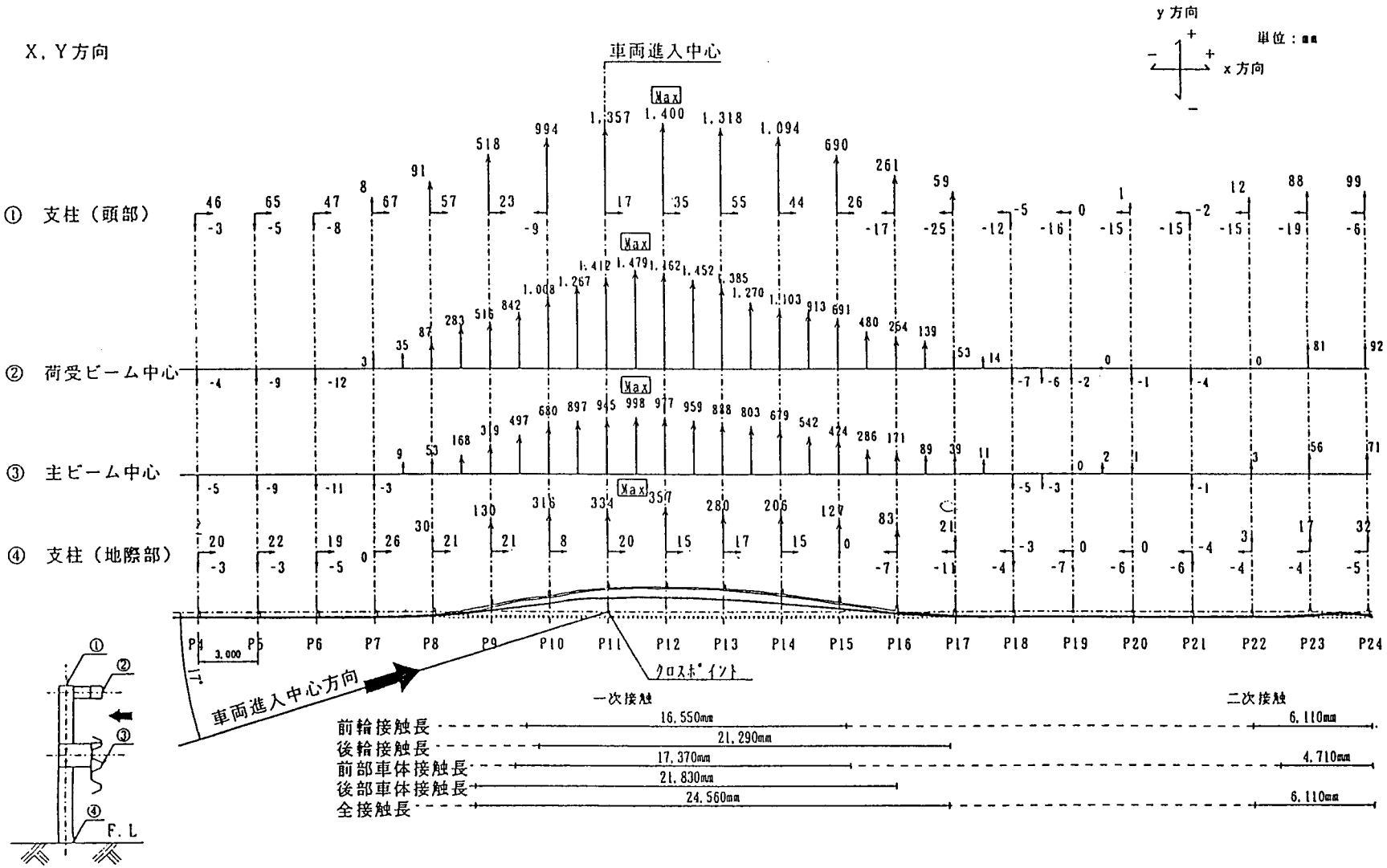
	ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ値
離脱速度　(km/h)	53.9
離脱角度　(度)	14.1
最大進入行程　(mm)	620
防護柵変形範囲　(m)	22
ﾋﾞｰﾑ最大張力　(kN)	404
ﾋﾞｰﾑ最大変位量　(mm)	760
支柱最大水平力　(kN)	40
支柱最大変位量　(mm)	669
水 平 力　(kN)	200

5）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－７．２．３、計測位置を図－７．２．４に示す。



図－7．2．3　供試体配置図　（単位：mm）



図－7.2.28　残留変形（単位：mm）

④ 車両損傷状況

車両損傷は、前輪軸の脱落で前輪廻りの破損が大きく、左後輪のダブルタイヤ前方ホイールの外縁損傷があった。また、燃料タンクの変形、エンジンオイルの漏れがあった。

損傷状況から支柱への車輪接触が大きく影響したと考えられる。

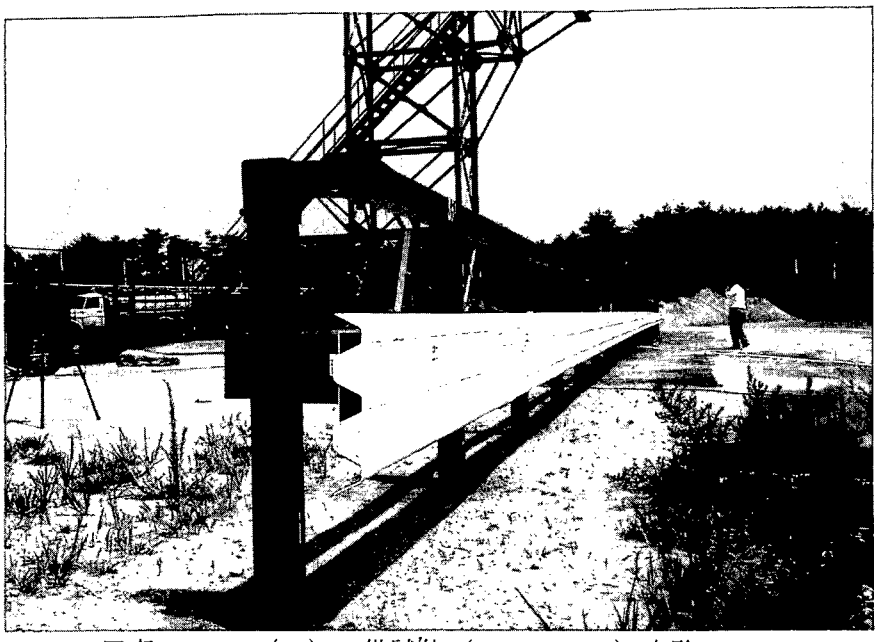
自力走行は不可能であった。

⑤ 考察

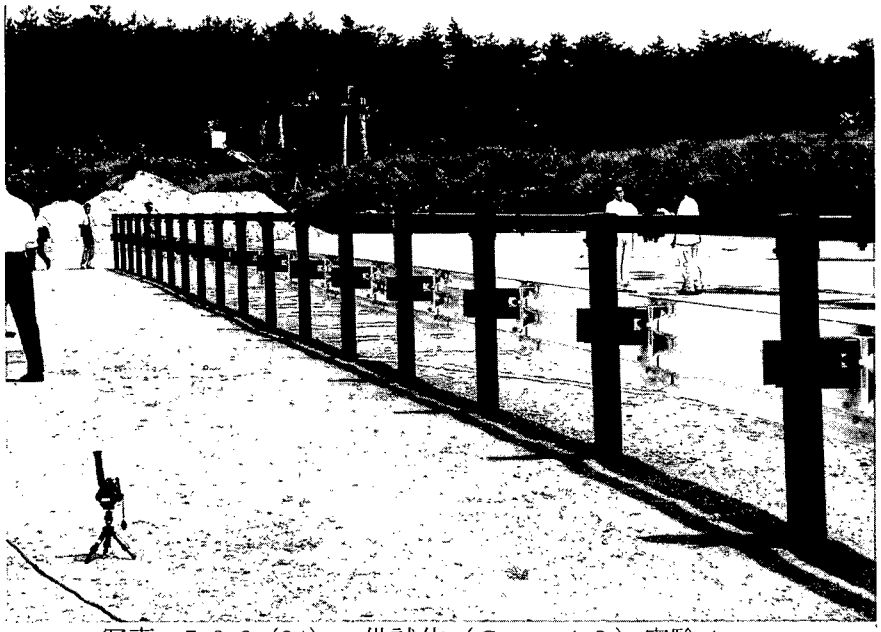
上段ビームを取り付けた２段型構造で柵高さ1300mmの本供試体は高衝撃度においても大型貨物車を安定に誘導するこができ、その有効性が検証できたことから、本供試体の構造は適正であると考えられる。

⑥ 今後の課題

実用化構造に向けて、景観性、施工性、経済性の検討が必要と考えられる。



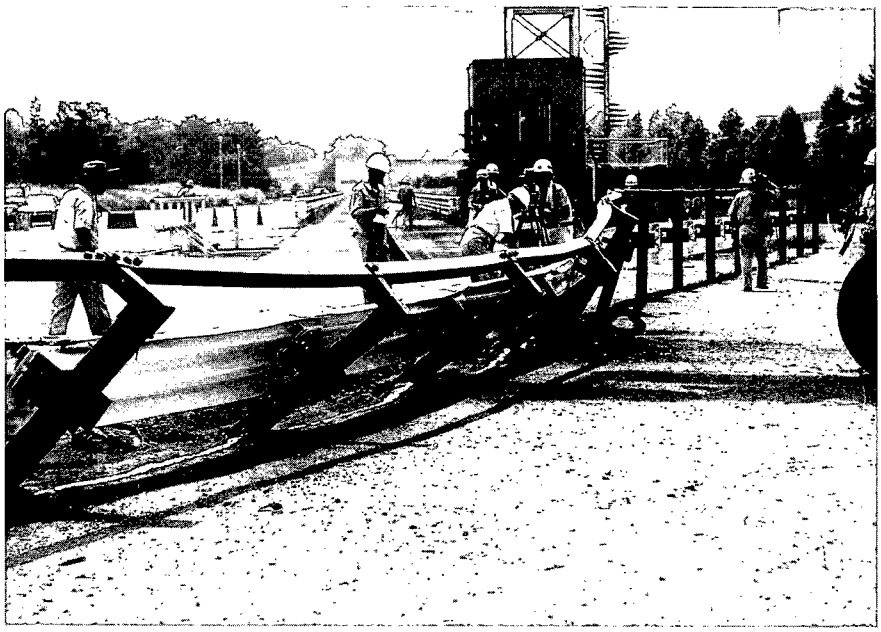
写真－7.2.2 (33)　供試体（Ｇｒ－４０）実験４



写真－7.2.2 (34)　供試体（Ｇｒ－４０）実験４



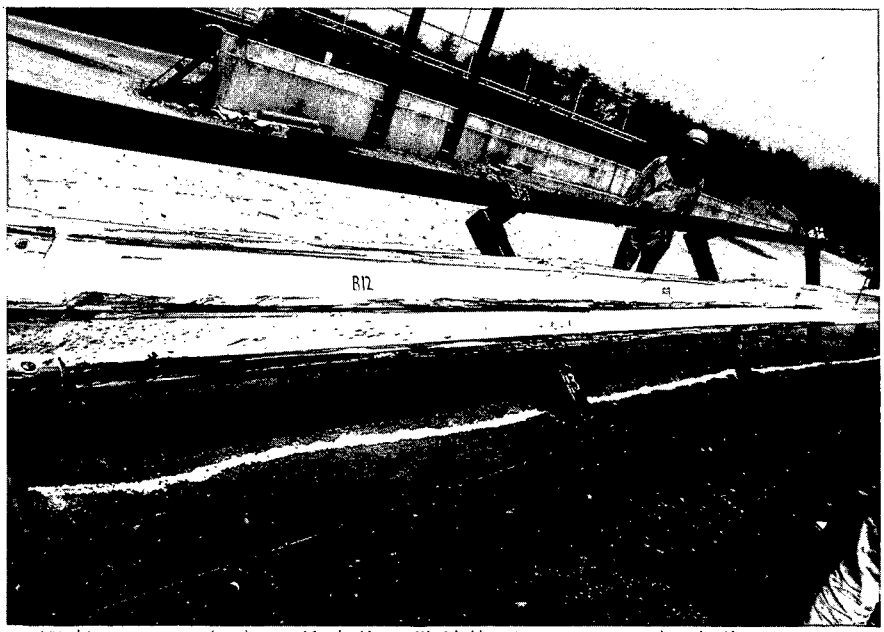
写真－7.2.2 (35)　衝突車両　（貨物車 20t）実験４



写真－7.2.2（36）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験４



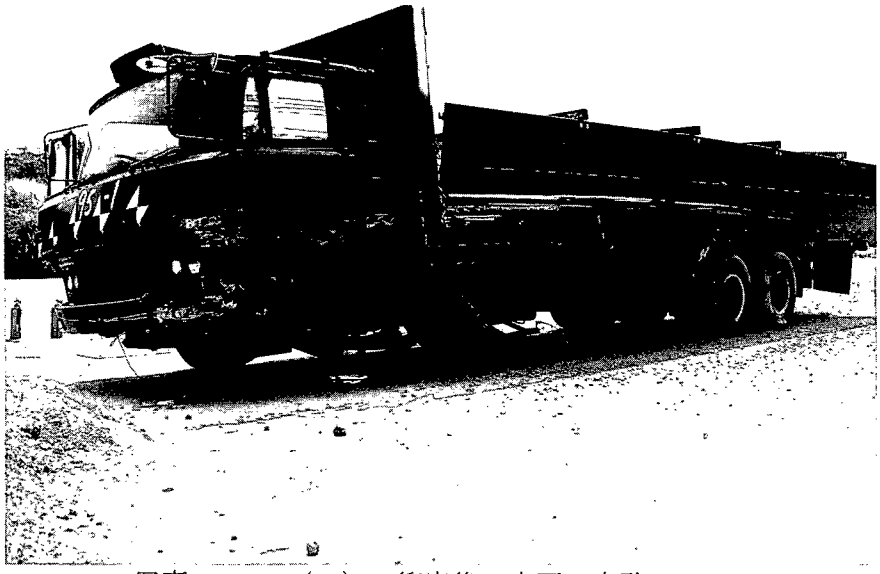
写真－7.2.2（37）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験４



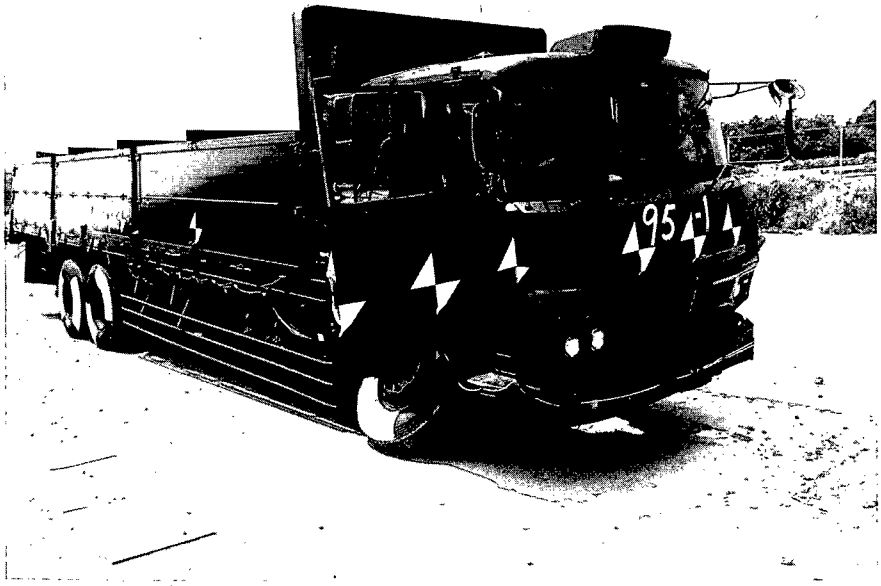
写真－7.2.2（38）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験４



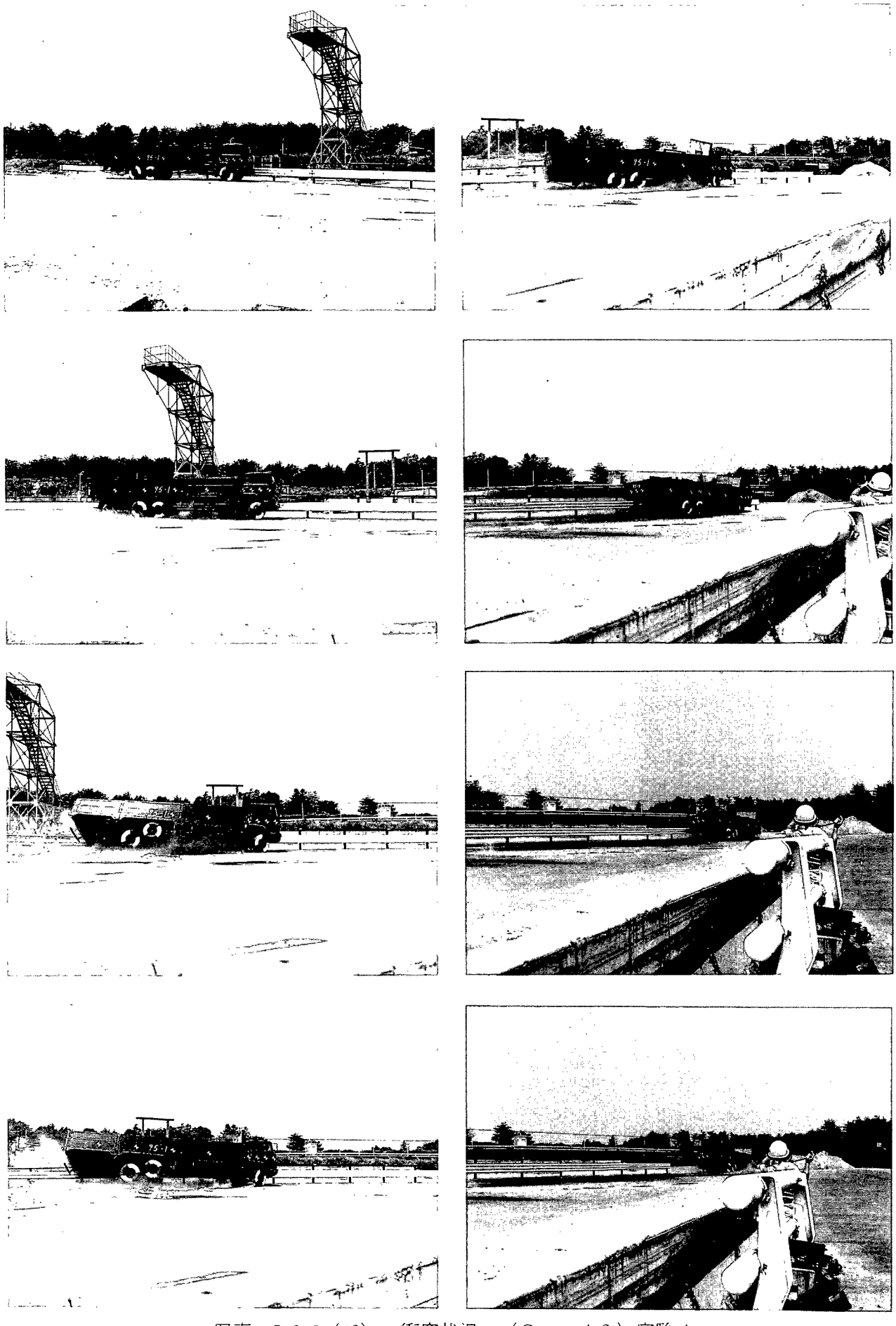
写真－7.2.2（39）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験４



写真－7.2.2（40）　衝突後の車両　実験４



写真－7.2.2（41）　衝突後の車両　実験４



写真－7.2.2（42）　衝突状況　（Ｇｒ－４０）実験４

7．2．3高強度型路側用ガードレール　Ｇｒ－２０

（1）実験目的

衝撃度200kJレベルに対応し、従来のＳ種構造に比べて乗員への圧迫感や見通し性を改善した新型路側用防護柵を開発するため、実車衝突実験により防護柵機能及び強度検証を実施する。

（2）衝突条件

衝突条件を表－7.2.27に示す。

表－7.2.27　衝突条件

衝突車両	貨物車
車両質量	8t
衝突速度	100km/h
衝突角度	15度
衝撃度	207kJ

（3）衝突実験の概要

衝撃度200kJに対応する構造を開発するため３回の衝突実験を行った。

実験の概要を表－7.2.28に示す。

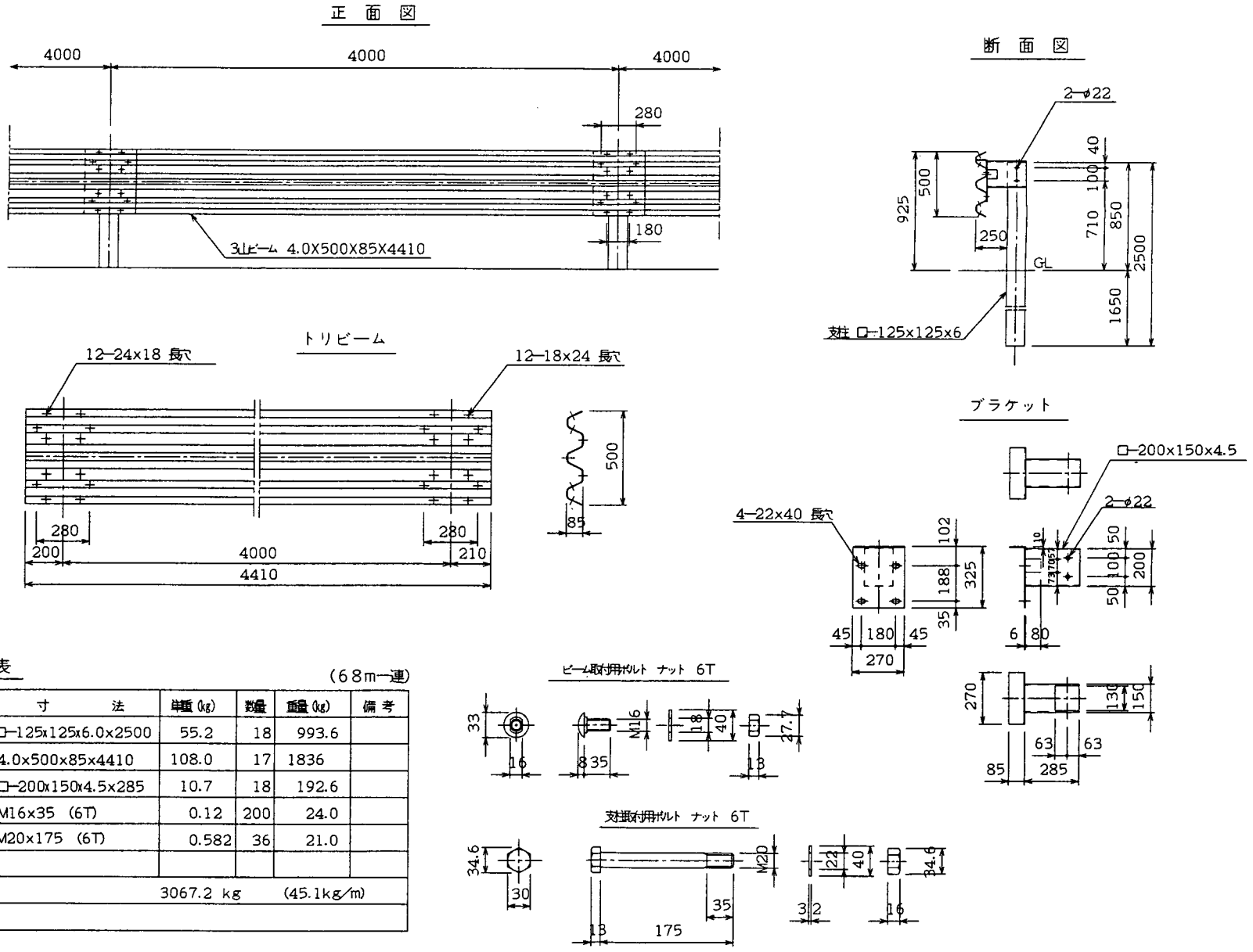
表－7.2.28　実験概要（単位：mm）

	実験（1）	実験（2）	実験（3）
支　柱	□125×125×6.0	□125×125×6.0	□125×125×6.0
支柱間隔	4m	2m	3m
ビーム	4.0×85×500	4.0×85×500 （回転式ブラケット）	4.0×85×500 （回転式ブラケット）
柵　高	925	925	925
実験結果	横転	誘導	誘導

（4）実験（1）

1）供試体構造

衝撃度200kJに対応する従来のＳ種構造は２山断面ビームの２段構造であるが、２山ビーム２枚相当の断面性能を有する３山ビームを用いて構造のスリム化をはかった。支柱についてはＳ種支柱（φ139.8×4.5）の約1.5倍の支持力を有する角型鋼管（□125×125×6.0）を使用することにより、支柱間隔をＳ種構造の2mから4mに拡大し鋼材質量の低減を図った。柵高については過去の実験例をもとに、貨物車の誘導と乗用車の潜り込み防止を考慮して925mmとした。供試体構造及び部材表を図－7.2.29に示す。



部 材 表

(68m一連)

名 称	寸 法	単重(kg)	数量	重量(kg)	備 考
支 柱	□-125x125x6.0x2500	55.2	18	993.6	
ビーム	4.0x500x85x4410	108.0	17	1836	
ブラケット	□-200x150x4.5x285	10.7	18	192.6	
ボルト・ナット	M16x35 (6T)	0.12	200	24.0	
ボルト・ナット	M20x175 (6T)	0.582	36	21.0	
合 計	3067.2 kg (45.1kg/m)				

図－7.2.29 供試体構造（単位：mm）

2）衝突シミュレーションによる検討

衝突シミュレーションで演算された結果を表－7.2.29に示す。

表－7.2.29　衝突シミュレーション結果

		シミュレーション値
離脱速度(km/h)		91.1
離脱角度(度)		12.4
最大進入行程(mm)		710
ビーム	最大張力(kN)	361
	最大変位量(mm)	740

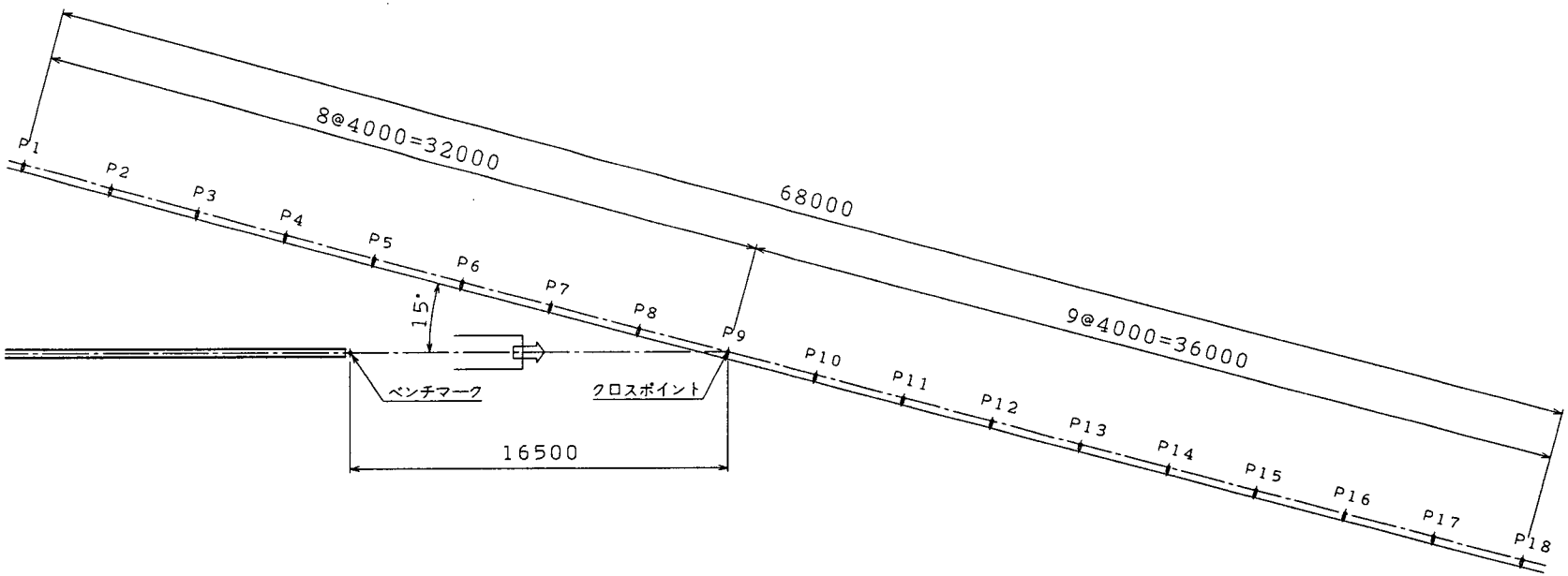
3）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－7.2.30に計測位置を図－7.2.31に示す。

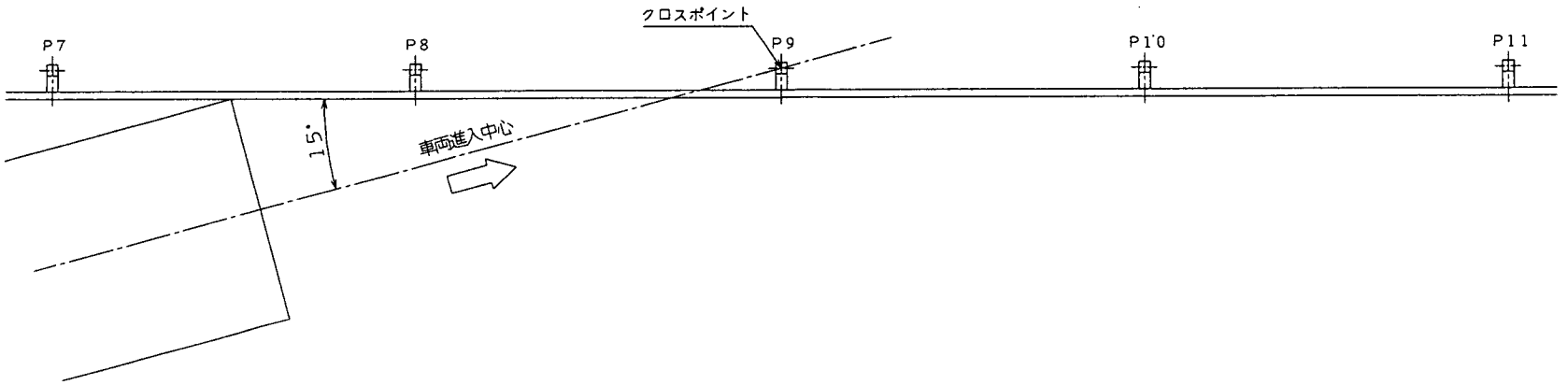
4）実験結果および考察

車両は防護柵に衝突後、路外側へ大きく傾き路内にて横転した。

実験結果を表－7.2.30に示す。

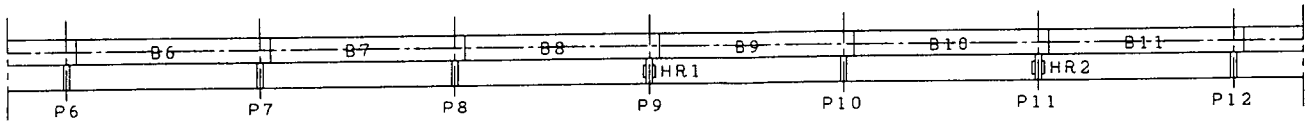


衝突地点詳細図　S=1/50

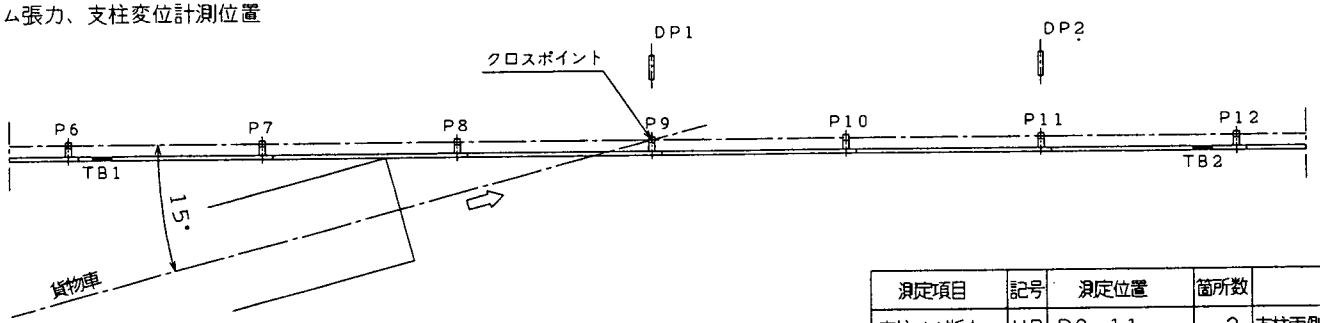


図－7.2.30　供試体の配置図（単位：mm）

支柱水平計測位置

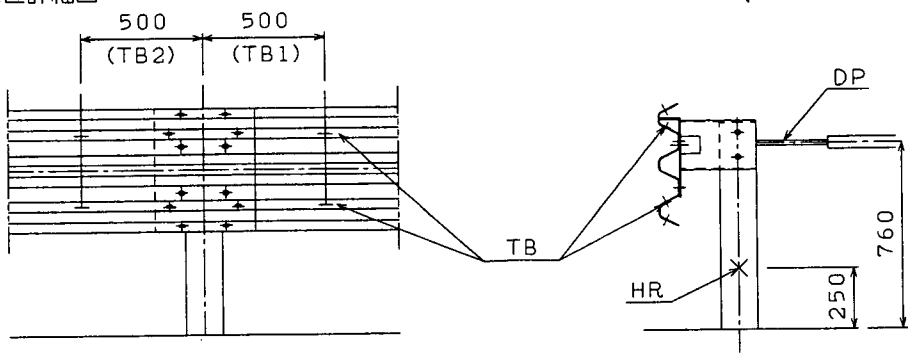


ビーム張力、支柱変位計測位置



測定項目	記号	測定位置	箇所数	備　考
支柱せん断力	HR	P9・11	2	支柱両側面、高さ250mm、2軸ゲージ
支柱変位	DP	P9・11	2	
ビーム張力	TB	B6・11	2	ビーム背面中立軸2ケ所、1軸ゲージ
重心加速度		車輌中心	1	XYZ

計測位置詳細図



図－7.2.31　計測位置図（単位：mm）

表－7.2.30　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量(t)			8
	衝突速度(km/h)			100.6
	衝突角度(度)			15
	衝撃度(kJ)			210
離脱速度(km/h)				計測不能
離脱角度(度)				8.9
接触長(m)				22.8
防護柵最大変位	支柱	直角方向最大変位(mm)		1020
		残留	直角方向(mm)	1118
			延長方向(mm)	74
	Y方向ビーム残留変位(mm)			1139
最大進入行程(mm)				890
傾斜角(度)		前端		—
		後端		—
支柱最大水平力(kN)				154
ビーム最大張力(kN)				221
車両重心加速度	50ms値	進行方向(m/s²)		118
		直角方向(m/s²)		157
		垂直方向(m/s²)		57
		合成(m/s²)		164
HIC値	運転席ダミー			—
	助手席ダミー			—

①車両誘導性

車両は衝突速度100.6km/h、衝突角度15度で防護柵に衝突後、荷台部が慣性力によって防護柵側へ大きくねじれながら防護柵のビーム上をすり抜けた。その後、左側前輪を支点に右側後輪を大きく宙に浮かせながら、左側荷台側面部が防護柵上に乗り上げ、180度回転し仰向けの状態で地面に接地後、滑りながら停止した。

これは、初期衝突時に左側前輪が支柱の地際部に激突しその結果、支柱の局部座屈による著しい柵高低下を起こし、荷台部の衝突を支持するための柵高を確保することができず、路内横転したと考えられる。

②防護柵強度

ａ）支柱

支柱の最大変位量を表－7.2.31に示す。

支柱の防護柵直角方向最大変位量はＰ9の1020mmであった。

支柱に働いた最大水平力を表－7.2.32に示す。

支柱の防護柵直角方向水平力の最大値は、車両前部衝突時から0.405秒後でＰ9の154kNであった。

表－7.2.31　支柱の最大変位量（GL＋675mm）

支柱番号	P9	P11
変位量（mm）	1020	900

表－7.2.32　各支柱の最大水平力

支柱番号	P9	P11
最大水平力(kN)	154	115

b）ビーム

ビームに発生した最大張力を表－7.2.33に示す。

ビーム最大張力は、B6で衝突から0.41秒後に221kN発生した。

表－7.2.33　ビームの最大張力

ビーム番号	B6	B11
最大張力(kN)	221	212

c）ブラケット

ブラケットは車両衝突の衝撃力により座屈変形していた。

③防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長はP8～P13の約22.8mであった。車両はP14以降、ビーム上を滑りながら横転した。

防護柵の残留変形区間はP6～P16の40m間で生じた。（柵直角・延長両方向10mm以上の残留変形に関して）

支柱の柵直角方向の最大残留変位量はP10で1118mm、柵延長方向の最大残留変位量は74mmであった。ビームの最大残留変位量はB9で柵直角方向に1139mmであった。

車両の接触跡を図－7.2.32、防護柵残留変位を図－7.2.33に示す。

a）支柱

支柱の折れ曲り位置はGL－210～－540で完全な抜け出しはなかった。P8～P13の6本が「く」の字に曲がっており、その内4本は局部座屈を伴う亀裂が生じていた。

b）ビーム

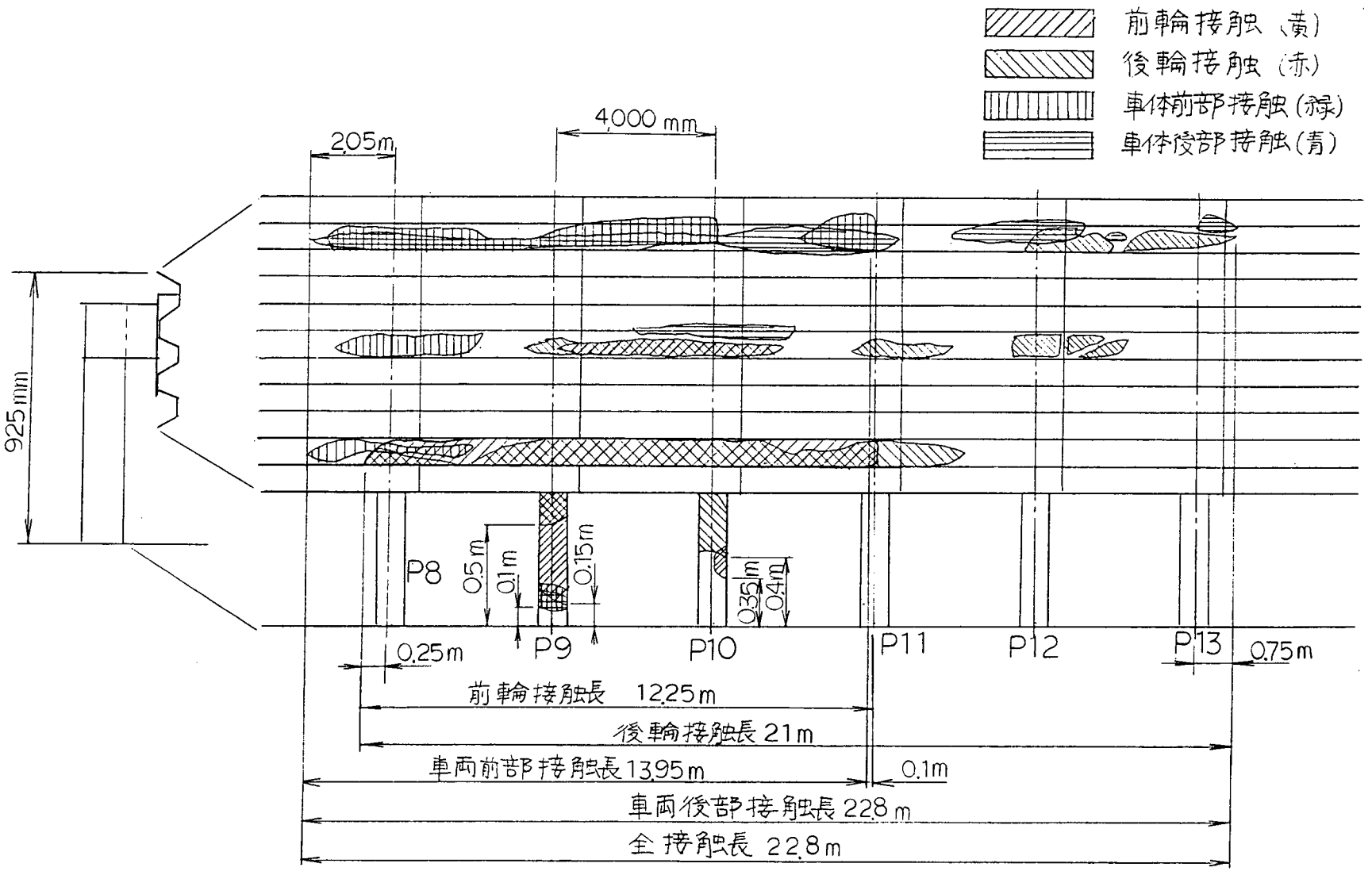
ビームは上下端に波状変形が見られたが亀裂や破断はなかった。

c）ブラケット

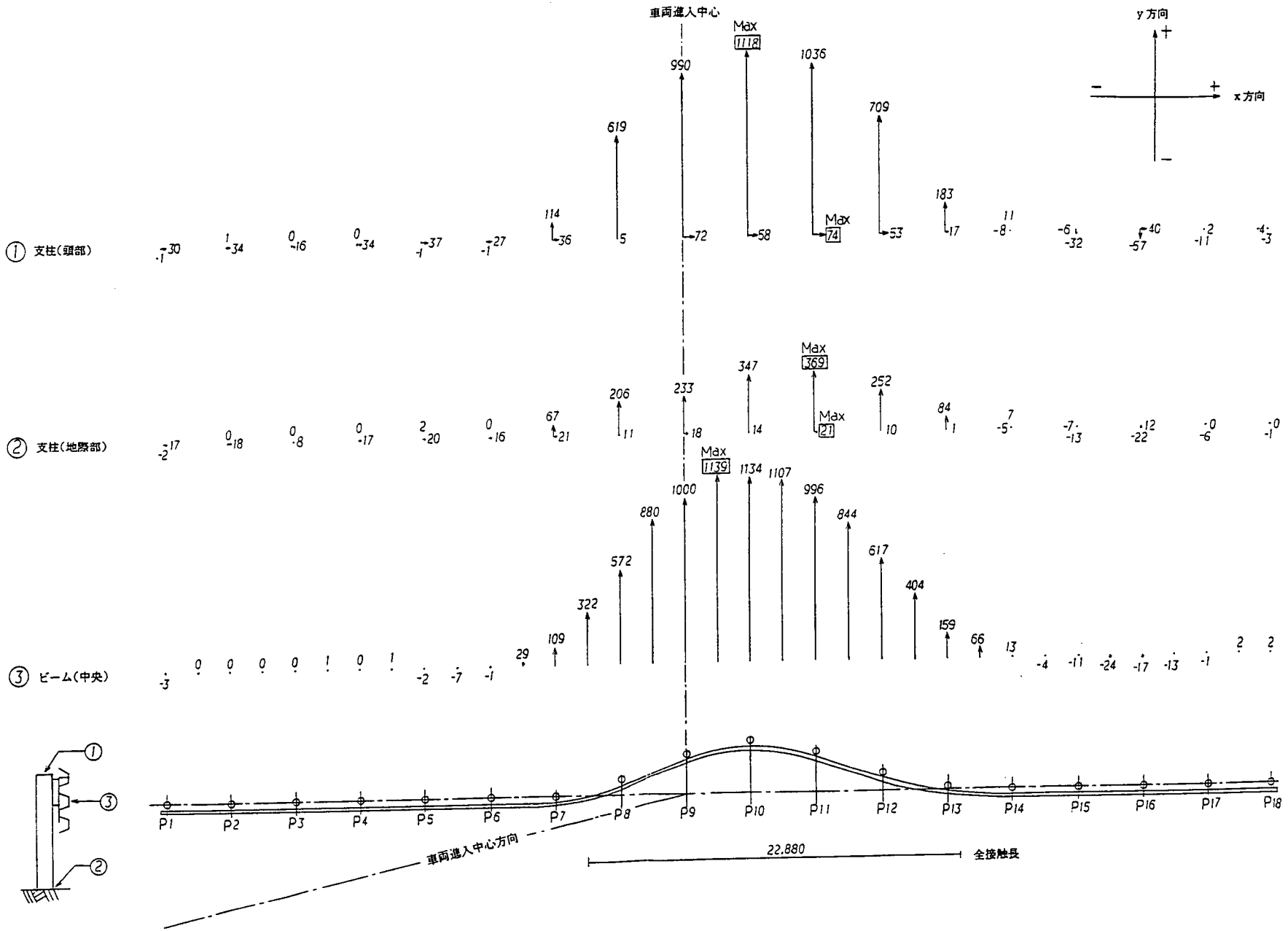
ブラケットはP9、P10にて座屈変形しており、P8では亀裂が発生していた。

d）ボルトおよび接合部

ビーム接合部のボルトの外れは無かった。



図－7.2.32　車両の接触跡



図－7.2.33　防護柵残留変形（単位：mm）

④車両損傷

車両は横転および回転によって大破した。左側前後輪はバーストし、左側前輪軸は後方へ移動していた。車室変形状態は回転し地面に着地した際にフロントガラスが完全に大破し、その時に車室も潰れており乗員の生存空間は極めて少なかった。燃料タンクについては損傷を受けていなかった。この様な状況から、自力走行は不可能であった。

⑤考察

車両は車両質量8t、衝突速度100.6km/h、衝突角度15度、衝撃度210kJで防護柵に衝突したが、防護柵上で1回転しながら路内横転した。

ビームの最大張力は221kN（Ｂ６）で許容引張り耐力の627kN以下であり、ビームに亀裂や破断またはコルゲーションの潰れもないことから、ビーム単体の強度は十分であったと考えられる。しかし、車輪が支柱を踏みつけたため、柵高が著しく低下し車両を誘導することができず路内横転する結果となった。角型鋼管支柱に限れば、単体の持つ平均支持力は既往の動的および静的部材実験により確認はされているが、ビームと支柱で構成される防護柵は所定の衝撃度に対する防護柵としての機能を発揮させるには、適正な支柱間隔と支柱支持力が求められる。

今後の課題としては支柱Ｐ9付近においてポケッティングに近い状態が見られたことから、支柱間隔4mでは貨物車の高速度衝突には対応できないと考えられ、支柱間隔を縮小して単位長さ当たりの支柱支持力の強化が必要である。

（５）実験（２）

１）供試体構造

前回の実験（１）の結果を踏まえて、以下にその改良点を述べる。

①構造改良点

防護柵の基本的な部材構成は同じとし、支柱変位量を減少させるために支柱間隔を4mから2mに短縮して、支柱支持力を15kN/mから30kN/mに強化した。また、ブラケットは回転式ブラケットを開発導入した。これは防護柵変形時の柵高保持機能を目的としたもので、ブラケットは車両衝突時に支柱との接合ボルトを支点に上方へ回転し、ビームが上昇する構造である。尚、衝突実験前に静的機能確認試験を実施しその有効性を確認した。　構造改良点を表－7.2.34に示す。

表－7.2.34　供試体構造改良点

	実験（１）	実験（２）
支柱（mm）	□－125×125×6.0	□－125×125×6.0
支柱間隔（m）	4.0	2.0
支柱支持力（kN/m）	15	30
ビーム（mm）	4.0×85×500	4.0×85×500
ブラケット（mm）	□－200×150×4.5×285	□－200×150×4.5×285 回転式ブラケット

②防護柵強度

防護柵強度についてはシミュレーションで解析し、改良構造の妥当性を検討した。

表－7.2.35にシミュレーション解析結果を示す。

表－7.2.35　シミュレーション解析結果

実験名	実験結果	衝突条件	シミュレーション結果		
			進入行程(mm)	変位量(mm)	最大張力(kN)
Gr-S	○	8t-100km/h-15°	570	750	251
実験(1)	×	IS=206.8kJ	710	740	360
実験(2)			540	550	313

③柵高さ

車両衝突時に起こる車両の横転現象は現在のシミュレーションでは解析できないため、車両と防護柵に働くモーメントの釣り合い式を仮定し誘導可能な柵高さを検討した。（検討方法の詳細は８章で述べる。）

その結果、実験（１）の柵高925mm（ビーム天端高さ）は誘導可能な必要柵高を満足しており、実験（１）での横転の原因は柵高不足ではなく、柵高の著しい低下を引き起こした車輪の支柱踏み付けが主原因であると考えられ、柵高は実験（１）と同じく925mmとした。尚、より高い車両誘導性を得るために柵高保持機能を有する回転式ブラケットを用いることとした。

供試体構造及び部材表を図－7.2.34に示す。

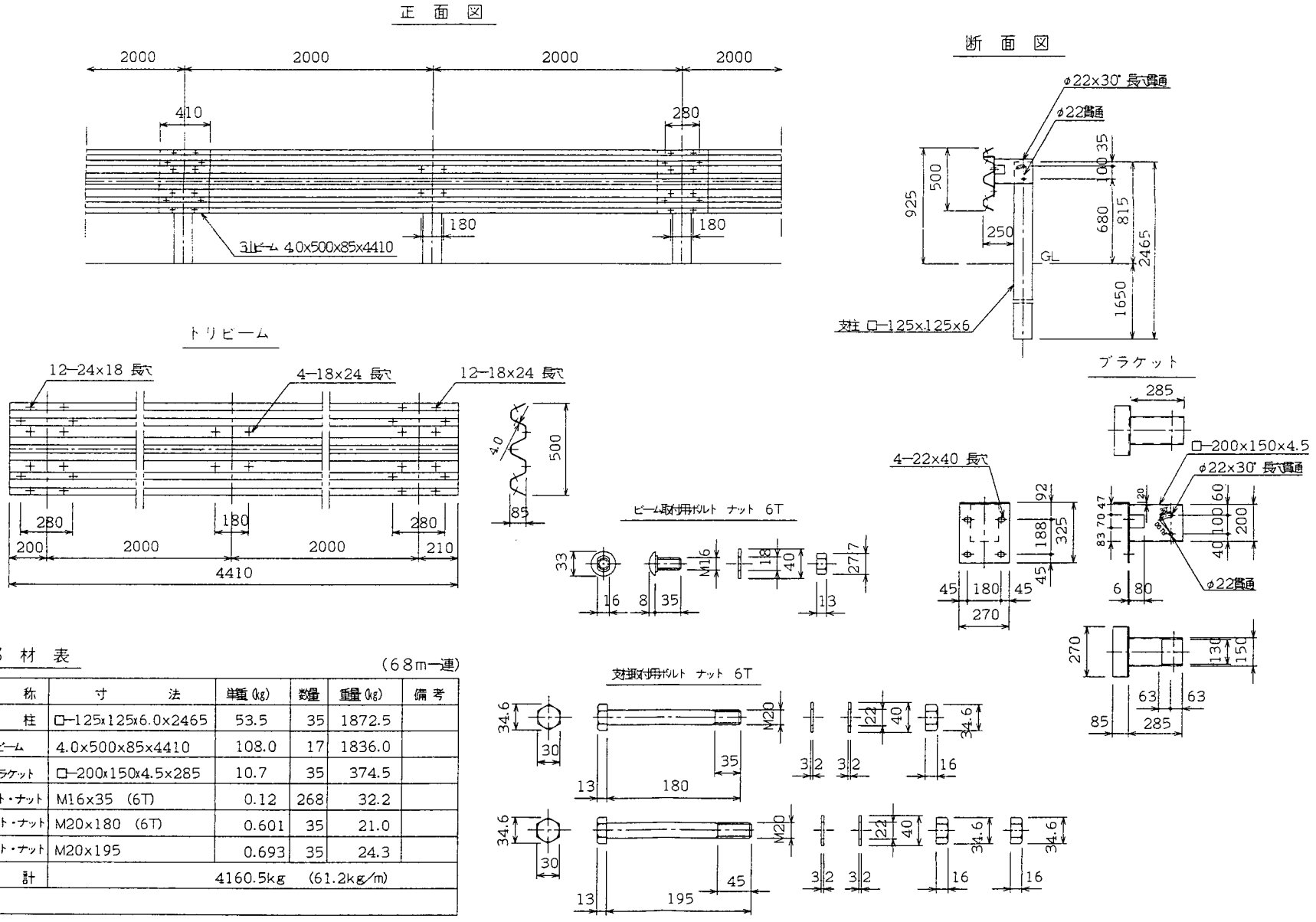
２）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－7.2.35に計測位置を図－7.2.36に示す。

３）実験結果および考察

車両は防護柵に衝突後、車体は傾くことなく非常に安定した状態で誘導された。

実験結果を表－7.2.36に示す。

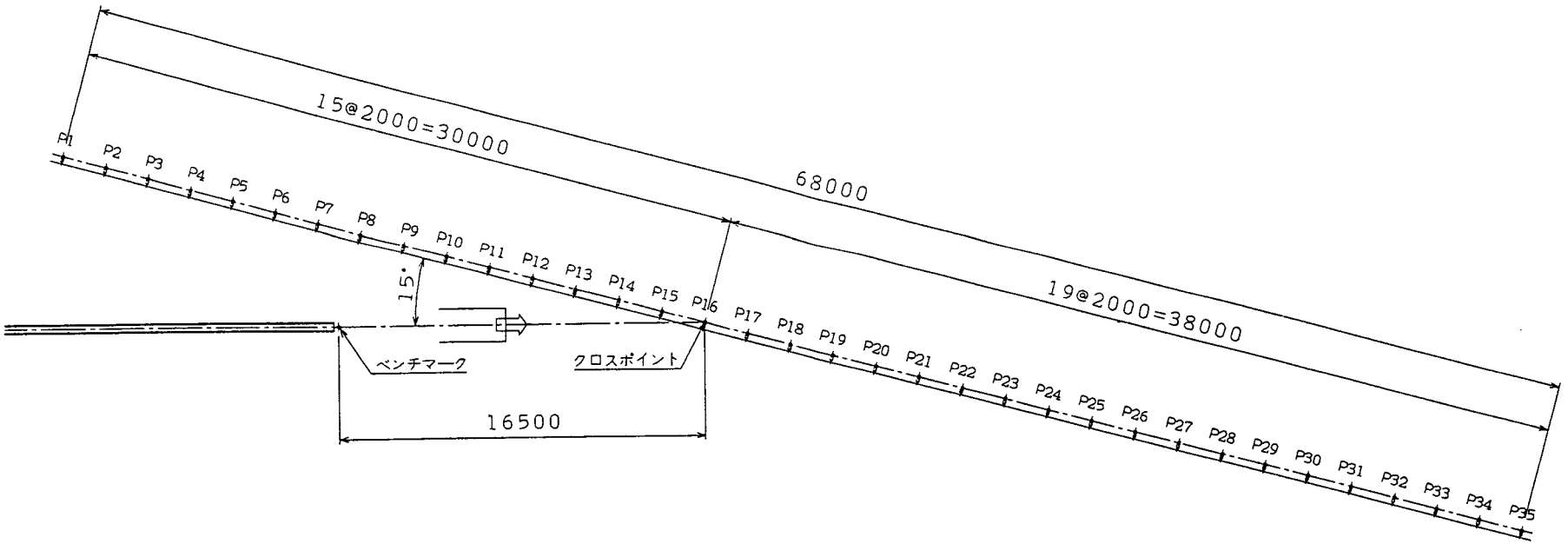


部 材 表

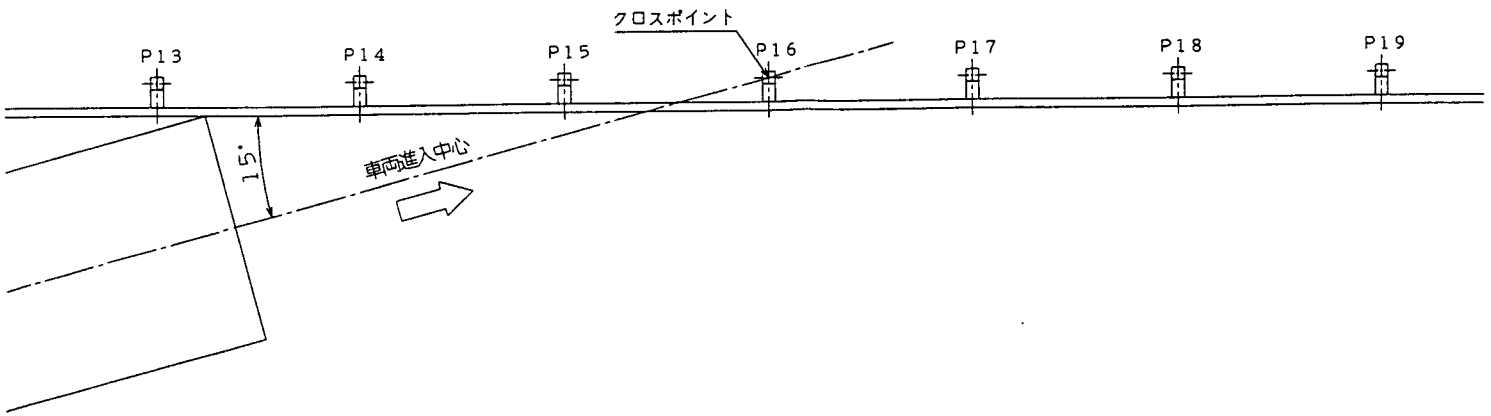
(68m一連)

名 称	寸 法	単重(kg)	数量	重量(kg)	備考
支 柱	□-125x125x6.0x2465	53.5	35	1872.5	
ビーム	4.0x500x85x4410	108.0	17	1836.0	
ブラケット	□-200x150x4.5x285	10.7	35	374.5	
ボルト・ナット	M16x35 (6T)	0.12	268	32.2	
ボルト・ナット	M20x180 (6T)	0.601	35	21.0	
ボルト・ナット	M20x195	0.693	35	24.3	
合 計	4160.5kg (61.2kg/m)				

図-7.2.34 供試体構造（単位：mm）

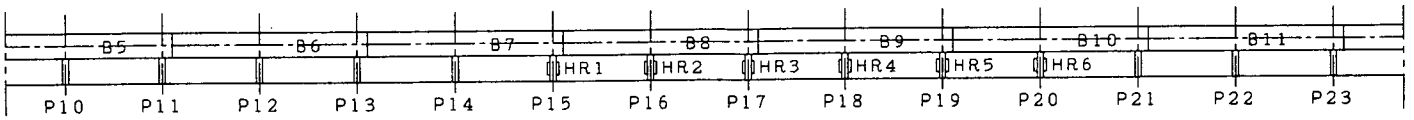


衝突地点詳細図　S=1/50

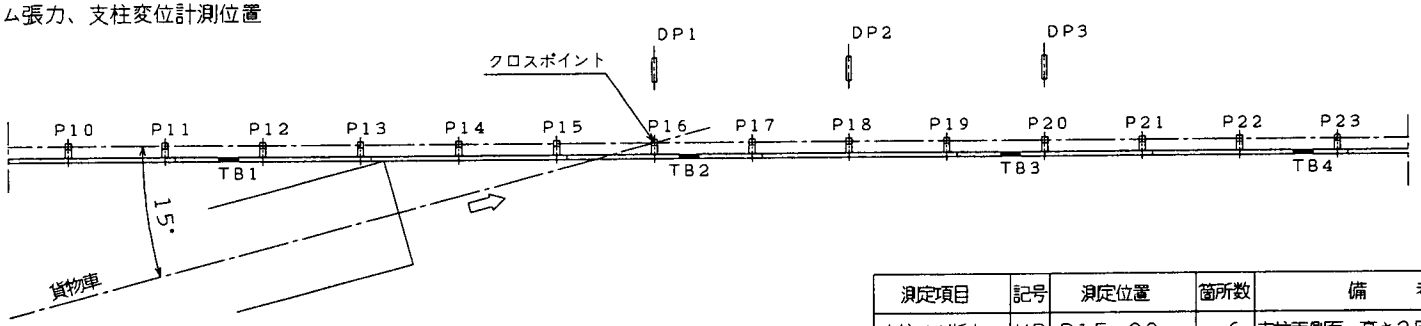


図－7.2.35　供試体の配置図（単位：mm）

支柱水平計測位置

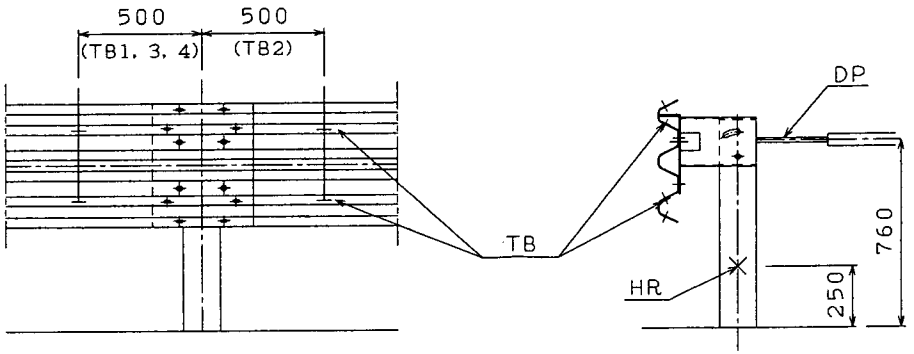


ビーム張力、支柱変位計測位置



測定項目	記号	測定位置	箇所数	備　考
支柱せん断力	HR	P15~20	6	支柱両側面、高さ250mm、2軸ゲージ
支柱変位	DP	P16,18,20	3	
ビーム張力	TB	B6,8,10,11	4	ビーム背面中立軸2ケ所、1軸ゲージ
重心加速度		車輌中心	1	XYZ

計測位置詳細図



図－7.2.36　計測位置図（単位：mm）

表－7.2.36　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量(t)			8
	衝突速度(km/h)			102.9
	衝突角度(度)			15
	衝撃度(kJ)			219
離脱速度(km/h)				90.4
離脱角度(度)				5.08
接触長(m)				10.7
防護柵最大変位	支柱	直角方向最大変位(mm)		275
		残留	直角方向(mm)	294
			延長方向(mm)	17
	Y方向ビーム残留変位(mm)			297
最大進入行程(mm)				150
車両最大傾斜角(度)			前端	－
			後端	－
支柱最大水平力(kN)				103
ビーム最大張力(kN)				199
車両重心加速度	50ms値	進行方向(m/s²)		39.2
		直角方向(m/s²)		11.8
		垂直方向(m/s²)		12.7
		合成(m/s²)		40.2
HIC値	運転席ダミー			－
	助手席ダミー			－

①車両誘導性

車両は衝突速度102.9km/h、衝突角度15度で防護柵に衝突した。衝突後、車両は極めて安定した状態で誘導され車輪の浮き上がり等、車体の左右方向への傾きもほとんど見られなかった。また積載物（土嚢）の飛散もなかった。表－7.2.37に示す車両重心に設置した角加速度計測定結果による車両の３方向の傾斜角度からも、安定した挙動を示したことがわかった。

離脱速度90.4km/hは衝突速度102.9km/hに対して減速率12%で、参考許容値25%以下である。また、離脱角度5.08度は衝突角度15度の34%で参考許容値60%以下である。以上の結果より、車両誘導性は良好であると判断できる。

表－7.2.37　車両の挙動

衝突時の車両重心の角度範囲（度）	
ロール角（X）	－0.18～0.03
ピッチ角（Y）	－0.12～0.02
ヨー角（Z）	－0.01～0.67

②防護柵強度

a）支柱

支柱の最大変位量を表－7.2.38に示す。支柱の防護柵直角方向最大変位量はP16の275mmであった。

支柱に働いた最大水平力を表－7.2.39に示す。支柱の防護柵直角方向水平力の最大値は車両前部衝突時から0.07秒後でP15の103kNであった。

表－7.2.38　支柱の最大変位量（GL＋675mm）

支柱番号	P16	P18	P20
変位量(mm)	275	80	6

表－7.2.39　各支柱の最大水平力

支柱番号	P15	P16	P17	P18
最大水平力(kN)	103	103	82	59

b）ビーム

ビームに発生した最大張力を表－7.2.40に示す。ビーム最大張力はB8で衝突から0.225秒後に199kN発生した。支柱の最大残留位置と同位置であることから最大発生張力と考えられる。ビームの最大残留変位量はP15、P16間の中央で直角方向に297mmであった。

表－7.2.41　ビームに作用した最大張力

ビーム番号	B6	B8	B10	B11
最大張力(kN)	100	199	89	83

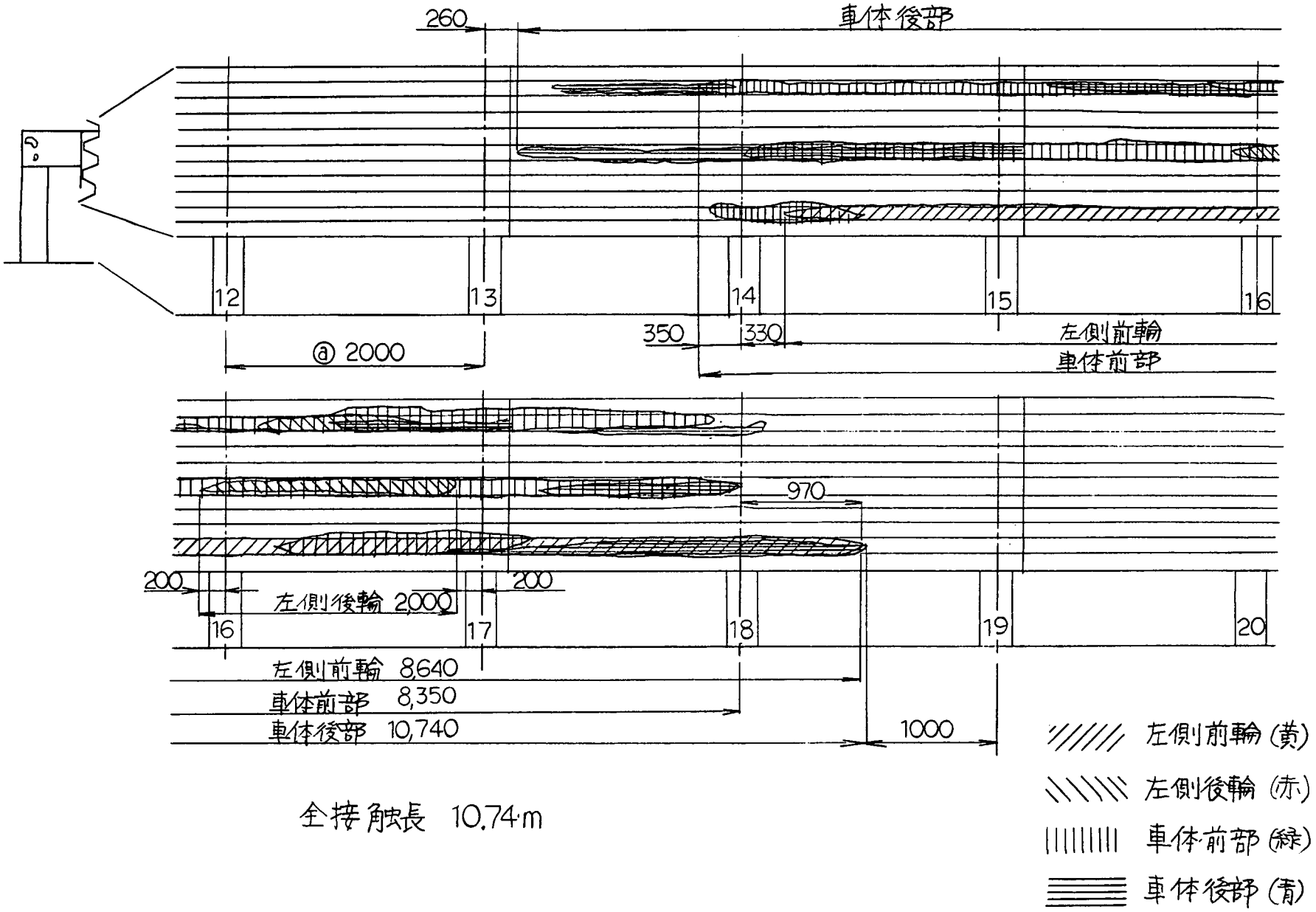
c）ブラケット

本実験で用いた回転式ブラケットはP8～P22区間で衝突時に回転機構が働き、柵高を保持し車両誘導に有効に機能した。

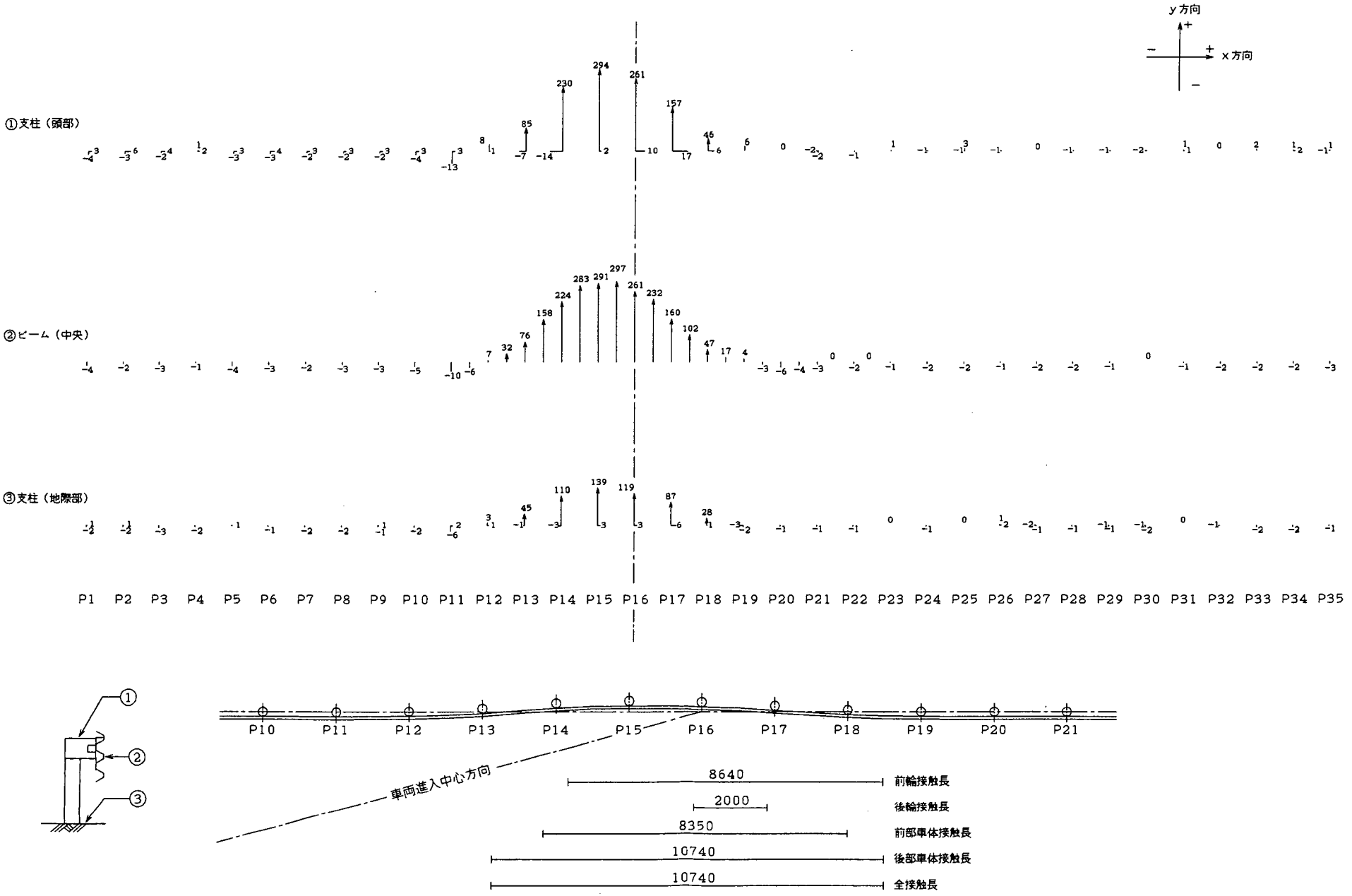
③防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長はP13～P18の約10.7mであった。防護柵の残留変形区間はP12～P19の14m間で生じた。（柵直角・柵平行両方向10mm以上の残留変形に関して）

車両の接触跡を図－7.2.37、防護柵残留変位量を図－7.2.38に示す。



図－7.2.37　車両の接触跡（単位：mm）



図－7.2.38　防護柵残留変形（単位：mm）

a）支柱

支柱の柵直角方向の最大残留変位量はＰ15で294mm、柵平行方向の最大残留変位量は17mmであった。尚、車輪による支柱踏み付けはなかった。

b）ビーム

ビームの最大残留変位量はＢ8で柵直角方向に297mmであった。亀裂、破断、コルゲーションの潰れ等はなかった。

c）ブラケット

ブラケットに亀裂や座屈等の損傷は見られなかった。

d）ボルトおよび接合部

接合部ボルトの外れはなかった。ビーム継手部のズレはＰ17で4mm程度のズレが生じていた。

④車両損傷

車両の損傷は荷台部に軽微な擦り傷と左側前部が小破した程度であった。車軸の損傷も無く、前後輪のタイヤのバーストもなかった。また、車室の損傷も無く燃料タンクも損傷を受けていなかったことなどから自力走行が可能であった。

⑤考察

車両は車両質量8t、衝突速度102.9km/h、衝突角度15度、衝撃度219kJで防護柵に衝突した。衝突後の車両は車体の傾きもなく防護柵に沿って進行し、離脱速度90.4km/h、離脱角度5.08度で円滑に誘導された。車両の損傷状況は荷台の擦り傷程度で、大きな損傷や積載物（土嚢）の飛散も無く、実験後の車両の自力走行は十分可能であった。

防護柵強度についてはビームの変位量297mm、最大進入行程150mmで、実験（1）と比較して大きく下回っており、車輪の支柱への接触は無かった。また、回転式ブラケットが有効に機能して柵高を保持し車両の荷台部を支持したことにより、車両の誘導は極めて安定したものであった。

本実験での防護柵構造は衝突条件に対して強度に余裕があるため、経済性や施工性を考慮した軽量化構造の検討が必要と考えられ、以下に検討項目を挙げる。

a）防護柵強度の検討

・支柱間隔と支柱支持力

b）施工性の向上

・ビーム継手部ボルトの検討

（6）実験（3）

1）供試体構造

前回の実験（2）の結果を踏まえて、以下にその改良点を述べる。

①構造改良点

防護柵の部材構成は同じとし、支柱間隔を2mから3mに広くして支柱支持力を30kN/mから20kN/mに設定した。供試体構造改良点を表－7.2.41に示す。

表－7.2.41　供試体構造改良点

	実験（2）	実験（3）
支柱（mm）	□－125×125×6.0	□－125×125×6.0
支柱間隔（m）	2.0	3.0
支柱支持力（kN/m）	30	20
ビーム（mm）	4.0×85×500	4.0×85×500
ブラケット（mm）	□－200×150×4.5×285 回転式ブラケット	□－200×150×4.5×285 回転式ブラケット
ビーム継手ボルト	M16－12本（強度6.8）	M20－8本（強度6.8）

②防護柵強度

防護柵強度はシミュレーションで解析し改良構造の妥当性を検討した。

シミュレーション解析結果を表－7.2.42に、供試体構造及び部材表を図－7.2.39に示す。

表－7.2.42　シミュレーション解析結果

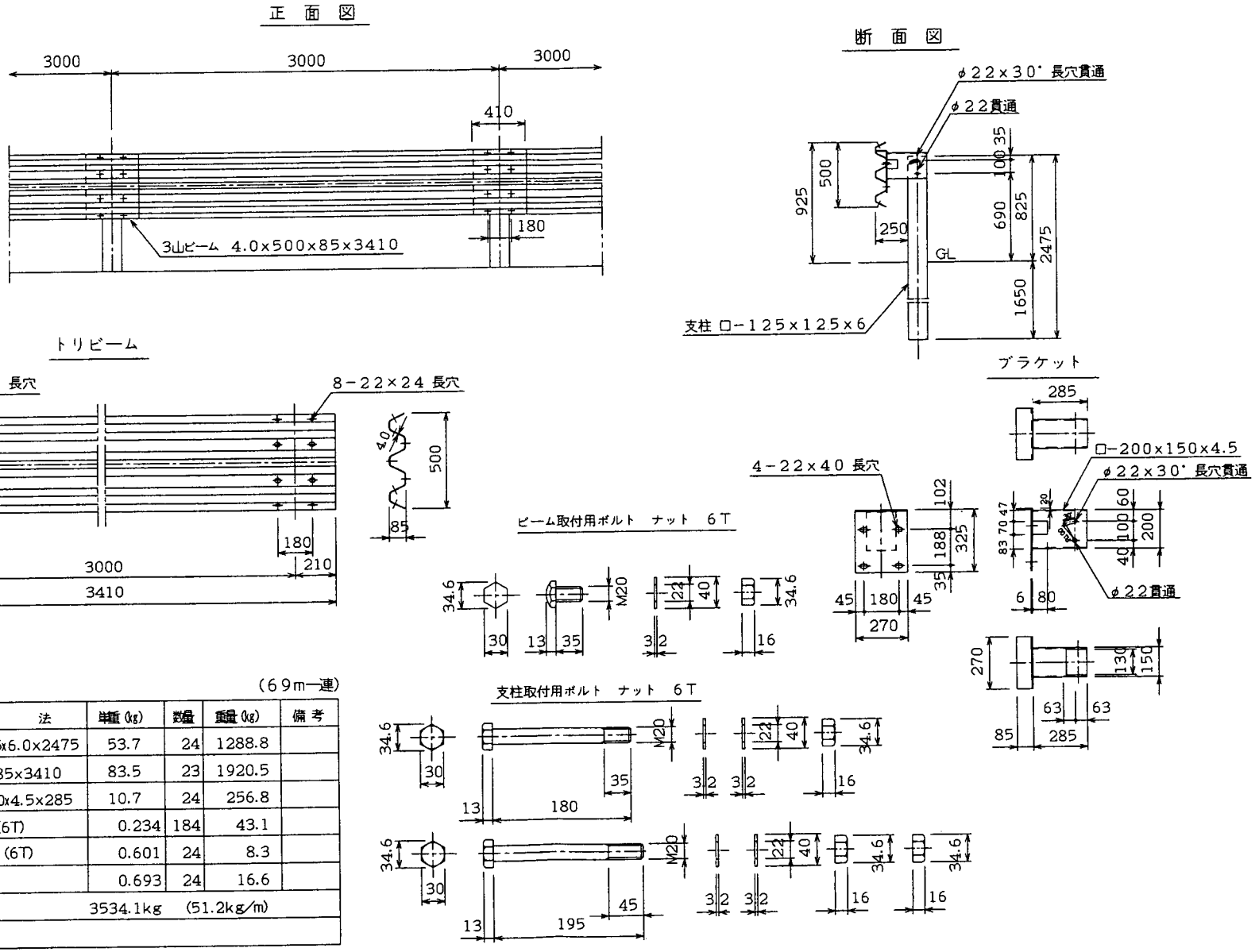
実験名	実験結果	衝突条件	シミュレーション結果		
			進入行程(mm)	変位量(mm)	最大張力(kN)
実験(2)	○	8t-100km/h-15°	540	550	313
実験(3)		IS=207kJ	620	650	300

2）供試体の配置

供試体の配置を図－7.2.40に示す。

3）実験結果および考察

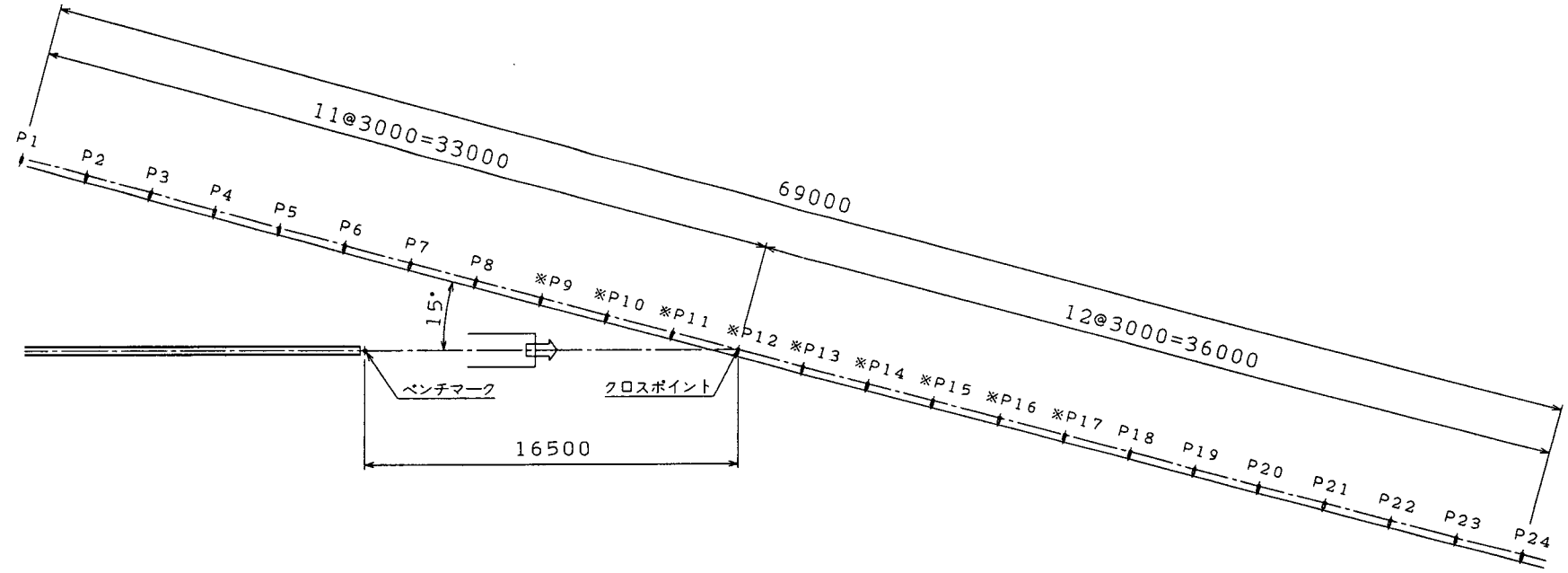
車両は大きな傾きもなく防護柵に沿って誘導されたが、左側前輪がP12支柱に接触した時に車軸部が損傷した。その結果、自力走行は不可能であった。実験結果を表－7.2.43に示す。



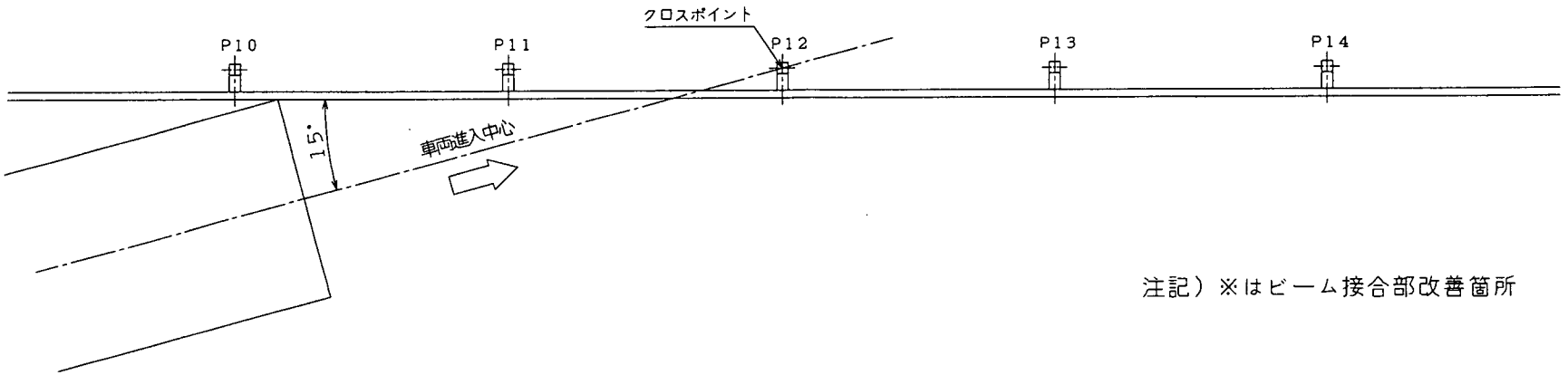
部 材 表 (69m一連)

名 称	寸 法	単重(kg)	数量	重量(kg)	備考
支 柱	□-125x125x6.0x2475	53.7	24	1288.8	
ビーム	4.0x500x85x3410	83.5	23	1920.5	
ブラケット	□-200x150x4.5x285	10.7	24	256.8	
ボルト・ナット	M20x35 (6T)	0.234	184	43.1	
ボルト・ナット	M20x180 (6T)	0.601	24	8.3	
ボルト・ナット	M20x195	0.693	24	16.6	
合 計	3534.1kg (51.2kg/m)				

図-7.2.39 供試体構造（単位：mm）



衝突地点詳細図　S=1/50



注記）※はビーム接合部改善箇所

図－7.2.40　供試体の配置図（単位：㎜）

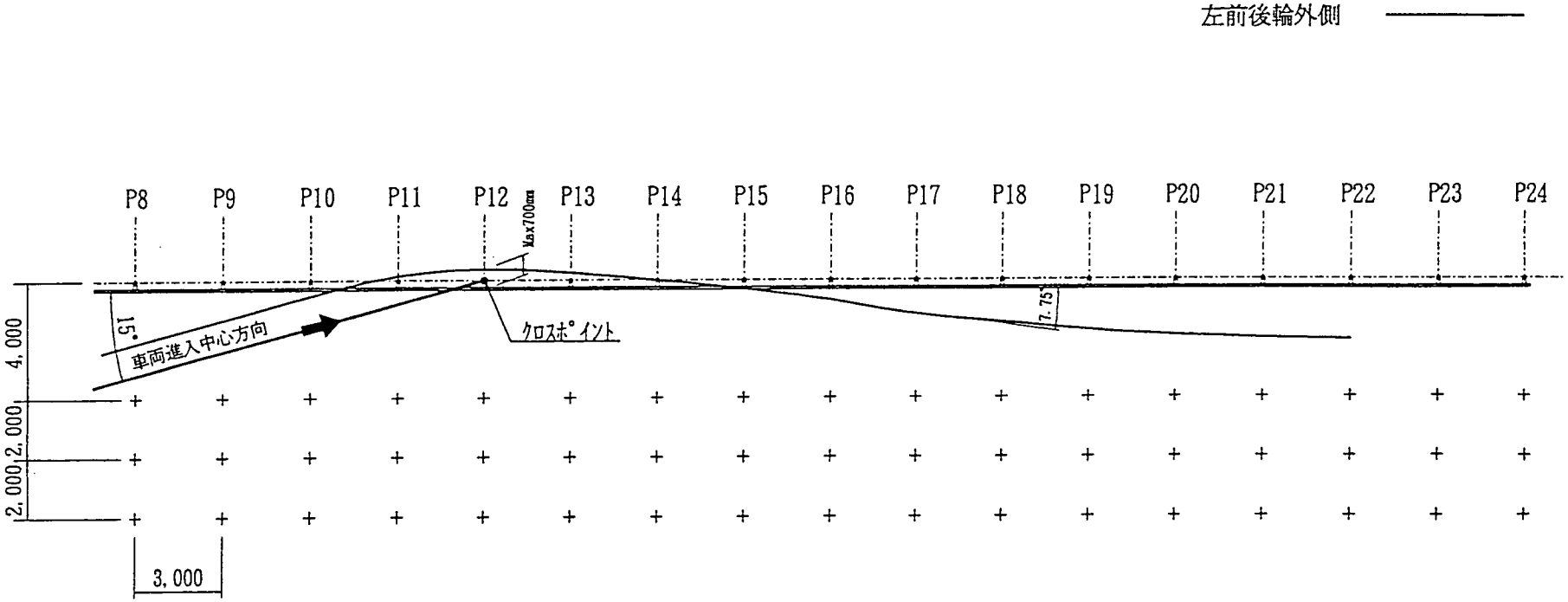
表－7.2.43　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量(t)			8
	衝突速度(km/h)			101.1
	衝突角度(度)			15
	衝撃度(kJ)			212
離脱速度(km/h)				74.7
離脱角度(度)				7.75
接触長(m)				15.63
防護柵最大変位	支柱	直角方向最大変位(mm)		－
		残留	直角方向(mm)	689
			延長方向(mm)	61
	Y方向ビーム残留変位(mm)			681
最大進入行程(mm)				550
車両最大傾斜角(度)	前端			－
	後端			－
支柱最大水平力(kN)				－
ビーム最大張力(kN)				－
車両重心加速度	50ms値	進行方向(m/s²)		106
		直角方向(m/s²)		78
		垂直方向(m/s²)		34
		合成(m/s²)		125
HIC値	運転席ダミー			－
	助手席ダミー			－

①車両誘導性

車両は衝突速度101.1km/h、衝突角度15度で防護柵に衝突した。衝突後、車両は左側前輪が支柱P12に衝突したためタイヤのバーストと左側前輪軸の脱落を起こしたが、防護柵に沿って進行し離脱速度74.7km/h、離脱角度7.75度で誘導された。尚、停止時に横転しているがこれは左側前輪が脱落している状態でブレーキ操作をしたため、バランスを崩して横転したためである。衝突中は車体の左右方向への傾きはほとんどみられなかった。また、積載物（土嚢）の飛散もなかった。

離脱速度は74.7km/hで衝突速度101.1km/hに対して減速率は26%である。これは参考許容値25%をやや上まった。離脱角度は7.75度で衝突角度の52%で参考許容値60%以下であった。車両の軌跡を図－7.2.41に示す。



図－7.2.41　車両の軌跡（単位：mm）

②防護柵強度

a）支柱

支柱の防護柵直角方向最大残留変位量はＰ12の689mm、防護柵平行方向で61mmであった。

b）ビーム

ビームの最大残留変位量はＰ12、Ｐ13間の中央で直角方向に681mmであった。

c）ブラケット

本実験で用いた回転式ブラケットはＰ9～Ｐ19区間で衝突時に回転機構が働らき、特にＰ11～Ｐ17では回転角度が大きく、柵高さを保持して車両誘導性に有効に機能した。

③防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長はＰ9～Ｐ15の約15.63mであった。防護柵の残留変形区間はＰ9～Ｐ15で18m間で生じた。（柵直角・柵平行両方向10mm以上の残留変位に関して）

車両の接触跡を図－7.2.42、防護柵残留変位量を図－7.2.43に示す。

a）支柱

支柱の柵直角方向の最大残留変位量はＰ12で689mm、柵平行方向で61mmであった。支柱の踏み付けは左側前輪によるものがＰ11、Ｐ12、左側後輪によるものがＰ12、Ｐ13で見られた。支柱残留傾斜角はＰ11で24度、Ｐ12で39度、Ｐ13で31度で、支柱の折れ曲がり位置はＧ.Ｌ－300～－400で発生しておりＰ12、Ｐ13では亀裂も生じていた。

b）ビーム

ビームの最大残留変位量は柵直角方向に681mmであったが亀裂、破断、コルゲーションの潰れ等は無かった。

c）ブラケット

ブラケットには亀裂や座屈等は見られなかったがＰ11、Ｐ12で微少な変形が見られた。

d）ボルトおよび接合部

本実験のビーム接合部は前回の実験（2）に比べて、ボルト本数を12本から8本に減少し、サイズをM16からM20に大きくして従来の接合部強度を保持しながら施工性を考慮した。衝突時のビーム継手部のボルトの外れは無く、Ｐ12で10mm程度のズレが生じていた。

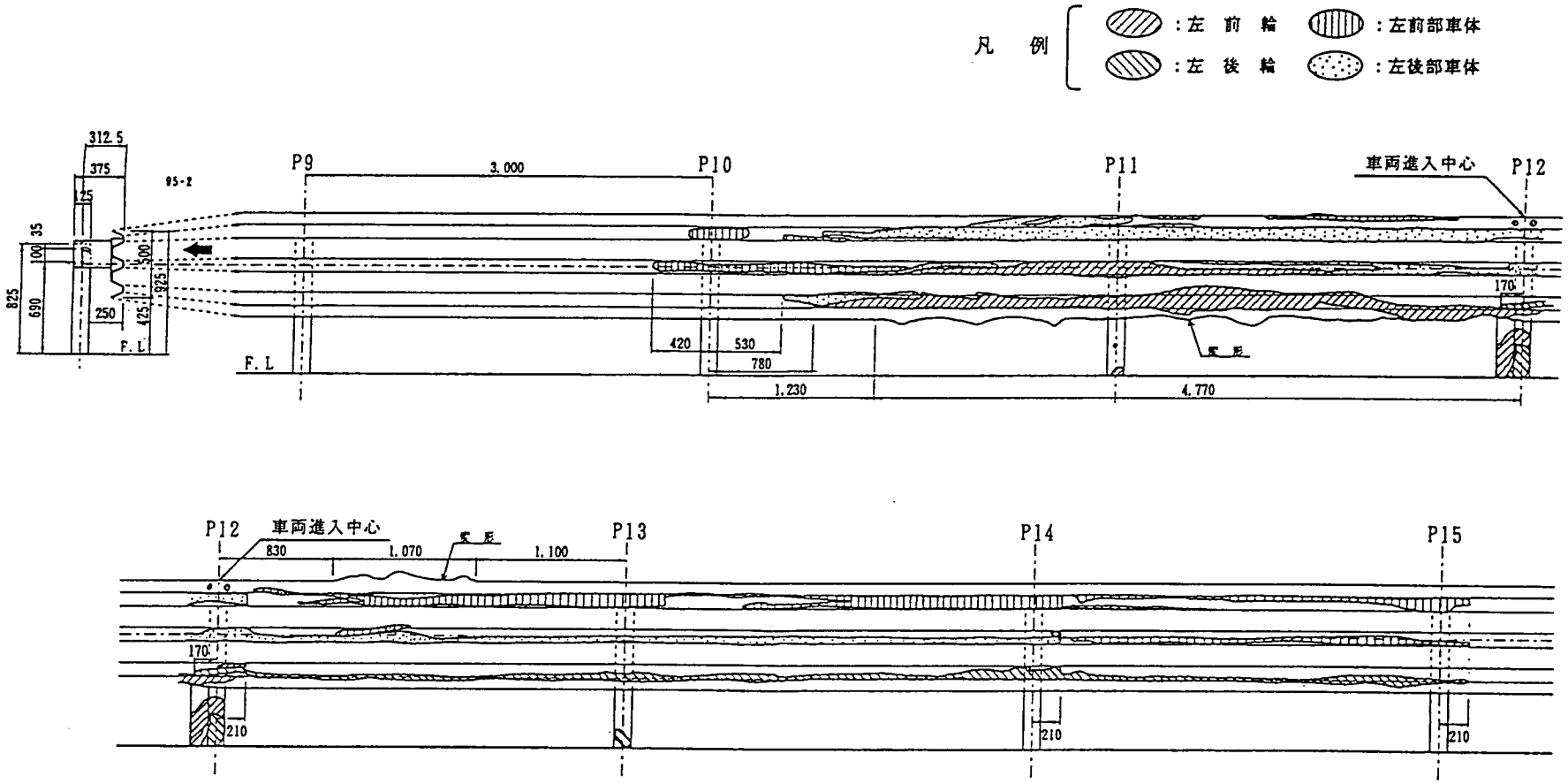
④車両損傷

車両は左側前輪軸の外れ、左側タイヤのホイールからの外れがあった。燃料タンクに凹みはあったがタンクからの燃料漏れは無かった。以上のことから自力走行は不可能であった。

⑤考察

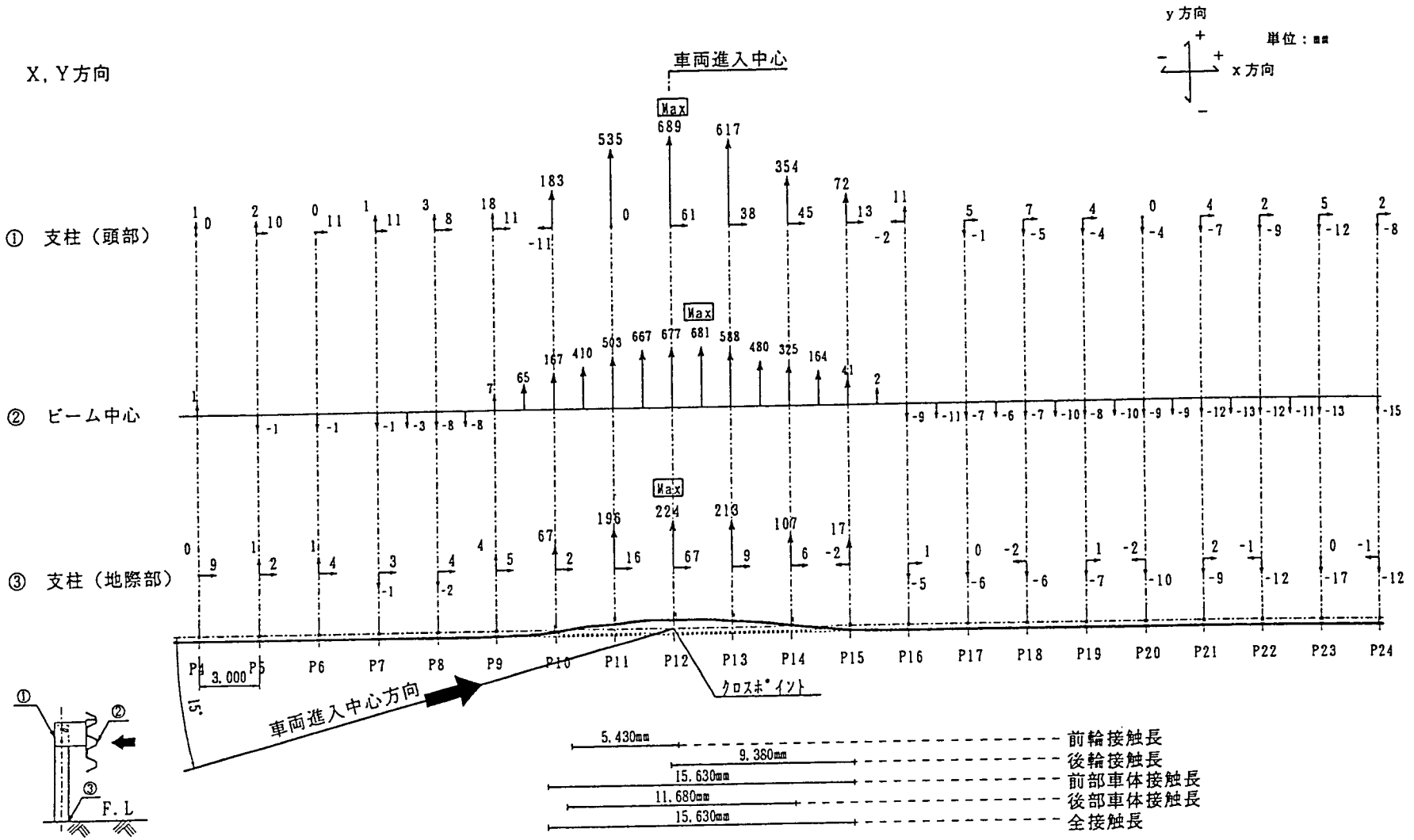
車両は車両質量8t、衝突速度101.1km/h、衝突角度15度、衝撃度212kJで防護柵に衝突した。衝突後の車両は車体の傾きもなく防護柵に沿って進行し離脱速度74.7km/h、離脱角度7.75度で誘導された。車両は左側前輪軸が外れ、タイヤがホイールから外れたため自力走行は不可能であった。

防護柵強度についてはビーム変位量681mm、最大進入行程は車輪外側で700mm、車輪中心で550mmであり、車輪の支柱接触がＰ12で見られたことから、衝撃度200kJに対して限界に近い構造であったと考えられる。

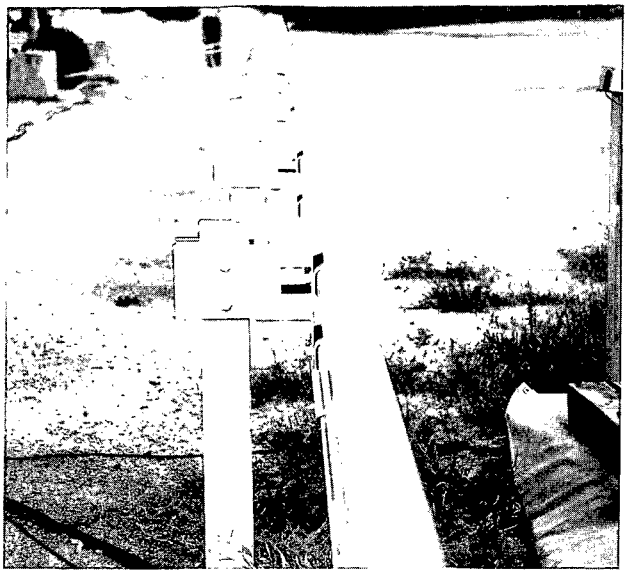


左前輪接触長　：　5,430 ㎜　(P10＋780～P12＋210)
左後輪接触長　：　9,380 ㎜　(P11＋2,830～P15＋210)
左前部車体接触長：15,630 ㎜　(P9 ＋2,580～P15＋210)
左後部車体接触長：11,680 ㎜　(P10＋530～P14＋210)
全　接　触　長　：15,630 ㎜　(P9 ＋2,580～P15＋210)

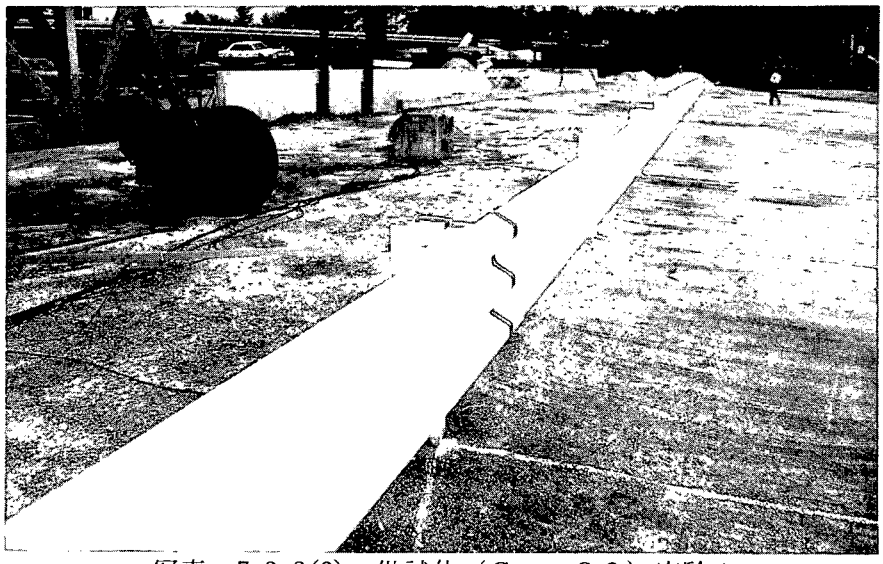
図－7.2.42　車両の接触跡（単位：㎜）



図－7.2.43　防護柵残留変形（単位：mm）



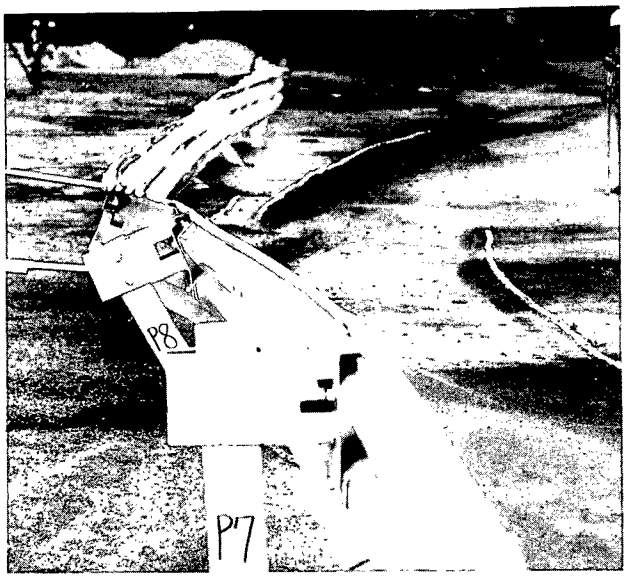
写真－7.2.3(1)　供試体（Ｇｒ－２０）実験１



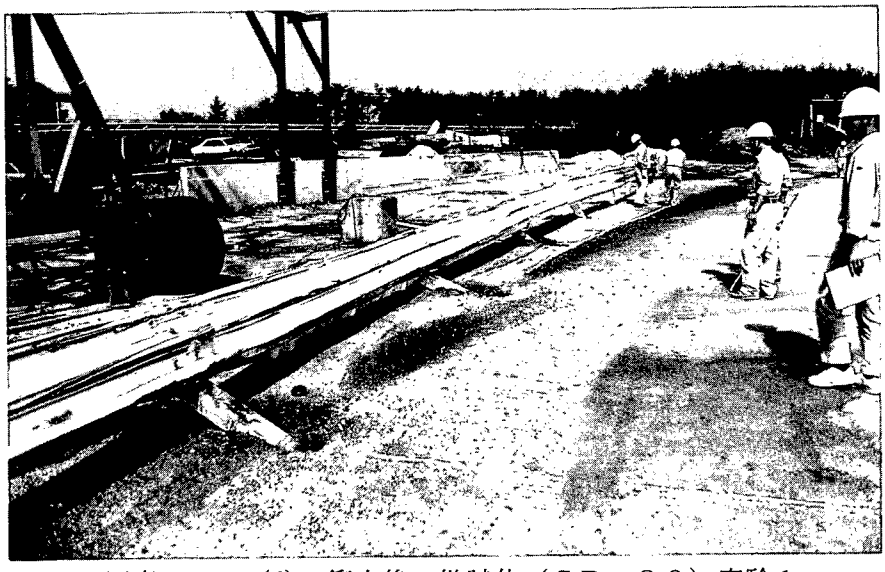
写真－7.2.3(2)　供試体（Ｇｒ－２０）実験１



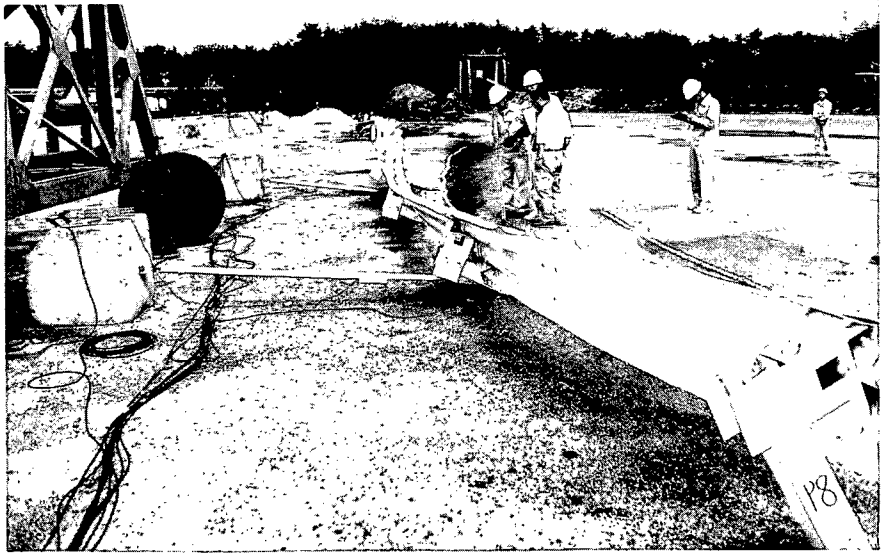
写真－7.2.3(3)　衝突車両（貨物車　８ｔ）実験１



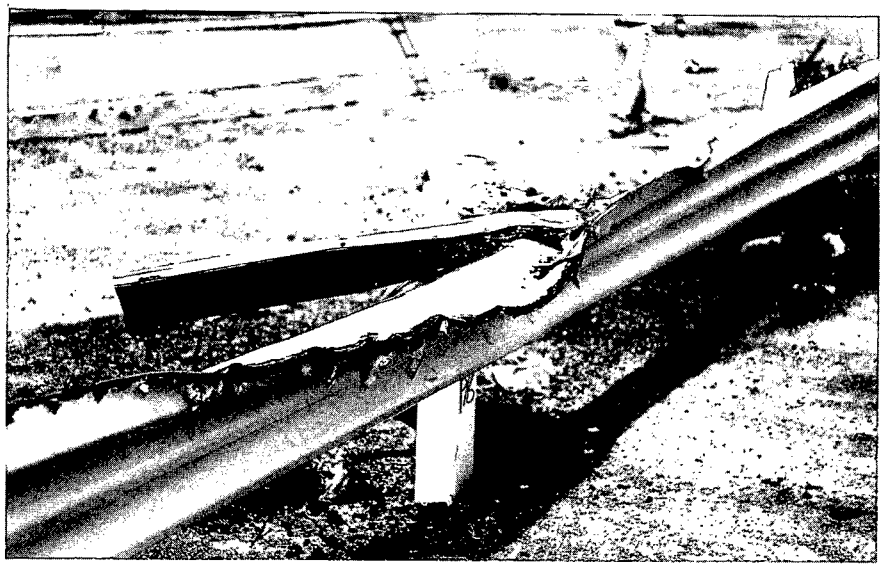
写真－7.2.3(4)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験１



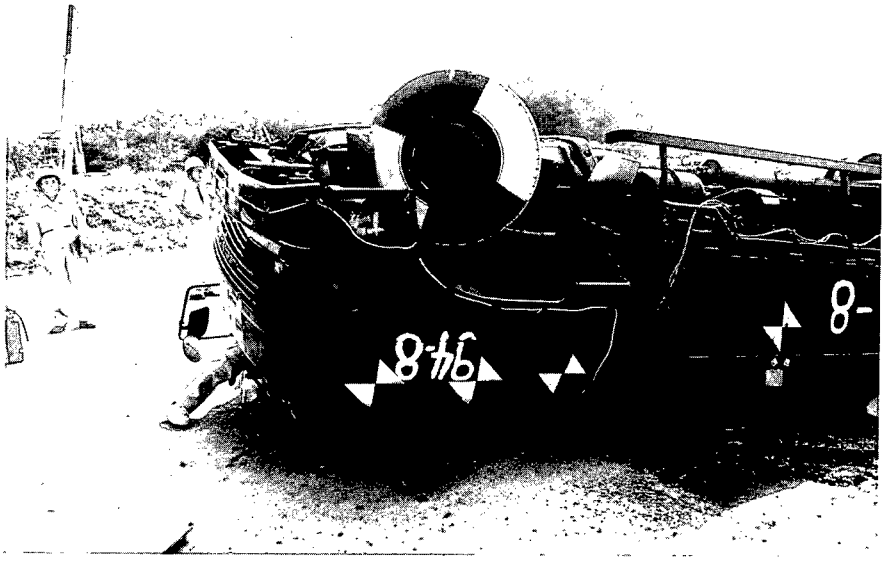
写真－7.2.3(5)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験１



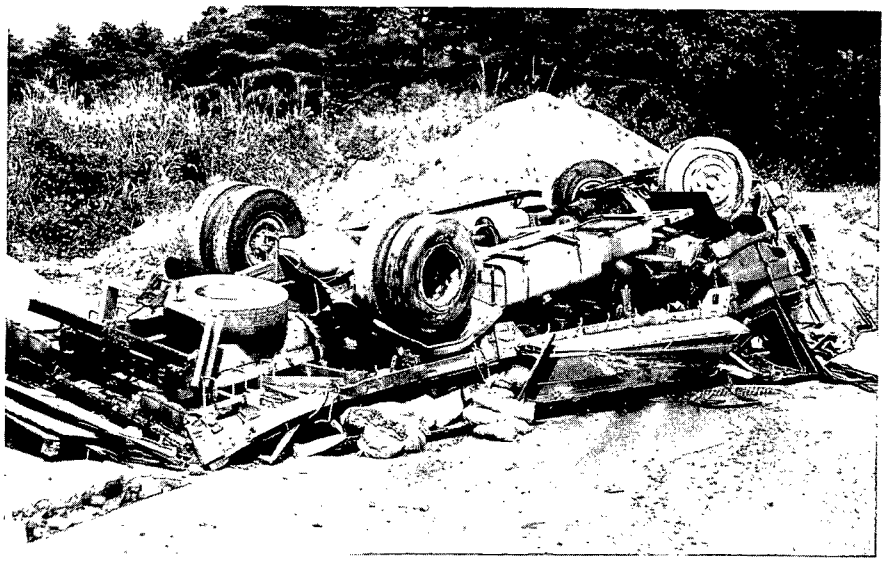
写真－7.2.3(6)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験１



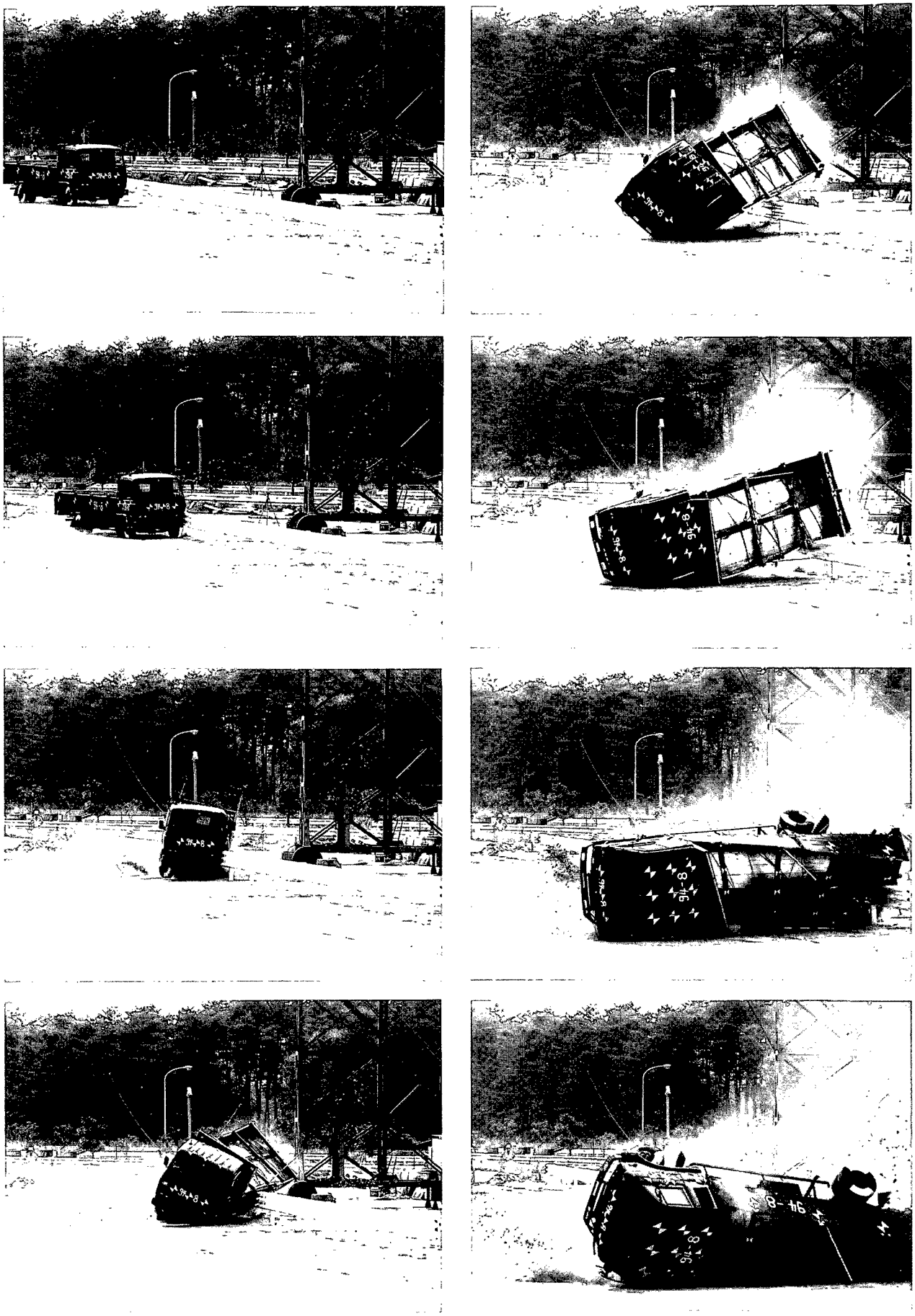
写真－7.2.3(7)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験１



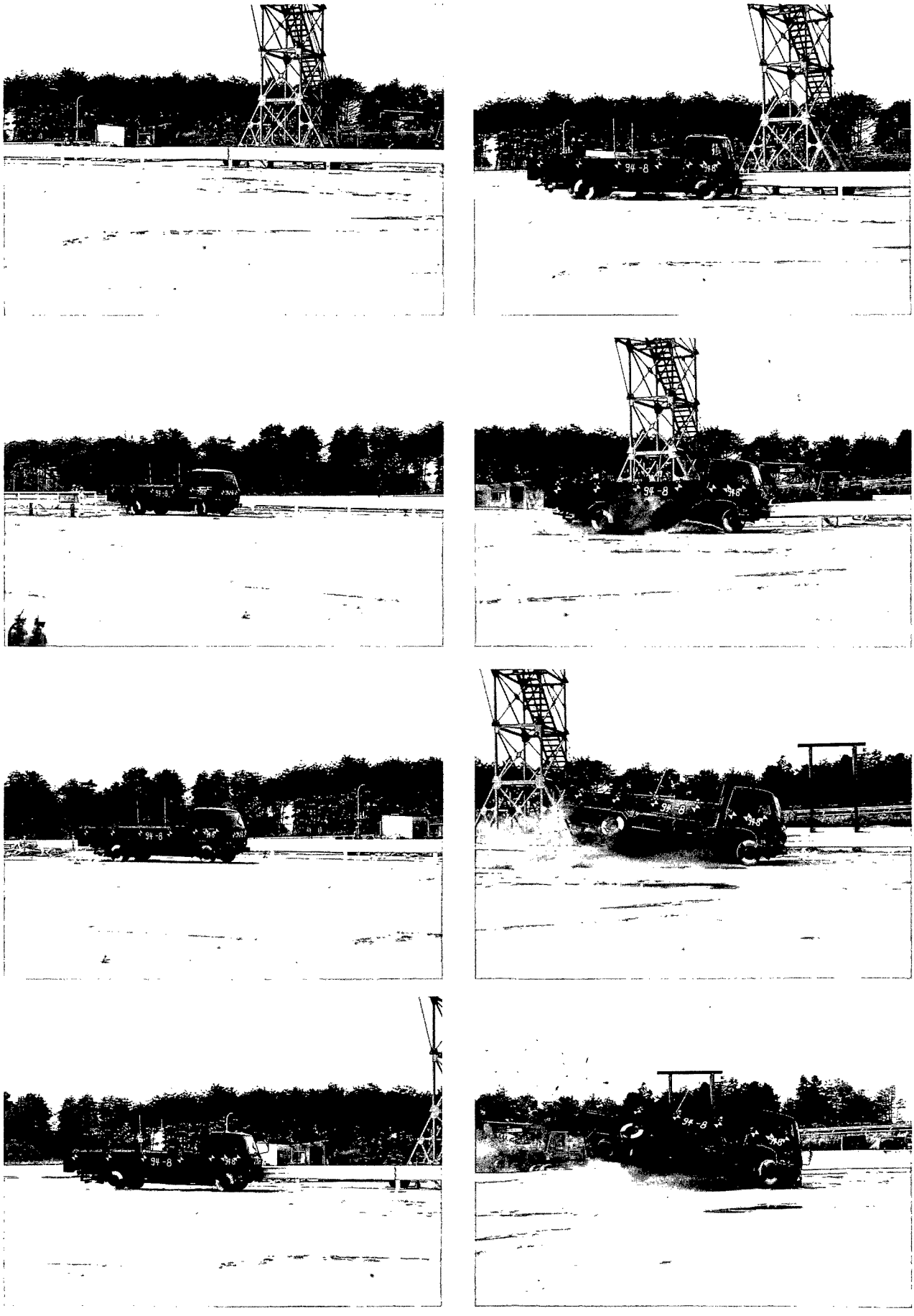
写真－7.2.3(8)　衝突後の車両（ＧＲ－２０）実験１



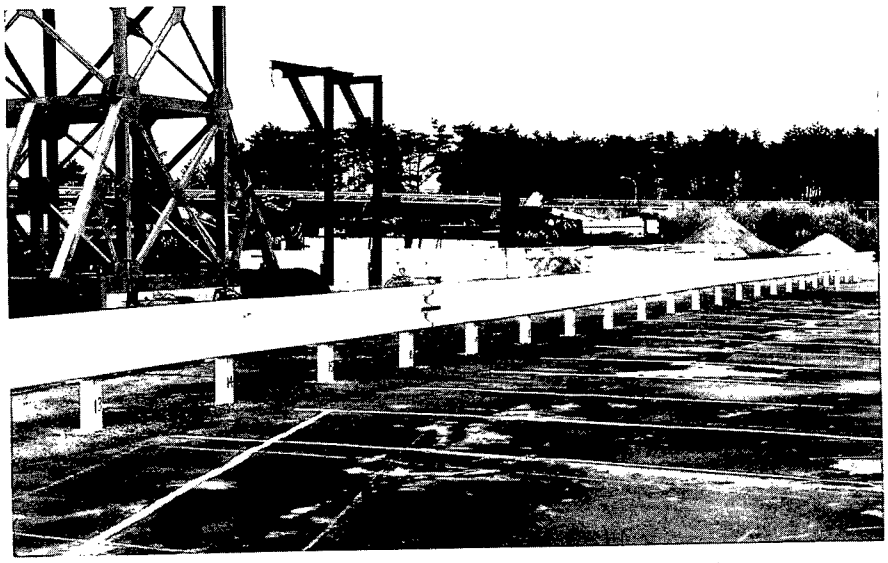
写真－7.2.3(9)　衝突後の車両（ＧＲ－２０）実験１



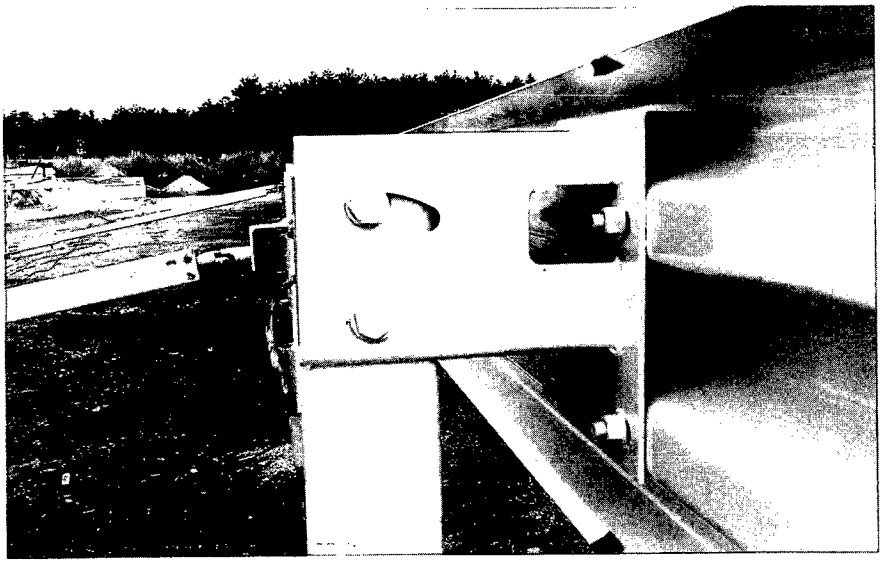
写真－7.2.3(10)　衝突状況（ＧＲ－２０）実験１



写真－7.2.3(11)　衝突状況（ＧＲ－２０）実験１



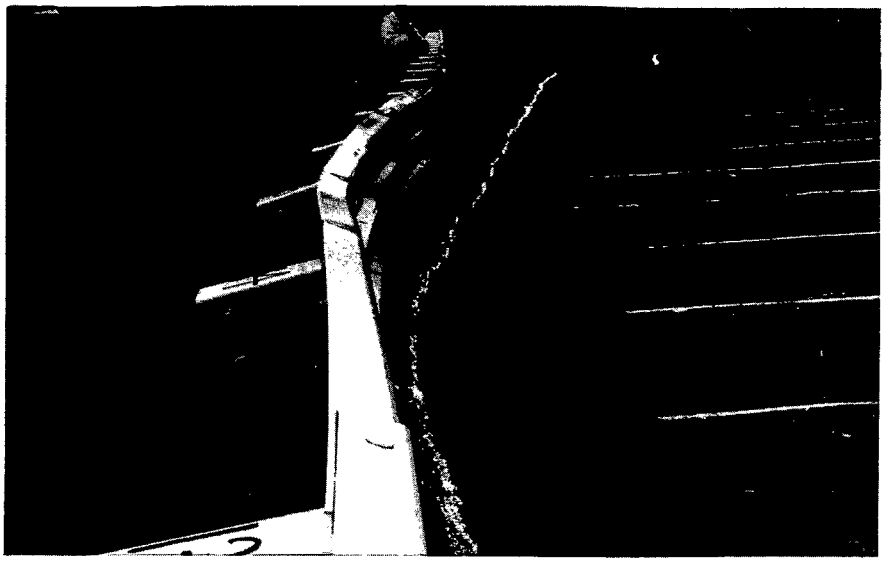
写真－7.2.3(12)　供試体（ＧＲ－２０）実験２



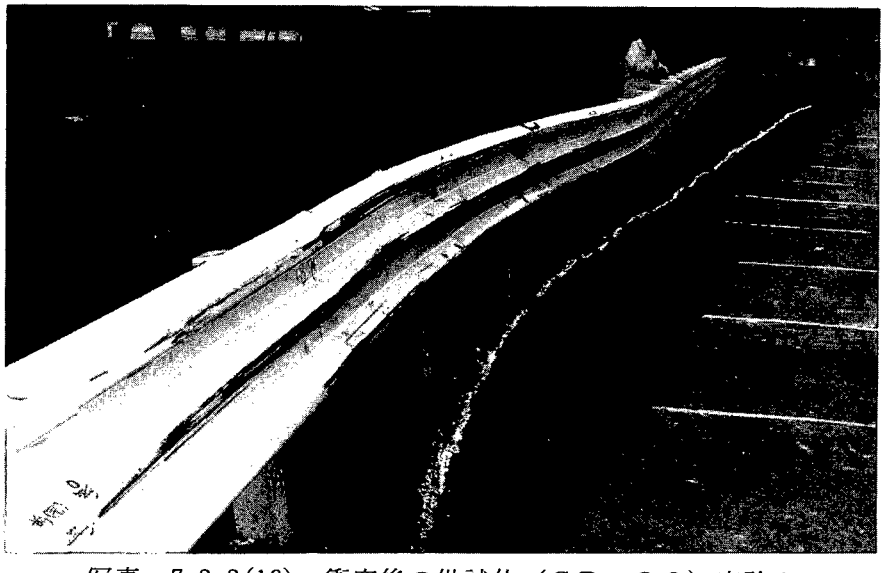
写真－7.2.3(13)　供試体（ＧＲ－２０）実験２



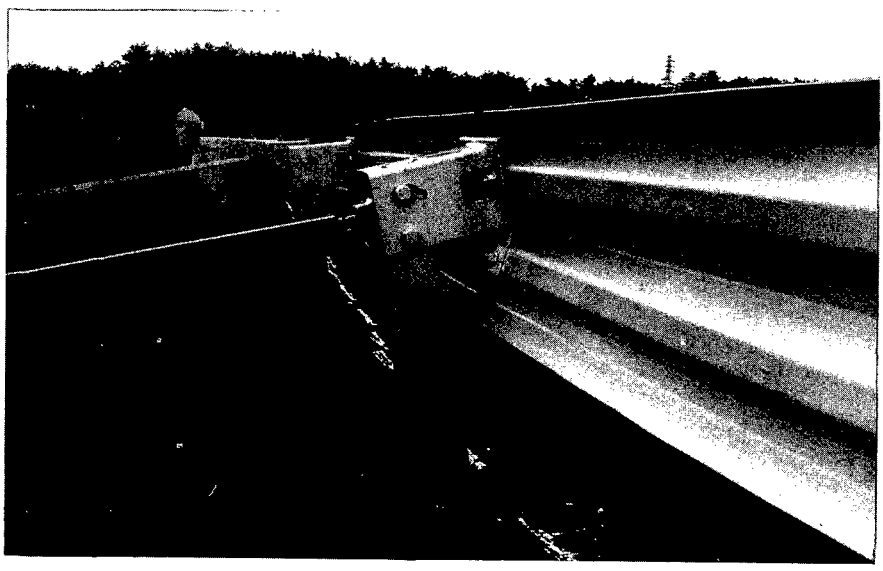
写真－7.2.3(14)　衝突車両（貨物車　８ｔ）実験２



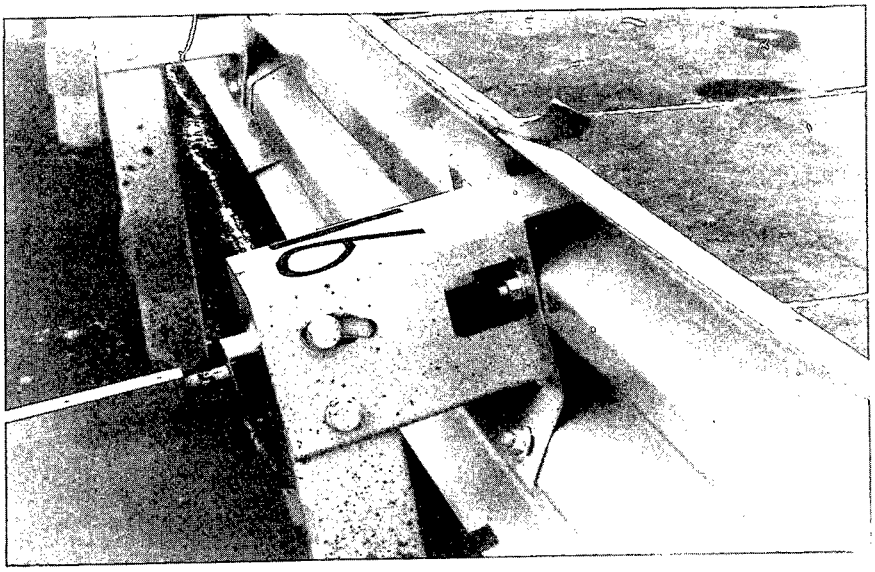
写真－7.2.3(15)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験２



写真－7.2.3(16)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験２



写真－7.2.3(17)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験２



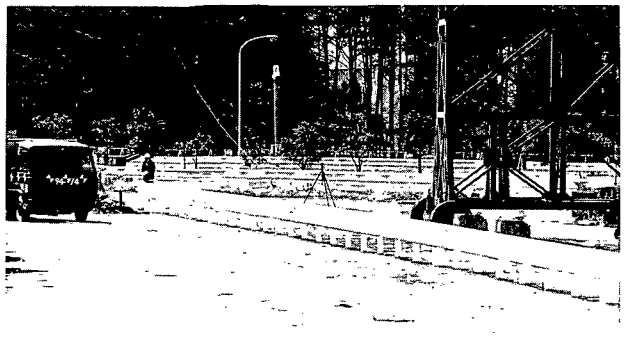
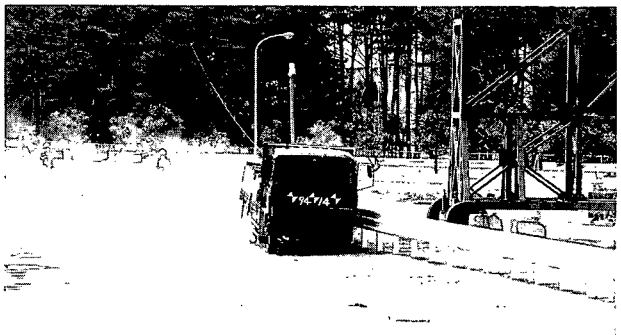
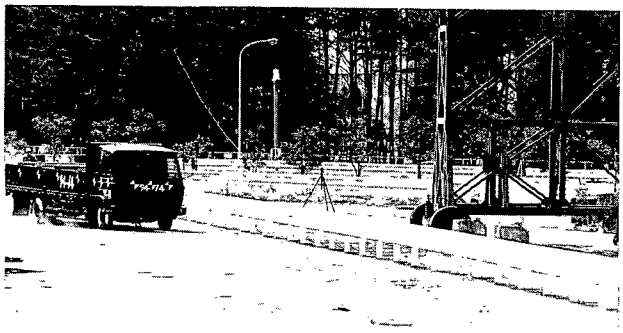
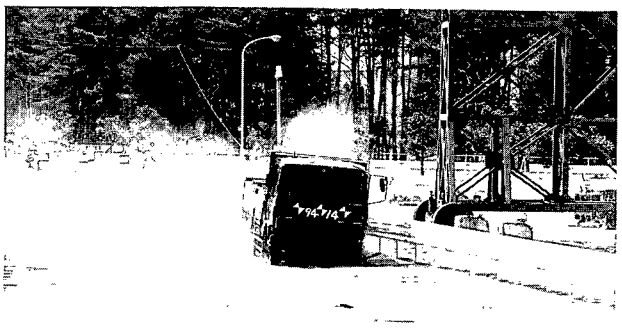
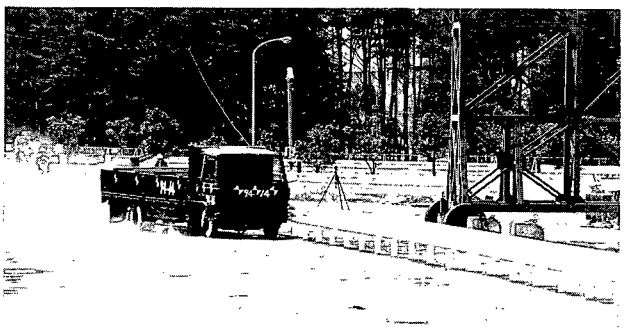
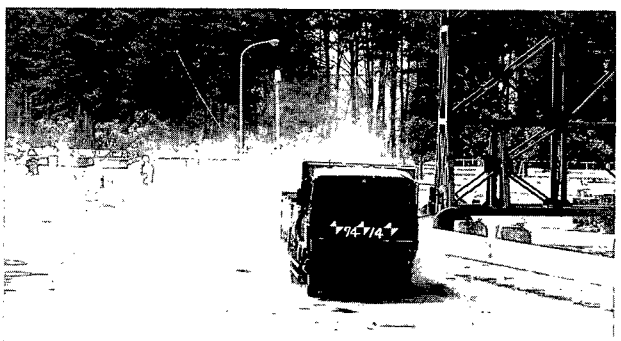
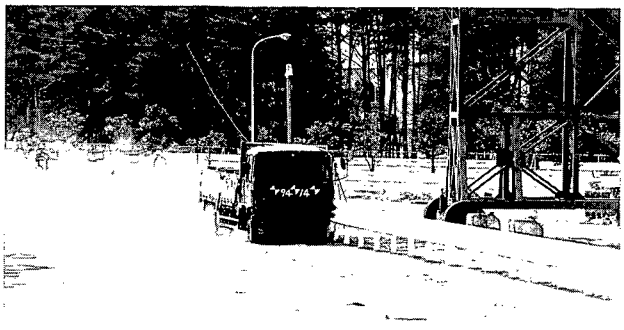
写真－7.2.3(18)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験２



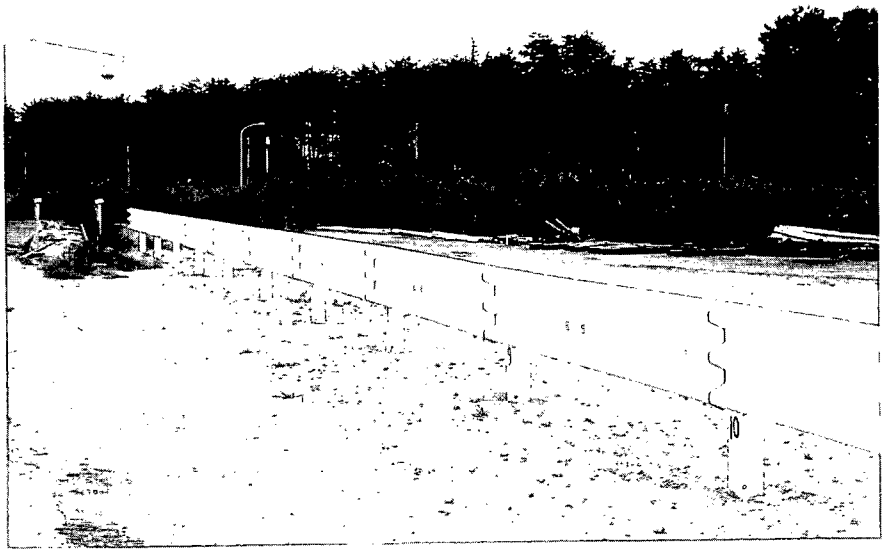
写真－7.2.3(19)　衝突後の車両（ＧＲ－２０）実験２



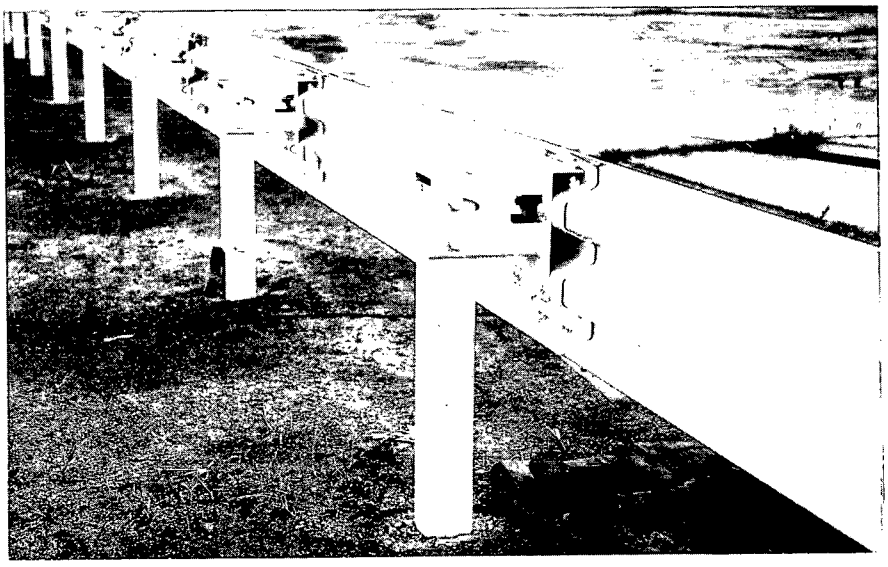
写真－7.2.3(20)　衝突後の車両（ＧＲ－２０）実験２


写真－7.2.3(21)　衝突状況（ＧＲ－２０）実験２



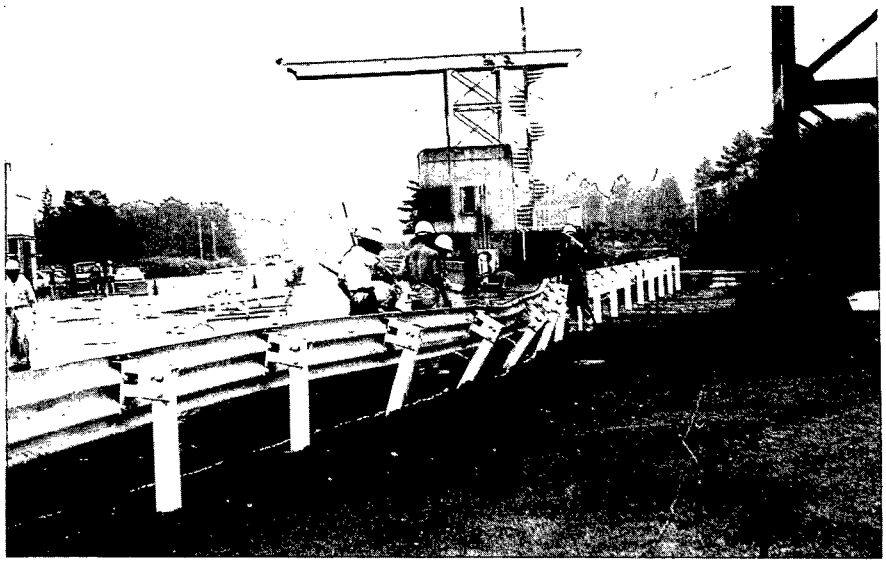
写真－7.2.3(22)　供試体（ＧＲ－２０）実験３



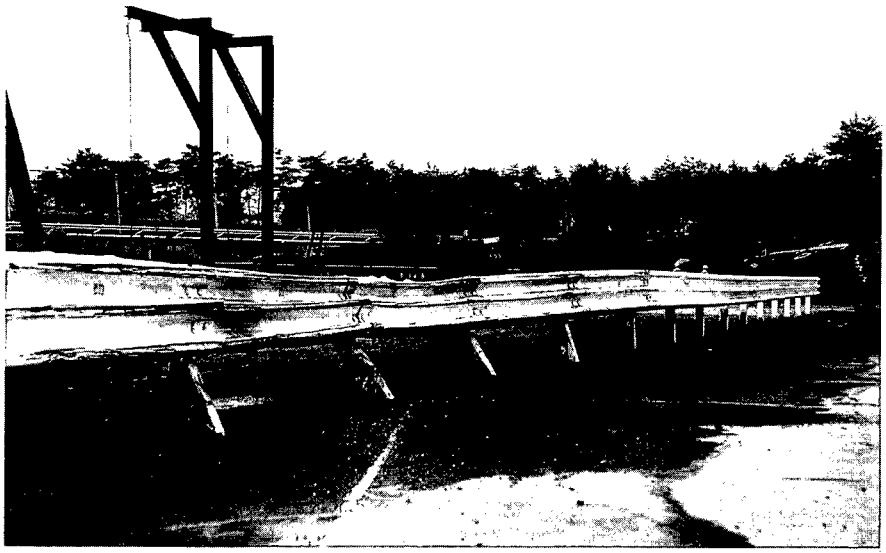
写真－7.2.3(23)　供試体（ＧＲ－２０）実験３



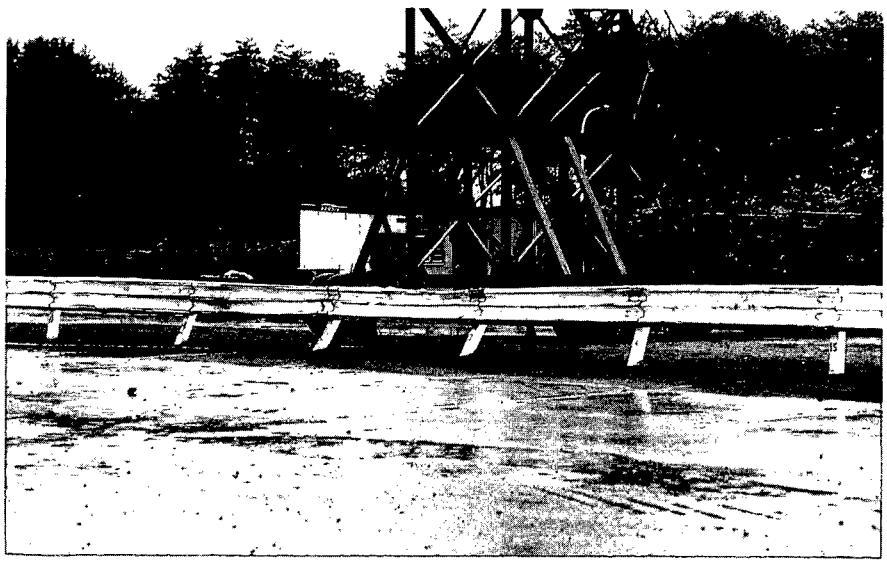
写真－7.2.3(24)　衝突車両（貨物車　８ｔ）実験３



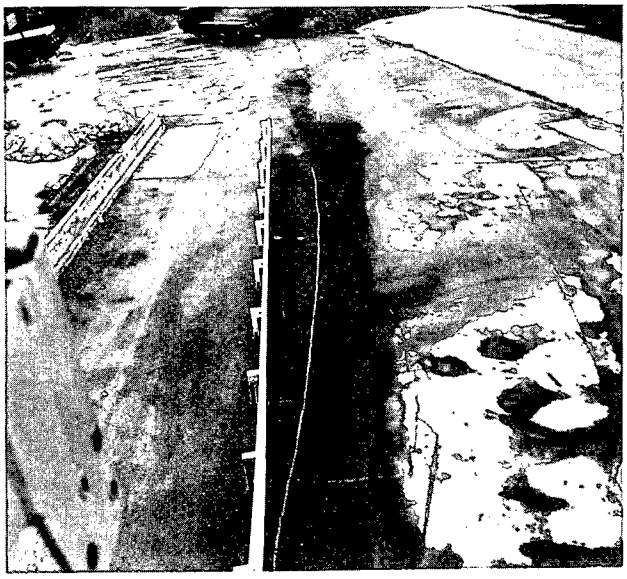
写真－7.2.3(25)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験３



写真－7.2.3(26)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験３



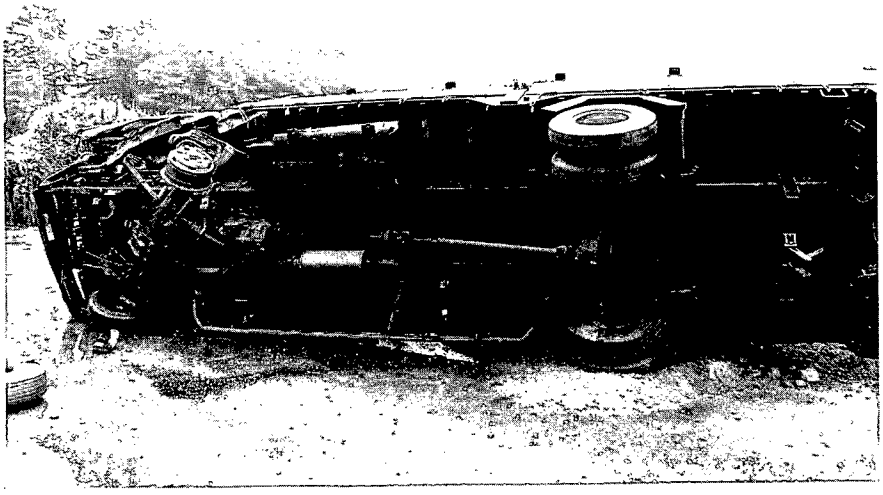
写真－7.2.3(27)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験３



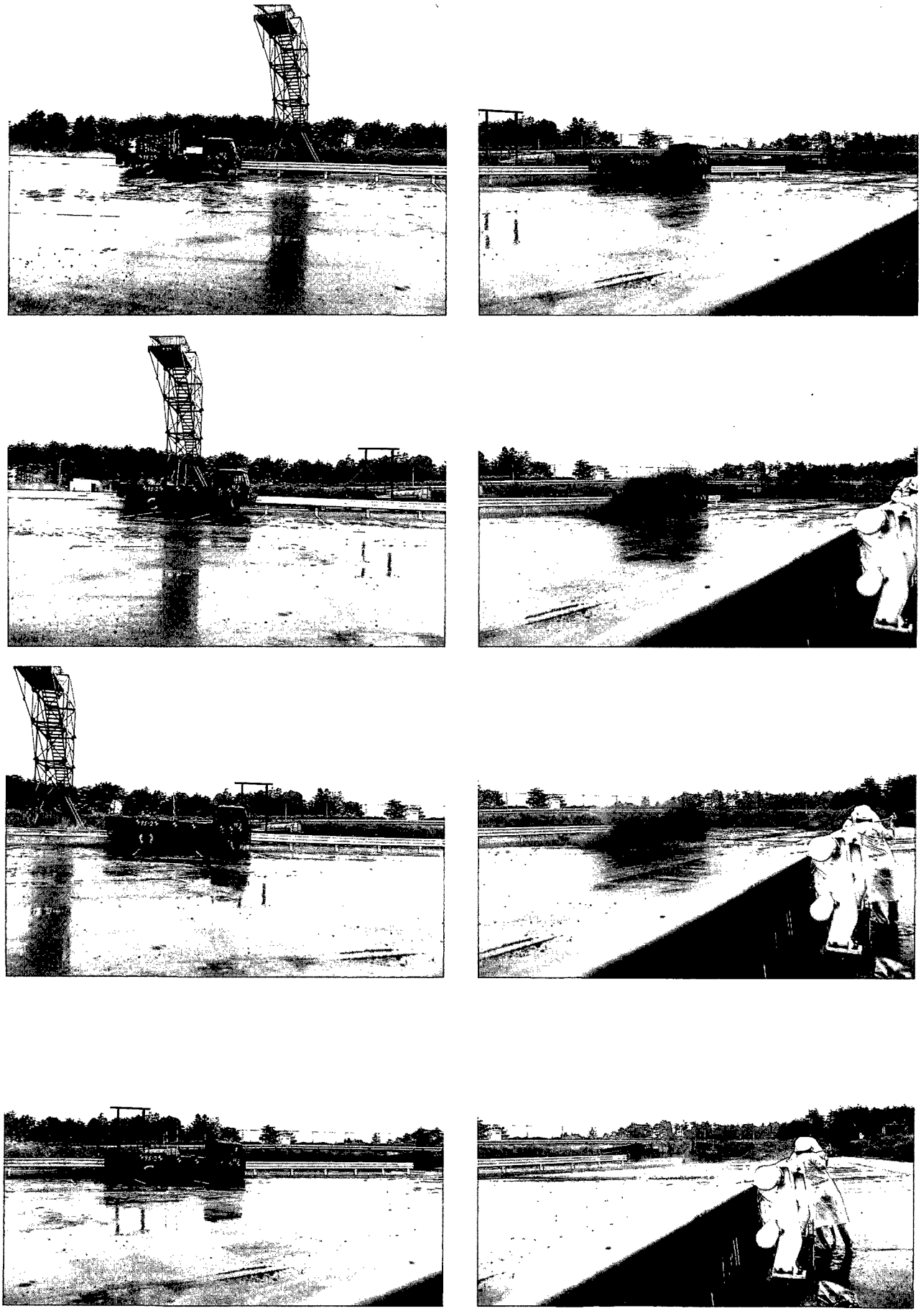
写真－7.2.3(28)　衝突後の供試体（ＧＲ－２０）実験３



写真－7.2.3(29)　衝突後の車両（ＧＲ－２０）実験３



写真－7.2.3(30)　衝突後の車両（ＧＲ－２０）実験３



写真－7.2.3(31)　衝突状況（ＧＲ－２０）実験３

７．２．４ 高強度路側用ガードケーブルＧｃ－ＳＳ改良１型

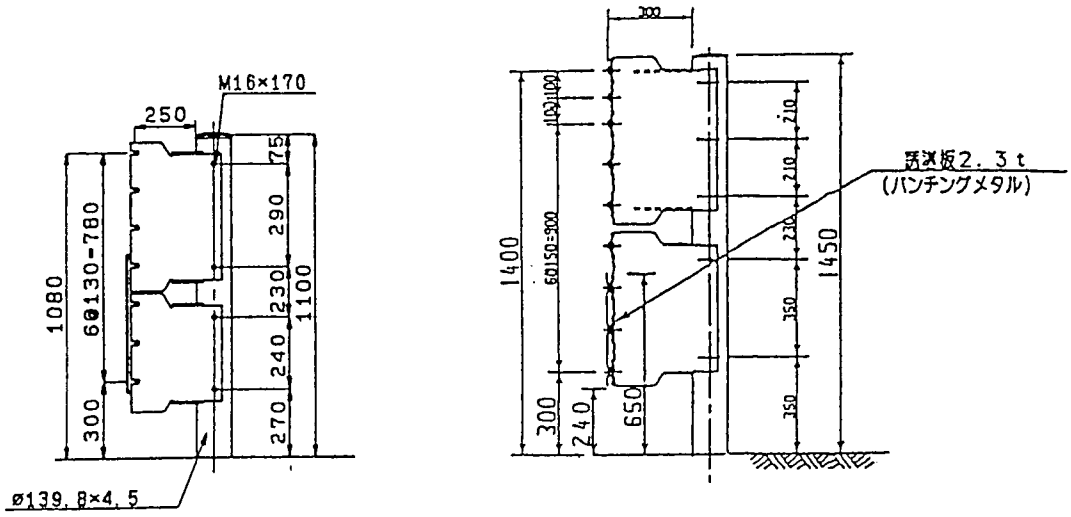
（1）実験目的

車両の高速化・大型化に対応する防護柵を開発するにあたり、急カーブ用Ｇｃ－ＳＳの実験結果と、平成２年度からＧｒ－ＳＳ改良型の実験結果を参考に、衝撃度903kJに対応できる支柱強度、柵高さ、ケーブル等について改良構造の検討を行い、衝突実験により強度及び機能を確認する。

改良点を表－７．２．４４、図－７．２．４４に示す。

表－７．２．４４　Ｇｃ－ＳＳとＧｃ－ＳＳ改良１型

改良項目	Ｇｃ－ＳＳ	Ｇｃ－ＳＳ改良１型
支 柱	φ139.8×4.5	□－125×125×6
支柱間隔	2 m	2 m（変更なし）
ケーブル	3×7 G/0 φ18　7本	3×7 G/0 φ18　9本
ブロックアウト量	250mm	300mm
誘導板	板厚2.3の平板	板厚2.3の有孔板



Ｇｃ－ＳＳ　　Ｇｃ－ＳＳ改良１型

図－７．２．４４　Ｇｃ－ＳＳとＧｃ－ＳＳ改良１型の断面図（単位：mm）

（2）衝突条件

衝突条件を表－７．２．４５に示す。

表－７．２．４５　衝突条件

衝突車両	貨 物 車
車両質量	20t
衝突速度	100km/h
衝突角度	20度
衝撃度	903kJ

（3）供試体構造

供試体構造を図－７．２．４５に示す。

（4）衝突シミュレーションの検討

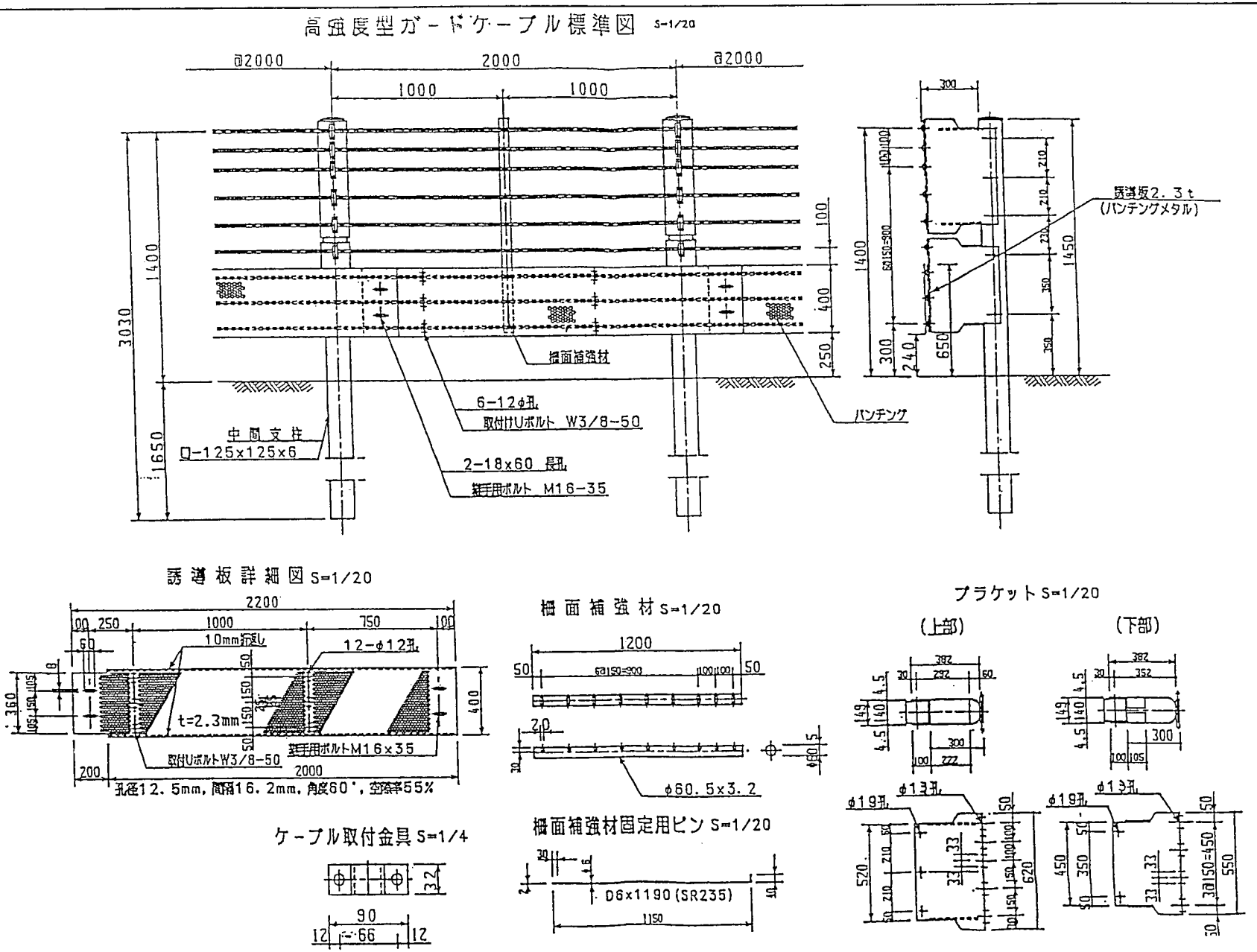
衝突シミュレーションで演算した結果を表－７．２．４６に示す。

表－７．２．４６　シミュレーション結果

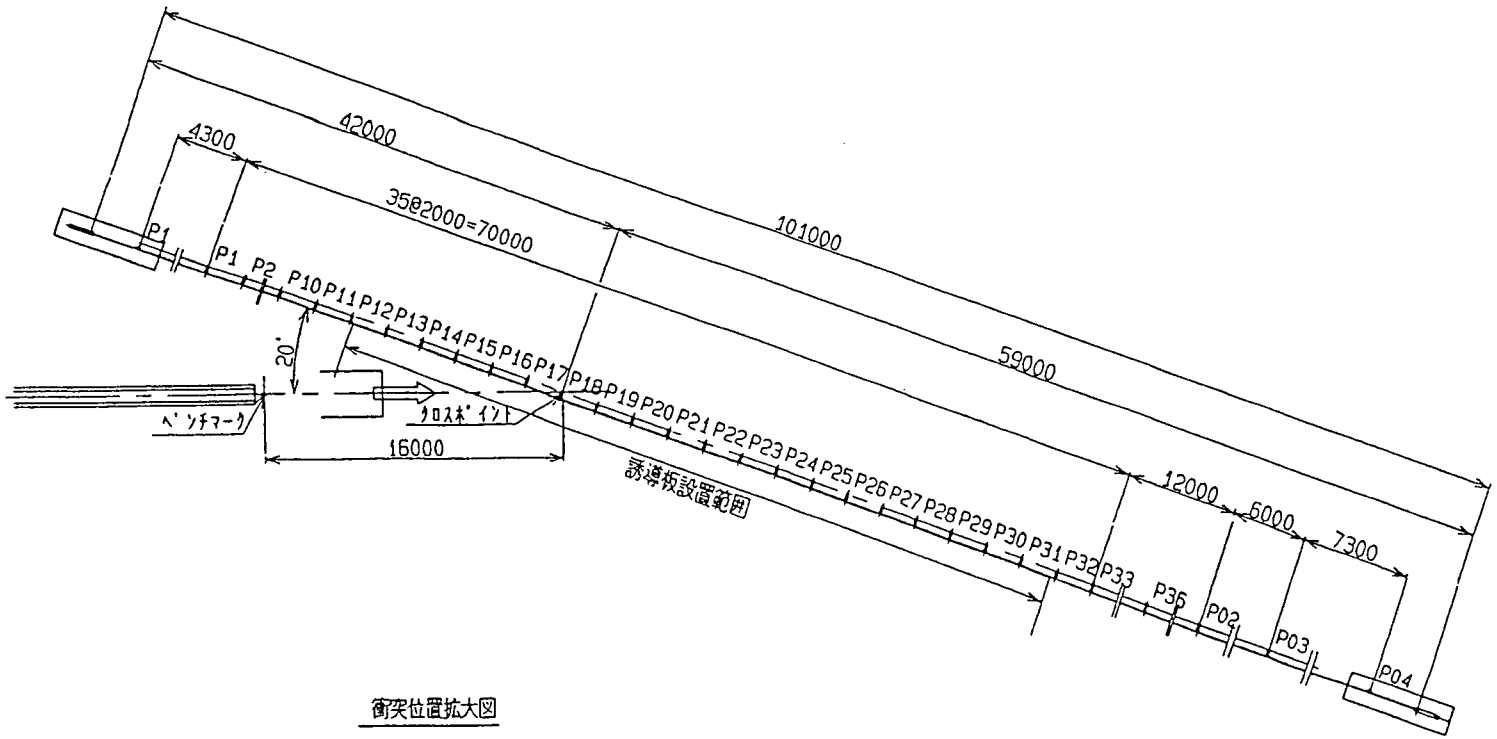
	Gc-SS改良1型
ケーブルの最大張力	650kN (73kN/本)
最大変位	1.25m
最大進入行程	1.14m
加速度(m/s²)	66

（5）供試体の配置及び計測位置

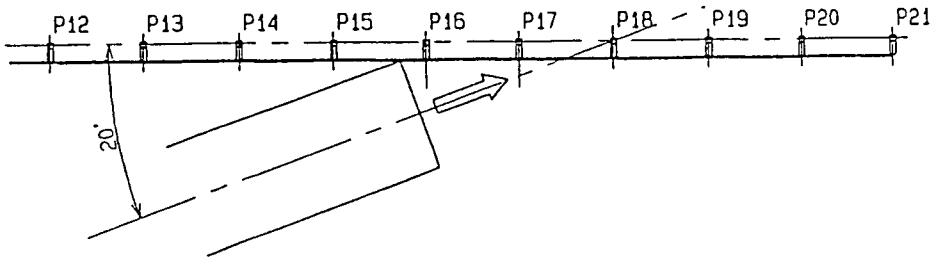
計測位置図を図－７．２．４７に示す。



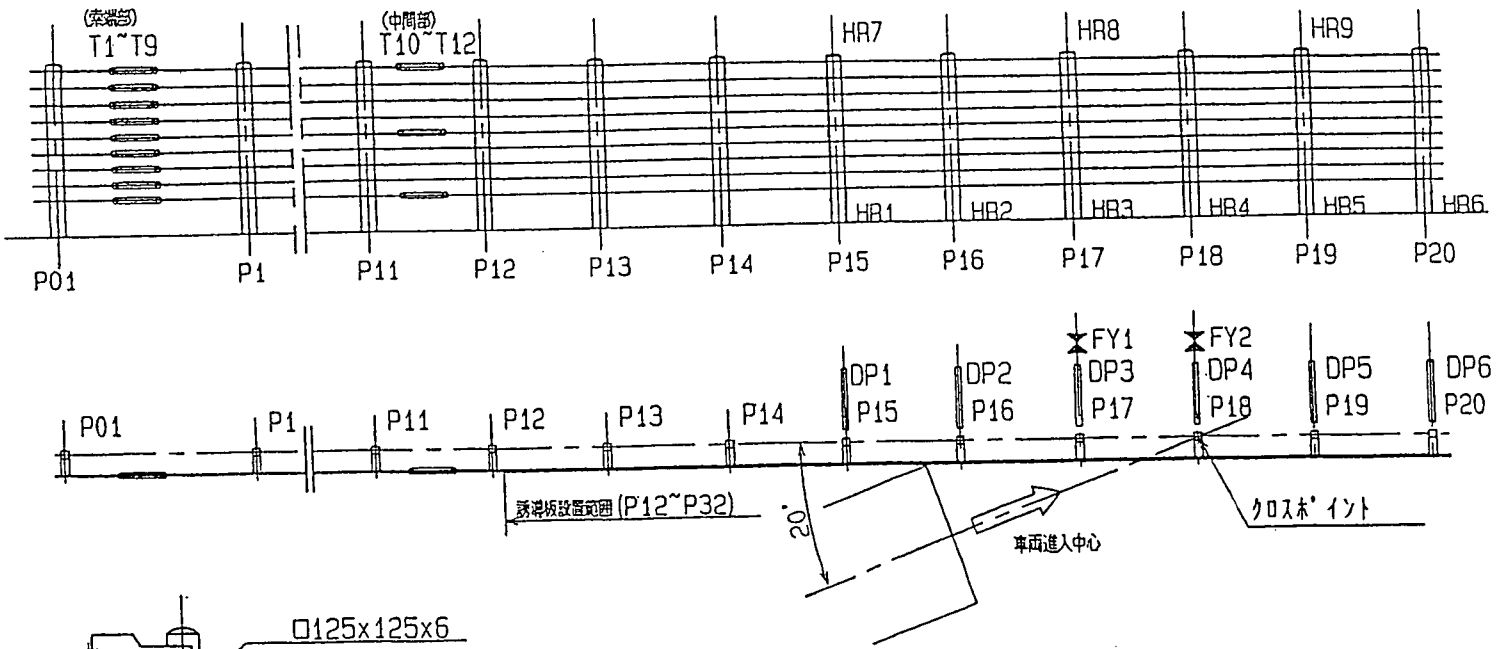
図－7．2．45　供試体構造(単位：mm)

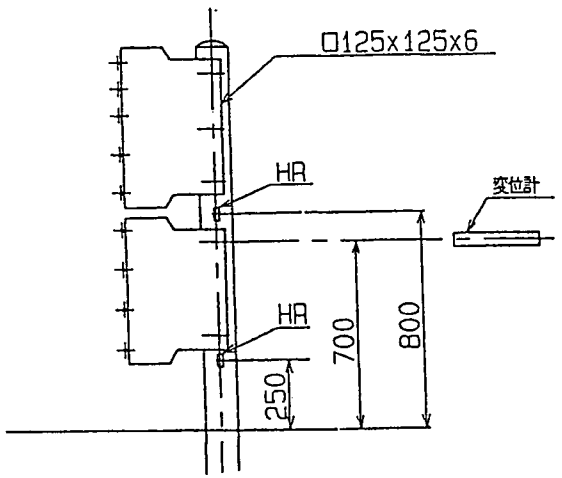


衝突位置拡大図



図－７．２．４６　計測位置(単位：mm)





測定項目		記号	測定位置	箇所数	備考
支柱水平力	上段	HR	P15 P17 P19	3	
	下段	HR	P15~P20	6	
支柱変位		DP	P15~P20	6	
ケーブル張力	索端部	T	P01~P1	9	
	中間部	T	P11~P12	3	

図－７．２．４７　計測位置(単位：mm)

（６）実験結果

本実験は、衝突時の車両速度が100km/hの計画に対し92.3km/h（衝撃度770kJ)にしかあがらなかった。車両は突破、横転することもなく誘導されたが、車両の左前輪が損傷し、衝突位置から44m走行しブレーキングにより停車した。

結果一覧表を表－７．２．４７に示す。

表－７．２．４７　実験結果一覧表

衝突条件	車両質量　(t)		20
	衝突速度　(km/h)		92.3
	衝突角度　(度)		20
	衝撃度　(kJ)		770
離脱速度　(km/h)			－
離脱角度　(度)			9.2
車両防護柵接触長　(m)			28.2
支柱最大変位	直角(Y)方向最大変位　(mm)		860
	残留	直角(Y)方向　(mm)	860
		延長(X)方向　(mm)	745
最大進入行程　(mm)			655
車両最大傾斜角(度)		前端	22.9
		後端	54.8
支柱最大水平力　(kN)			161
ケーブル最大張力(kN)		索端部合計最大値	416
		一本当り最大張力	75
車両重心加速度 50ms		進行(X)方向(m/s²)	26
		直角(Y)方向(m/s²)	35
		垂直(Z)方向(m/s²)	－
		合成　(m/s²)	44
HIC値	運転席ダミー		10.7
	助手席ダミー		74.1

1）車両の誘導性

車両は速度92.3km/h、角度20度で防護柵に衝突した。衝突後車両は右側車輪を大きく浮き上がらせながら防護柵に沿って進行したが、突破・横転することもなく誘導された。また、車両の離脱時に後部荷台のあおりが外れ約半数の土嚢が飛散した。離脱角度は9.2度で、これは衝突角度の60%(20×0.6=12度)の参考基準値以下でありかつ10度以下であった。なお、車両の最大進入行程は0.87m（車輪外側）で、要綱の規定の1.1m以下であった。車両の軌跡図を図－７．２．４８に示す。

2）防護柵強度

①支 柱

支柱の最大変位量を表－７．２．４８に示す。支柱の柵直角方向最大変位量（GL+700の位置）はP19の860mmであった。支柱の水平力（防護柵直角方向）は各支柱の上段ブラケット取付部と下段ブラケット取付部の下側でそれぞれ計測した。上段ブラケット取付部の最大水平力は、P17で衝突後半時79kN,下段ブラケット取付部の最大水平力は、P19で衝突前半に161kN発生した。

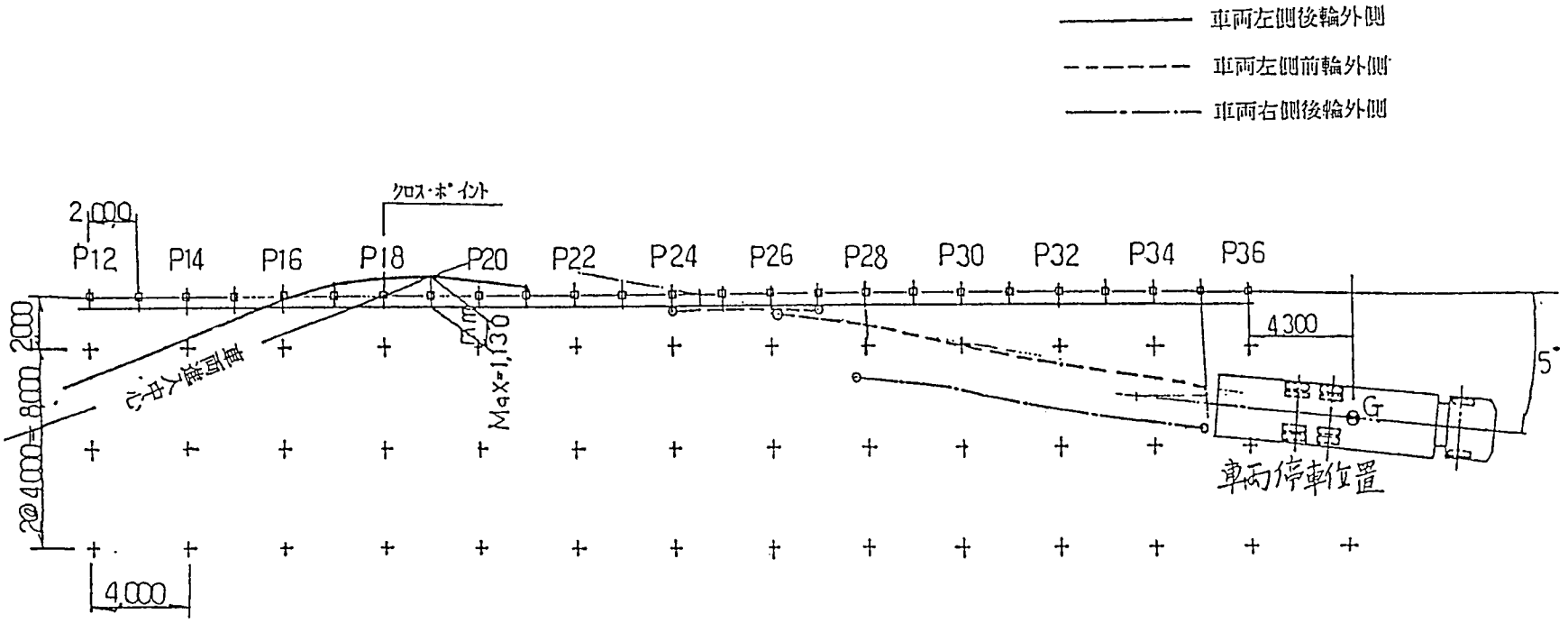
支柱Y方向の最大変位量を表－７．２．４８に、ブラケット取付部に作用した最大水平力を表－７．２．４９に示す。

表－７．２．４８　支柱Y方向の最大変位量（GL+700mm）

支柱番号	P15	P16	P17	P18	P19	P20
変位量(mm)	356	528	652	675	860	639

表－７．２．４９　支柱の上段(下段)ブラケット取付部に作用した最大水平力

支柱番号		P15	P16	P17	P18	P19	P20
上段ビーム取付部の最大水平力 (kN)	衝突前半	25		78		37	
	衝突後半	101		79		9.8	
下段ビーム取付部の最大水平力 (kN)	衝突前半	25		109		161	
	衝突後半	25		24		74	



図－７．２．４８　車両の軌跡（単位：mm）

②ケーブル

ケーブル張力については索端部と中間部(P11～P12)とでそれぞれ増加張力を測定した。索端部での最大増加張力は上から2段目で46kN、中間部では最上段で55kNで両者とも衝突後半時に発生した。したがって、初張力20kNを加えた張力の最大値は75kNで、ケーブル許容荷重(118kN)以下であり強度については問題なかった。一方、一部ケーブルに素線破断が発生したが、ケーブル本体の切断には至らなかった。ケーブルに発生した最大張力を表－７．２．５０に示す。

表－７．２．５０　ケーブルの最大張力

ケーブル番号		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
柵端部最大張力 (kN)	衝突前半	30	31	29	29	23	33	37	36	31
	衝突後半	33	46	30	33	－	31	36	36	29
柵中間部最大張力 (kN)	衝突前半	44				26				50
	衝突後半	55				－				42

3）防護柵の損傷状況

車両と防護柵の接触長は、P15～P29の28.2mであった。防護柵の残留変形が生じた区間は、P12～P28の32mであった。車両の接触跡を図－７．２．４８、防護柵の残留変形を図－７．２．５０に示す。

①支 柱

柵直角方向の最大残留変位量はP19で1,050mm、延長方向の最大残留変位量はP19で745mmであった。3本(P17、P18、P19)に後輪タイヤ接触跡が認められた。12本(P15～P25、P28)が「く」の字に変形し、GL-170～300mm（平均 GL-240mm）の深さで折れ曲がっていたが、曲がり角度は小さく最大でも2.8度であった。完全な引抜けはなかった。

②ケーブル

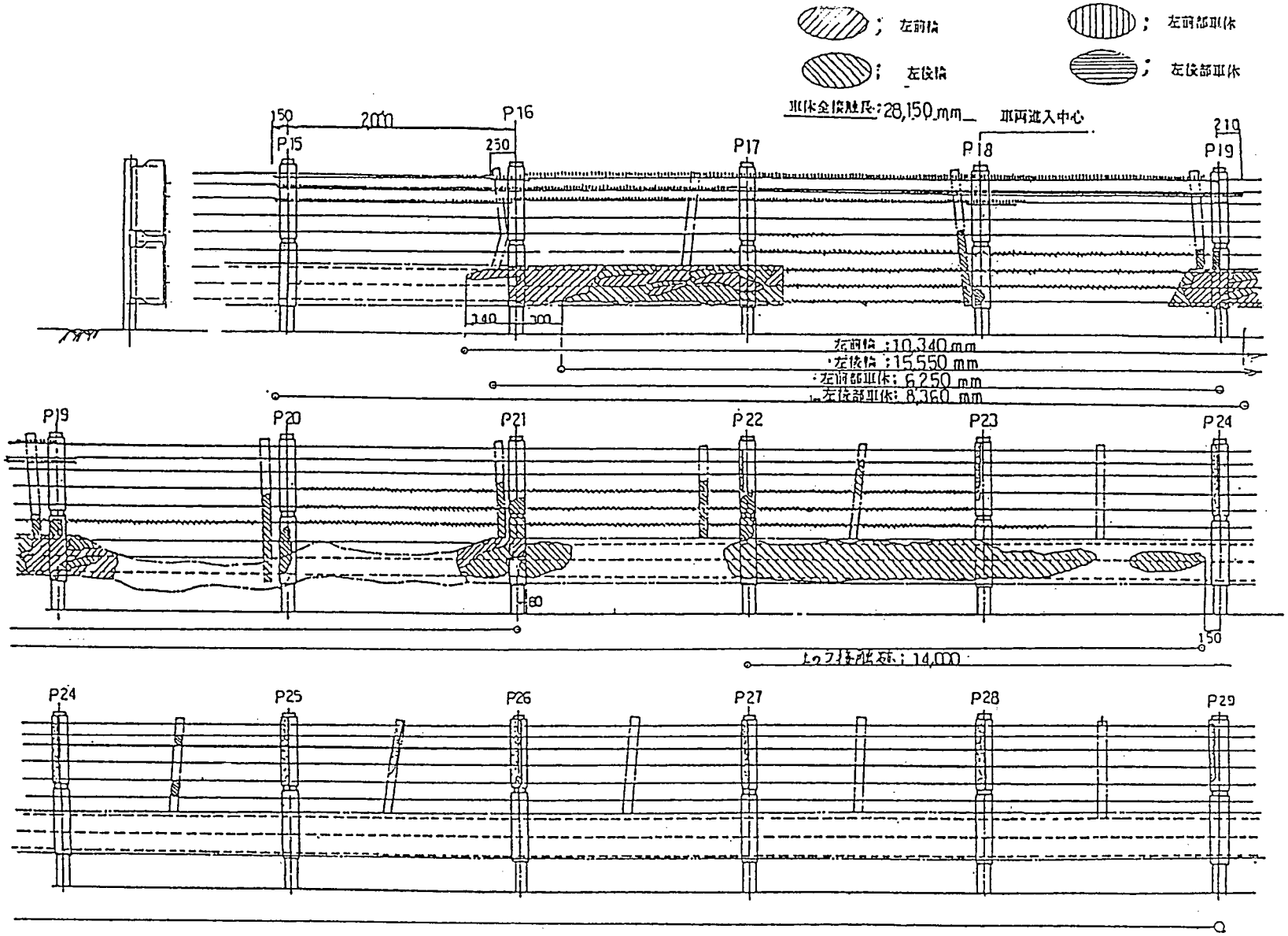
P1側の上から5段目の定着金具が溶接部で切断した。P15で上から３段目のケーブルが3本撚りの内１ストランドが切断した。またP19で上から7段目のケーブルが3本撚りの内2ストランド切断した。P20で上から５段目のケーブルで素線２本が切断していた。ケーブルの完全な切断はなかった。

③ブラケット

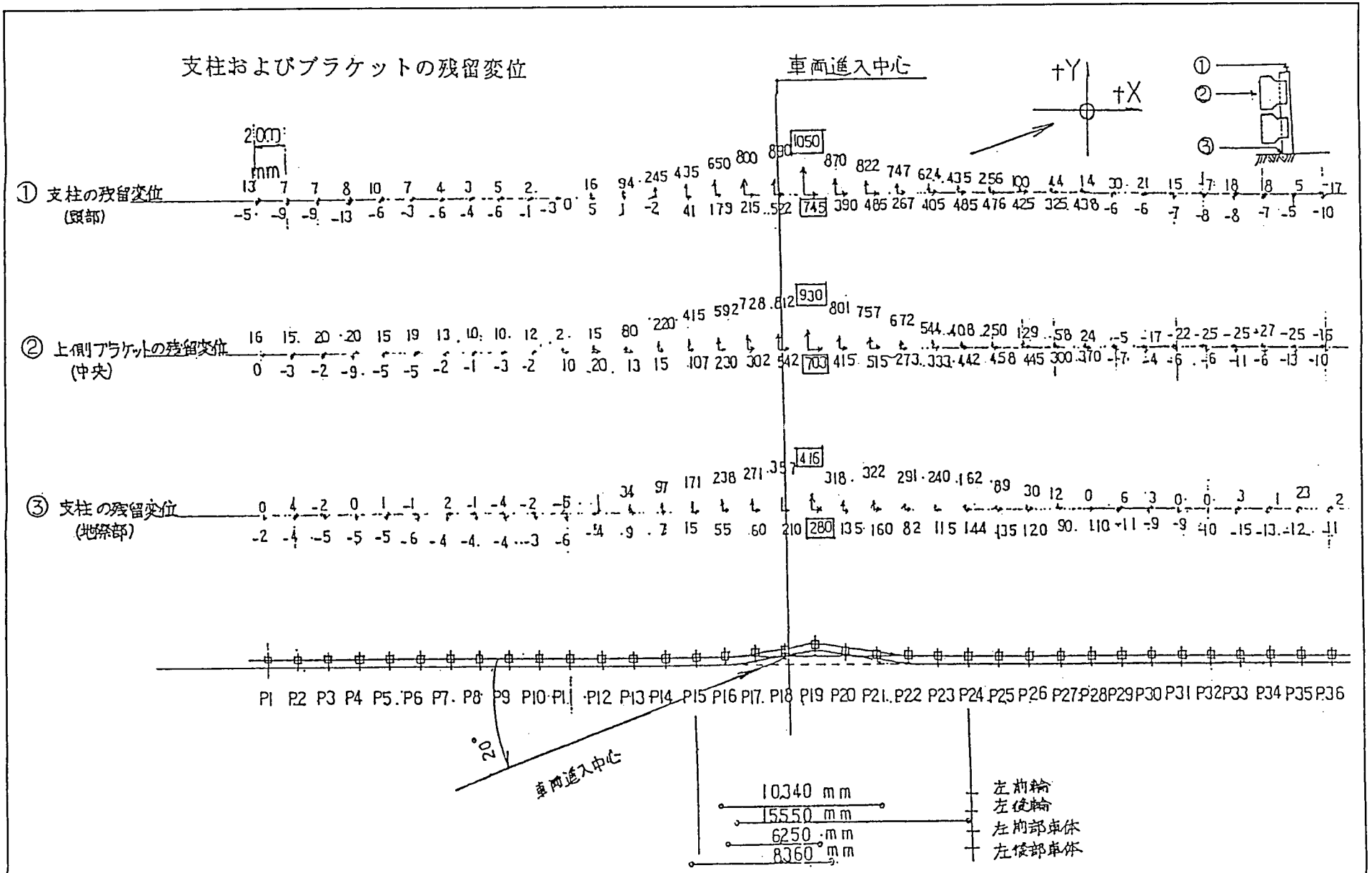
上段ブラケット中央部の最大残留変位量はP19で生じ、柵直角方向に930mm、延長方向に703mmであった。6箇所(P17～P22)に後輪接触跡があり、12箇所(P15～P27)に残留変形があった。

④その他

端末支柱及び基礎の変形や滑動はなかった。また、間隔保持材（柵面補強材）は断面変形と固定ピンの外れがあった。誘導板については、P17で接合ボルトの頭抜けがあり、P17～P21迄外れ、またP21～P22に波形状の変形が生じた。



図－７．２．４９　車両の軌跡(単位：mm)



図－７．２．５０　防護柵の残留変形(単位：mm)

4）車両損傷状況

左側前部バンパー及びフェンダーが運転席床下まで潰れ(750mm)、左助手席ドアーが開き、左側背面窓枠が上方へまくれた。また、前面フロントガラスが左側前輪着地時に外れ破損した。左側荷台部の中間あおり支柱まで路面上1,600mm以下に擦傷があり、左側荷台あおり下段取付部が破断のため外れた。左側前輪Uボルトが切断し車軸は後方へ1,100mm移動した。したがって、自力走行及び牽引走行は不可能であった。

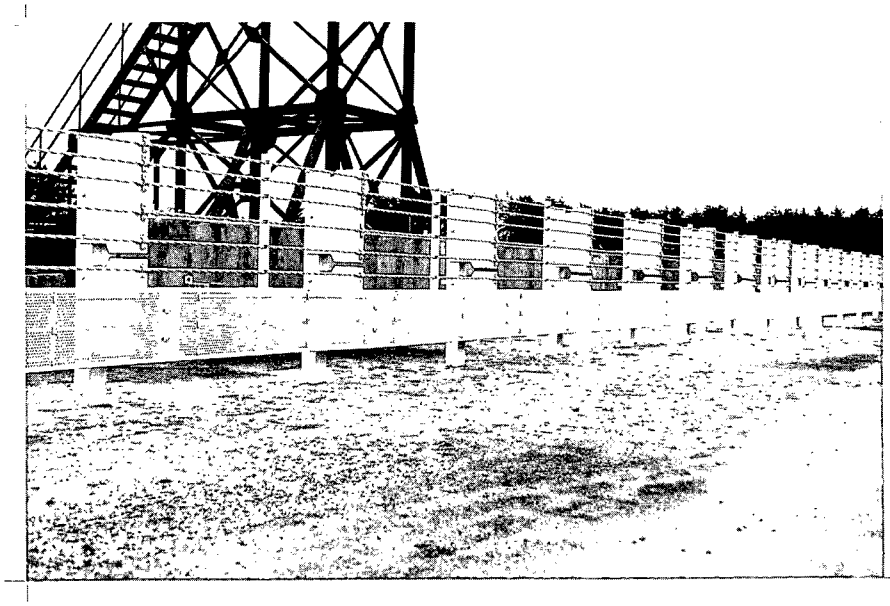
5）乗員の安全性

車両外部には衝突による変形及び損傷が見受けられるが、車室内のそれは少なく乗員の生存空間は確保されていた。

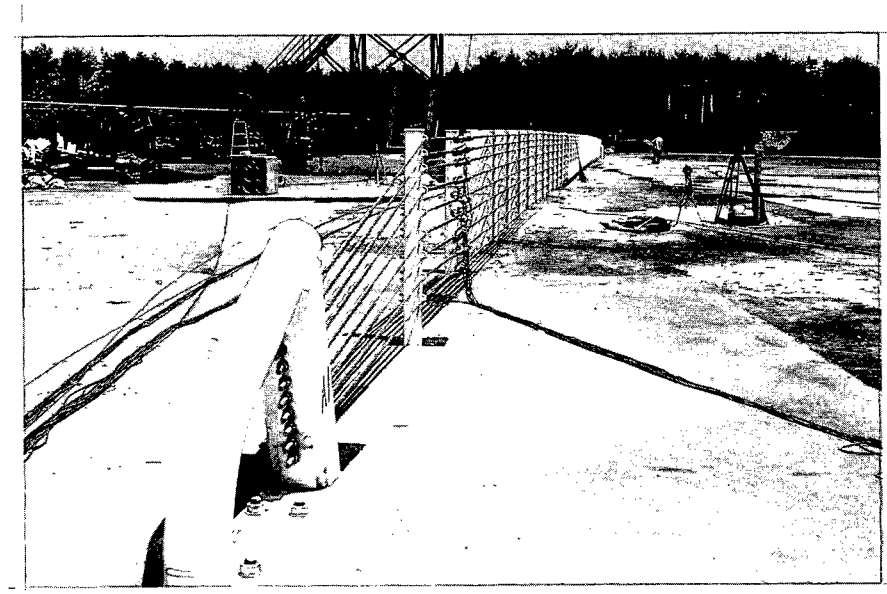
（7）考 察

本実験は、衝突時の車両速度が100km/hの計画に対し92.3km/h(衝撃度903kJが770kJ)であったため、当初条件については、実験結果から部材の余裕度等を考慮して推定せざるを得ないが、柵端部でのケーブルの最大張力は417kN（許容値118kN×9本=1,060kN)、車両の最大進入行程は870mm（許容値1,100mm）であることから十分な余裕度が認められ、当初条件でも強度的には十分耐えられたものと考えられる。

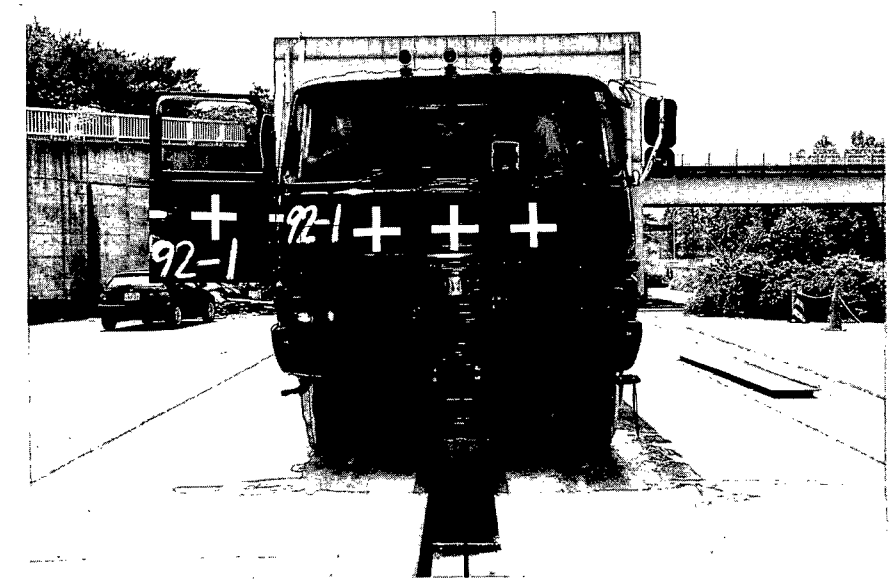
間隔保持材(柵面補強材)に関しては、下段ケーブルの踏付けやケーブル間隔の広がりもなく、9本のケーブルにも均等に張力が発生しており、初期の目的は達成したものと考えられる。



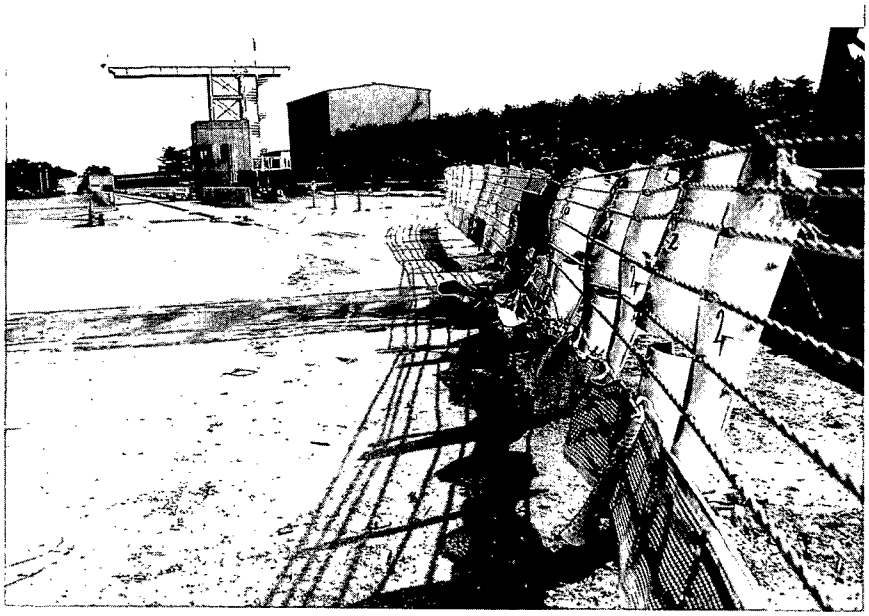
写真－７．２．４（１）供試体（Ｇｃ－ＳＳ改良１型）



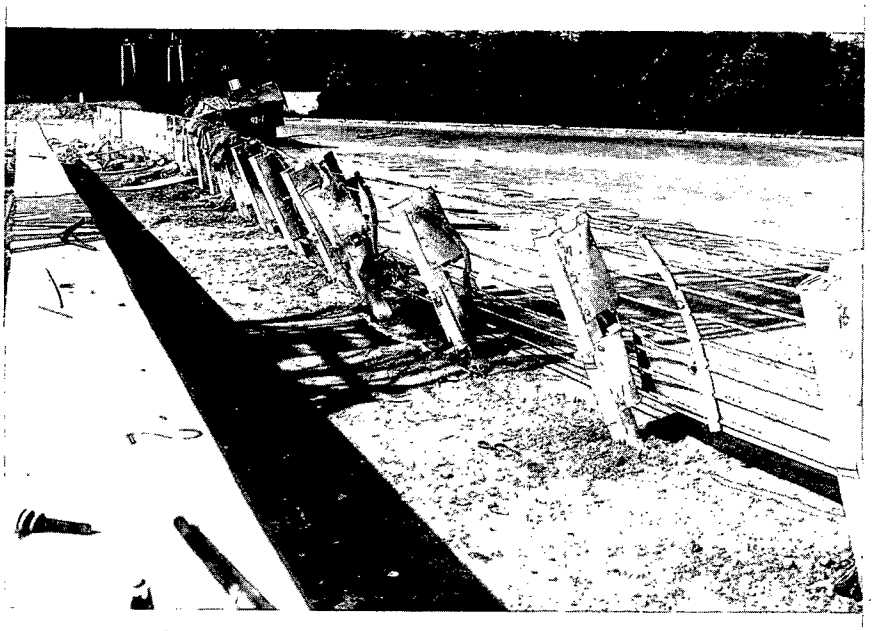
写真－７．２．４（２）供試体（Ｇｃ－ＳＳ改良１型）



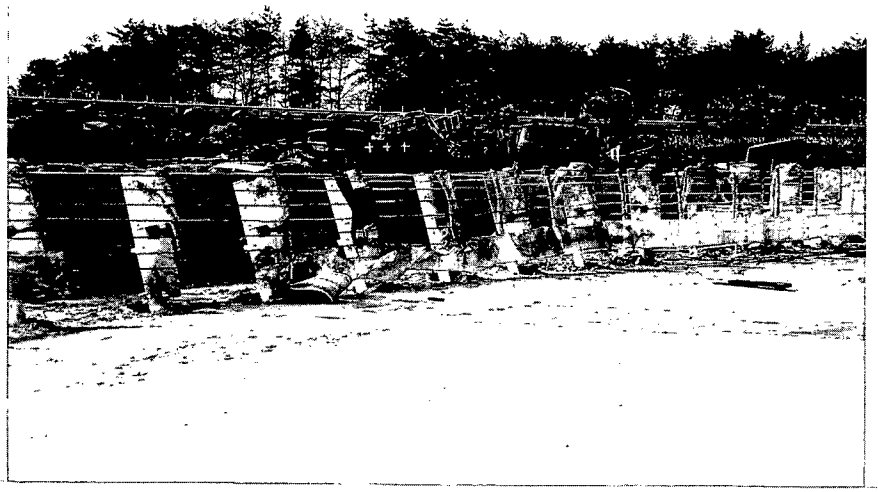
写真－７．２．４（３）衝突車両（貨物車）



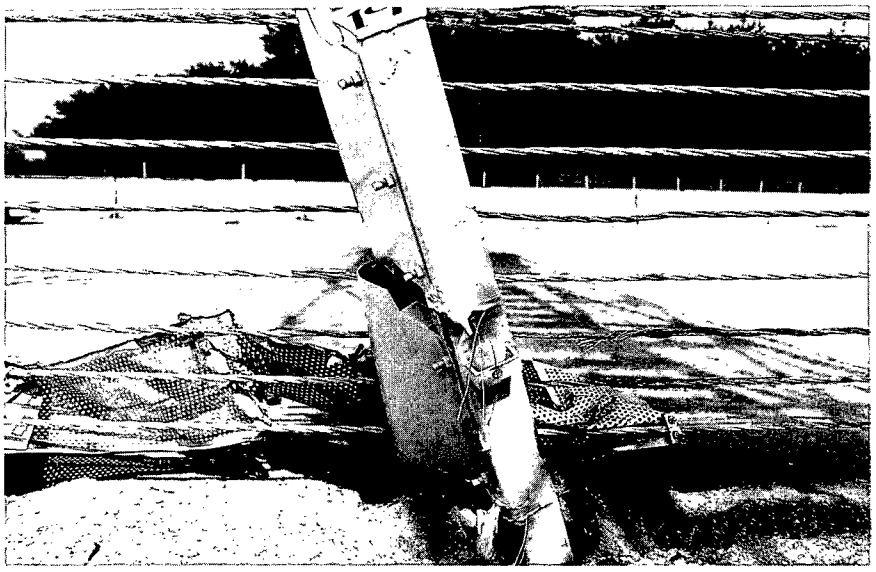
写真－７．２．４（４）衝突後の供試体



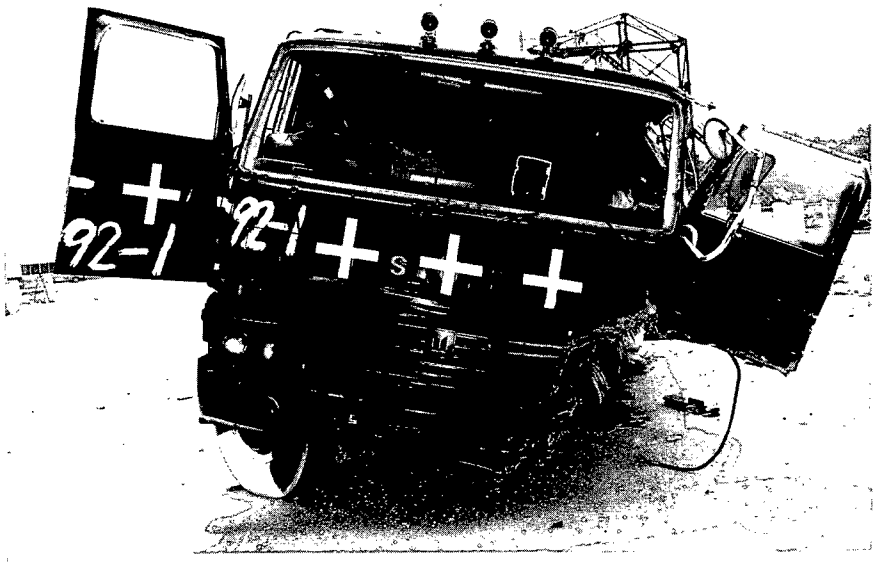
写真－７．２．４（５）衝突後の供試体



写真－７．２．４（６）衝突後の供試体



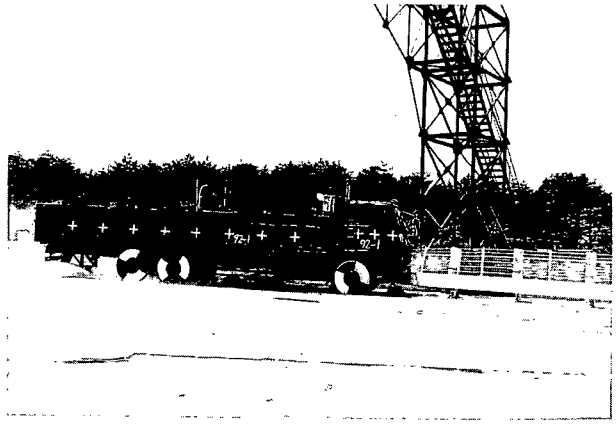
写真－７．２．４（７）損傷状況

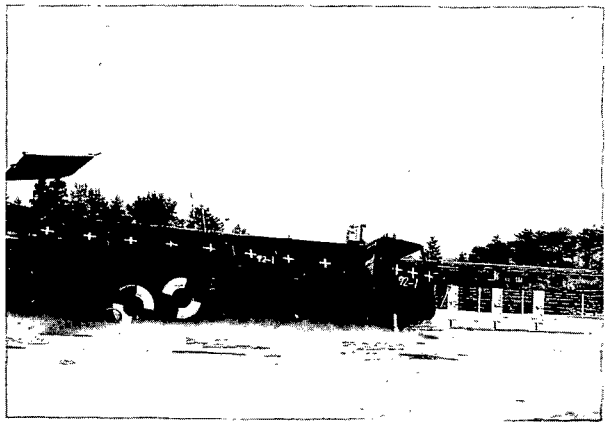


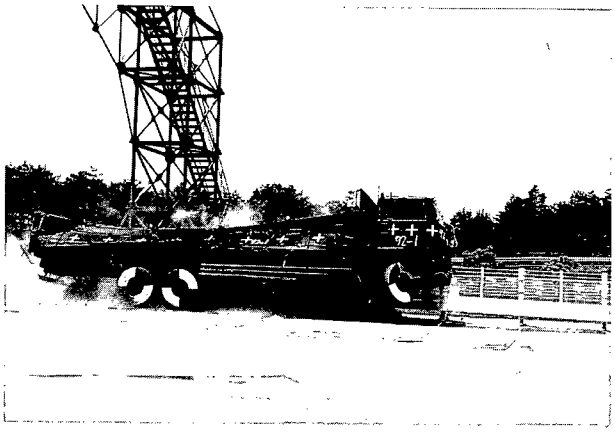
写真－７．２．４（８）衝突後の車両

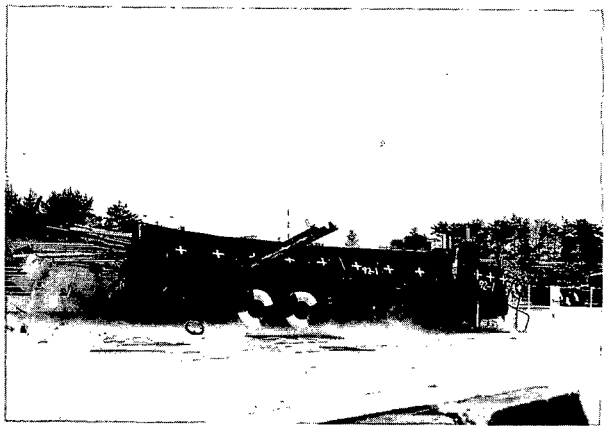


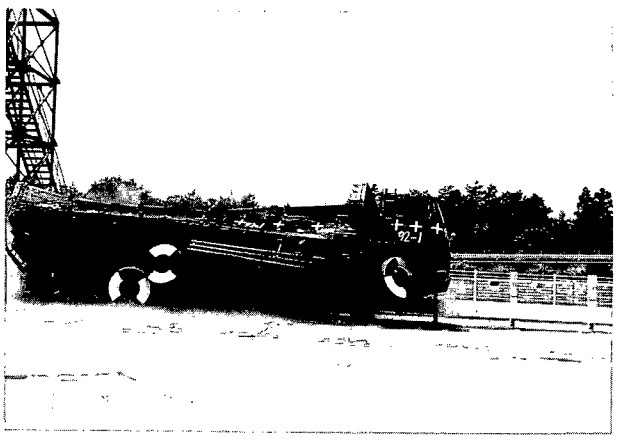
写真－７．２．４（９）衝突後の車両









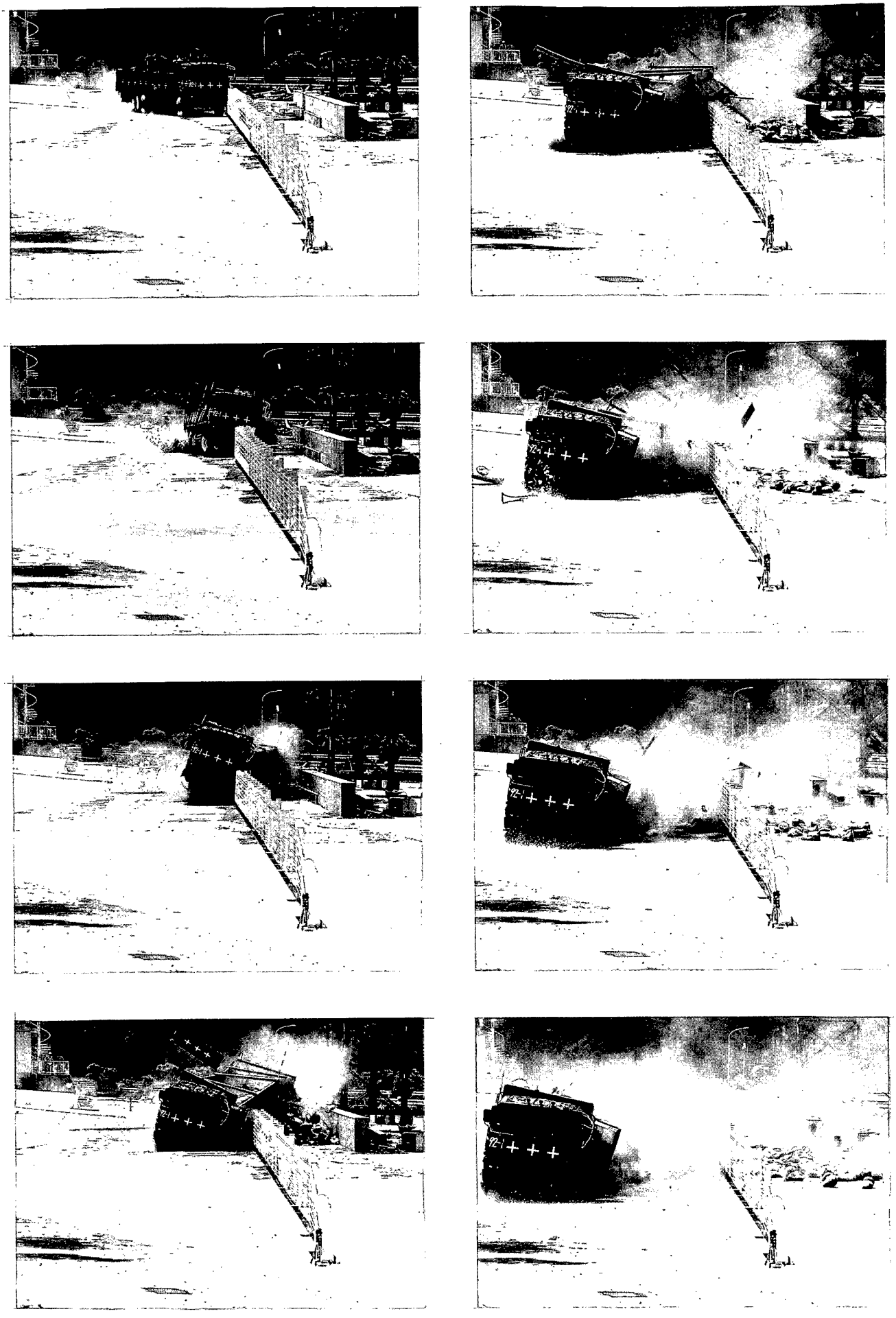








写真－７．２．４（10）衝突状況（Ｇｃ－ＳＳ改良１型）



写真－７．２．４（11）衝突状況（Ｇｃ－ＳＳ改良１型）

7．2．5高強度型分離帯用ガードレール　Ｇｒｍ－６０

（１）実験目的

前述７．１．５にて現行Ｇｒｍ－Ｓの衝撃度450kJに対する強度検証が行われているが、本実験ではビームを２山ビームから３山ビームへ強化して衝撃度578kJに対する防護柵機能及び強度検証を行う。

Ｇｒｍ－ＳとＧｒｍ－６０の構造比較を表－7.2.51に示す。

表－7.2.51　構造比較表

		Ｇｒｍ－Ｓ	Ｇｒｍ－６０
衝撃度(kJ)		450	578
支柱(mm)		φ114.3×4.5	φ114.3×4.5
支柱間隔(m)		2.0	2.0
ビーム(mm)		4.0×75×350(SS490)	4.0×85×500(SS400)
ビーム中心高(mm)		600	675
間隔材 (mm)	支柱部	[200×50×5	[200×75×25×4.5
	中間部	□200×100×4.5	□200×100×4.5

（２）衝突条件

衝突条件を表－7.2.52に示す。

表－7.2.52　衝突条件

衝突車両	貨物車
車両質量	20t
衝突速度	80km/h
衝突角度	20度
衝撃度	578kJ

（３）供試体構造

供試体構造及び部材表を図－7.2.51に示す。

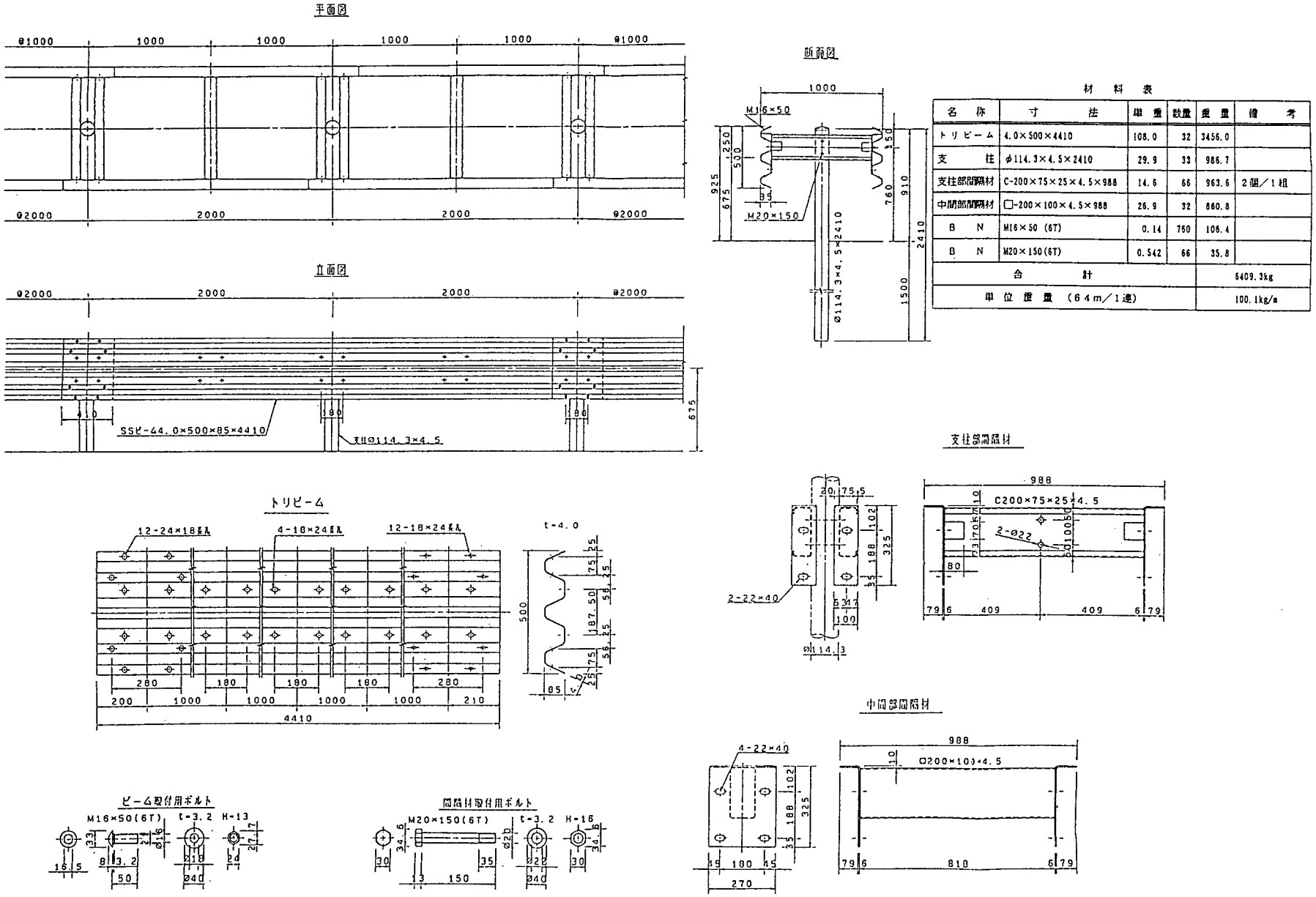
（４）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－7.2.52に計測位置を図－7.2.53に示す。

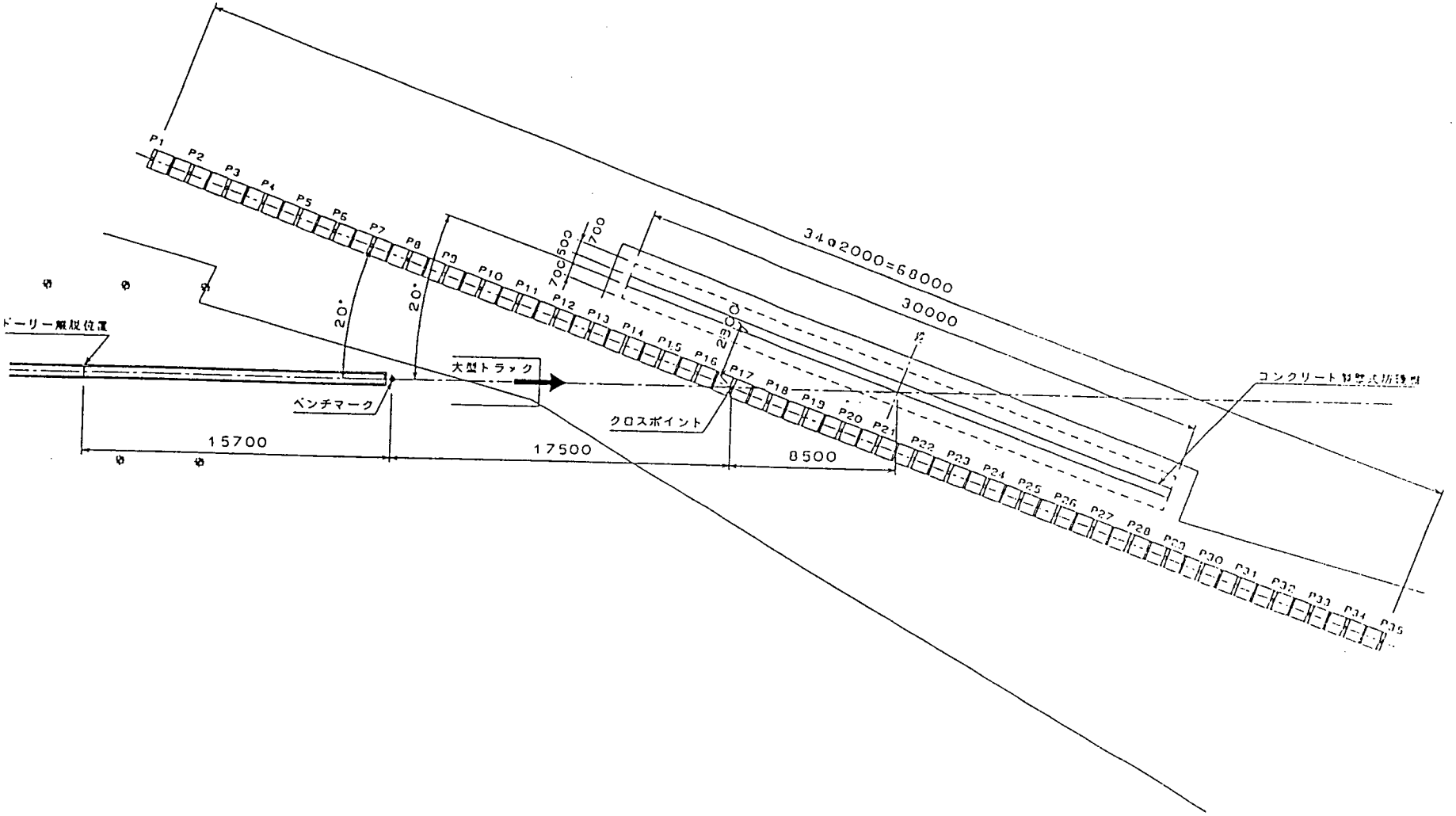
（５）実験結果および考察

車両は防護柵に衝突後、路外側へ大きく傾いたが防護柵に沿って進行し誘導された。

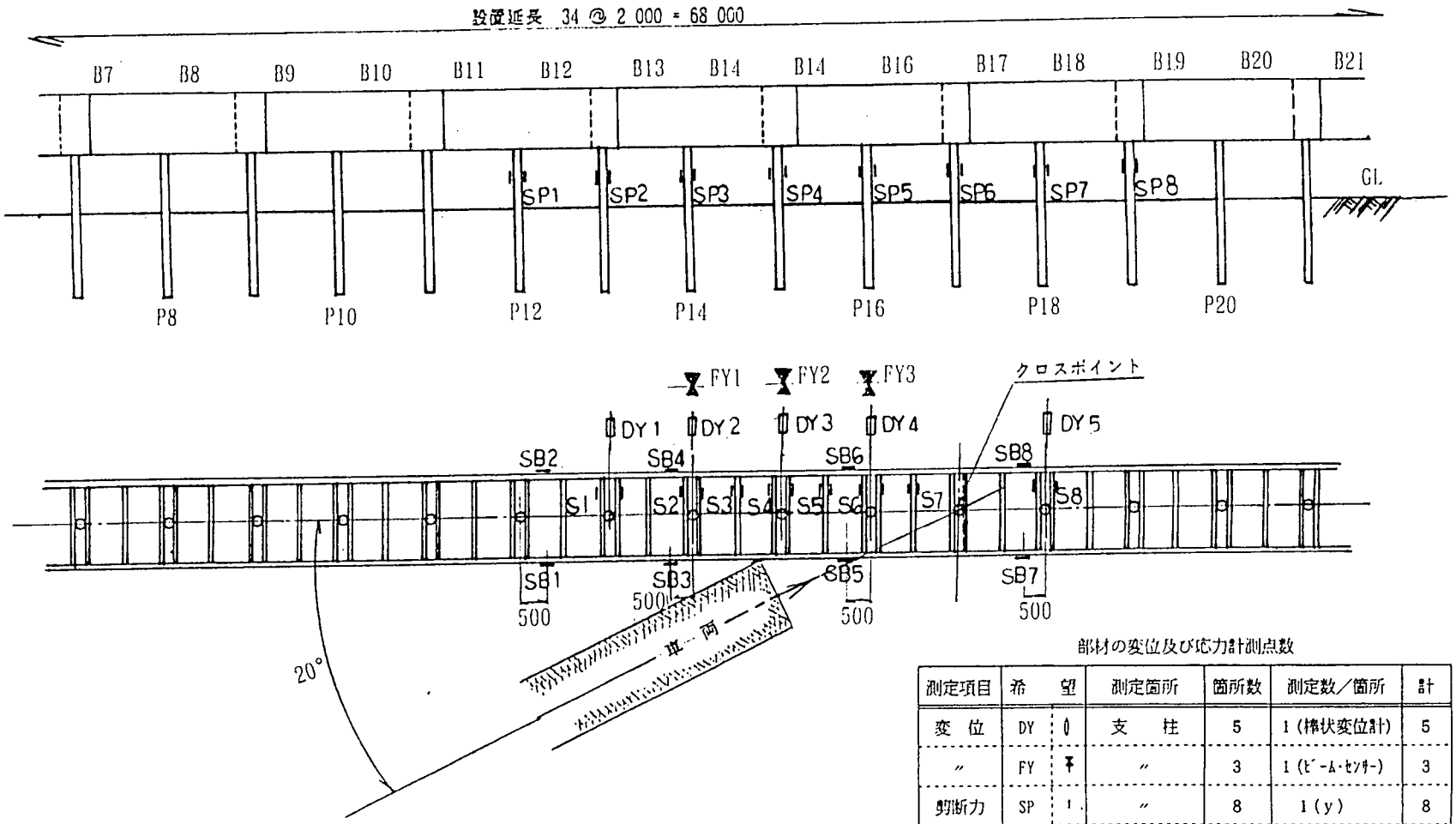
実験結果を表－7.2.53に示す。



図－7.2.51　供試体構造（単位：mm）



図－7.2.52　供試体の配置図（単位：mm）



部材の変位及び応力計測点数

測定項目	希望		測定箇所	箇所数	測定数／箇所	計
変位	DY	◊	支柱	5	1（棒状変位計）	5
〃	FY	▼	〃	3	1（ﾋﾞｰﾑ・ｾﾝｻｰ）	3
剪断力	SP	↕	〃	8	1（y）	8
張力	SB	―	ビーム（表裏）	8	1	8
軸力	S	‖	間隔材	8	1	8
合計						32点

図－7.2.53　計測位置図（単位：mm）

表－7.2.53　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量(t)			20
	衝突速度(km/h)			80.4
	衝突角度(度)			20
	衝撃度(kJ)			583
離脱速度(km/h)				61.6
離脱角度(度)				13.3
接触長(m)				21.1
防護柵最大変位	支柱	直角方向最大変位(mm)		971
		残留	直角方向(mm)	1146
			延長方向(mm)	40
	Y方向ビーム残留変位(mm)			1106
最大進入行程(mm)				773
車両最大傾斜角(度)			前端	20
			後端	35
支柱最大水平力(kN)				59.4
ビーム最大張力(kN)			表ビーム	288
			裏ビーム	241
車両重心加速度	50ms値	進行方向(m/s²)		11.8
		直角方向(m/s²)		33.3
		垂直方向(m/s²)		－
		合成(m/s²)		33.3
ＨＩＣ値	運転席ダミー			11.5
	助手席ダミー			15.4

1）車両誘導性

車両は衝突速度80.4km/h、衝突角度20度で防護柵に衝突し、バンパー、フェンダー部を順次防護柵に食い込ませながら方向転換をした。車体後部が衝突すると荷台は大きく傾き、ねじれを生じながら防護柵に沿って離脱角13.3度で誘導された。離脱するまでの最大傾斜角は防護柵側に前端部20度、後端部35度、重心位置21度であり、車輪の最大浮き上がり量は右側前輪300mm、右側後輪365mm（２輪の平均）であった。

車輪の外側最大進入行程は1043mm、車輪の中心では773mmであった。離脱速度は61.6km/h、減速率で23%であった。

車両は後輪２軸間の破損はあったがタイヤのバーストもなく、土塁に衝突して停止するまで大きな減速が見られなかったことから自力走行は可能であったと推定される。

2）防護柵強度

①支柱

支柱の最大変位量を表－7.2.54に示す。支柱の防護柵直角方向最大変位量はＰ18の971mmであった。

支柱に働いた最大水平力を表－7.2.55に示す。支柱の防護柵直角方向最大水平力は車両衝突から0.130秒後でＰ16の59.4kNであった。

②ビーム

ビームに発生した最大張力を表－7.2.56に示す。ビーム最大張力はＢ17で衝突から0.39秒後に288kN発生した。

③間隔材

間隔材最大軸力は支柱部が衝突から0.615秒後にＰ15で33.3kN、中間部が衝突から0.545秒後にＢ14で99kNであった。

表－7.2.54　支柱の最大変位量（支柱頭部）

支柱番号	Ｐ13	Ｐ14	Ｐ15	Ｐ16	Ｐ18
変位量（mm）	409	707	866	905	971

表－7.2.55　各支柱の最大水平力

支柱番号	Ｐ12	Ｐ13	Ｐ14	Ｐ15	Ｐ16	Ｐ17	Ｐ18	Ｐ19
最大水平力(kN)	27.5	37.6	50.6	54.1	59.4	55.2	52.0	50.8

表－7.2.56　ビームの最大張力

ビーム番号		Ｂ12	Ｂ13	Ｂ15	Ｂ17
最大張力	表	177	204	－	288
(kN)	裏	71	99	241	199

3）防護柵損傷状況

車両はＰ14－0.8mの位置から接触を始め、Ｐ24＋0.3mの位置で離れており全接触長は21.1mであった。

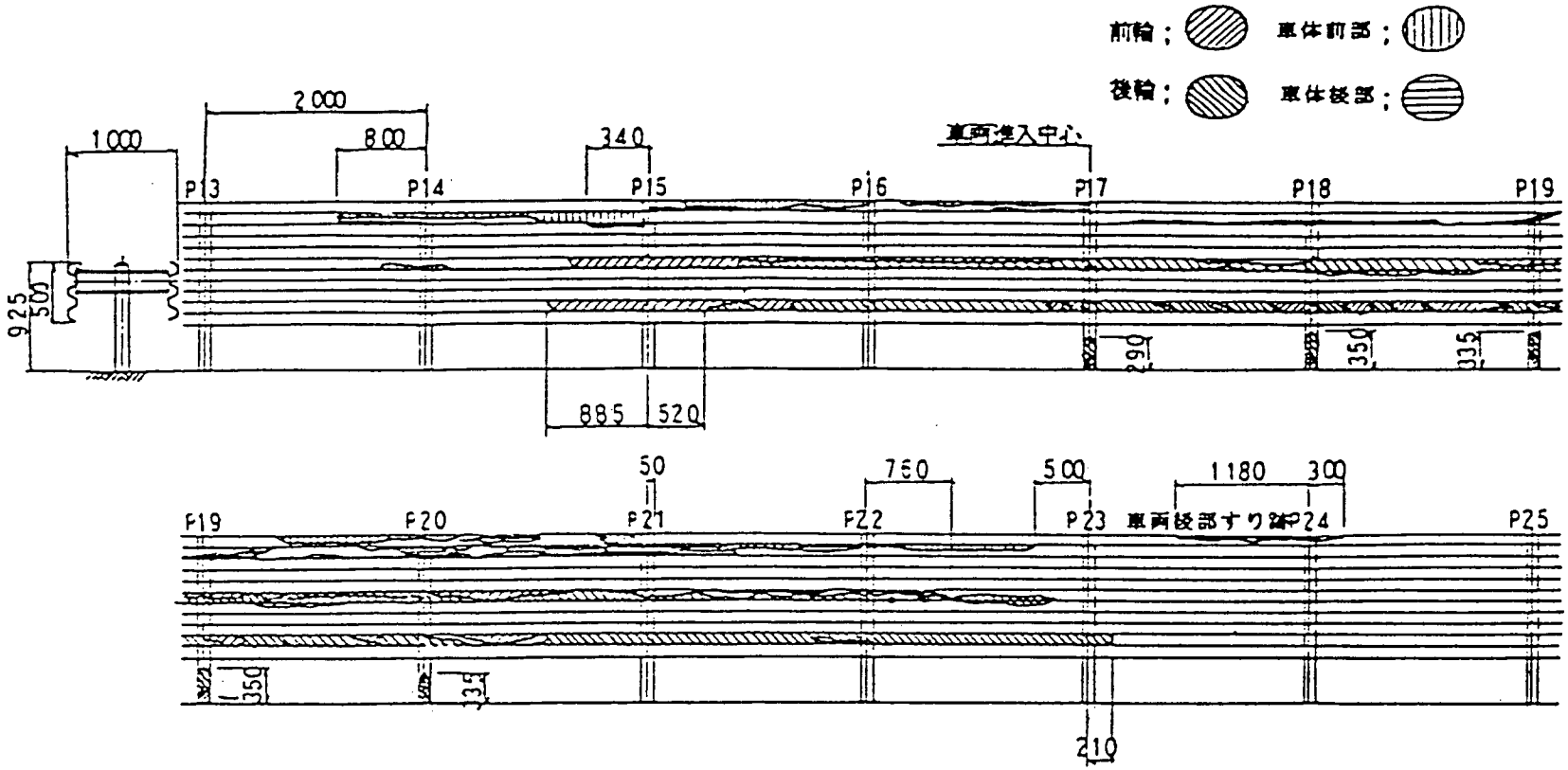
支柱の柵直角方向最大残留変位量はＰ18で1146mm、柵平行方向最大残留変位量はＰ13で40mmであった。ビームの柵直角方向最大残留変位量は表ビーム中心位置で1106mm（Ｐ18）、裏ビーム天端位置で996mm（Ｐ18）であった。車両の接触跡を図－7.2.54、防護柵残留変位を図－7.2.55に示す。

①支柱

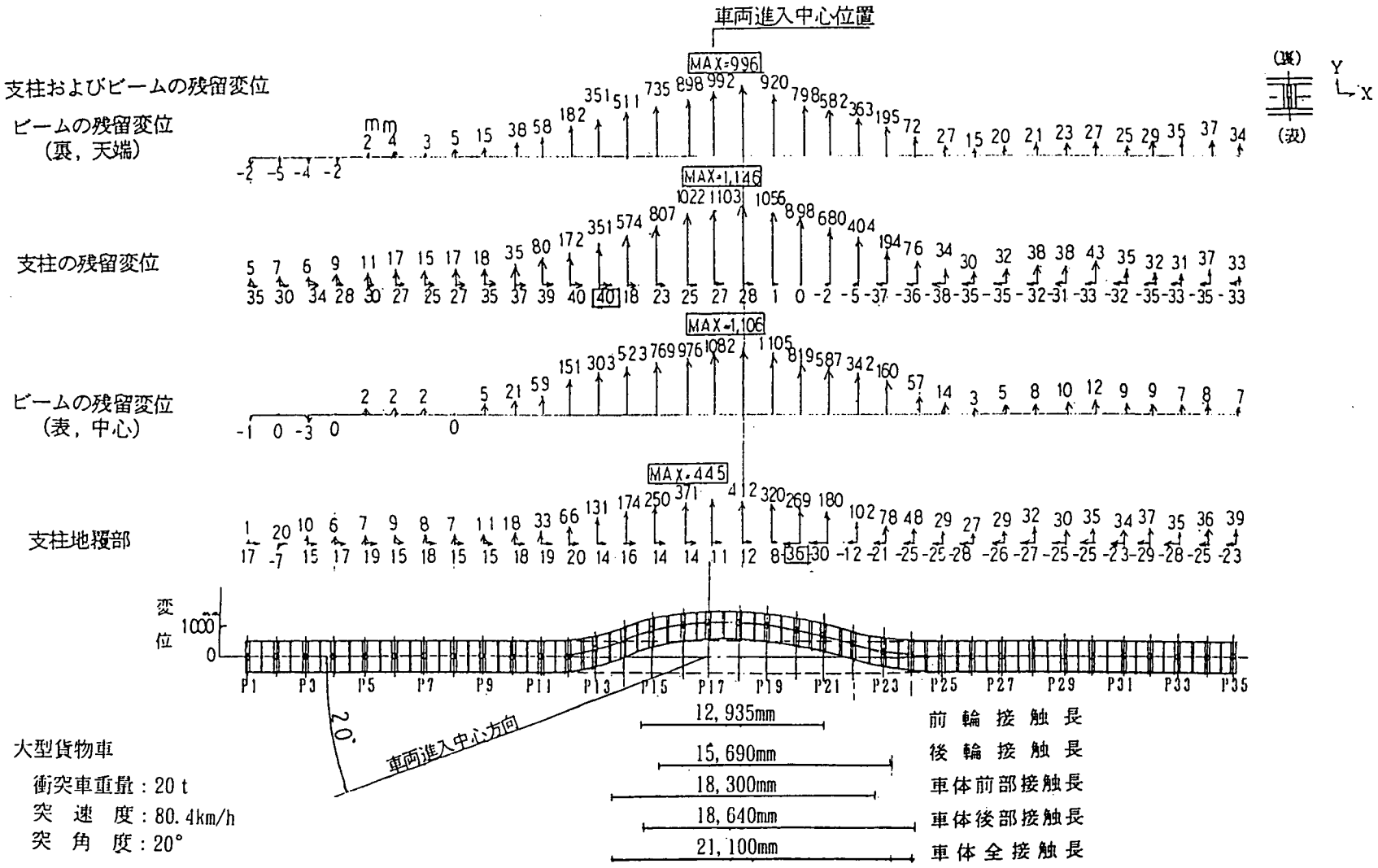
支柱はＰ12～Ｐ23の12本が「く」の字に曲がり、内４本（Ｐ17～Ｐ20）に左側後輪の接触跡があった。折れ曲り位置はＧＬ－150～－360で完全な抜け出しはなかった。

②ビーム

コルゲーションの潰れがＰ14＋1.0m～Ｐ16とＰ22＋0.9m～Ｐ24＋0.3m付近に、ビーム上下端部に波状変形がＰ13＋1.2m～Ｐ16、Ｐ18＋1.6m～Ｐ21、Ｐ15～Ｐ21に生じたが、表・裏ともにビームの破断はなかった。



図－7.2.54　車両の接触跡（単位：mm）



図－7.2.55 防護柵残留変形（単位：mm）

③間隔材

間隔材は支柱部間隔材(P22、P23)、中間部間隔材（P22～P23）の３箇所に、車両荷台下端部による進行方向への変形が見られた。

④ボルトおよび接合部

ビーム接合部のボルトの外れは無かった。

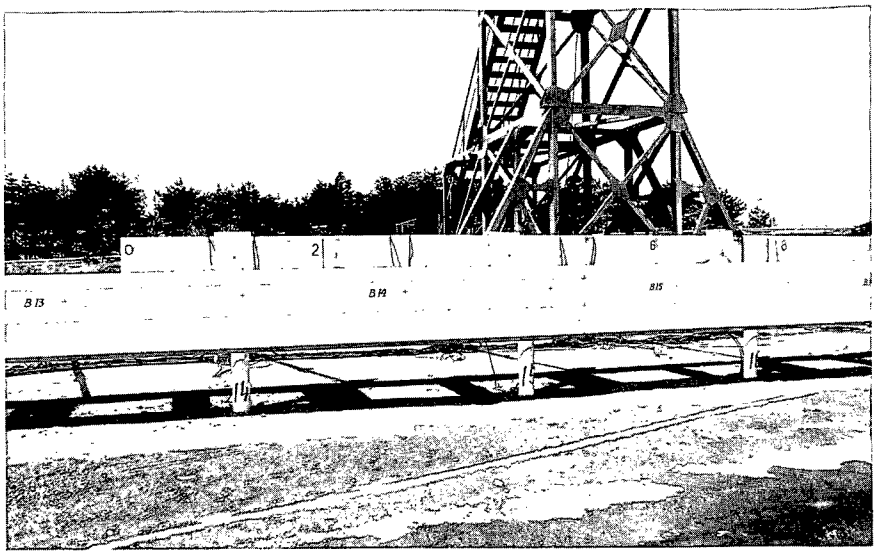
４）車両損傷

車両の損傷は左側前部バンパーとフェンダーの潰れ（最大凹み350mm）、左側前輪ステップの全潰が見られた。

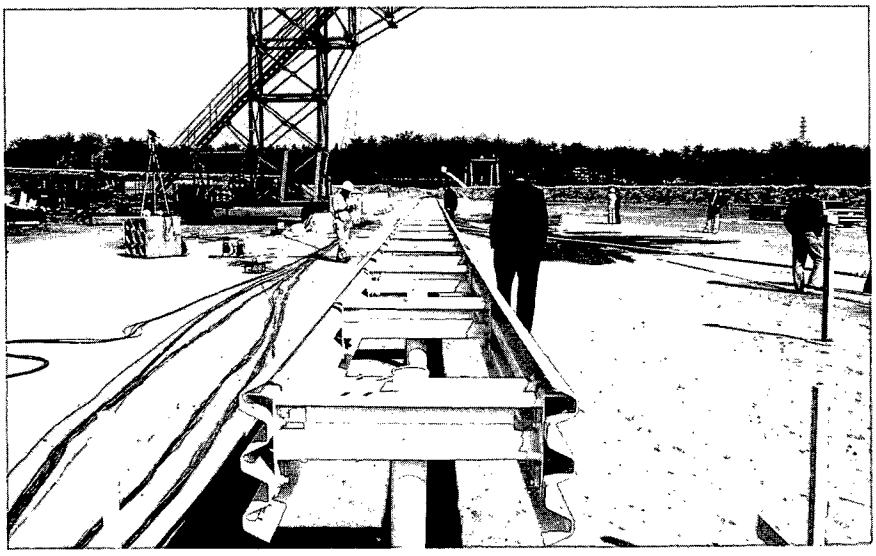
５）考察

車両は車両質量20t、衝突速度80.4km/h、衝突角度20度、衝撃度583kJで防護柵に衝突した。衝突後、車両は路外方向へ大きく傾いたが防護柵に沿って進行し誘導された。

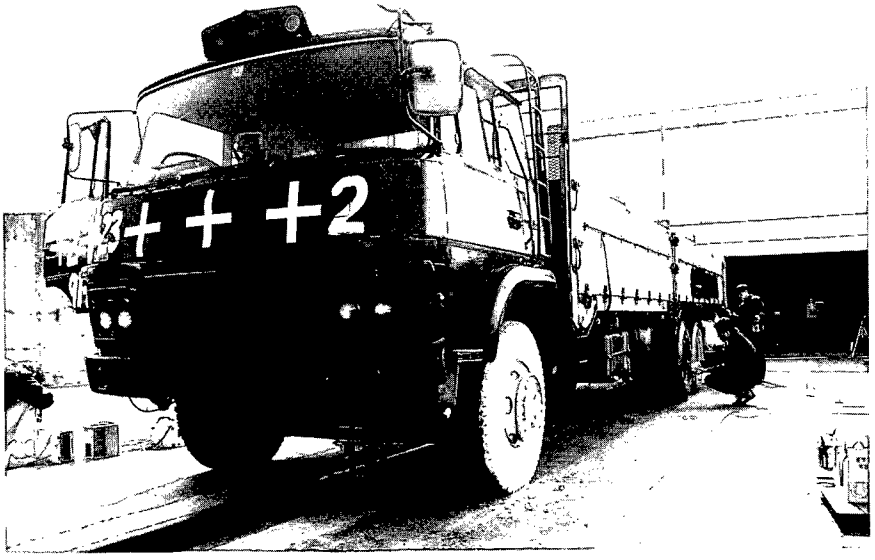
ビームの最大張力は288kN（B17）で許容引張り耐力の627kN以内であり、ビームに亀裂や破断もないことからビームの強度は十分であった。支柱については４本が左側後輪と接触しており、内３本が凹む損傷をうけていたが、柵高低下も見られなかったことから分離帯構造の特徴である肘付き効果が車両誘導に大きく機能していたと考えられる。



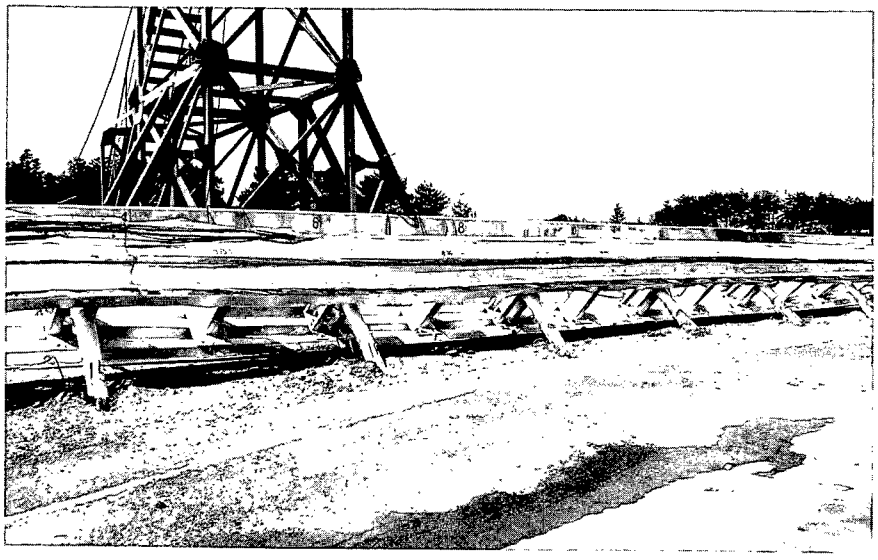
写真－7.2.5(1)　供試体（Ｇｒｍ－６０）



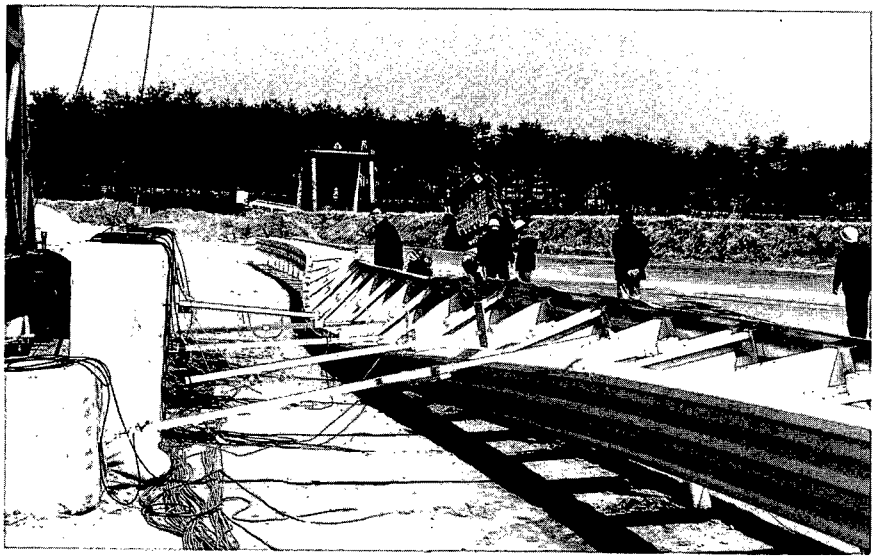
写真－7.2.5(2)　供試体（Ｇｒｍ－６０）



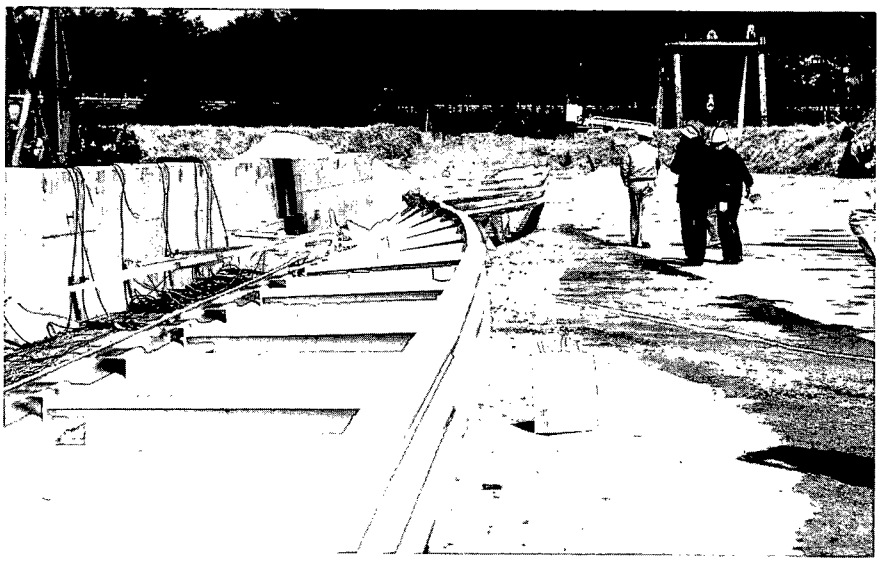
写真－7.2.5(3)　衝突車両（貨物車　２０ｔ）



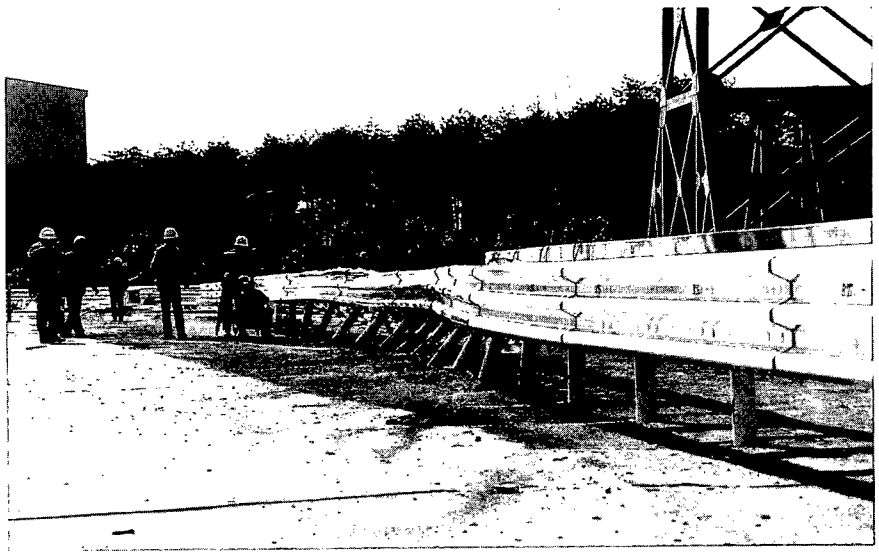
写真－7.2.5(4)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－６０）



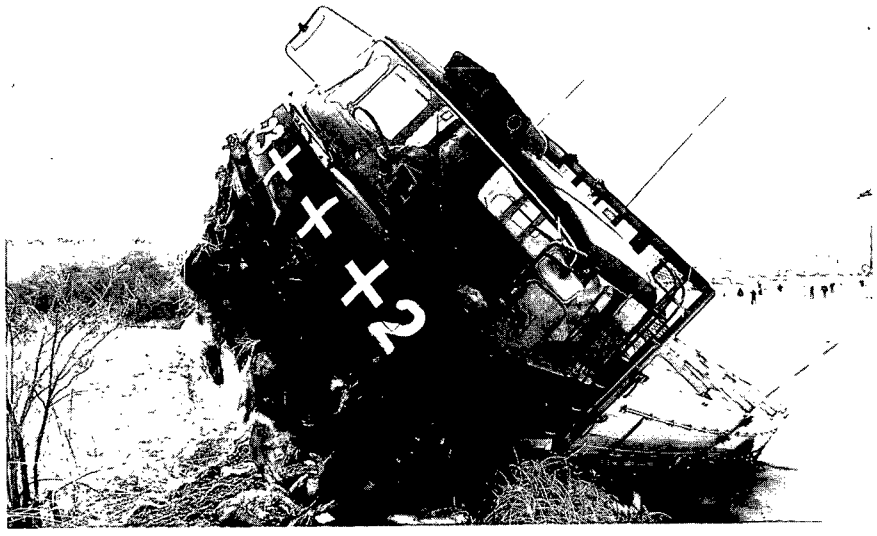
写真－7.2.5(5)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－６０）



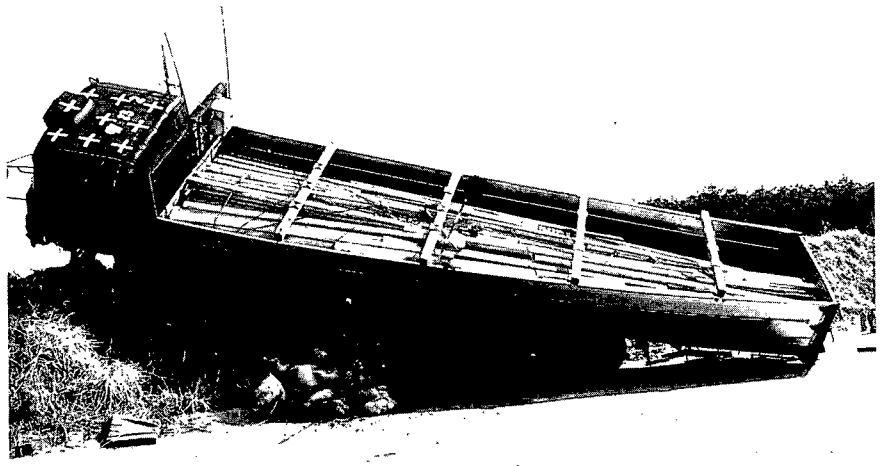
写真－7.2.5(6)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－６０）



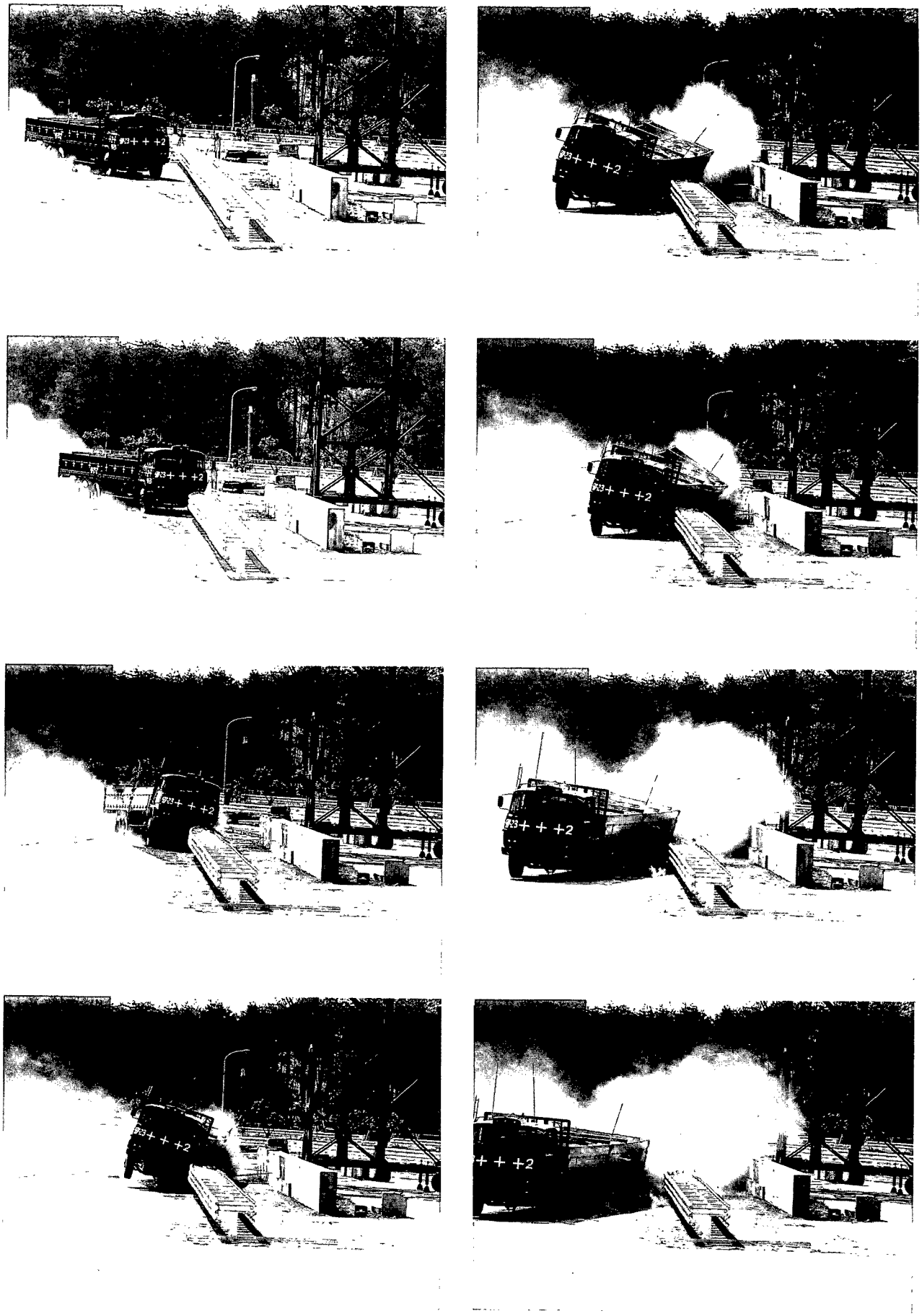
写真－7.2.5(7)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－６０）



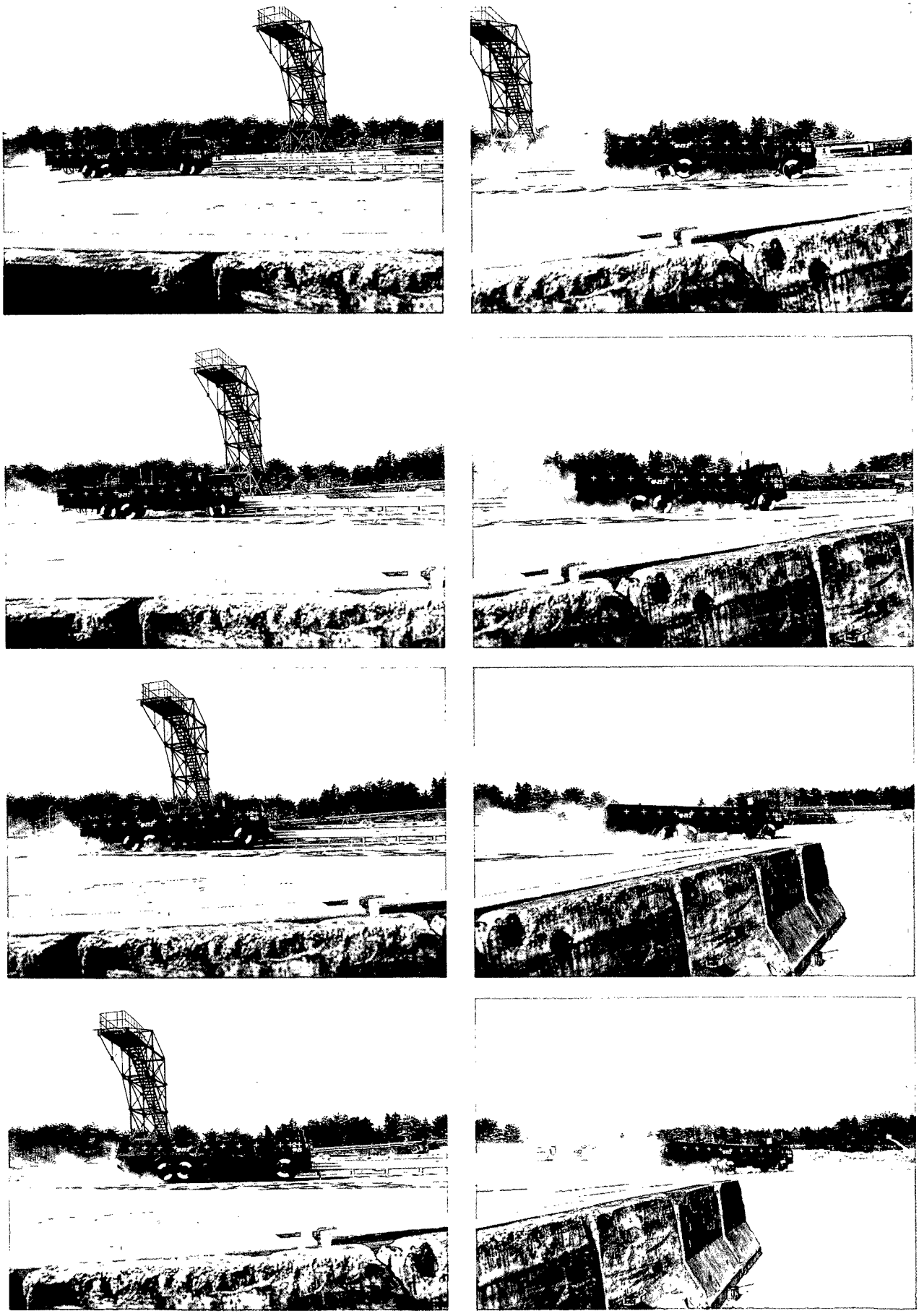
写真－7.2.5(8)　衝突後の車両（Ｇｒｍ－６０）



写真－7.2.5(9)　衝突後の車両（Ｇｒｍ－６０）



写真－7.2.5(10)　衝突状況（Ｇｒｍ－６０）



写真－7.2.5(11)　衝突状況（Ｇｒｍ－６０）

７．２．６高強度型分離帯用ガードレール　Ｇｒｍ－７０

（１）実験目的

本実験は衝撃度700kJに対応する中央分離帯用防護柵構造を開発するため、実車衝突実験により防護柵機能及び強度検証を行う。

（２）衝突条件

衝突条件を表－7.2.57に示す。

表－7.2.57　衝突条件

衝突車両	貨物車
車両質量	20t
衝突速度	90km/h
衝突角度	20度
衝撃度	731kJ

（３）供試体構造

１）構造改良点

本編７．１．５Ｇｒｍ－Ｓと７．２．５Ｇｒｍ－６０の衝突実験結果をふまえて、供試体構造の改良点を表－7.2.58に示す。また、Ｇｒｍ－７０の供試体構造及び部材表を図－7.2.56に示す。

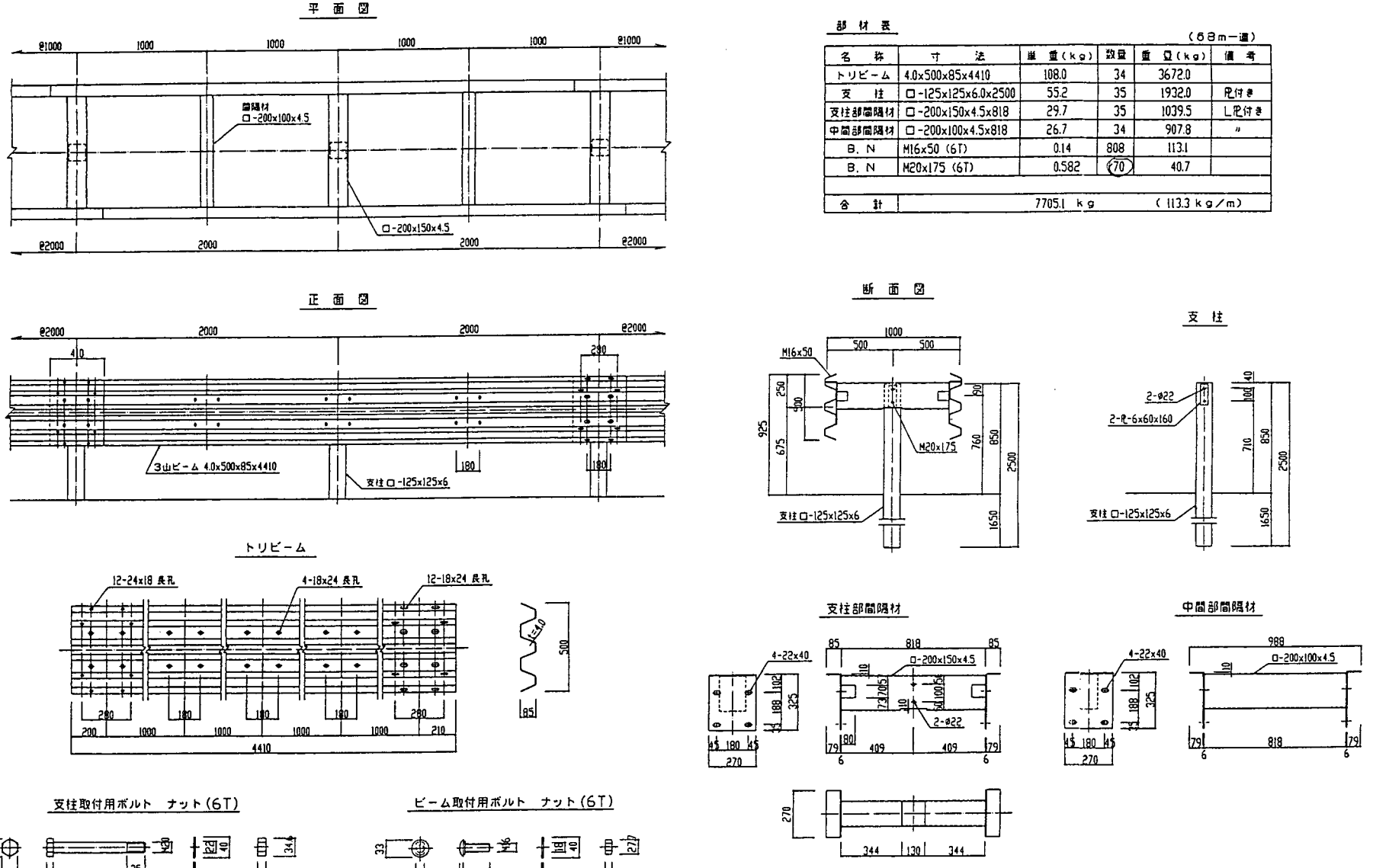
表－7.2.58　供試体構造改良点

		Ｇｒｍ－Ｓ	Ｇｒｍ－６０	Ｇｒｍ－７０
衝撃度(kJ)		453	583	731
支柱（mm）		φ114.3×4.5	φ114.3×4.5	□125×125×6.0
支柱間隔（m）		2.0	2.0	2.0
支柱支持力（kN/m）		17.5	17.5	30
ビーム（mm）		4.0×75×350(SS490)	4.0×85×500(SS400)	4.0×85×500(SS400)
ビーム中心高(mm)		600	675	675
間隔材（mm）	支柱部	[-200×50×5.0	[-200×75×25×4.5	□200×150×4.5
	中間部	□200×100×4.5	□200×100×4.5	□200×100×4.5

２）防護柵強度

防護柵強度はシミュレーションで解析し新型構造の妥当性を検討した。

表－7.2.59にシミュレーション解析結果を示す。



図－7.2.56 供試体構造（単位：mm）

表－7.2.59　シミュレーション解析結果

実験名	実験結果	衝突条件	シミュレーション結果		
			進入行程(mm)	変位量(mm)	最大張力(kN)
Grm-S	○	20t-100km/h-15°	850	1020	327
Grm-60	○	20t-80km/h-20°	460	660	305
Grm-70	－	20t-90km/h-20°	720	1000	382

（4）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－7.2.57に、計測位置を図－7.2.58に示す。

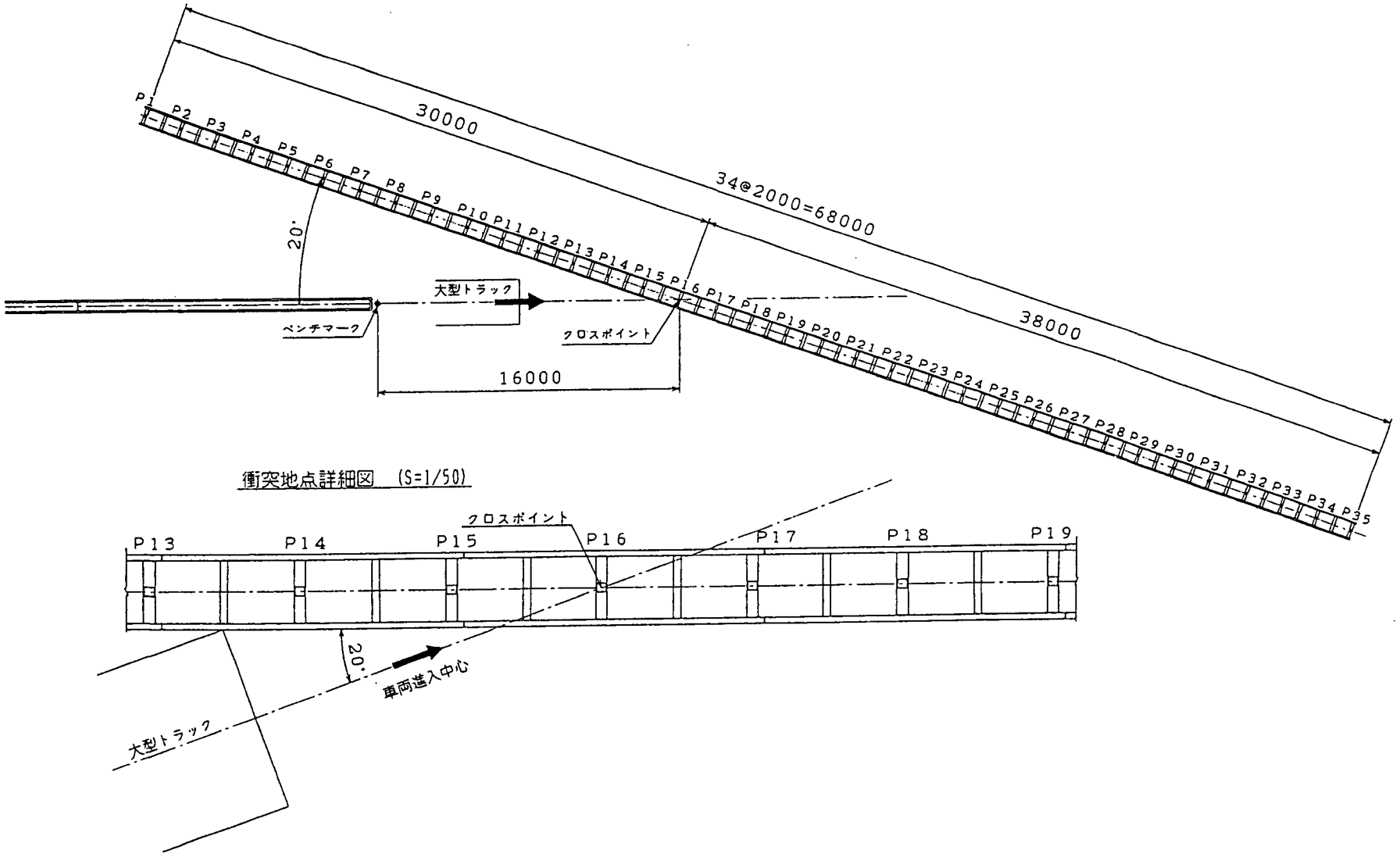
（5）実験結果および考察

車両は防護柵に沿って誘導されたが、左側前輪がP16支柱に衝突した時に車軸部が損傷した。車体の大きな傾きは無く積載物（土嚢）を飛散させることはなかった。自力走行は可能であったと思われる。

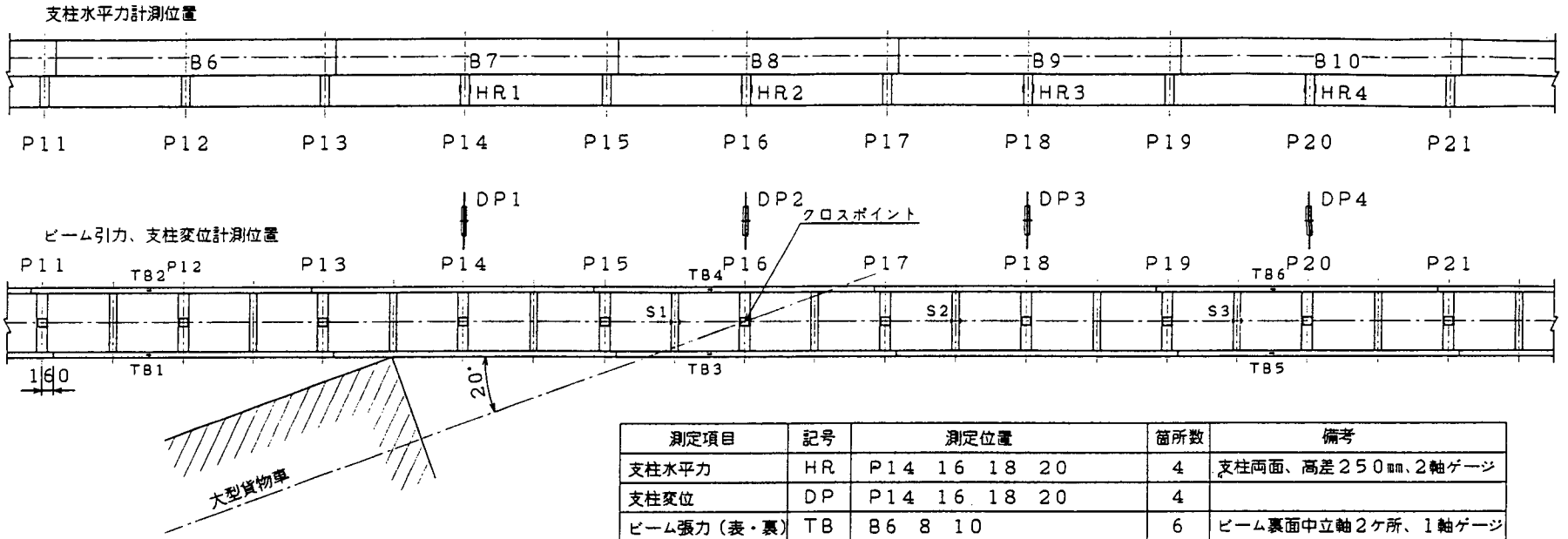
実験結果を表－7.2.60に示す。

表－7.2.60　実験結果一覧表

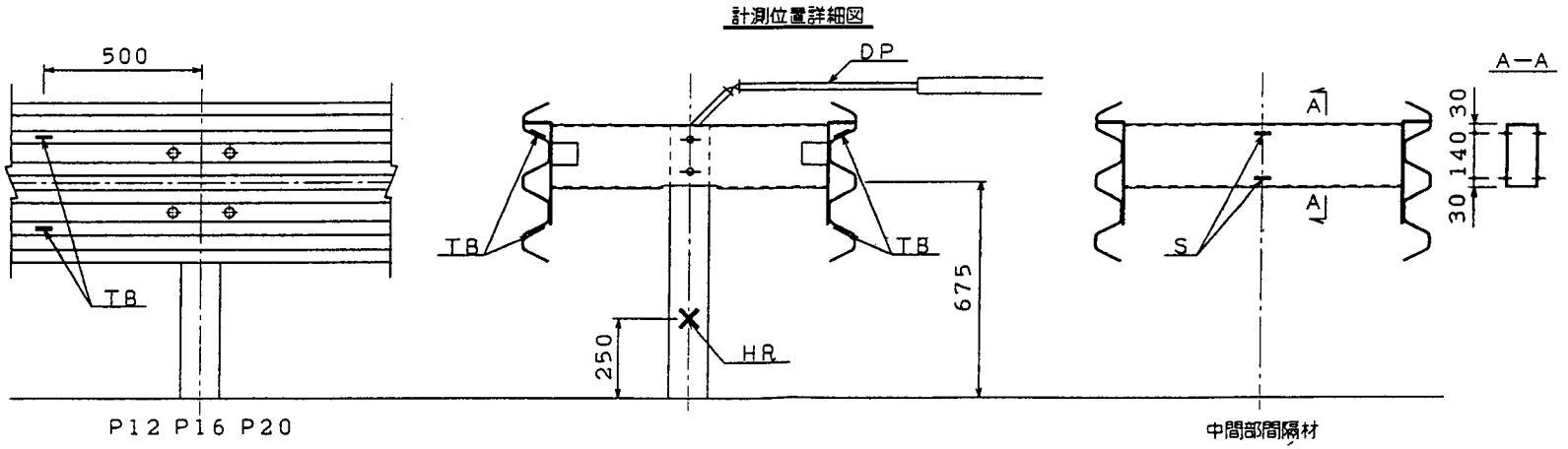
				結　果
衝突条件	車両質量(t)			20
	衝突速度(km/h)			88.9
	衝突角度(度)			20
	衝撃度(kJ)			713
離脱速度(km/h)				66.66
離脱角度(度)				8.81
接触長(m)				20.75
防護柵最大変位	支柱	直角方向最大変位(mm)		959
		残留	直角方向(mm)	1004
			延長方向(mm)	44
	Y方向ビーム残留変位(mm)			1009
最大進入行程(mm)				830
車両最大傾斜角（度）				36
支柱最大水平力(kN)				112
ビーム最大張力(kN)				642
車両重心加速度（高速度写真より）			進行方向(m/s²)	32
			直角方向(m/s²)	51
			合成(m/s²)	56



図－7.2.57　供試体の配置図（単位：mm）



測定項目	記号	測定位置	箇所数	備考
支柱水平力	HR	P14 16 18 20	4	支柱両面、高差250㎜、2軸ゲージ
支柱変位	DP	P14 16 18 20	4	
ビーム張力（表・裏）	TB	B6 8 10	6	ビーム裏面中立軸2ケ所、1軸ゲージ
軸 力	S	P15~16 17~18 19~20	3	
加速度		車両重心	1	XYZ



図－7.2.58　計測位置図（単位：㎜）

1）車両誘導性

車両は衝突速度88.9km/h、衝突角度20度で防護柵に衝突した。車体後部衝突時には車両の右側前後輪が浮き上がり車体が防護柵側へ36度傾斜したが、防護柵に沿って進行し誘導された。

離脱速度は66.6km/hで衝突速度88.9km/hに対して減速率25%であり、参考許容値25%以下であった。離脱角度は8.81度で衝突角度の44%で参考許容値60%以下である。以上の事より、車両誘導性に関してはほぼ満足出来る結果であった。車両の軌跡を図－7.2.59に示す。

2）防護柵強度

①支柱

支柱の防護柵直角方向最大残留変位量はＰ16の1004mm、防護柵直角方向の最大水平力は112kNであった。

②ビーム

ビームの最大残留変位量はＰ16とＰ17間の中心で直角方向に1009mm、最大張力は642kNであった。

③間隔材

間隔材に作用した最大軸力は82kNであった。

3）防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長はＰ12～Ｐ23の約20.75mで、防護柵の残留変形区間はＰ10～Ｐ22で24mであった。

（柵直角・柵平行両方向10mm以上の残留変形に関して）

車両の接触跡を図－7.2.60、防護柵残留変形を図－7.2.61に示す。

①支柱

支柱の柵直角方向最大残留変位量はＰ16で1004mm、柵平行方向最大残留変位量はＰ12で44mmであった。車両の前輪による支柱接触は無く、左側後輪との接触がＰ16、Ｐ17で起こった。支柱残留傾斜角はＰ14で27度、Ｐ15で36度、Ｐ16で38度、Ｐ17で33度、Ｐ18で32度であった。支柱の折れ曲がり位置はＧ.Ｌ－330～－650であった。

②ビーム

ビームの柵直角方向最大残留変位量は1009mmであり、２ヶ所で孔明きが発生した。

③間隔材

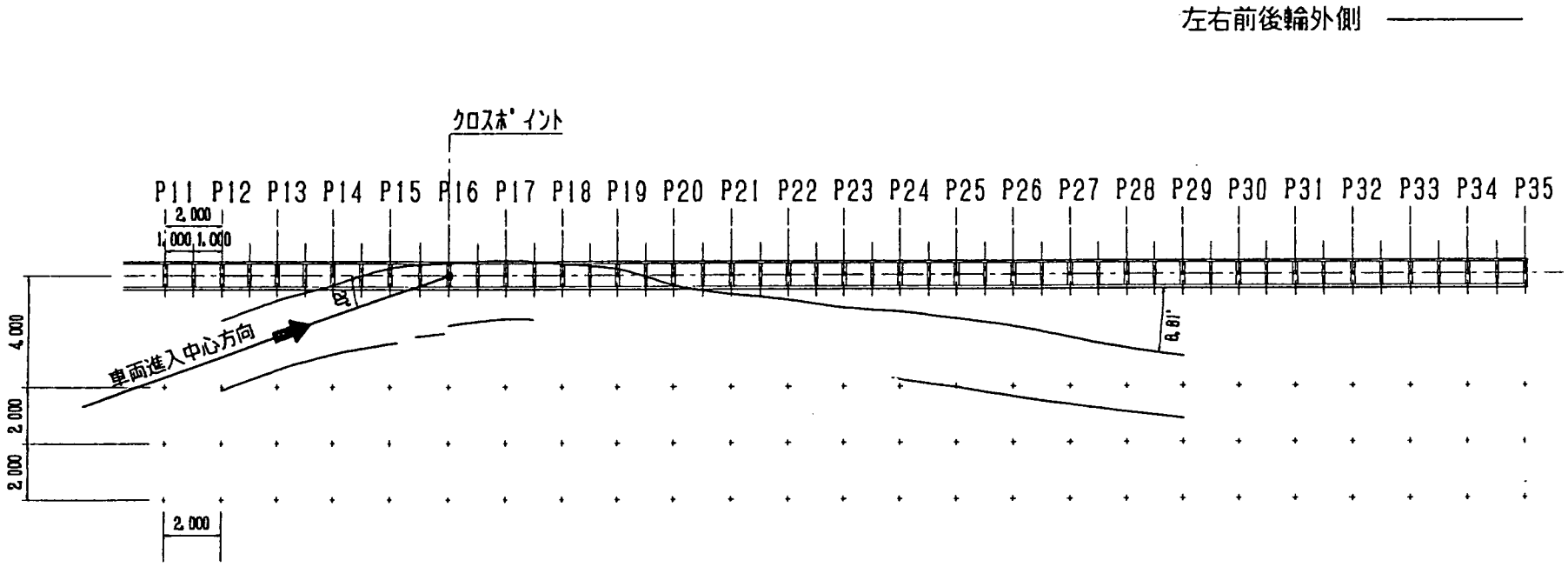
間隔材に亀裂や座屈等の損傷は見られなかったが、取付け部に変形が見られた。

④ボルトおよび接合部

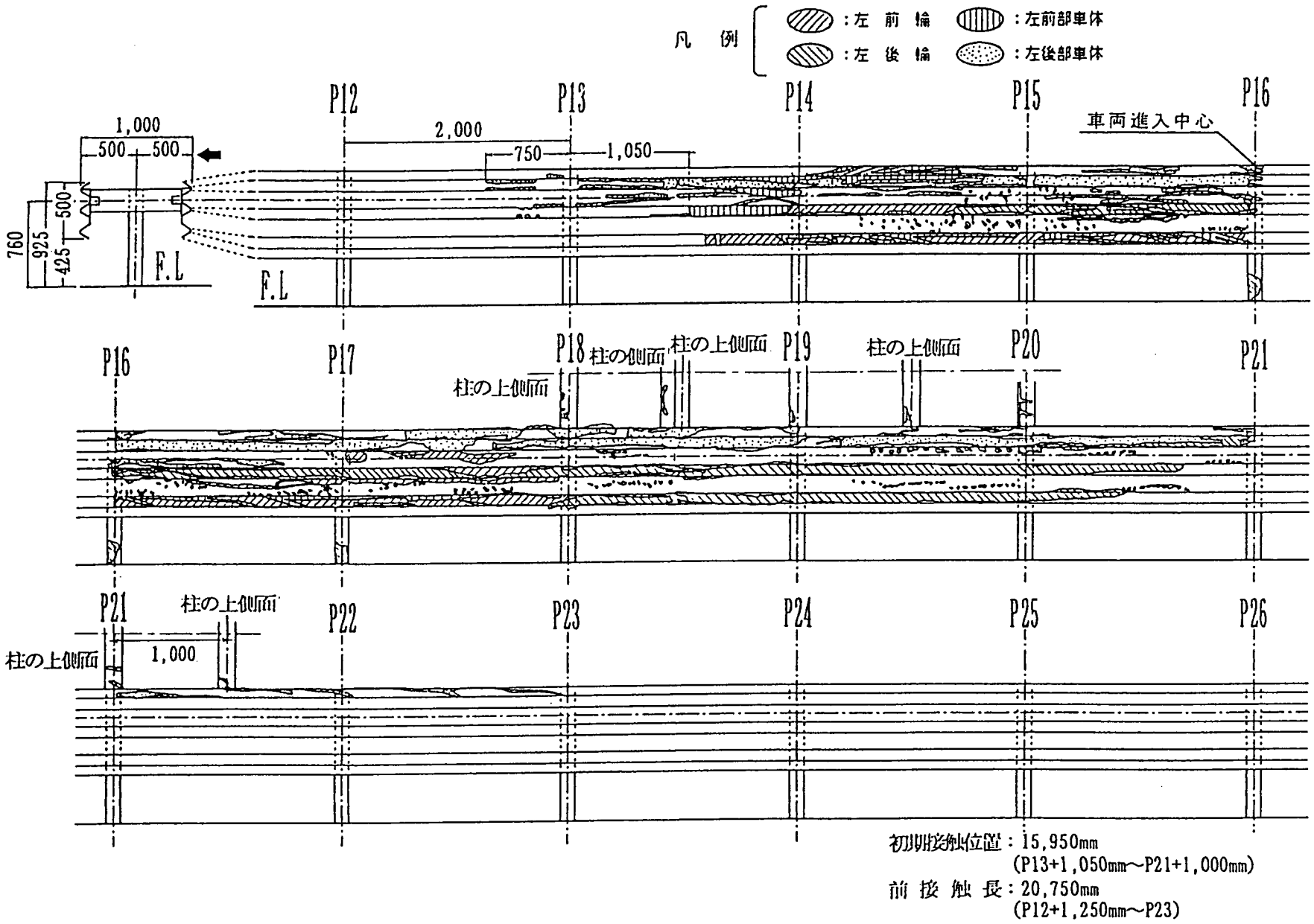
ビーム継手部のボルトの外れは無かった。また接合部の最大ズレ量はＰ11、Ｐ21にて11mmのズレが生じていた。

4）車両損傷

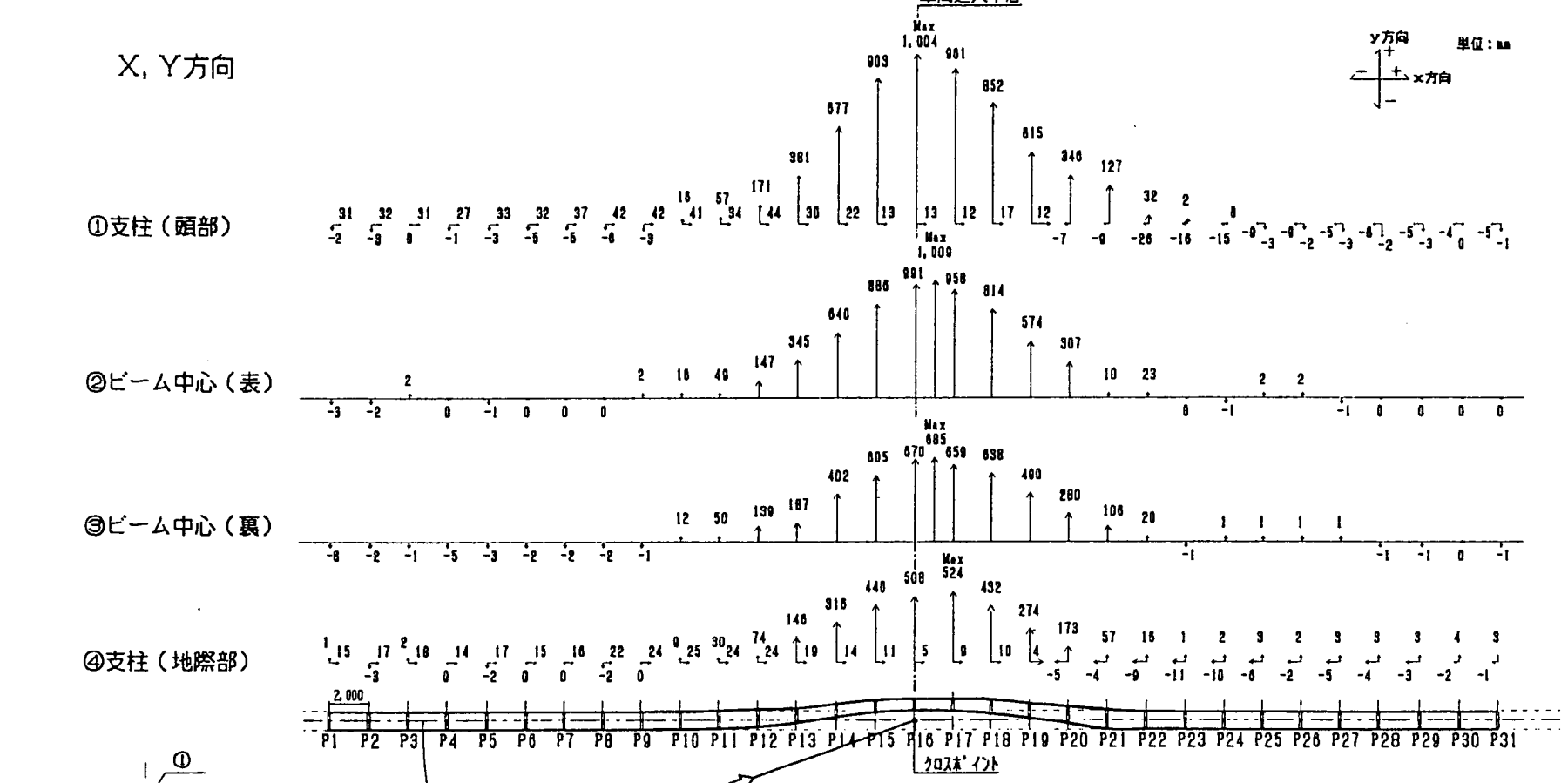
左側前部のバンパー及びフェンダー部周辺に長さは670mmの凹みが見られ、左側前輪軸が40mm後方へ移動していたが、ホイールの大きな変形は無くタイヤのバーストも無かった。自力走行は可能であったと思われる



図－7.2.59　車両の軌跡（単位：mm）



図－7.2.60　車両の接触跡（単位：mm）

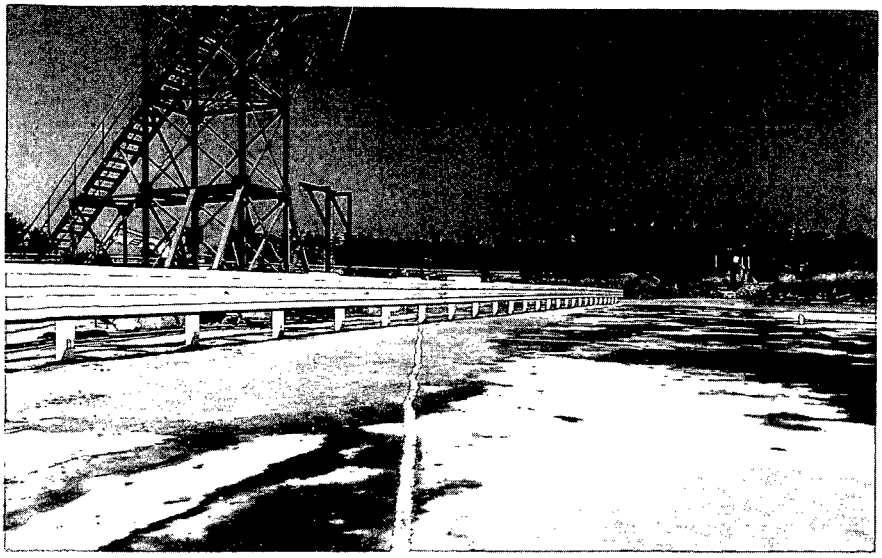


図－7.2.61　防護柵残留変形（単位：mm）

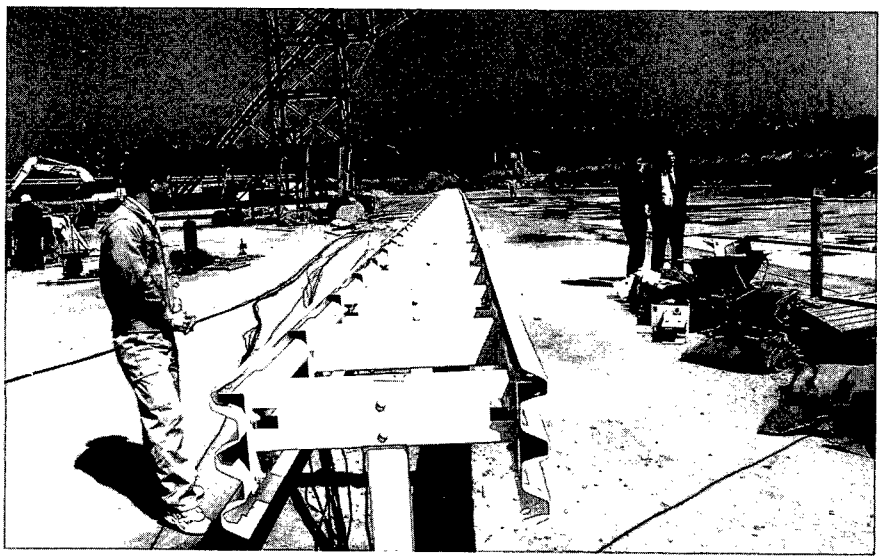
5）考察

車両は車両質量20t、衝突速度88.9km/h、衝突角度20度、衝撃度713kJで防護柵に衝突した。衝突後、車両は路外側に最大36度傾斜したが防護柵に沿って進行し、離脱速度66.6km/h、離脱角度8.81度で誘導された。離脱後、車両は土塁に衝突し右側前部を破損して停止した。防護柵への衝突による車両の損傷は、左側前部の凹みとアオリの一部が外れたが、ホイールの変形やタイヤのバーストも無かったことから自力走行は可能であったと思われる。

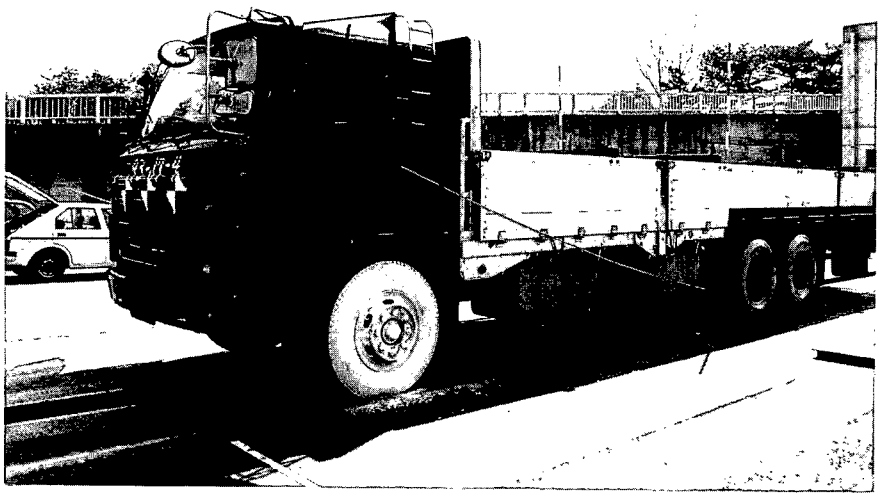
防護柵強度についてはビームの変位量1009mm、車輪外側での最大進入行程1040mm、車輪中心で830mmでありビームの局部的な損傷が見られたが車両を有効に誘導したことから、衝突条件に対して防護柵強度を満たしていたと考えられる。



写真－7.2.6(1)　供試体（Ｇｒｍ－７０）



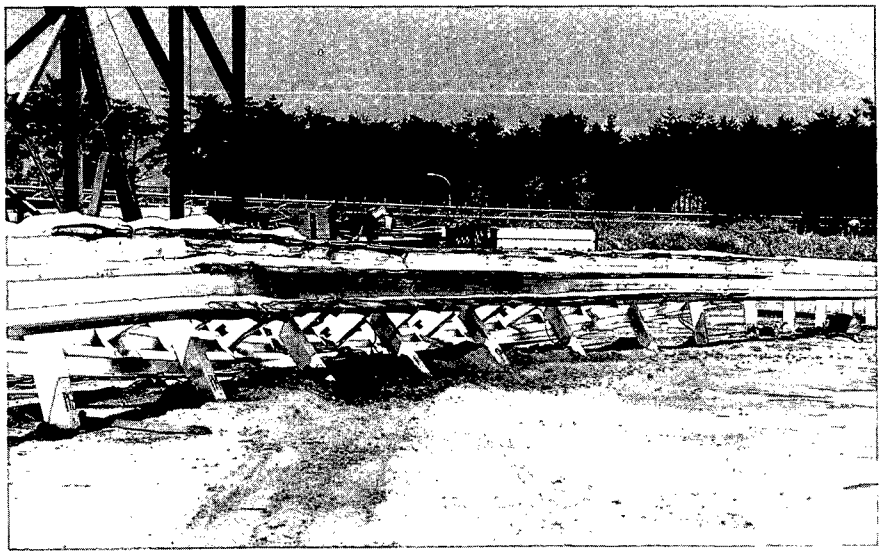
写真－7.2.6(2)　供試体（Ｇｒｍ－７０）



写真－7.2.6(3)　衝突車両（貨物車　２０ｔ）



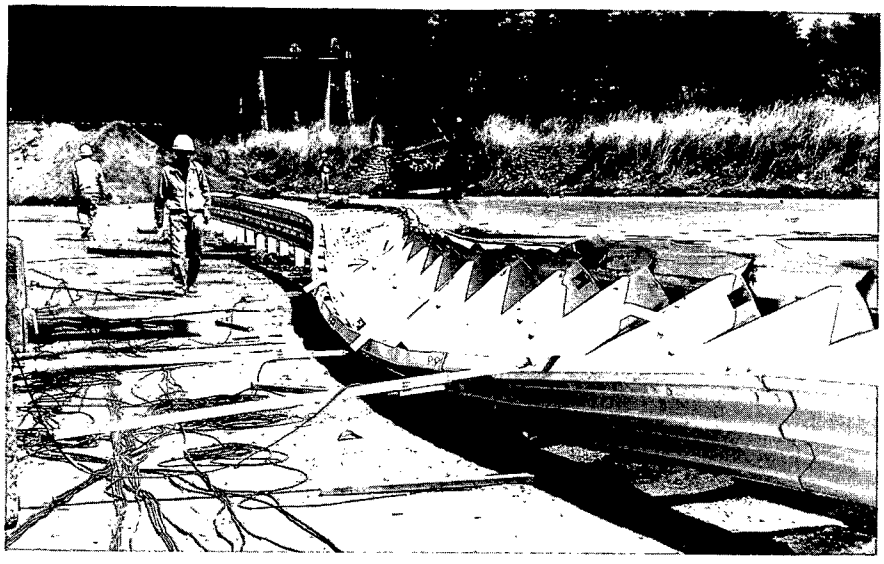
写真－7.2.6(4)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－７０）



写真－7.2.6(5)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－７０）



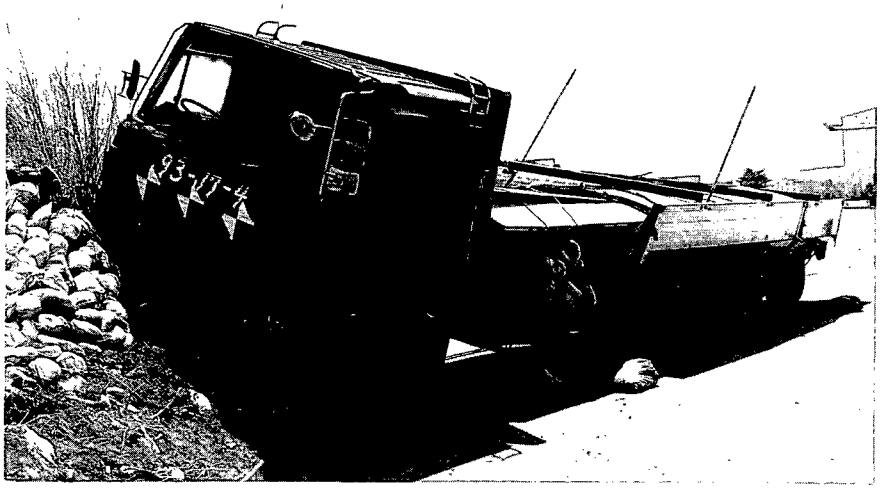
写真－7.2.6(6)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－７０）



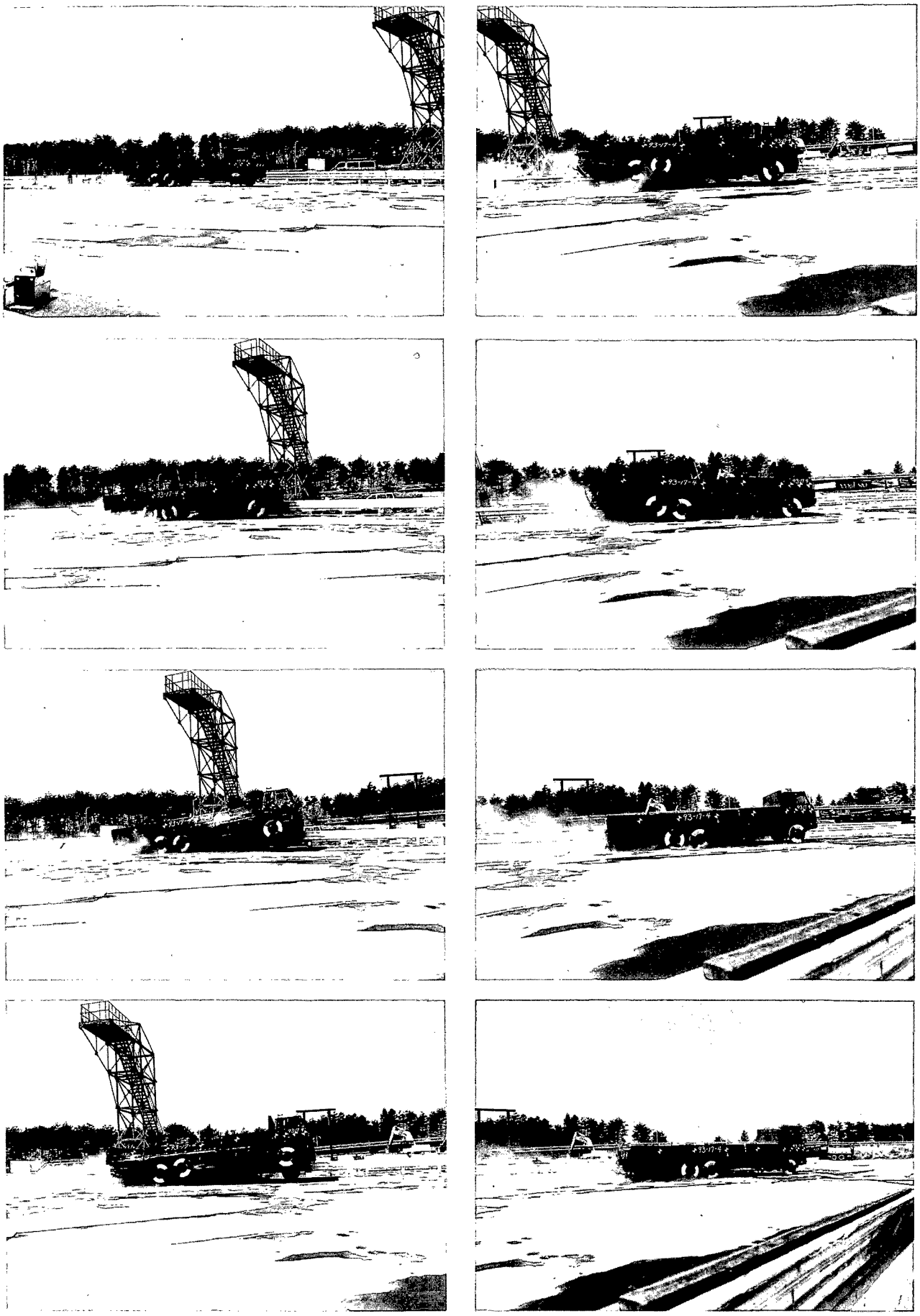
写真－7.2.6(7)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－７０）



写真－7.2.6(8)　衝突後の車両（Ｇｒｍ－７０）



写真－7.2.6(9)　衝突後の車両（Ｇｒｍ－７０）



写真－7.2.6(10)　衝突状況（Ｇｒｍ－７０）

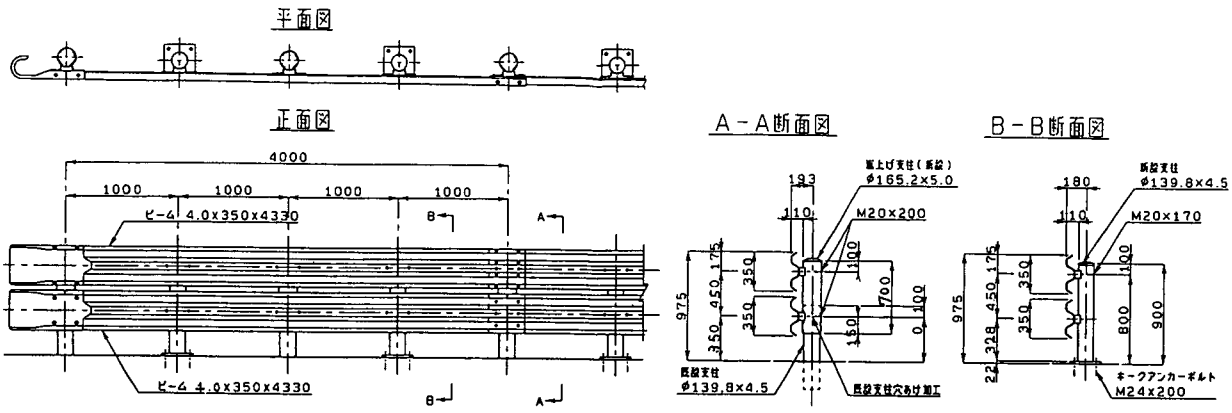
７．３．既設防護柵の強化改良構造の検討と性能評価

７．３．１．路側用ガードレール　Ｇｒ－Ａ－２３

（１）実験目的

橋梁高架部において、Ａ種ガードレールをＳ種（要綱）相当のガードレールに改良する場合、従来様々な方法が採られてきたが、今回、Ａ種ガードレールをＳ種相当のガードレールに改良する場合の方法としてＧｒ－Ａ－２３を考案した。

本実験ではＧｒ－Ａ－２３について、それらの強度および車両誘導性を確認することを目的として実車衝突実験を行ったものである。



（単位：mm）

図－７．３．１　断面図（Ｇｒ－Ａ－２３）

（２）衝突条件

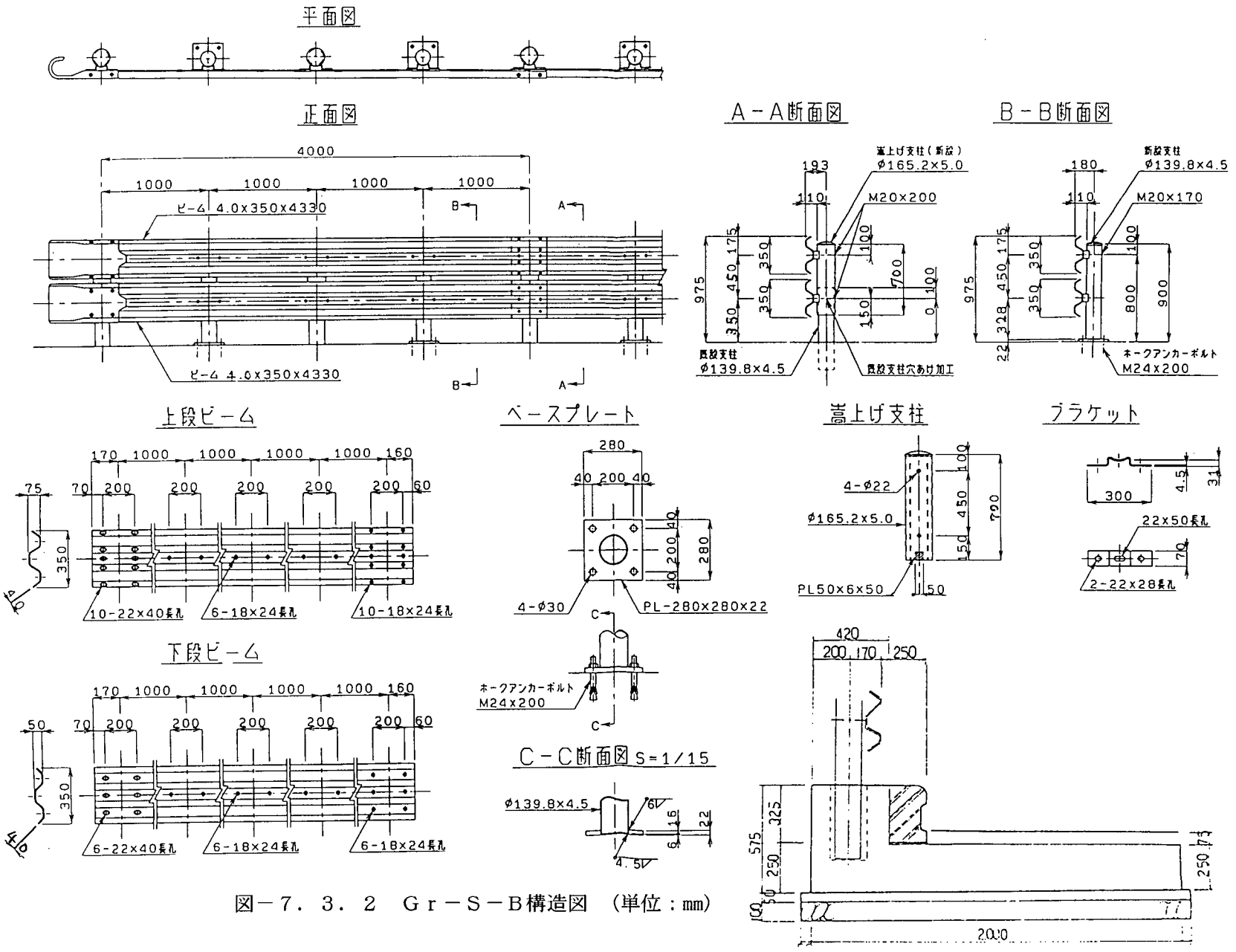
衝突条件を表－７．３．１に示す。

表－７．３．１　衝突条件

	Ｇｒ－Ａ－２３
衝突車両	貨物車
車両質量	１４ｔ
衝突速度	８０km/h
衝突角度	１５度
衝撃度	２３２kJ

（３）供試体構造

供試体構造を図－７．３．２に示す。



図－７．３．２　Ｇｒ－Ｓ－Ｂ構造図　（単位：mm）

（4）衝突シミュレーションによる検討

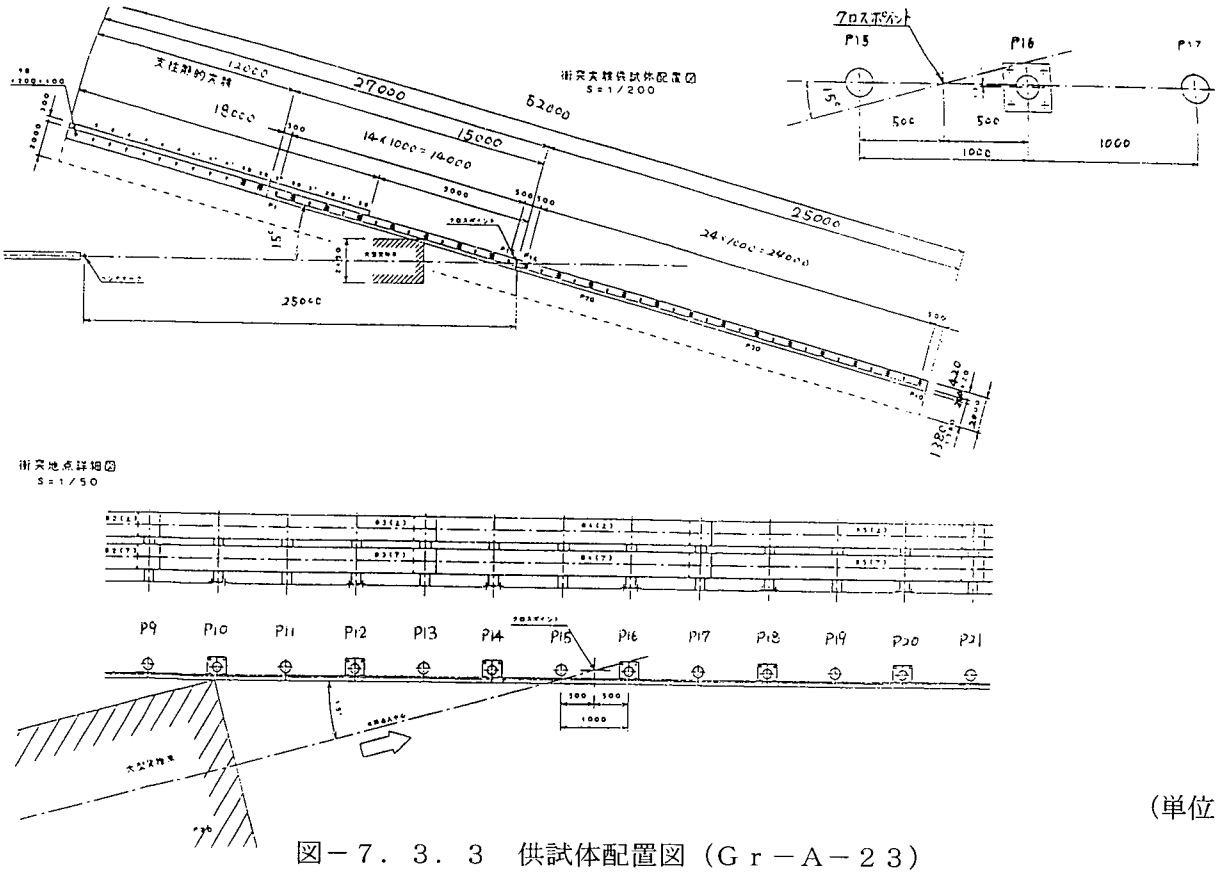
衝突シミュレーションで演算した結果を表－７．３．２に示す。

表－７．３．２　衝突シミュレーション

供試体名		Ｇｒ－Ａ－２３
衝突条件	車両質量(t)	１４
	衝突速度(km/h)	８０
	衝突角度(度)	１５
	衝撃度(kJ)	２３２
演算結果	離脱速度(km/h)	７１．５
	離脱角度(度)	１０．６
	最大進入行程(m)	０．３１
	防護柵変形範囲(m)	１１
	防護柵最大変形量(m)	０．３８
	支柱最大変形量(m)	０．３５５
	ビーム最大張力(kN)	３０８
	最大合成加速度(m/s^2)	２０．１

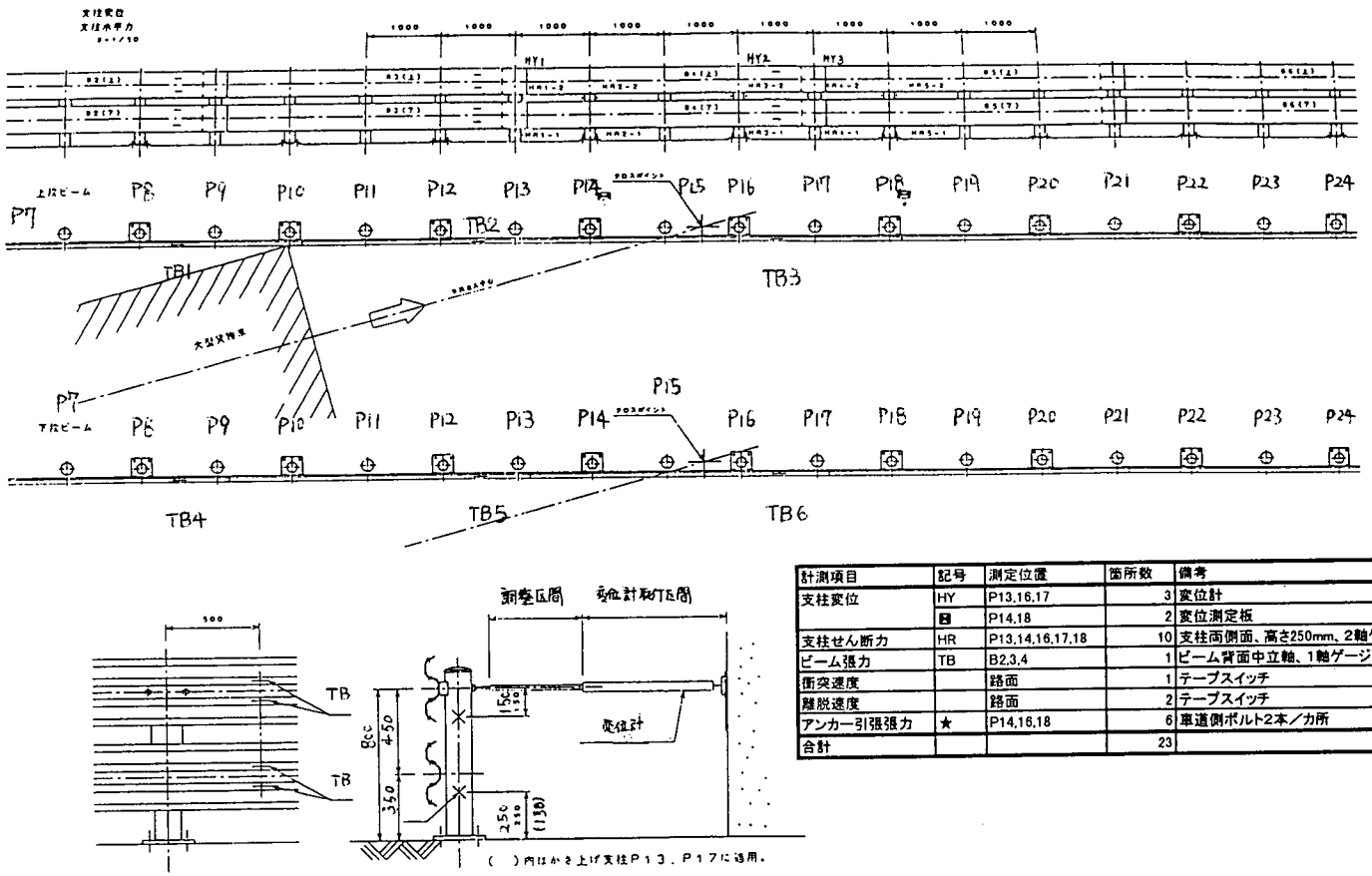
（5）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－７．３．３に計測位置を図－７．３．４に示す。



（単位：mm）

図－７．３．３　供試体配置図（Ｇｒ－Ａ－２３）



計測項目	記号	測定位置	箇所数	備考
支柱変位	HY	P13,16,17	3	変位計
	■	P14,18	2	変位測定板
支柱せん断力	HR	P13,14,16,17,18	10	支柱両側面、高さ250mm、2軸ゲージ
ビーム張力	TB	B2,3,4	1	ビーム背面中立軸、1軸ゲージ
衝突速度		路面	1	テープスイッチ
離脱速度		路面	2	テープスイッチ
アンカー引張張力	★	P14,16,18	6	車道側ボルト2本／カ所
合計			23	

図－７．３．４　計測位置図（Ｇｒ－Ａ－２３）　（単位：mm）

（6）実験結果および考察

実験結果を表－７．３．３に示す。

表－７．３．３　実験結果一覧表

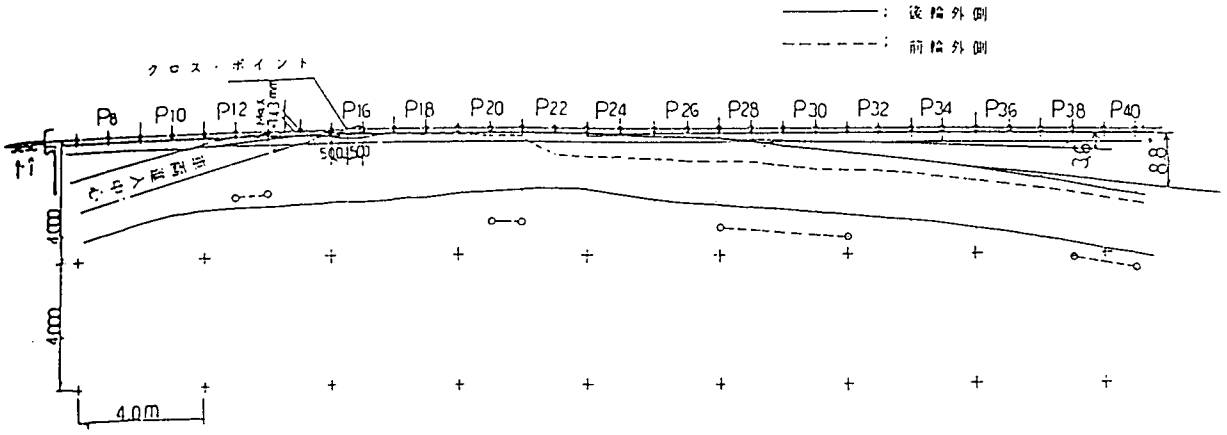
実験供試体				Ｇｒ－Ａ－２３
衝突条件	車両質量(t)			１４
	衝突速度(km/h)			７９．１
	衝突角度(度)			１５
	衝撃度　(kJ)			２２６
離脱速度(km/h)				５９．１
離脱角度(度)				３．６
接触長(m)				１８．２８
最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		２５０
		残留	直角(Y)方向(mm)	３３２
			延長(X)方向(mm)	５４
	ビームY方向残留変位(mm)			２８３
最大進入行程(mm)				０＊
車両最大傾斜角(度)				２１．２
支柱最大水平力(kN)				２０９
ビーム最大張力(kN)				３９．１５
車両重心加速度(高速度写真)	進行(X)方向(m/s^2)			５２．９
	直角(Y)方向(m/s^2)			１０６
	合成　(m/s^2)			－

＊：車輪外側進入量は、143mmで、後輪タンデム車輪中心は320mmであり、最大進入行程は143-320=-177とマイナスとなるため、0mmとした。

1）車両誘導性

質量14tの貨物車は速度79.1km/h、角度15度、衝撃度は226kJでガードレールに衝突した。貨物車は地覆上に乗り上げ、衝突後ガードレールと平行に向きを変え、車両後部がガードレールに衝突して右前輪が浮き上がった（最大浮き上がり量550mm)。その後右後輪が浮き上がり（最大浮き上がり量1,050mm)、車両はガードレール側に傾き（最大傾斜角：前端14.5度、後端24.3度)、速度59.1km/h（減速率25.2%)、角度8.8度で離脱した。車輪外側の最大進入量は、143mmであった。

車両の軌跡図を図－７．３．５に示す。



（単位：mm)

図－７．３．５　車両軌跡図（Ｇｒ－Ａ－２３）

2）防護柵強度

①支柱

防護柵直角方向の支柱最大水平力は、P16で209kNと大きな値であるが、これは支柱がビームで連結されているためビーム張力による分力の増分や、支柱がコンクリートにより固定されていることにより、支柱反力が大きくなったものと考えられる。

また、嵩上げ支柱部のボルトおよびキャップ部の強度は十分であった。

表－７．３．４　支柱の最大変位量(GL+800mm)

支柱番号	P13	P14	P15	P16	P17
最大変位量(mm)	208	250	207	118	30

表－７．３．５　支柱の最大水平力

支柱番号		P13	P14	P16	P17	P18
最大水平力 (kN)	支柱根元部	-33.32	32.93	39.49	21.07	27.73
	上下ビーム間	87.61	103.7	264.2	76.05	26.66
	合計	54.98	90.26	208.7	58.51	45.96

表－７．３．６　支柱アンカーボルトの最大引張力

支柱番号		P14	P16	P18
最大引張力 (kN)	車道側左	－	－	103.4
	車道側右	－	97.02	163.7

②ビーム

Ａ種の上下段ビームは、コルゲーションの大きな潰れ等の局部的な変形はなく、ビームの断面強度は問題ないと考えられる。

表－７．３．７　ビームの最大張力

ビーム番号		B2(P7～8)	B3(P11～12)	B4(P15～16)
最大張力 (kN)	上段ビーム	51.16	-383.7	130.0
	下段ビーム	36.26	－	232.1

③ブラケット

ブラケットは変形は認められたが、ビームから支柱への荷重伝達は十分な強度であった。

３）防護柵損傷状況

①支柱

支柱6本(P23～P28)、荷台の引っかかりによる凹みがあるが、本体の曲り、破断等はない。

支柱地覆埋め込み部のコンクリート3箇所(P13, 15, 17)にひびわれ及び剥離があるが、床版には到っていない。

アンカーボルト定着部のプレートの浮上り、地覆部ひびわれが３箇所(P10, P12, P16)、地覆部コンクリートひびわれ、コンクリート剥離、アンカーボルト抜出しが１箇所(P14)あった。

②ビーム

上段ビームの上端の道路側へのめくれ(P22～P32)、下段ビームのコルゲーションの潰れ(P12～P17)あるが、破断等はない。

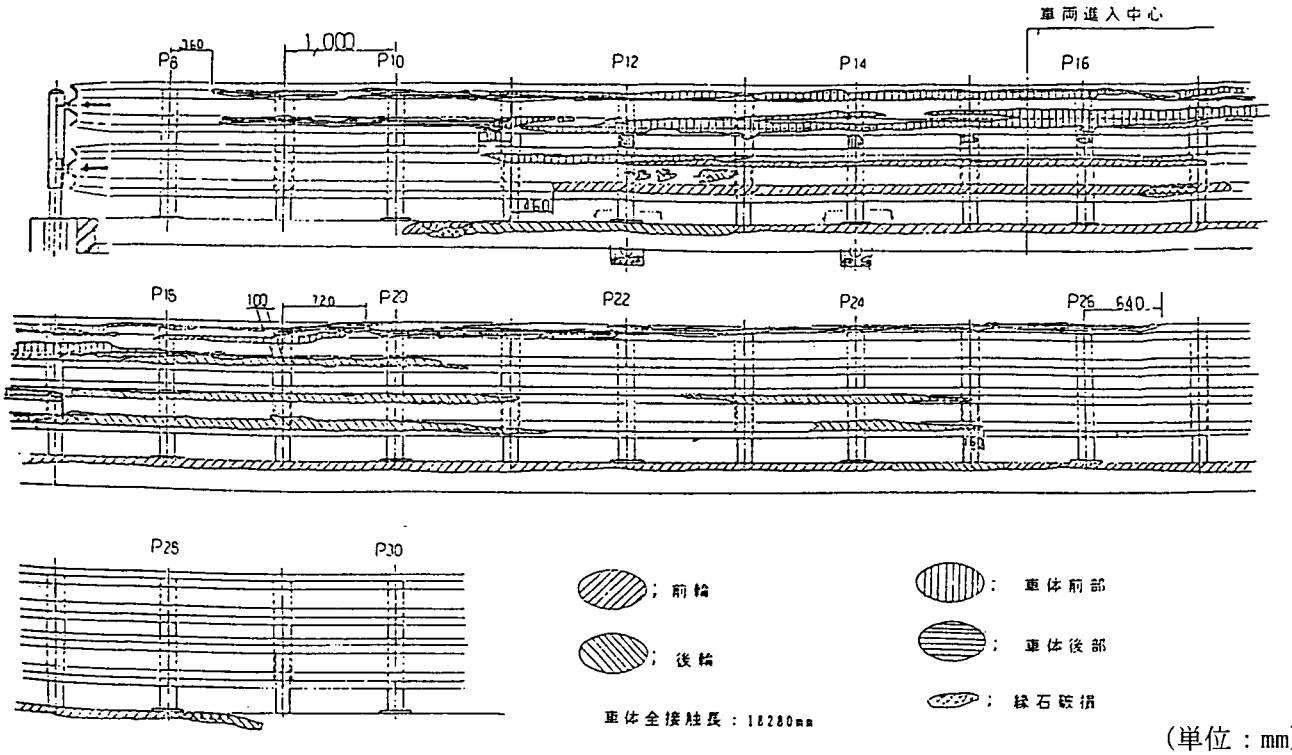
③ブラケット

ブラケット３箇所(P27, 28, 29)の変形が大きいが、破断はない。

④ボルトおよび接合部

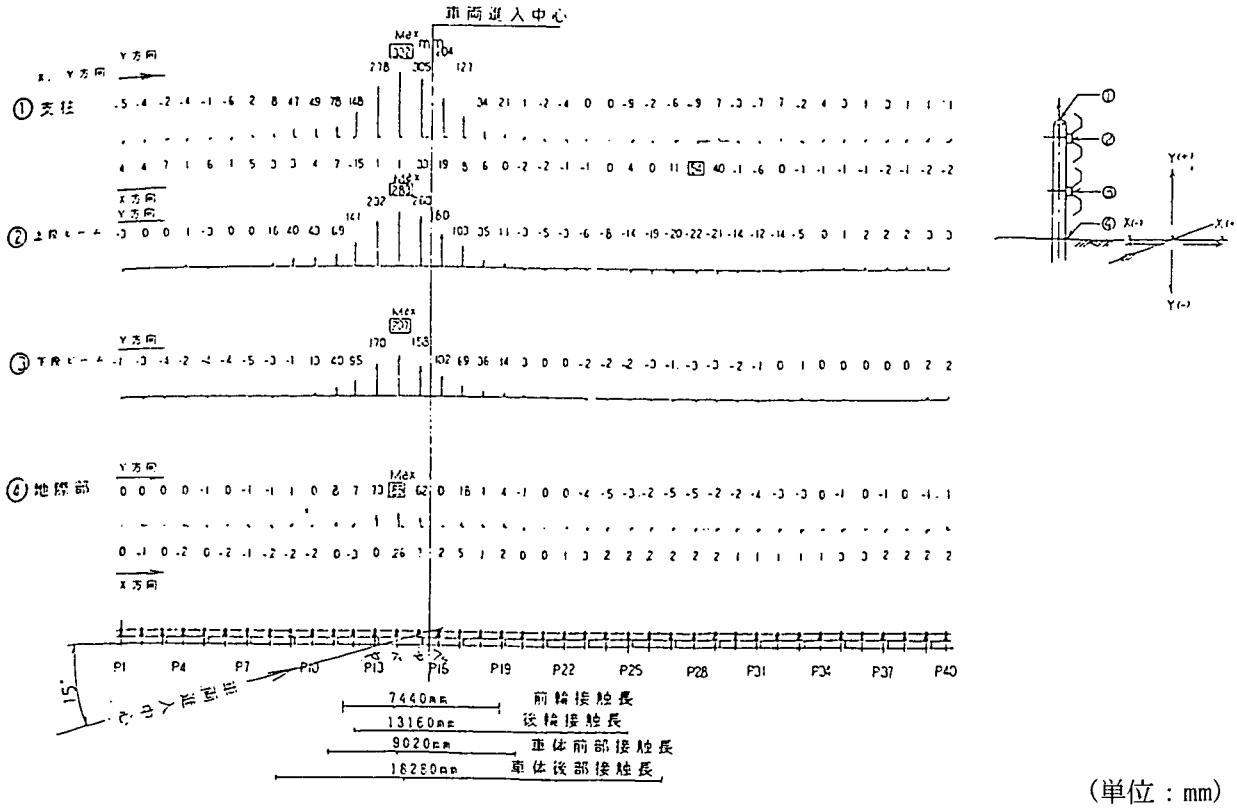
ボルトの破断は無かった。

車両接触跡を図－７．３．６に、防護柵変形状況を図－７．３．７に示す。



（単位：mm）

図－７．３．６車両接触跡（Ｇｒ－Ａ－２３）



（単位：mm）

図－７．３．７　防護柵変形状況（Ｇｒ－Ａ－２３）

4）車両損傷状況

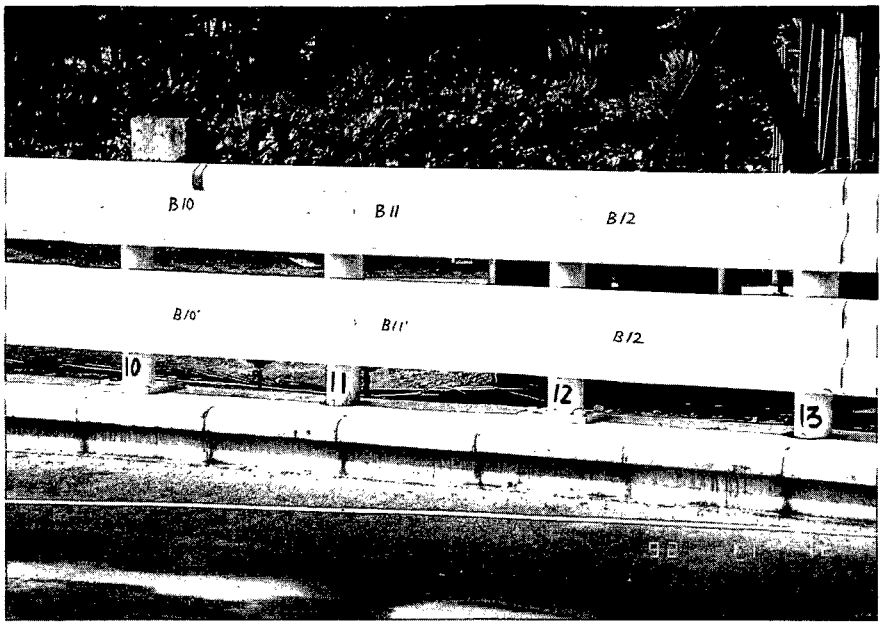
左側前部バンパー、フェンダーに約120mm程度の凹みがあった。左前後輪ホイール外側めくれあるが、バーストはなかった。自力走行可能であった。

5）乗員の安全性

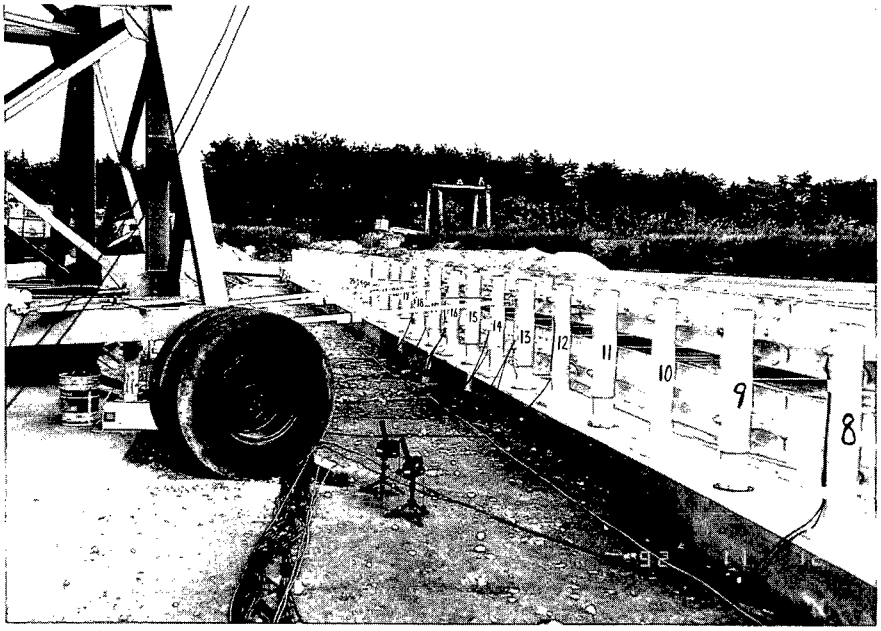
車室内の生存空間は確保されていることから、乗員の安全性は確保されていた。

6）考察

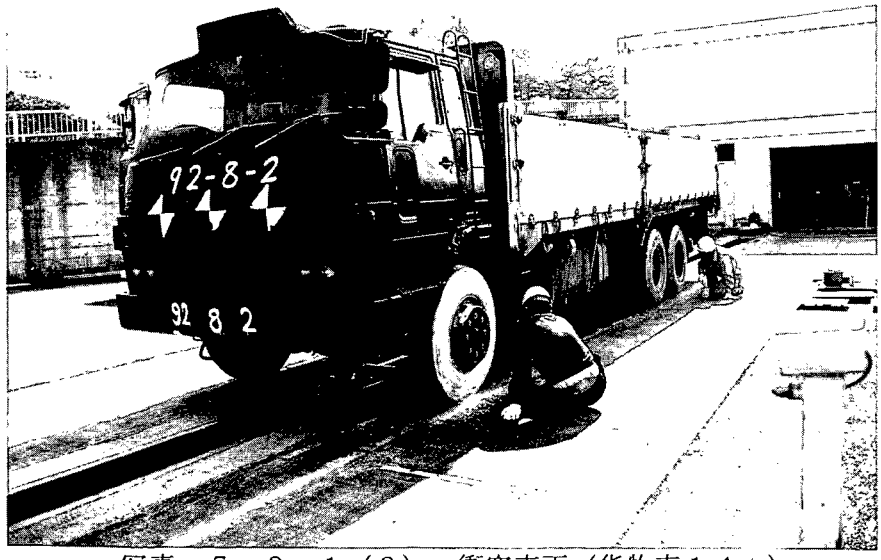
Ｇｒ－Ａ－２３は、橋梁・高架部のＡ種ガードレールをＳ種相当に改良した構造で、衝突実験の評価項目（防護柵の強度、車両の誘導性、乗員の安全性等）に対しては、すべて満足する良好な結果であった。



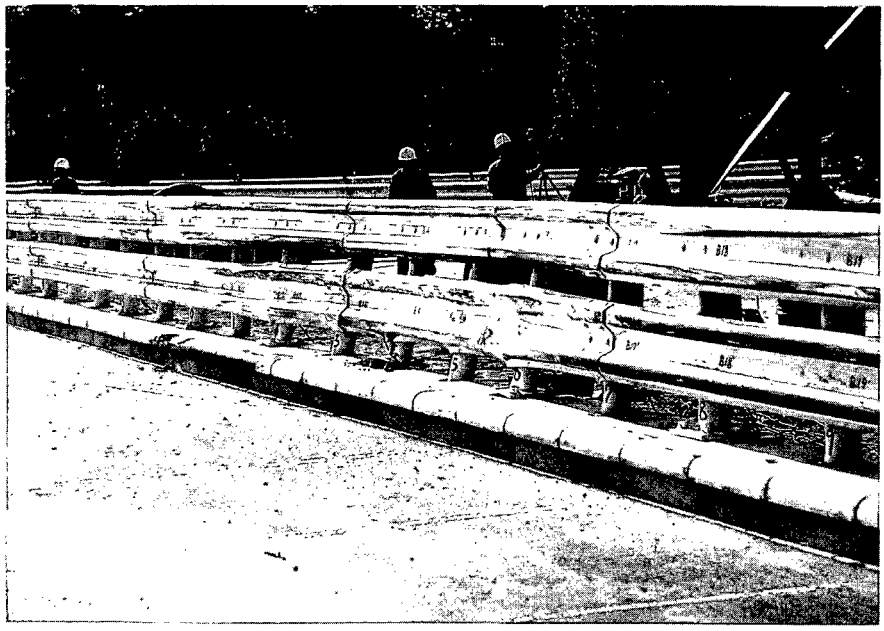
写真－７．３．１（１）　供試体（Gr-A-23：14t,80km/h,15 度）



写真－７．３．１（２）　供試体（Gr-A-23：14t,80km/h,15 度）



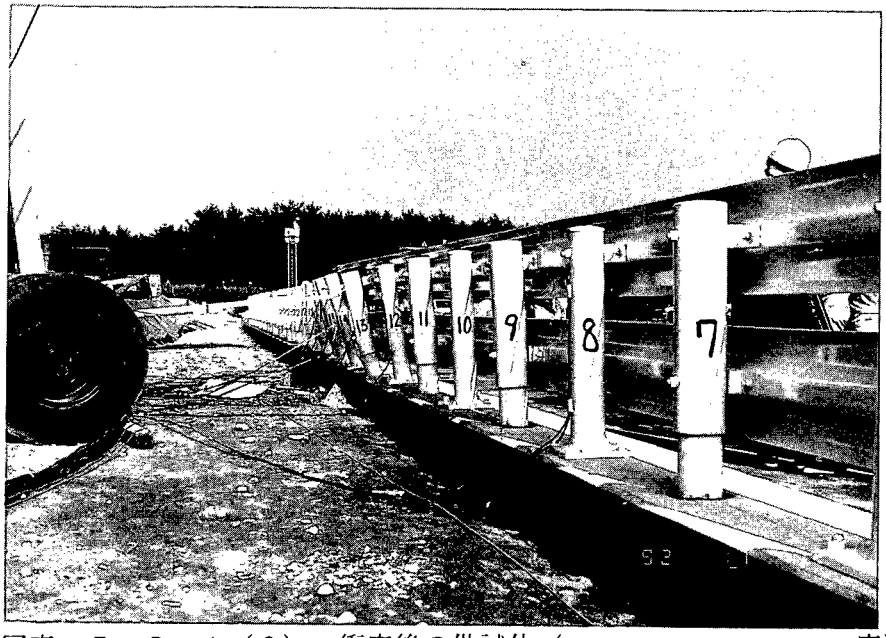
写真－７．３．１（３）　衝突車両（貨物車１４ｔ）



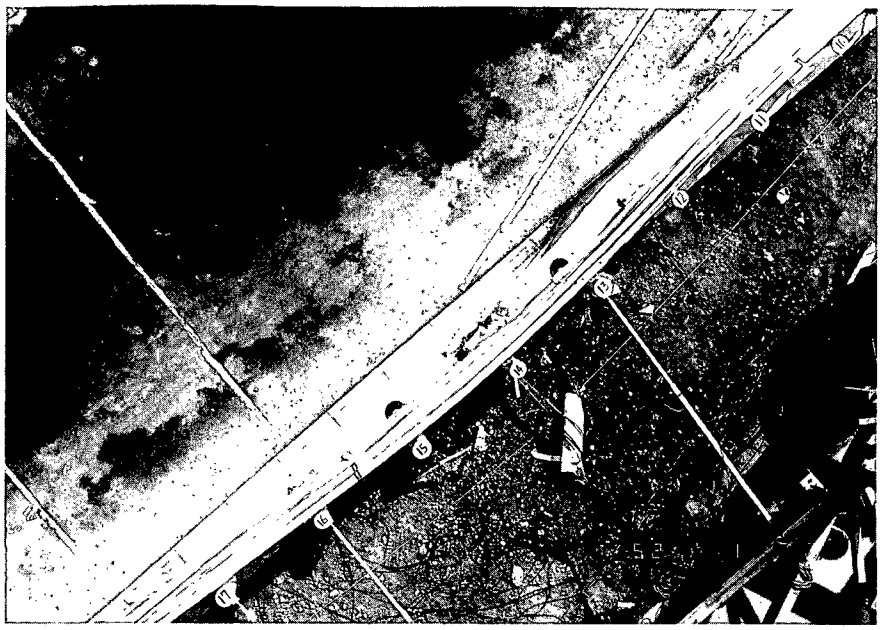
写真－７．３．１（４）　衝突後の供試体（Gr-A-23：14t,80km/h,15 度）



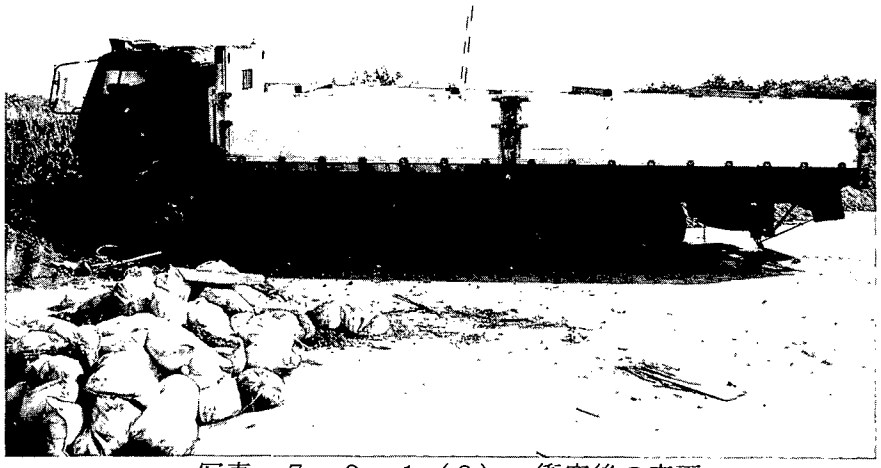
写真－７．３．１（５）　衝突後の供試体（Gr-A-23：14t,80km/h,15 度）



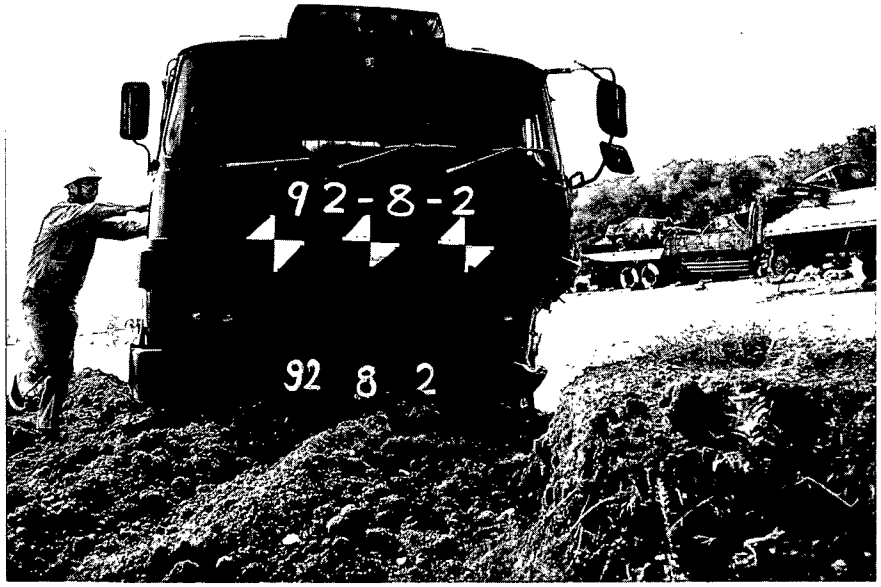
写真－７．３．１（６）　衝突後の供試体（Gr-A-23：14t,80km/h,15 度）



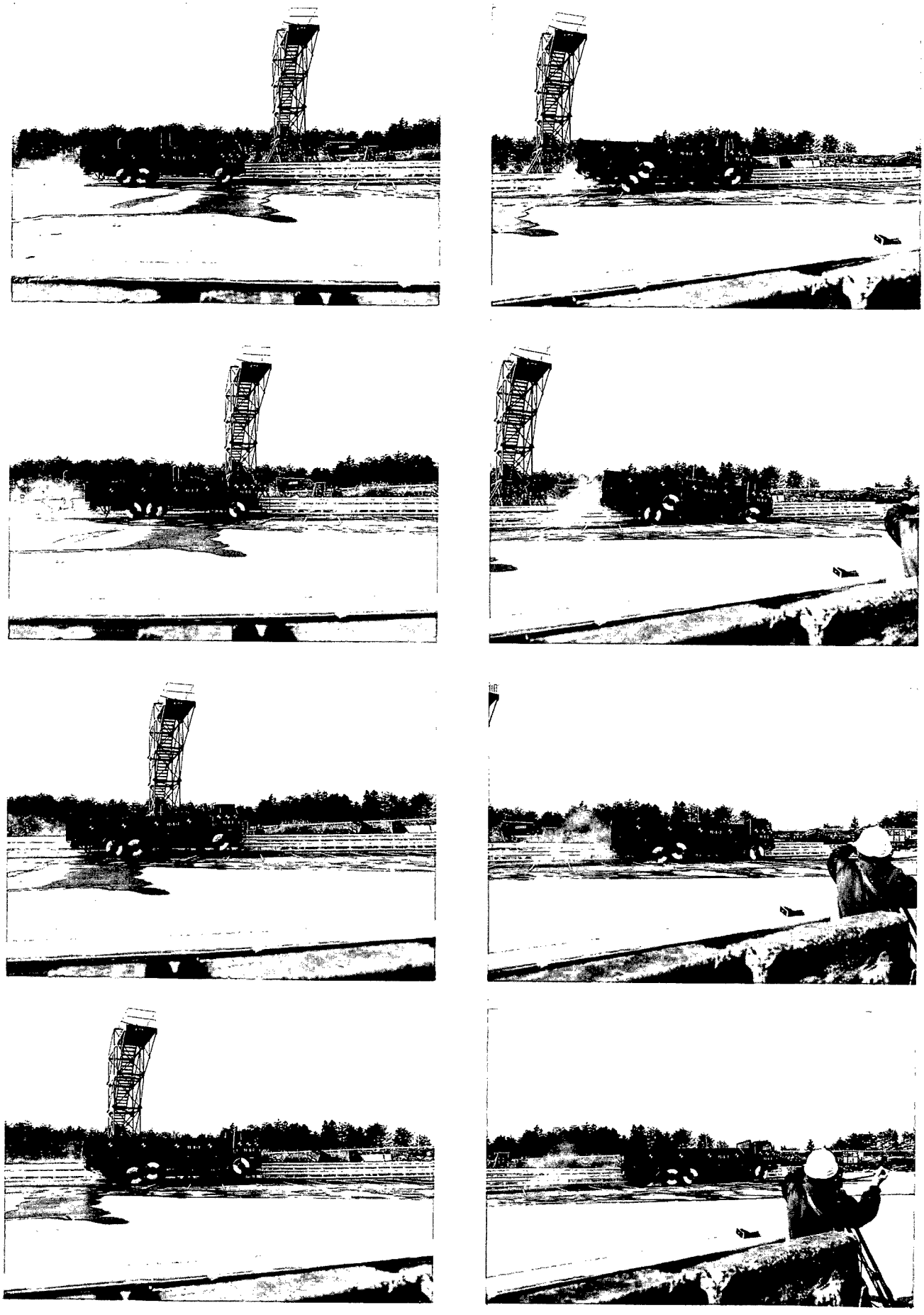
写真－７．３．１（７）　衝突後の供試体（Gr-A-23：14t,80km/h,15 度）



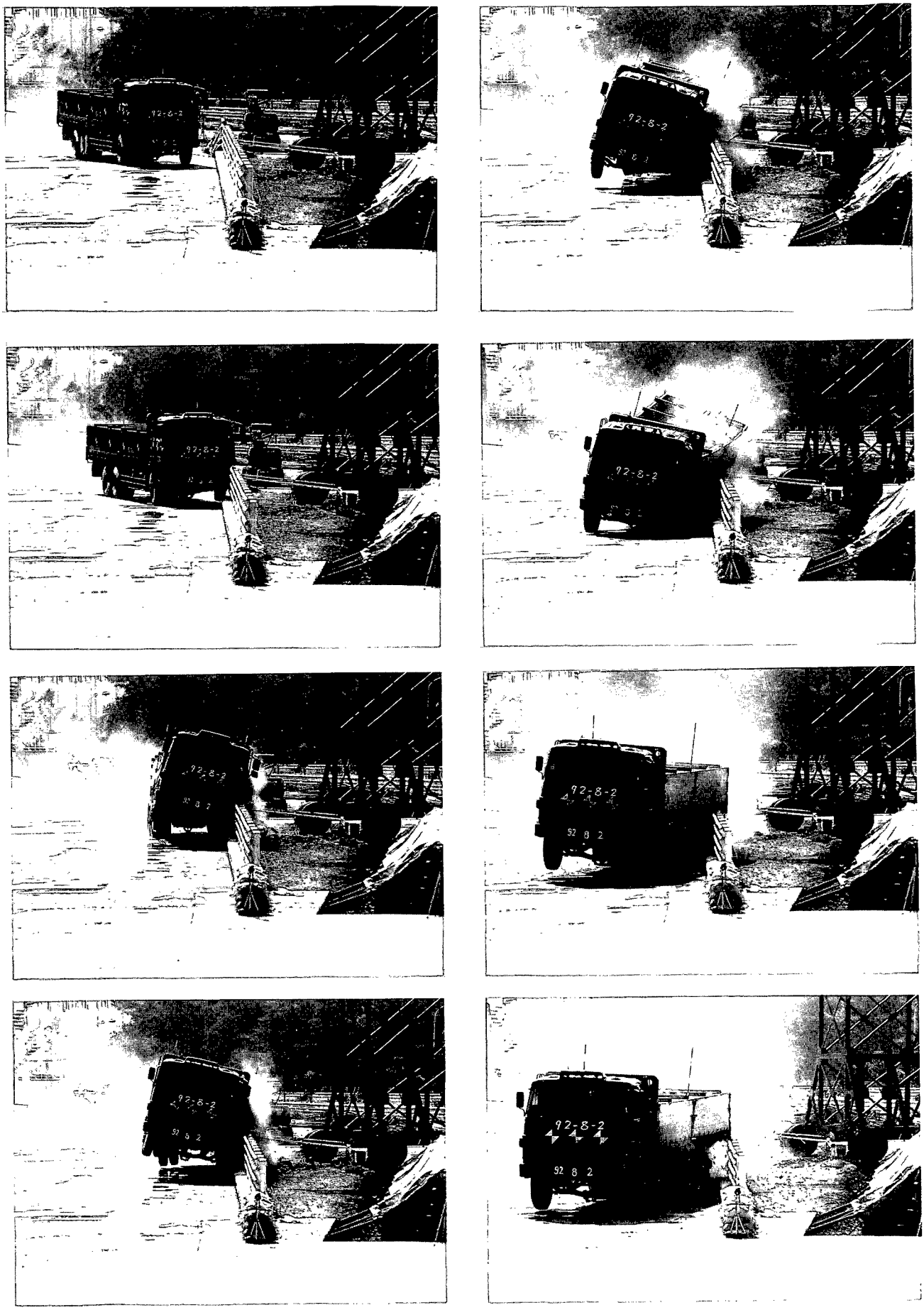
写真－７．３．１（８）　衝突後の車両



写真－７．３．１（９）　衝突後の車両



写真－７．３．１（１０）　衝突状況（Gr-A-23）



写真－７．３．１（１１）　衝突状況（Gr-A-23）

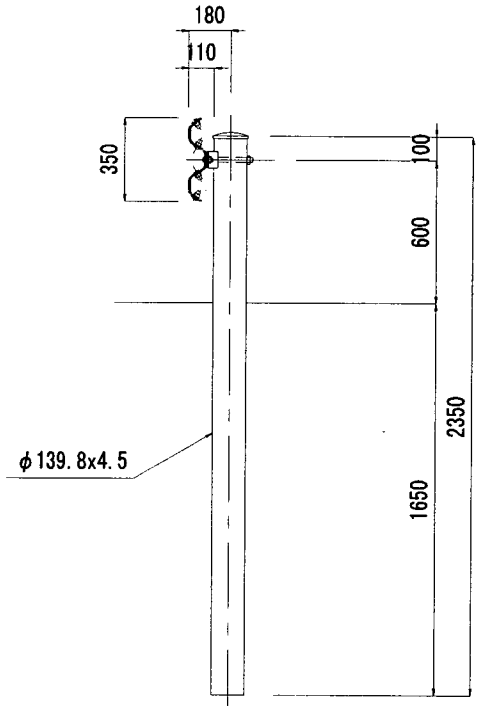
7．3．2　路側用ガードレール Ｇｒ－Ａ－２０

（1）実験１

1）実験目的

本実験では、既設路側用防護柵構造を強化補強をして、衝撃度200kJに対応可能な路側用防護柵を検討し、その機能および挙動を検証する事を目的とする。

改良構造の断面図を図－７．３．８に示す。



図－７．３．８　断面図　（単位：mm）

2）衝突条件

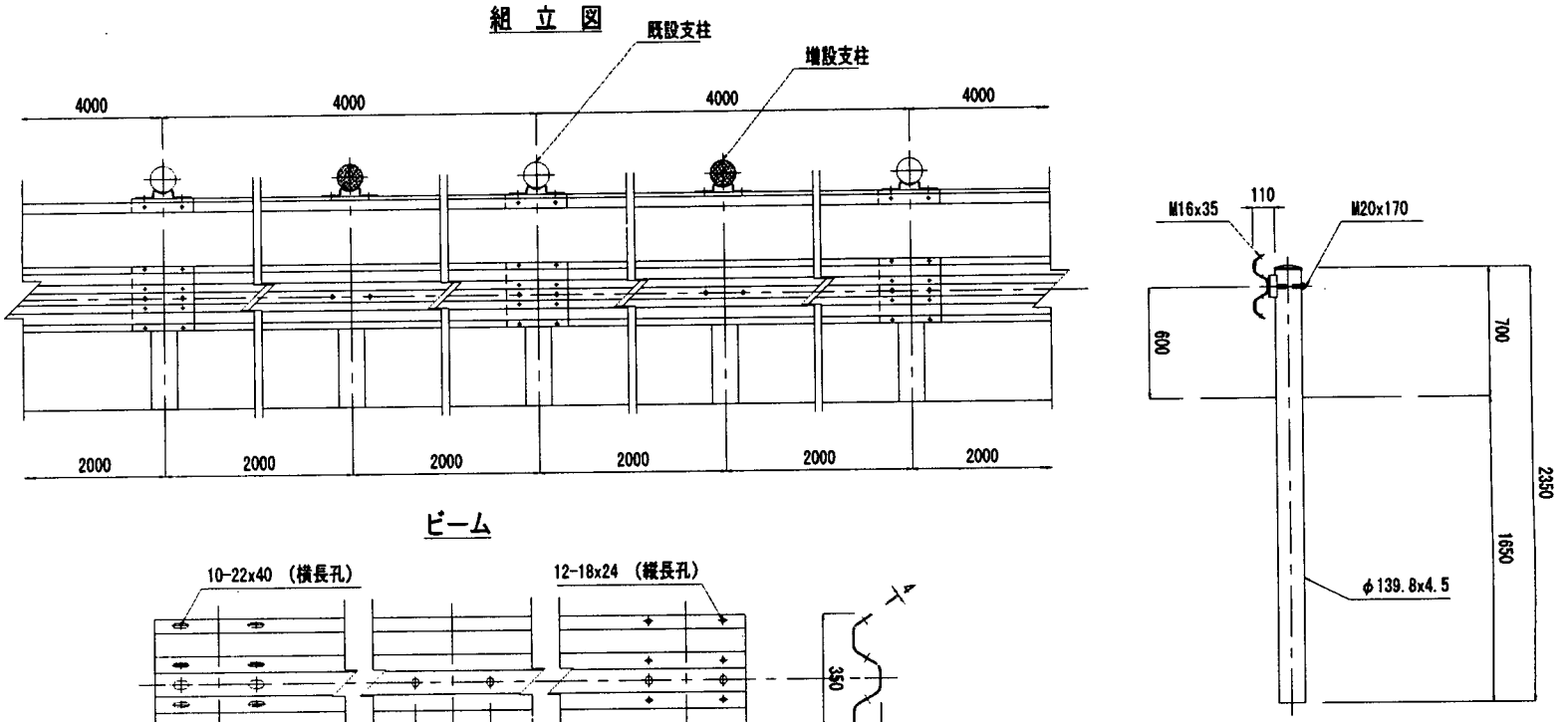
衝突条件を表－７．３．８に示す。

表－７．３．８　衝突条件

衝突車両	貨 物 車
車両質量	8 t
衝突速度	100 km/h
衝突角度	15 度
衝撃度	207 kJ

3）供試体構造

既設路側用防護柵Ｇｒ－Ａの支柱間隔4mの中間部に、既設支柱と同じφ139.8×4.5を増し打ちした強化構造とした。供試体構造を図－７．３．９に示す。



図－7．3．9　供試体構造図　（単位：mm）

4）衝突シミュレーションの検討

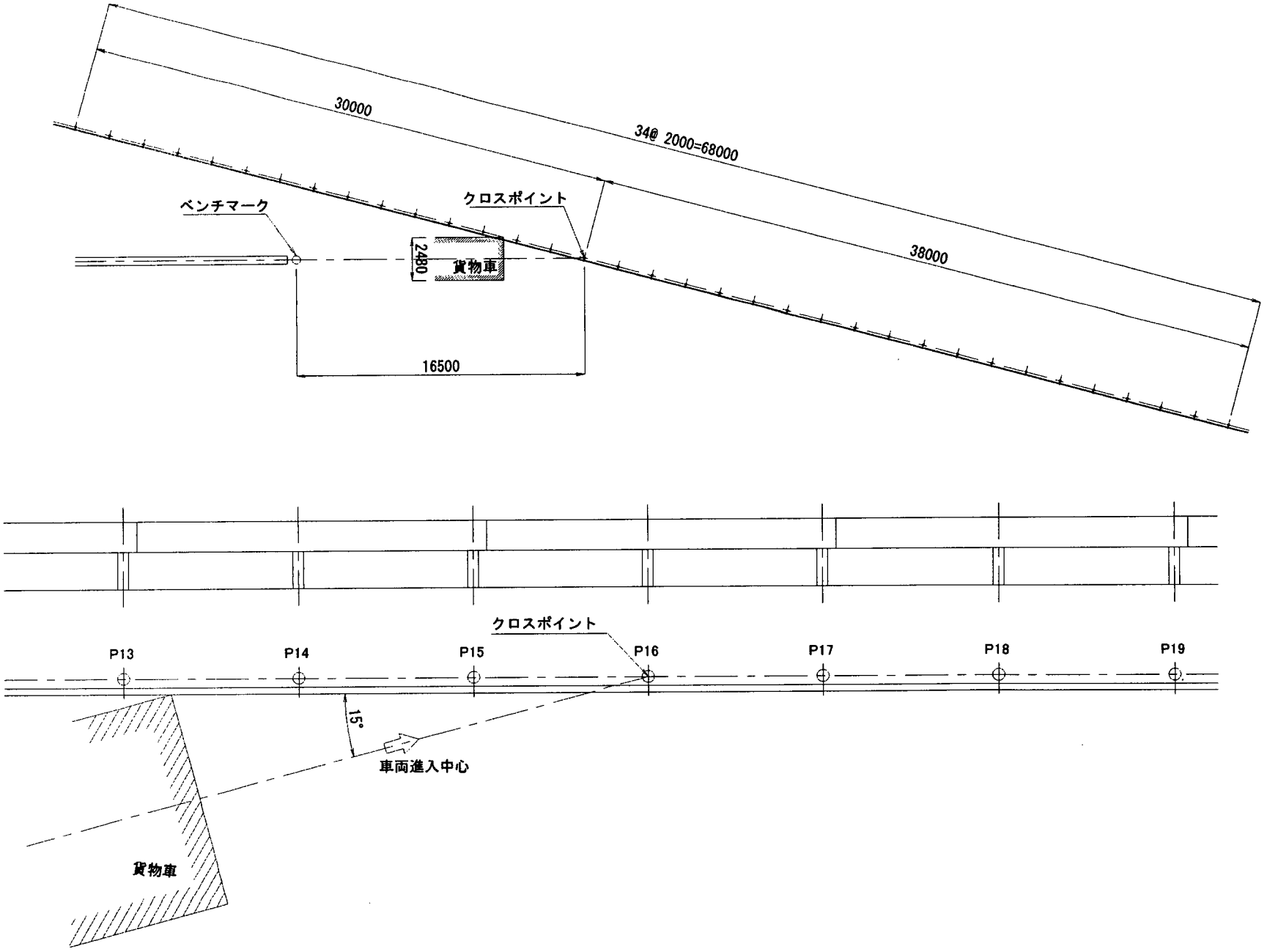
衝突シミュレーションの結果を表－７．３．９に示す。

表－７．３．９　シミュレーション結果

	シミュレーション値
離脱速度　(km/h)	87.7
離脱角度　(度)	12.2
最大進入行程　(mm)	660
防護柵変形範囲　(m)	18
ビーム最大張力　(kN)	272.4
ビーム最大変位量　(mm)	700
支柱最大水平力　(kN)	40
支柱最大変位量　(mm)	665
水 平 力　(kN)	156.8

5）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－７．３．１０に示す。



図－7．3．10　供試体配置図　（単位：mm）

6）実験結果および考察

実験結果を、表－７．３．１０に示す。

表－７．３．１０　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量		(t)	8
	衝突速度		(km/h)	100.2
	衝突角度		(度)	15
	衝撃度		(kJ)	214
離脱速度			(km/h)	計測不能
離脱角度			(度)	12.1
ビーム接触長			(m)	16.7
防護柵最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位	(mm)	―――
		残留 直角(Y)方向	(mm)	981
		残留 延長(X)方向	(mm)	―――
	直角方向ビーム残留変位		(mm)	801
最大進入行程			(mm)	400
車両最大傾斜角(度)	前端			―――
	後端			―――
支柱最大水平力			(kN)	―――
ビーム最大張力(kN)	ビーム			―――
加速度	車両重心 50ms値	進入(X)方向	(m/s²)	―――
		直角(Y)方向	(m/s²)	
		垂直(Z)方向	(m/s²)	―――
		合成	(m/s²)	
HIC値	運転席ダミー			―――
	助手席ダミー			―――

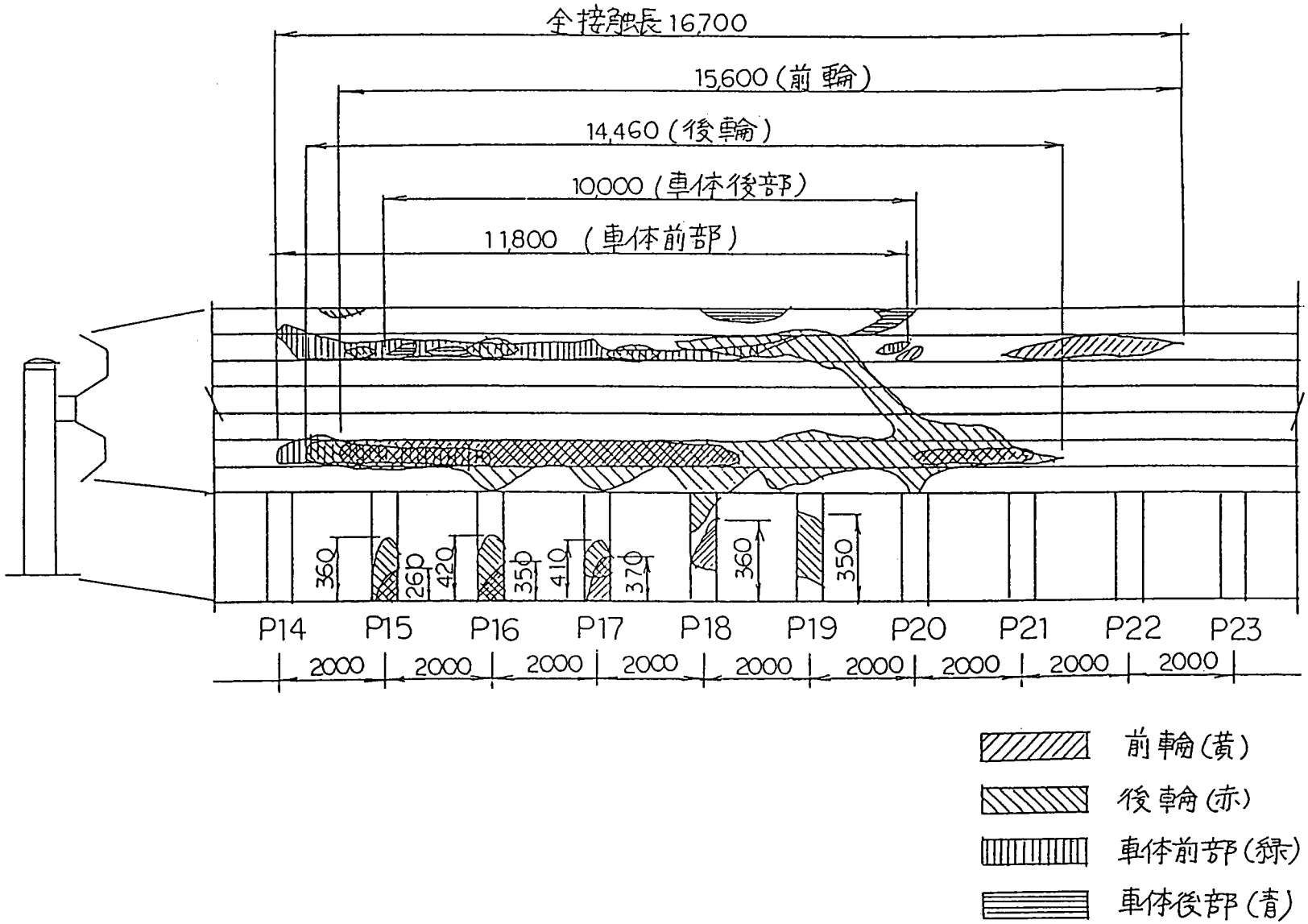
① 車両誘導性

車両は速度100.2km/h、角度15度で防護柵に衝突した。衝突後、車両の突破は防止出来たが車輪による支柱踏み込みで柵高さが低下した。防護柵は、左側後輪を支持したが荷台はビームをすり抜けて、車体の前後にねじれが生じ車体は大きく傾き横転する結果となった。

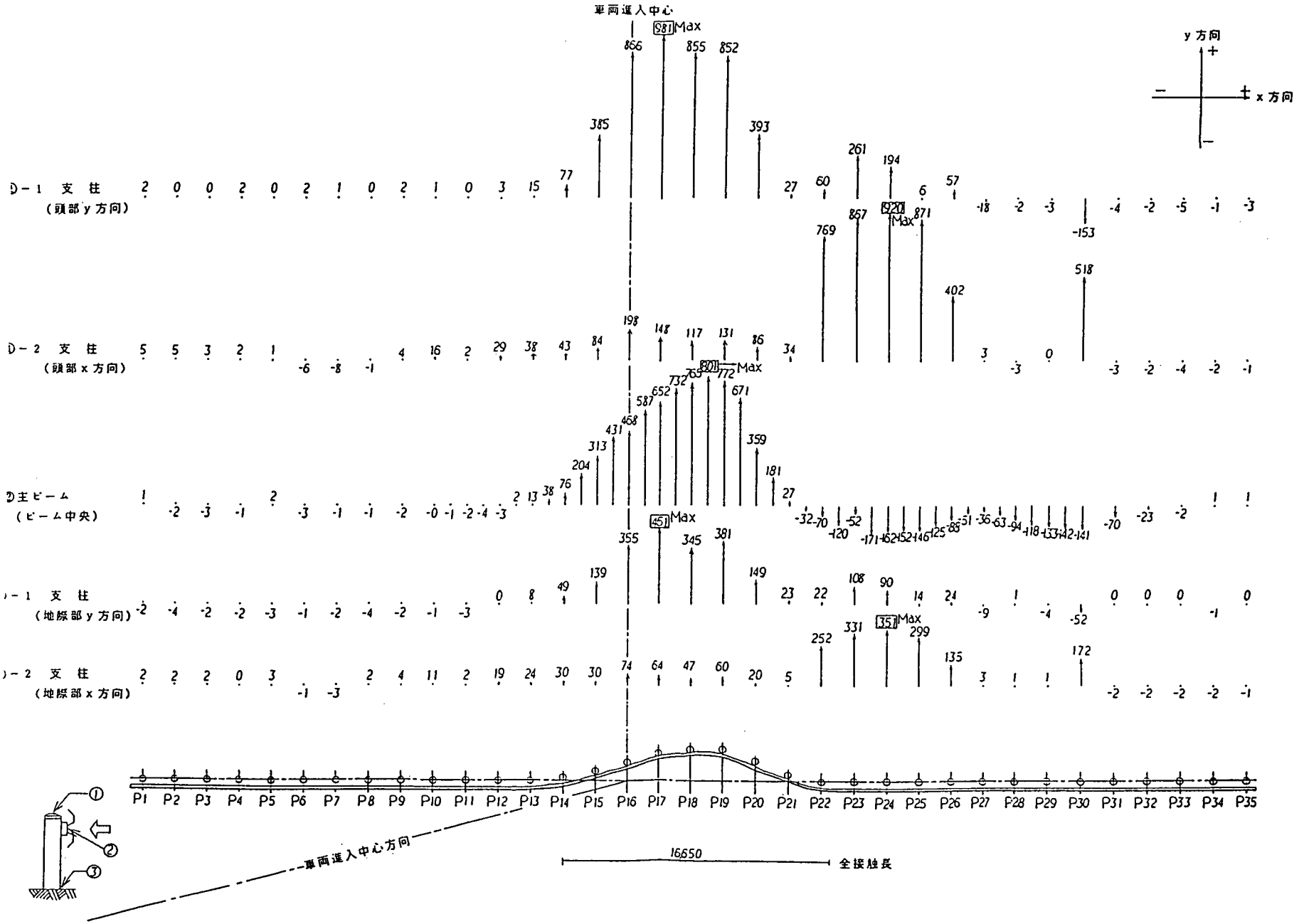
② 防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長は、P14～P22の16.55mであり、残留変位区間長は38mであった。

車両の接触跡を図－７．３．１１、残留変位を図－７．３．１２に示す。



図－7．3．11　車両の接触跡　（単位：mm）



図－7．3．12 防護柵の残留変位 （単位：mm）

a)支柱

支柱と車輪接触は前輪4本(P15～P18)，後輪5本(P15～P19)であり、支柱の折れ曲がりは12本（内６本進行方向）であった。支柱の最大残留変位量はＹ方向に981mm(P17)、Ｘ方向に920mm(P24)であった。

b)ビーム

ビームはコルゲーションの潰れが(P16～P20)あったが、破断等は無かった。

最大残留変位量はＹ方向に801mm(P18, 19間)であった。

c)ブラケット

ブラケットはボルト孔の亀裂が2箇所(P16、17)にあった。

ボルト抜け出しがP22～P26、P28～P31にあった。

d)ボルト及び接合部

ビームとブラケット接合部でボルト抜け出しがP22～P26、P28～P31にあった。

③ 車両損傷状況

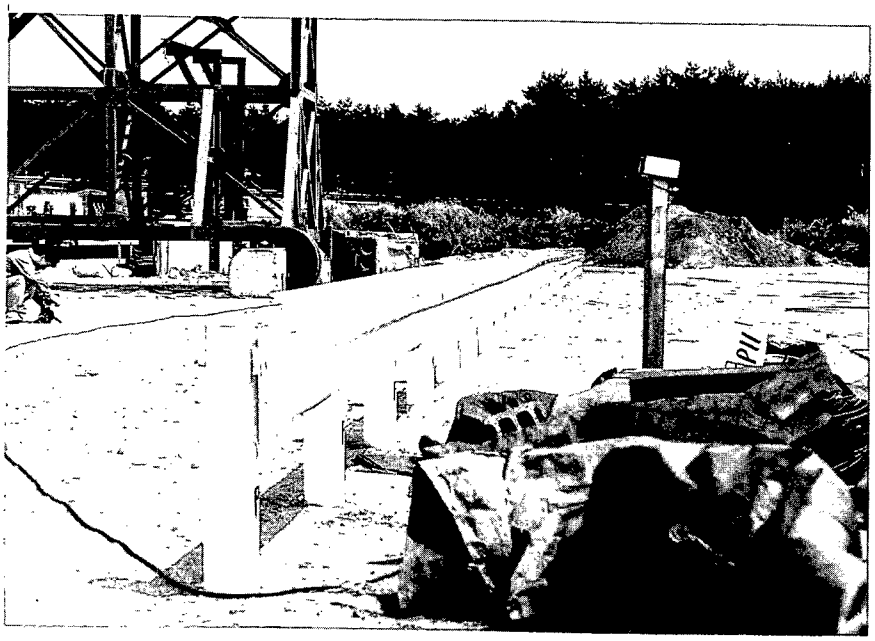
車両損傷状況は、左側前後輪のホイールに変形が有り、左側後輪にバーストがあった。サスペンションがはずれており、運転席は車両の横転で完全に潰れていた。自力走行は不可能であった。

④ 考察

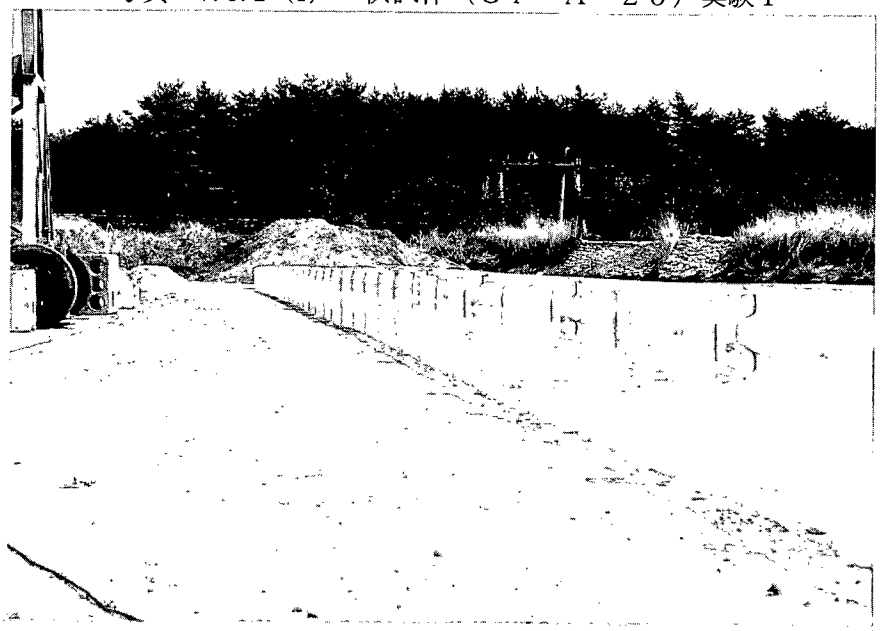
本実験では、目的とした車両誘導が得られず横転した。

その原因としては、柵高さの不足に加えてブロックアウト量が少ないため、支柱への車輪接触で支柱地際部での座屈変形から柵高低下を招いたと考えられる。

車両を良好に誘導させるには、荷台を支持できる部材の配置と、支柱に車輪が接触しても局部的な座屈を防止するために増設支柱の強化が必要であると考えられる。



写真－7.3.2 (1)　供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験１



写真－7.3.2 (2)　供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験１



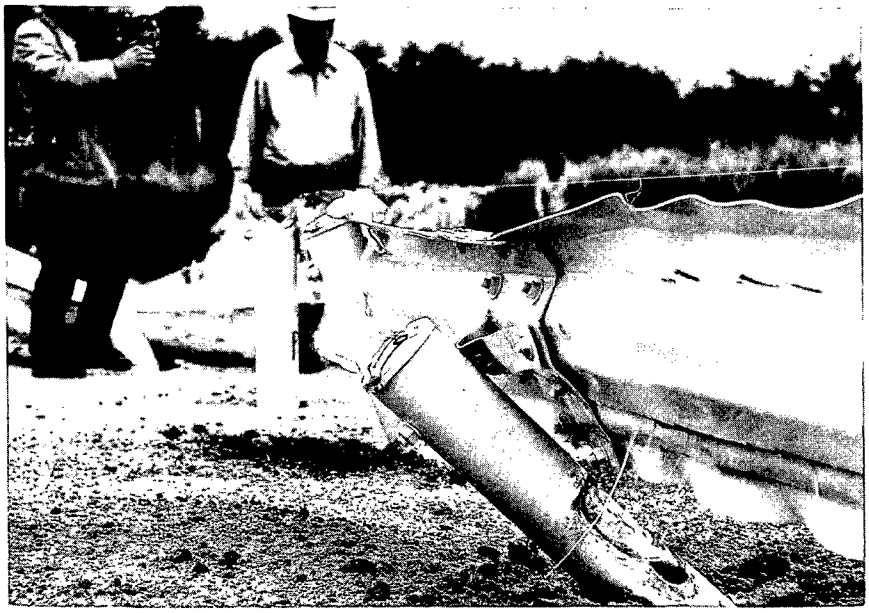
写真－7.3.2 (3)　衝突車両　（貨物車 8t）実験１



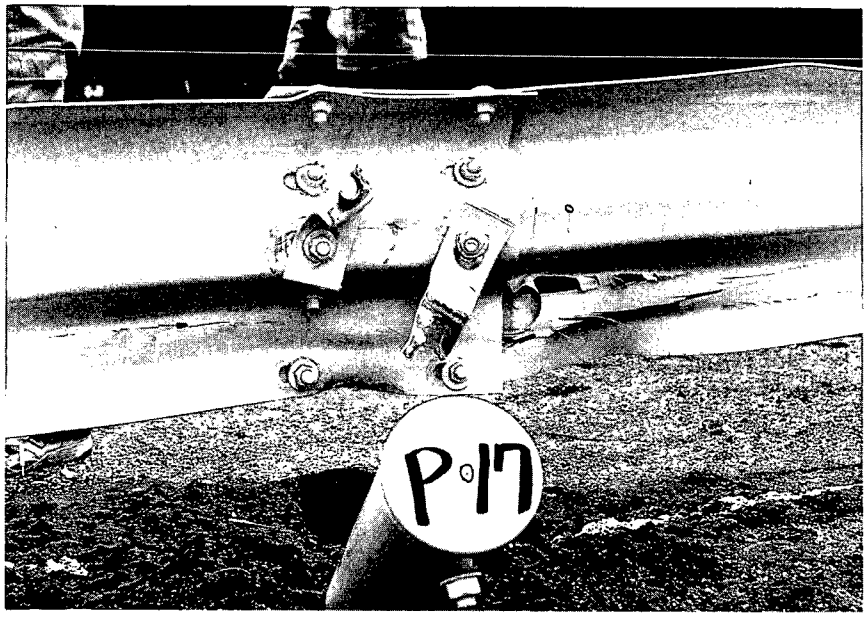
写真－7.3.2（4）　衝突後の供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験１



写真－7.3.2（5）　衝突後の供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験１



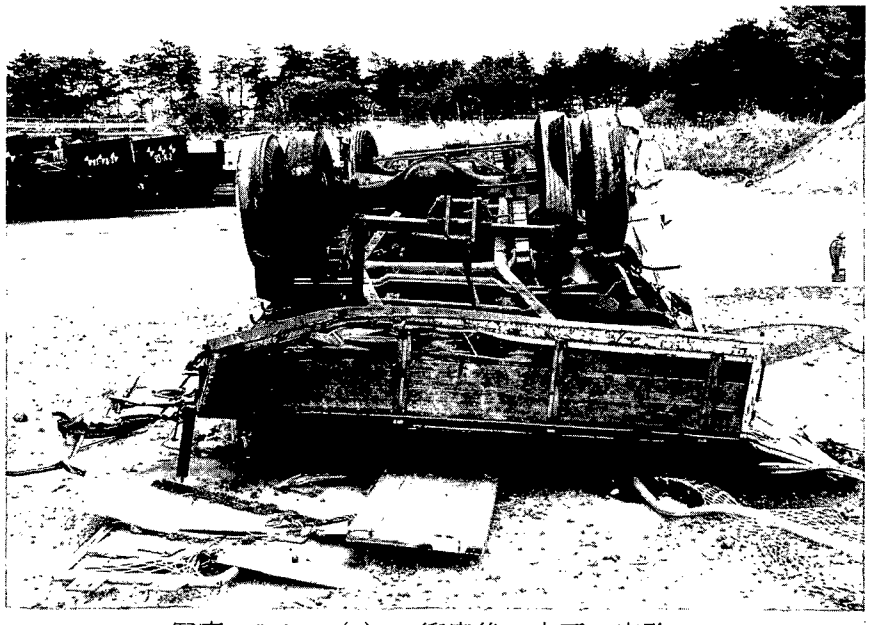
写真－7.3.2（6）　衝突後の供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験１



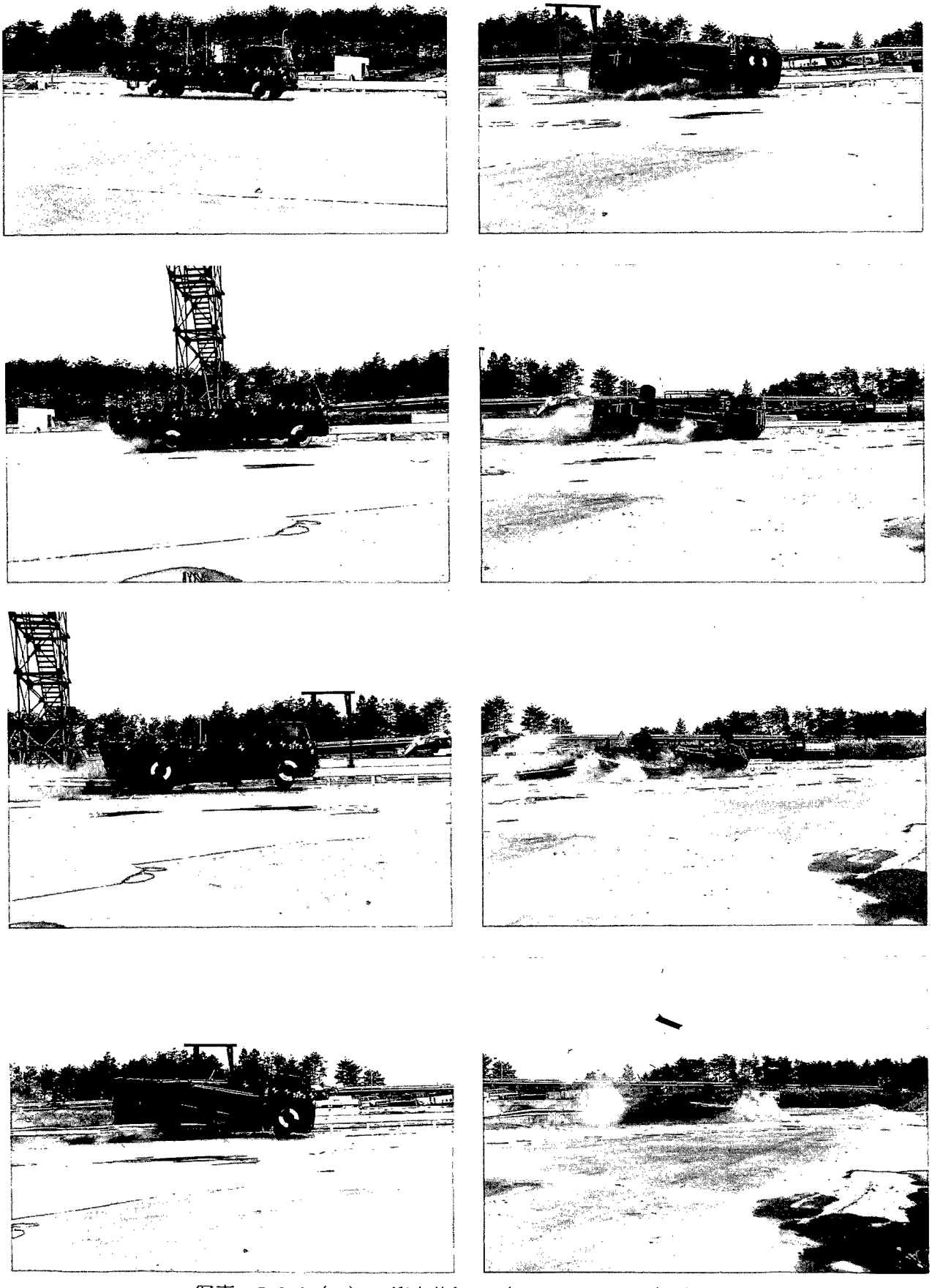
写真－7.3.2（7）　衝突後の供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験１



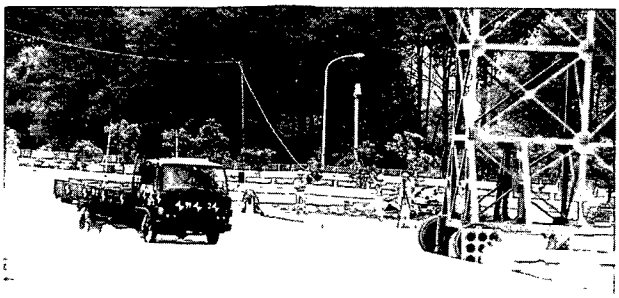
写真－7.3.2（8）　衝突後の車両　実験１

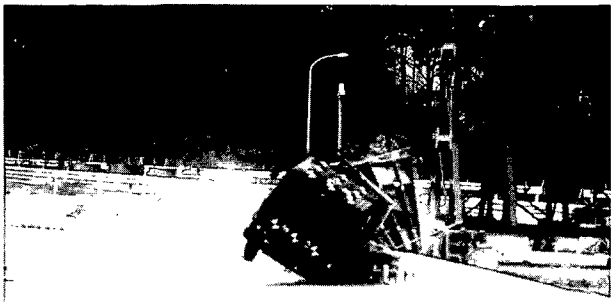


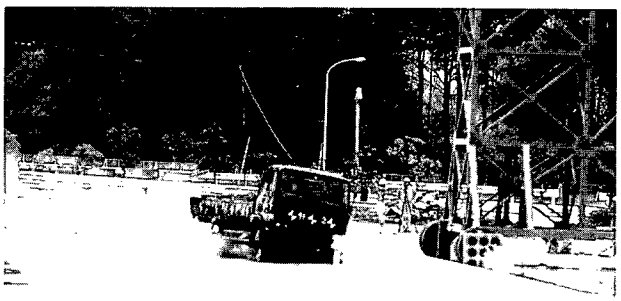
写真－7.3.2（9）　衝突後の車両　実験１

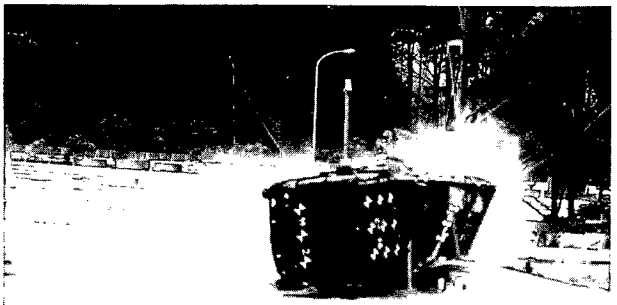


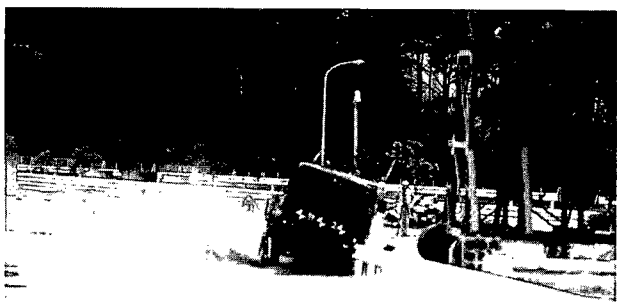
写真－7.3.2（10）　衝突状況　（Ｇｒ－Ａ－２０）実験１

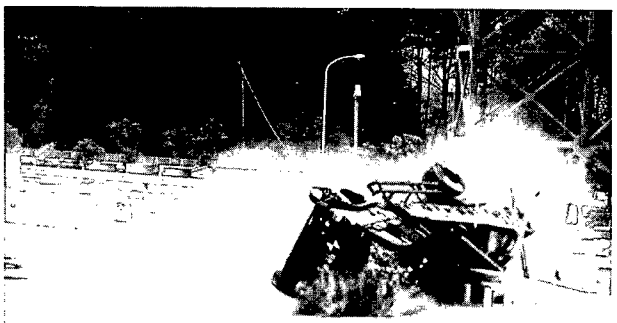


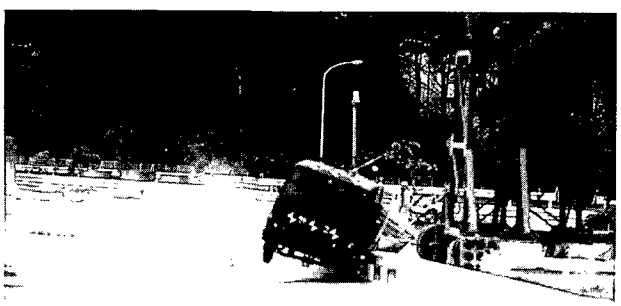














写真－7.3.2（11）　衝突状況　（Ｇｒ－Ａ－２０）実験１

（2）実験２

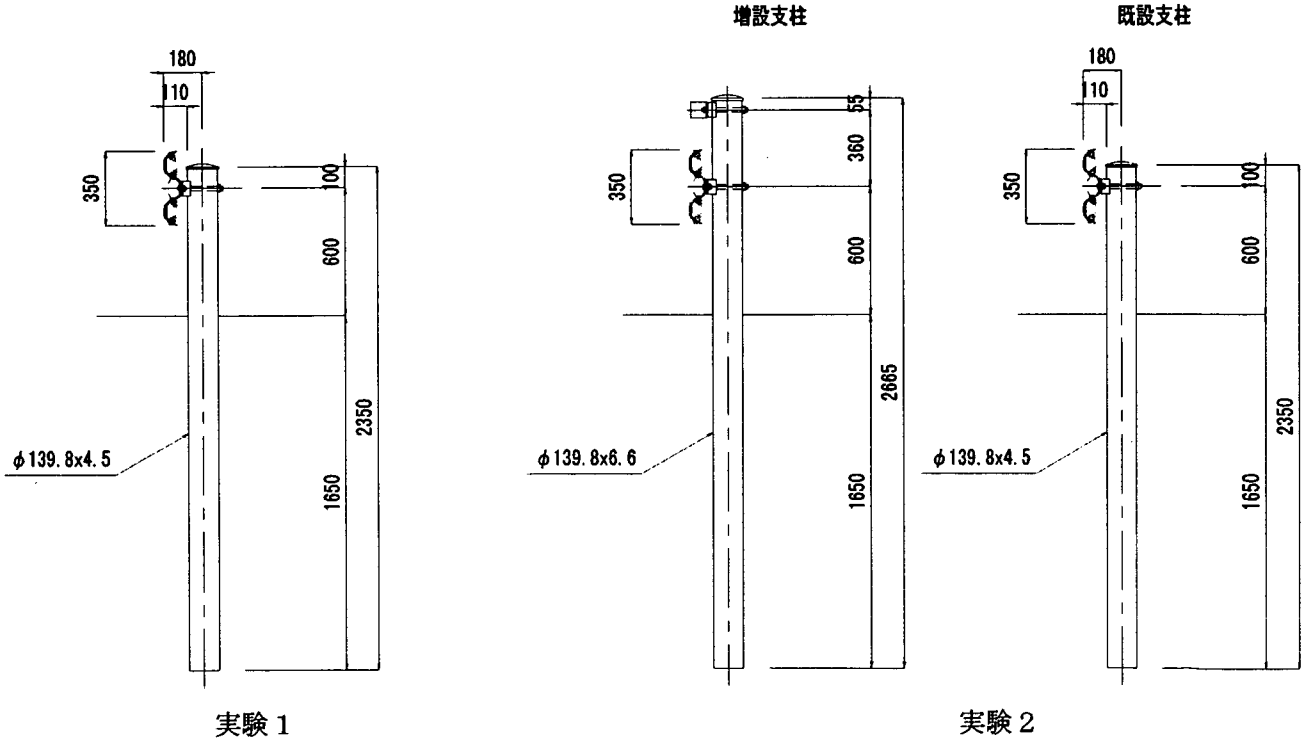
1）供試体構造

実験１の結果から、支柱地際部の座屈変形による想定以上の支柱の倒れが発生したこと、および車両の荷台慣性力を支持し得るだけの部材配置がなされてなっかたことが影響したものと考えられた。

実験２では、車両荷台を支持する高さを考慮して、高さ1mの位置に上段ビーム（□-75×75×4.5）を配置し、増設支柱は、車輪が接触しても局部的な座屈を防止するため、同径の厚肉材を使用した改良構造とした。実験１の構造と実験２の構造を表－７．３．１１、断面図を図－７．３．１３に示す。

表－７．３．１１　供試体構造

改良項目	実験１	実験２
増設支柱	φ139.8×4.5	φ139.8×6.0
支柱間隔	2 m	2 m
補助ビーム	――――	□－75×75×4.5
柵高さ	775 mm	1000 mm



図－７．３．１３　断面図　（単位：mm）

2）衝突条件

衝突条件を表－７．３．１２に示す。

表－７．３．１２　衝突条件

衝突車両	貨 物 車
車両質量	8 t
衝突速度	100 km/h
衝突角度	15 度
衝撃度	207 kJ

3）供試体構造

供試体構造を図－７．３．１４に示す。

4）衝突シミュレーションの検討

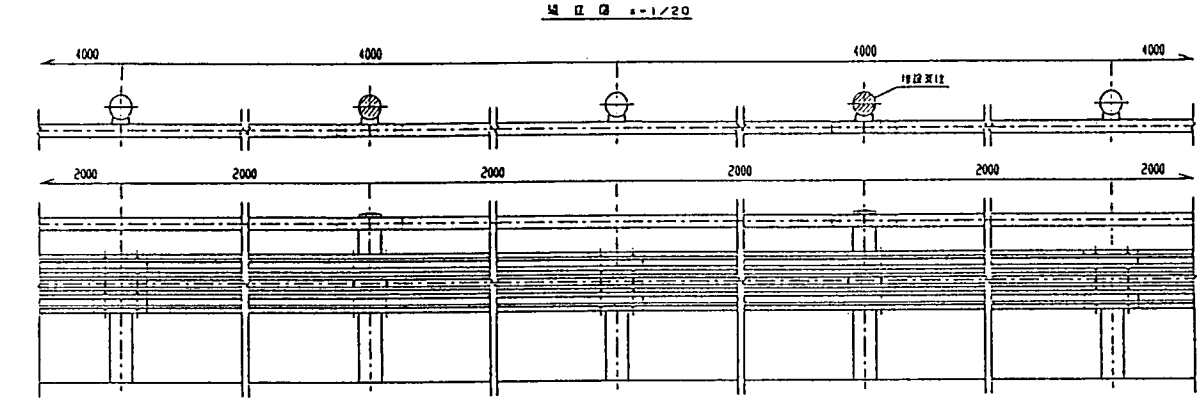
衝突シミュレーションの結果を表－７．３．１３に示す。

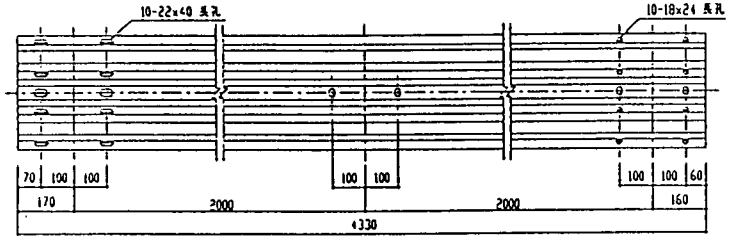
表－７．３．１３　シミュレーション結果

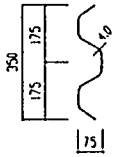
	シミュレーション値
離脱速度　(km/h)	87.6
離脱角度　(度)	12.1
最大進入行程　(mm)	600
防護柵変形範囲　(m)	18
ﾋﾞｰﾑ最大張力　(kN)	327.3
ﾋﾞｰﾑ最大変位量　(mm)	620
支柱最大水平力　(kN)	41.7
支柱最大変位量　(mm)	599
水 平 力　(kN)	168.6

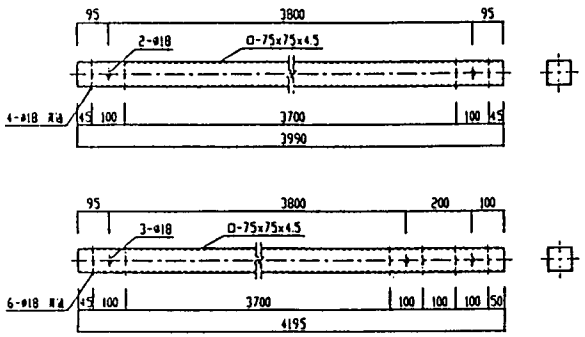
5）供試体の配置および計測位置

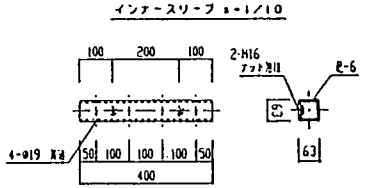
供試体の配置および計測位置を図－７．３．１５に示す。

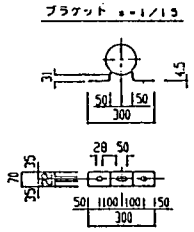


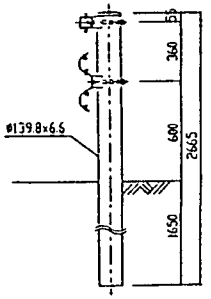


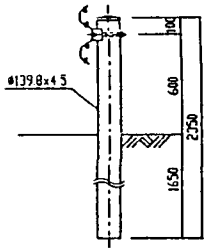


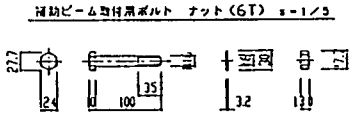


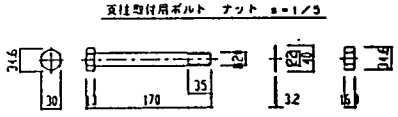


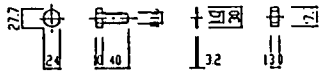


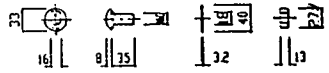










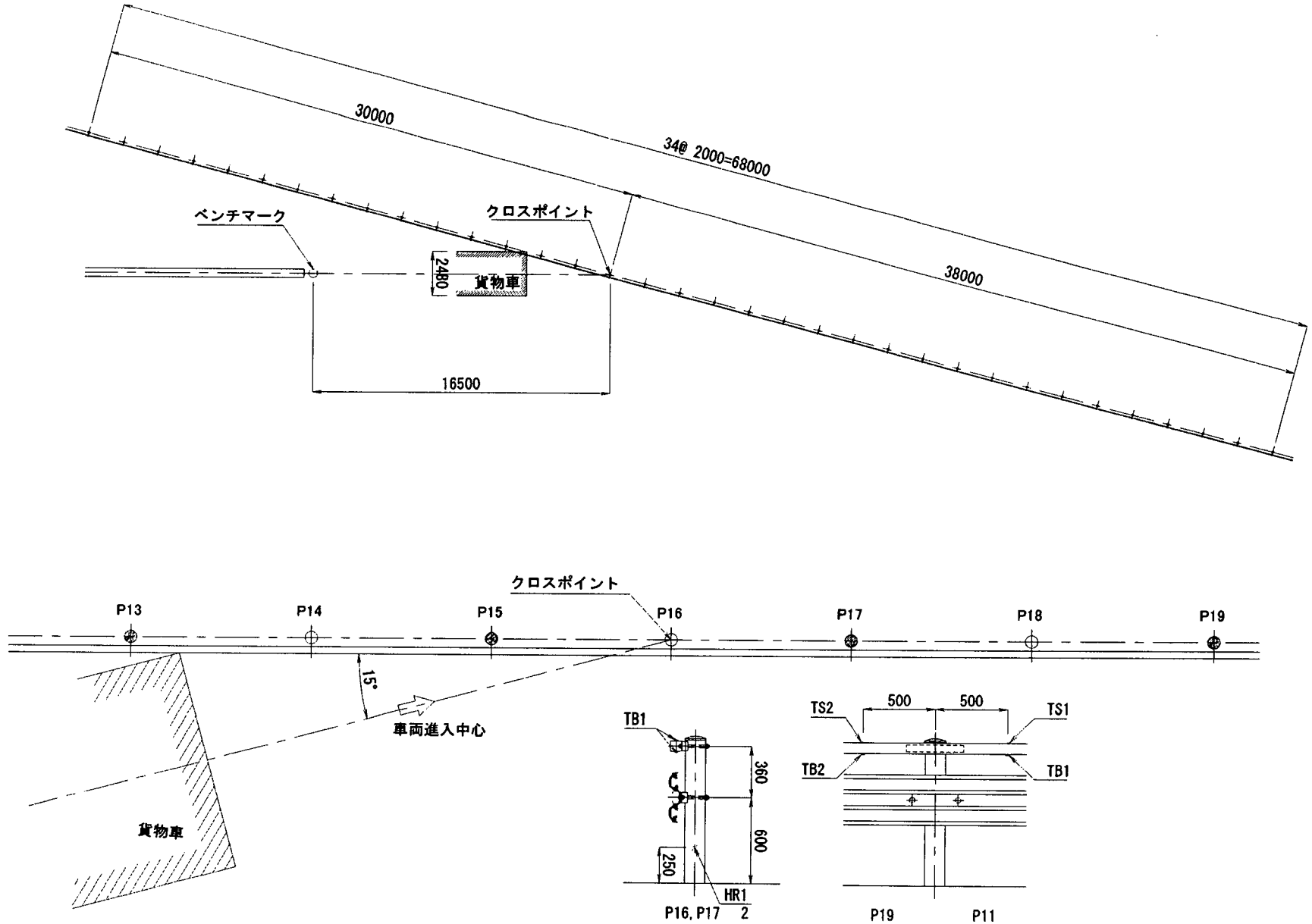


部材表

(68m一連)

名称	寸法	単重(kg)	数量	重量(kg)	備考
支柱	φ139.8x4.5x2350	36.1	17	613.7	
支柱	φ139.8x6.6x2665	58.2	18	1047.6	
ビーム	4.0x350x4330	64.1	17	1089.7	
補助ビーム	□-75x75x4.5x3990	38.1	15	571.5	
補助ビーム	□-75x75x4.5x4195	40.1	2	80.2	
ブラケット	4.5x70x300	0.93	53	49.3	
インナースリーブ	□-63x63x6.0x400	4.4	18	79.2	
B. N	M20x170	0.57	53	30.2	
B. N	M16x35	0.12	206	24.7	
B. N	M16x100 (6T)	0.24	72	17.3	
B. N	M16x40 (6T)	0.15	36	5.4	
合計	3608.8 kg			(53.1 kg/m)	

図－7．3．14　供試体構造図（単位：mm）



図－7．3．15　供試体配置図　（単位：mm）

6）実験結果および考察

実験結果を、表－７．３．１４に示す。

表－７．３．１４　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量 (t)			8
	衝突速度 (km/h)			100.7
	衝突角度 (度)			15
	衝撃度 (kJ)			214
離脱速度 (km/h)				計測不能
離脱角度 (度)				4.57
ビーム接触長 (m)				16.01
防護柵最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		———
		残留	直角(Y)方向 (mm)	831
			延長(X)方向 (mm)	245
	直角方向ﾋﾞｰﾑ残留変位 (mm)		主ﾋﾞｰﾑ	572
			補助ﾋﾞｰﾑ	835
最大進入行程 (mm)				440
車両最大傾斜角(度)	前端			———
	後端			———
支柱最大水平力 (kN)				54.9
ビーム最大張力 (kN)	ビーム			———
	上段ビーム			112.2
加速度重心	50ms値	進入(X)方向 (m/s²)		———
		直角(Y)方向 (m/s²)		———
		垂直(Z)方向 (m/s²)		———
		合成 (m/s²)		———
HIC値	運転席ダミー			———
	助手席ダミー			———

① 車両誘導性

車両は速度100.7km/h、角度15度で防護柵に衝突した。衝突後車両は防護柵側に大きく傾いたが、上段ビームが荷台を支持し車両は浅い角度で誘導された。土嚢の飛散は無かった。

離脱速度の計測は不能であったが、離脱角度は4.57度で衝突角度の30%であった。

② 防護柵強度

a）支柱

既設支柱に働いた水平力は、衝突から0.171秒後に56kN（P16）発生し、その時の変位量は758mmであった。

また、増設支柱の水平力は、衝突から0.227秒後に49kN（P17）発生し、その時の変位量は831mmであった。

b）補助ビーム

ビームに発生した最大張力は、ビーム上側で130kN（P11～P12間）であり、ビーム下側で105kN（P18～P19間）であった。

③ 防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長は、P14～P22の16.01mであり、残留変位区間長は38mであった。

車両の接触跡を図－７．３．１６、残留変位を図－７．３．１７に示す。

a）支柱

支柱との車輪接触は前輪２本(P15､P16)，後輪４本(P15～P18)であり、支柱の折れ曲がりは８本(内４本増設支柱)あった。支柱の最大残留変位量はＹ方向に831mm(P17)、Ｘ方向に254mm(P16)であった。増設支柱の地際部での局部座屈は無く良好であった。

b）ビーム

ビームはコルゲーションの潰れ(P16～P18)があった。また、継ぎ手部の亀裂(P16)があった。

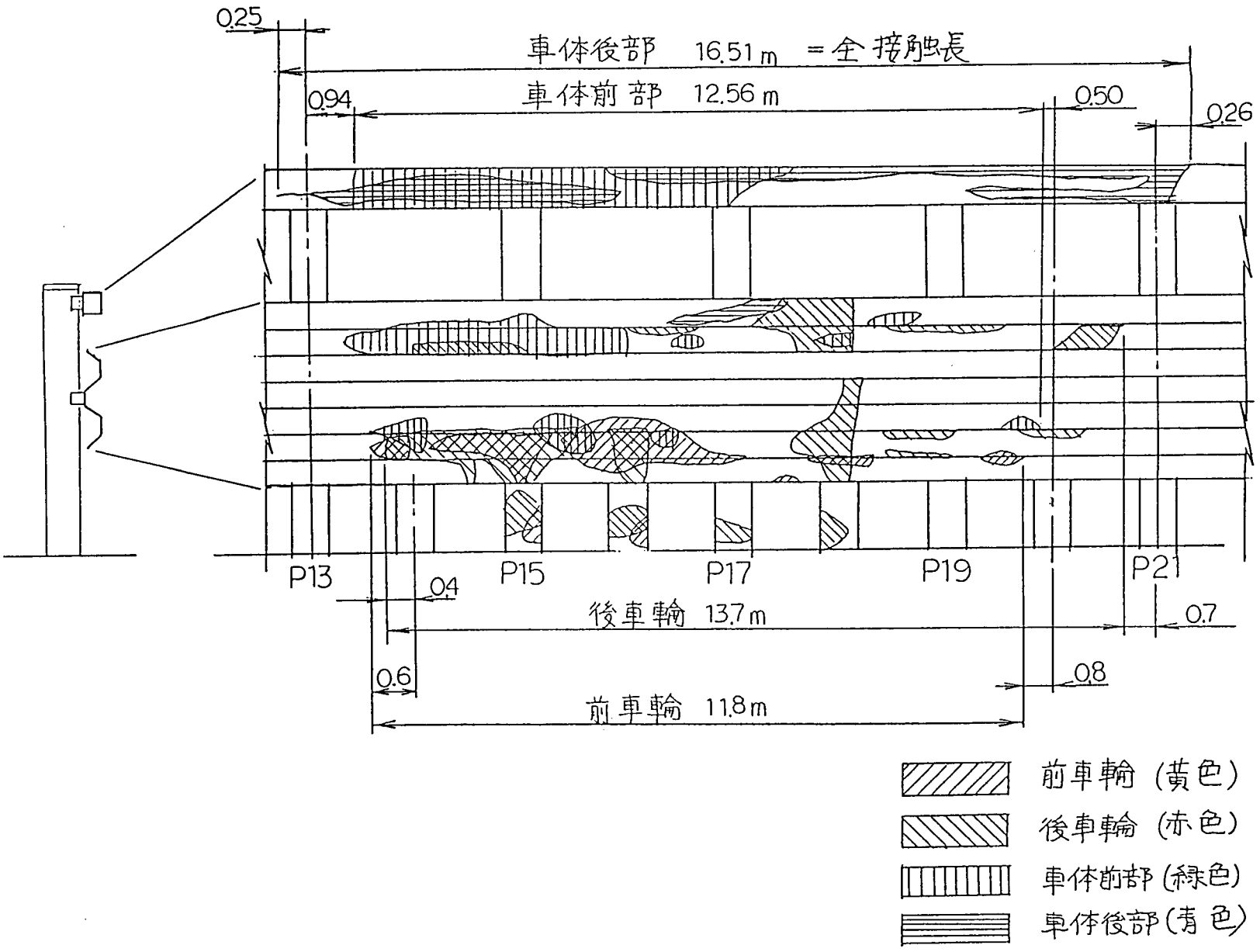
補助ビームについては変形は大きいが亀裂等は無かった。ビームの最大残留変位量はＹ方向に　572mm(P15,16間)であり、補助ビームの最大残留変位量はＹ方向に835mm(P16)であった。

c）ブラケット

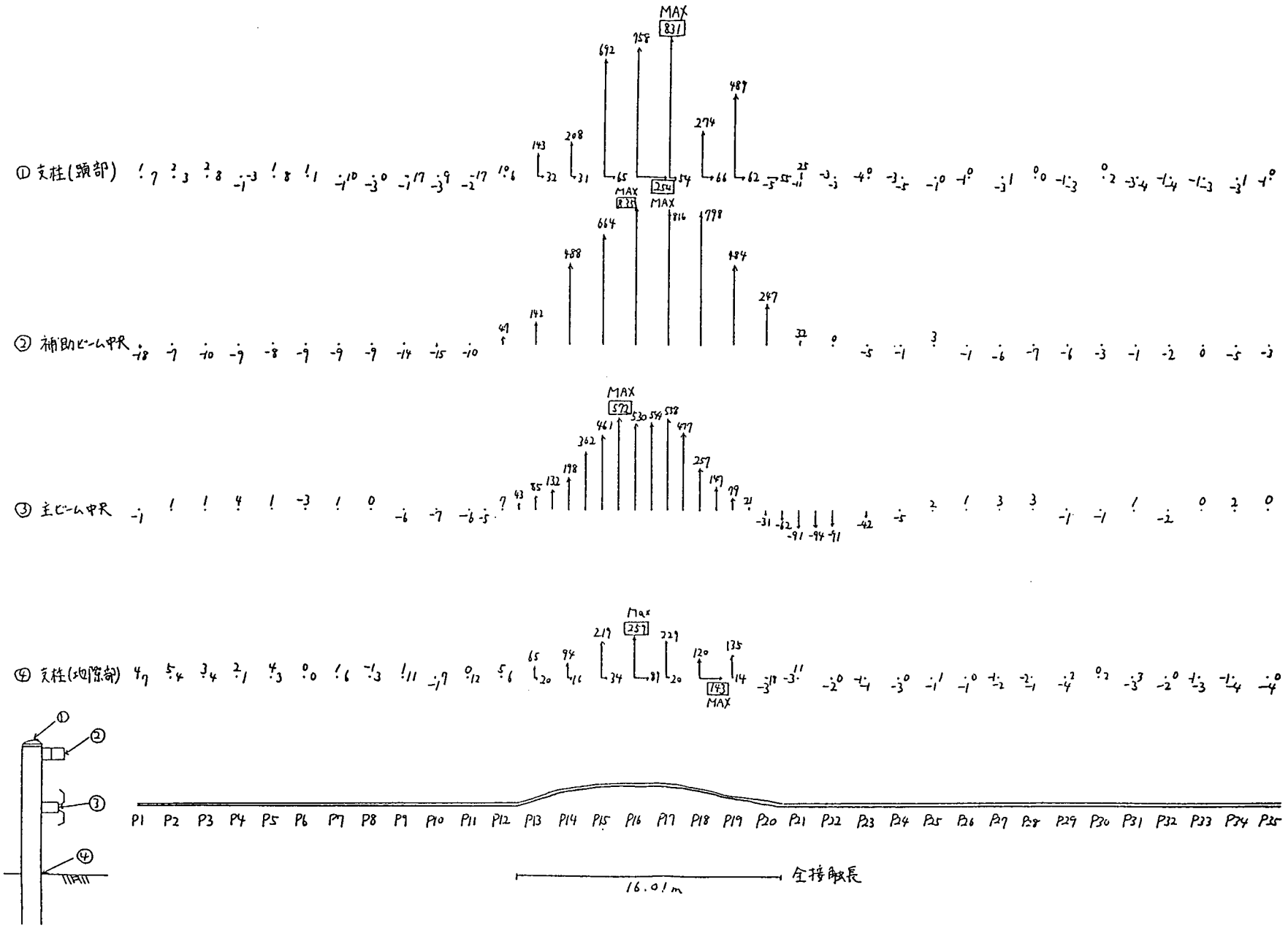
ボルト抜け出しで支柱とのはずれが4箇所(P16.19.21.22)あった。

d）ボルト及び接合部

支柱とブラケットの接合部でボルト抜け出しが4箇所(P16.19.21.22)あった



図－7．3．16　車両の接触跡　（単位：mm）



図－7．3．17　防護柵の残留変位　（単位：mm）

④ 車両損傷状況

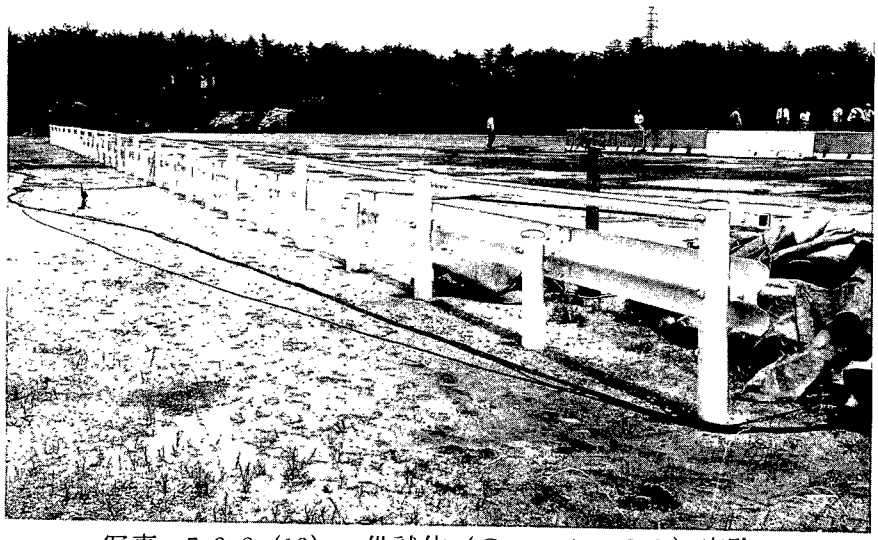
車両損傷状況は、左側前後輪にバーストが有り、ホイールの変形が大きかった。プロペラシャフトが前方で抜け、エンジン部の損傷でオイル漏れがあった。あおり板の取り付け部の損傷は有ったが、土嚢の飛散は無かった。自力走行は不可能であった。

⑤ 考察

既設Ｇｒ－Ａの支柱中間部に支柱を増し打ちし高さ1mに補助ビームを配置した強化構造とした。本供試体は貨物車を良好に誘導する事ができ、その有効性を検証したことで、本供試体の構造は適正であると考えられる。



写真－7.3.2（12）　供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験２



写真－7.3.2（13）　供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験２



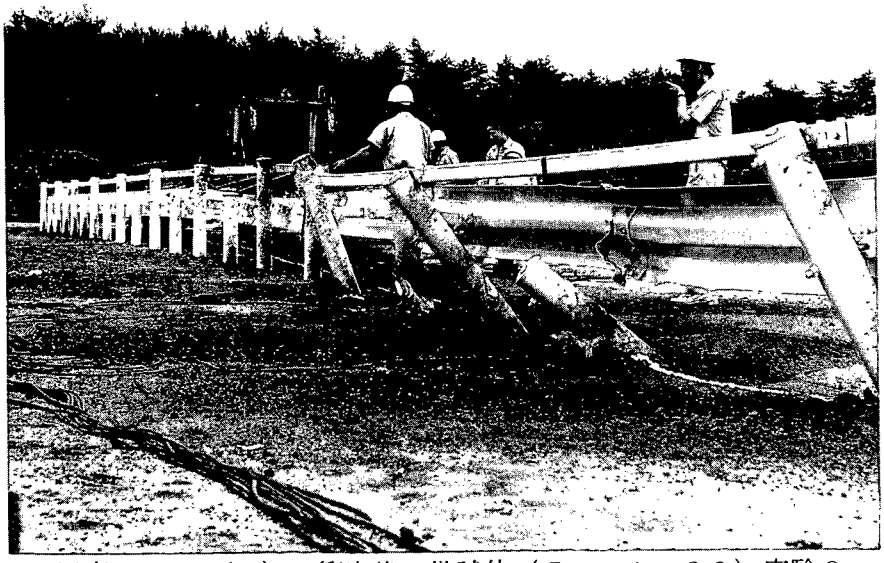
写真－7.3.2（14）　衝突車両　（貨物車 8t）実験２



写真－7.3.2（15）　衝突後の供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験２



写真－7.3.2（16）　衝突後の供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験２



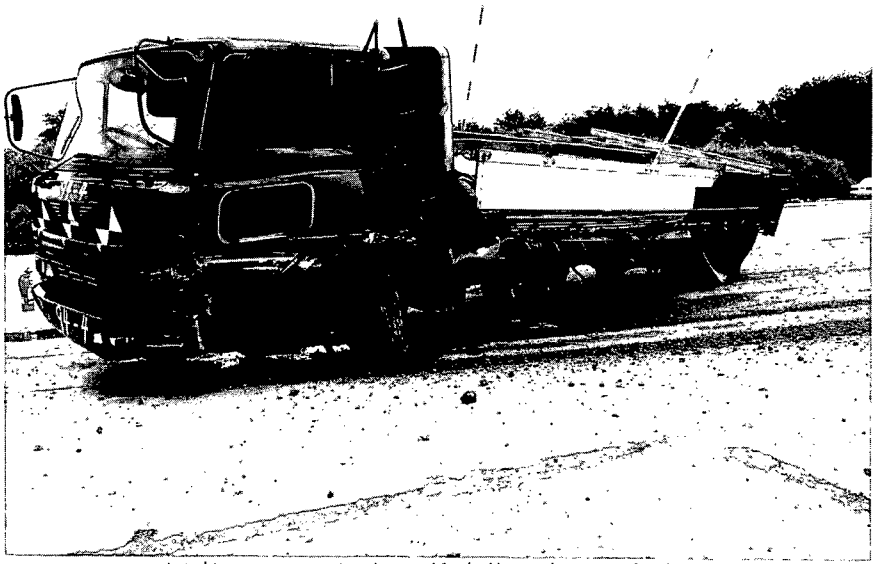
写真－7.3.2（17）　衝突後の供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験２



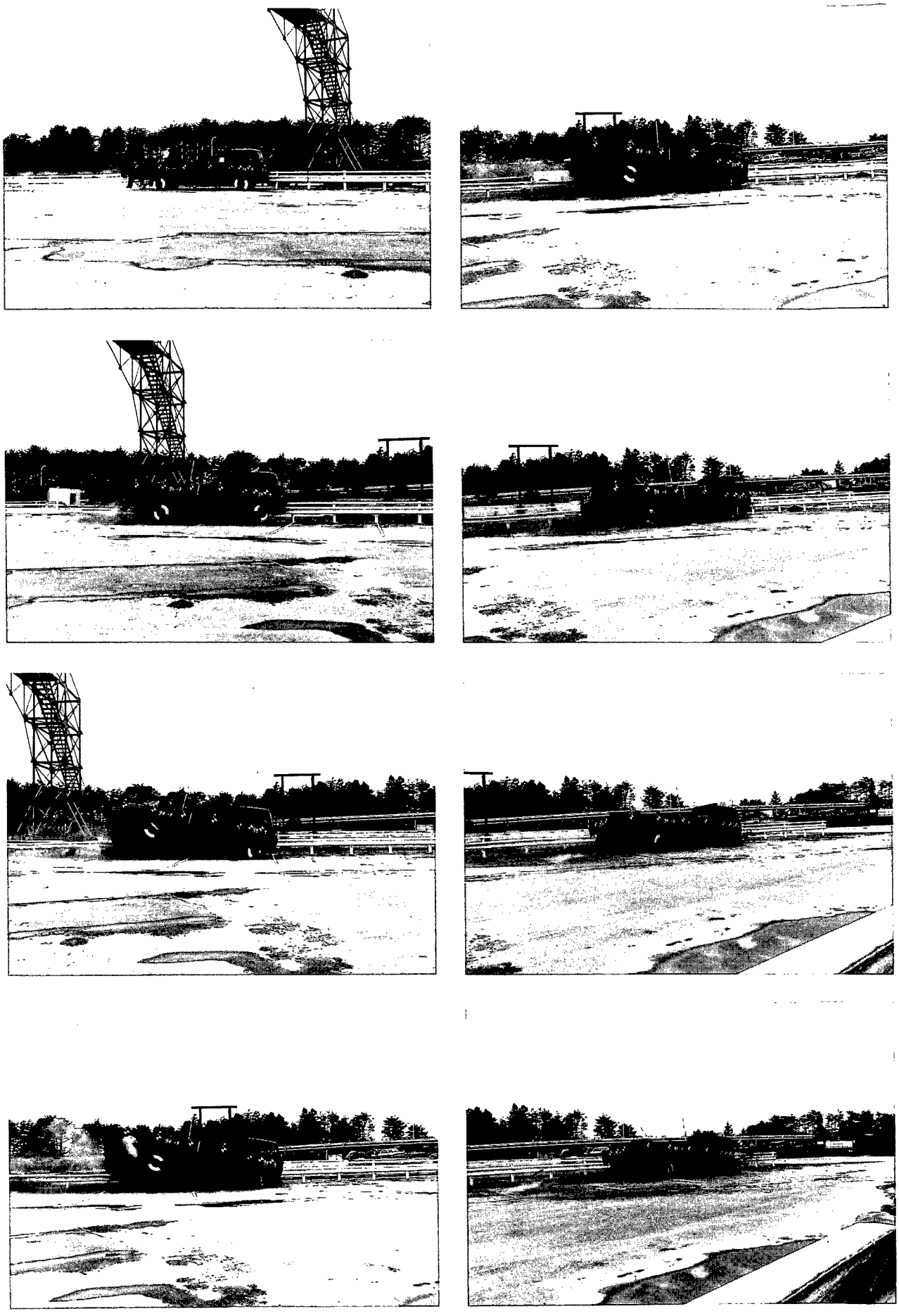
写真－7.3.2（18）　衝突後の供試体（Ｇｒ－Ａ－２０）実験２



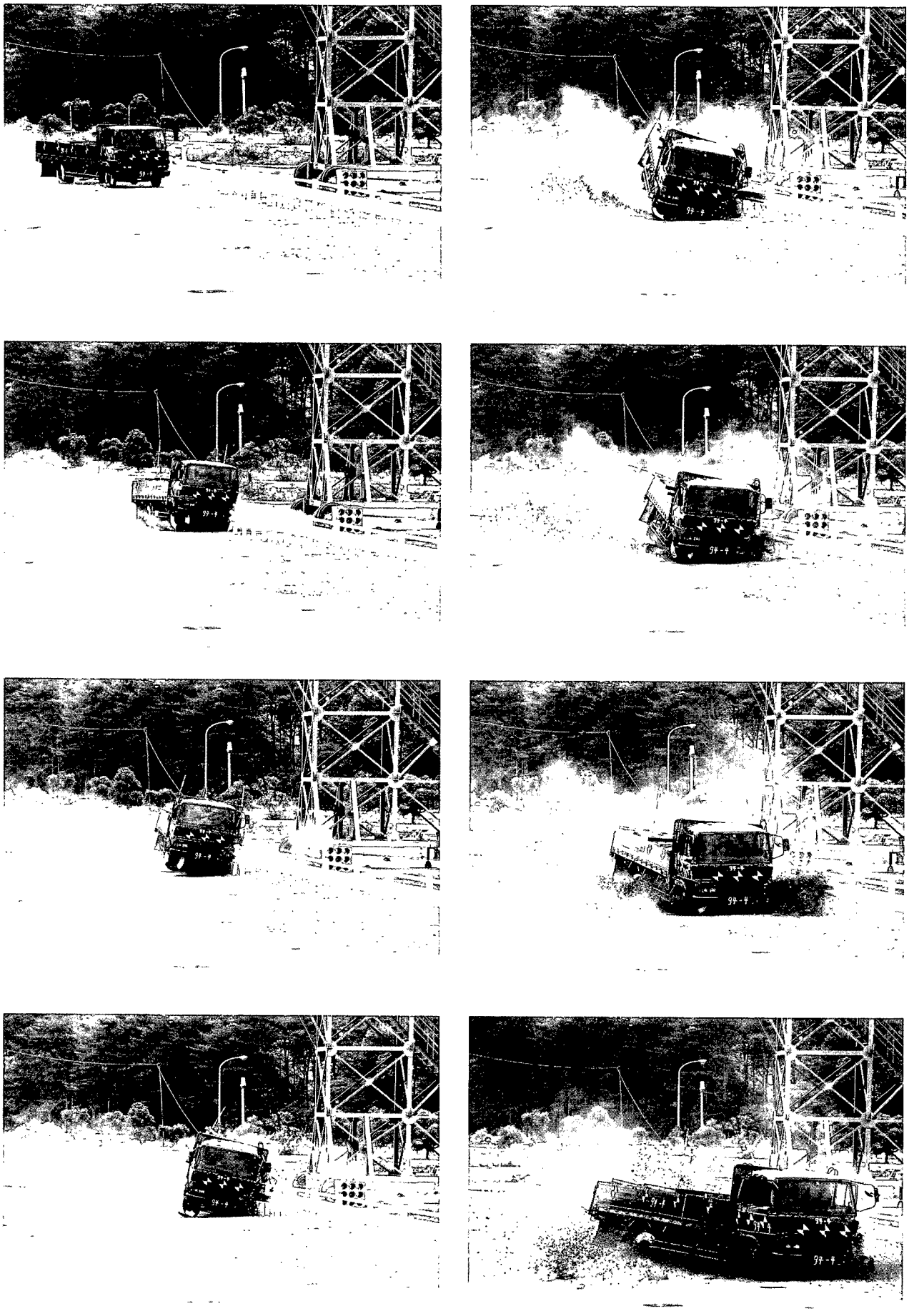
写真－7.3.2（19）　衝突後の車両　実験２



写真－7.3.2（20）　衝突後の車両　実験２



写真－7.3.2（21）　衝突状況　（Ｇｒ－Ａ－２０）実験２



写真－7.3.2（22）　衝突状況　（Ｇｒ－Ａ－２０）実験２

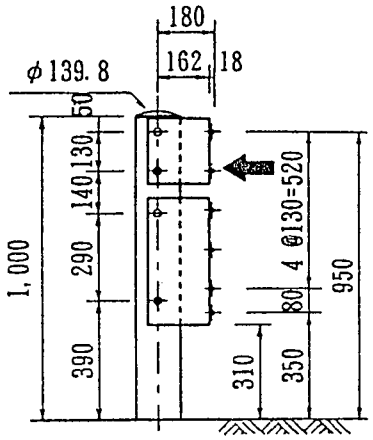
7．3．3　路側用ガードケーブル　Gc－A－20

（1）実験目的

ケーブル間隔を間隔保持材（柵面保持材）で保持したガードケーブル種別Aの実験(1989年、付録3参照)が貨物車で実施され、衝突車両は誘導され強度検証が確認されている。この実験を踏まえ、支柱間隔を短縮し間隔保持材を取付けた衝撃度200kJに対応する強化改良した構造で、乗用車による機能検証を行う。

衝突実験は、衝突速度100km/h（実験１）と120km/h（実験２）とする。

防護柵の断面図及び緒言を図－７．３．１８に示す。



支柱間隔	3.5 m
ケーブル	3×7 G/O φ18　6本 (5本+1本付加)
ケーブル最下段位置	GL+350mm
保持材間隔	1.75m
ケーブル初期張力	20kN/本

図－７．３．１８　防護柵の断面図及び諸元

（2）衝突条件

衝突条件を表－７．３．１５に示す。

表－７．３．１５　衝突条件

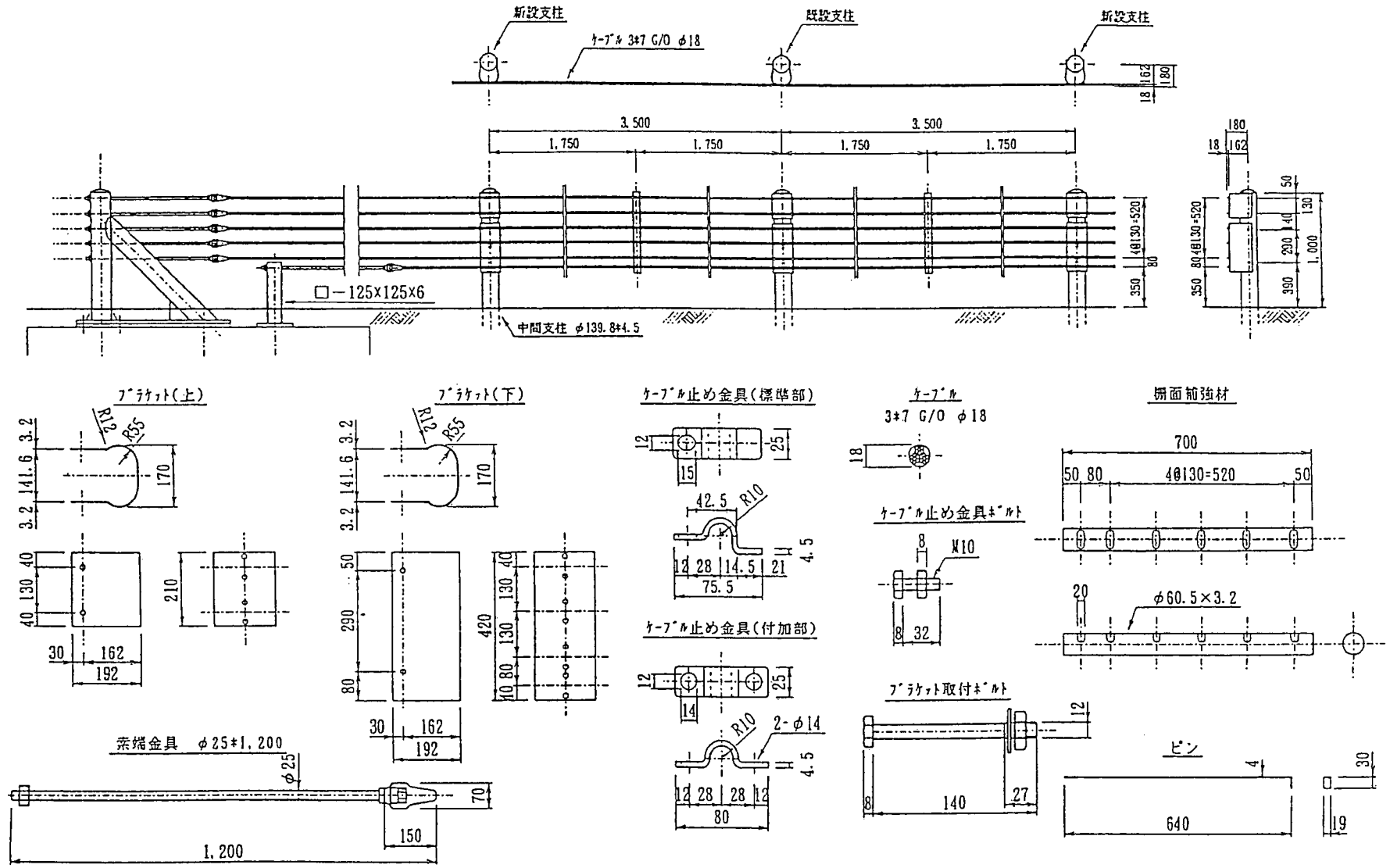
	実験１	実験２
衝突車両	乗 用 車	
車両質量	１ t	
衝突速度	100km/h	120km/h
衝突角度	15度	
衝撃度	26kJ	37kJ

（3）供試体構造

供試体構造を図－７．３．１９に示す。

（4）衝突シミュレーションの検討

衝突シミュレーションで演算された結果を表－７．３．１６に示す。



図－７．３．１９　供試体構造(単位：mm)

表－７．３．１６　シミュレーション結果

衝突条件	最大進入行程	最大変形量	最大増加張力	加速度(m/s²)
1t 100km/h 15度	0.13m	0.24m	22.8kN/本	X:65.7　Y:82.4
1t 120km/h 15度	0.23m	0.31m	26.0kN/本	X:45.1　Y:103
8t 100km/h 15度	0.83m	0.85m	41.8kN/本	－

（５）供試体の配置及び計測位置

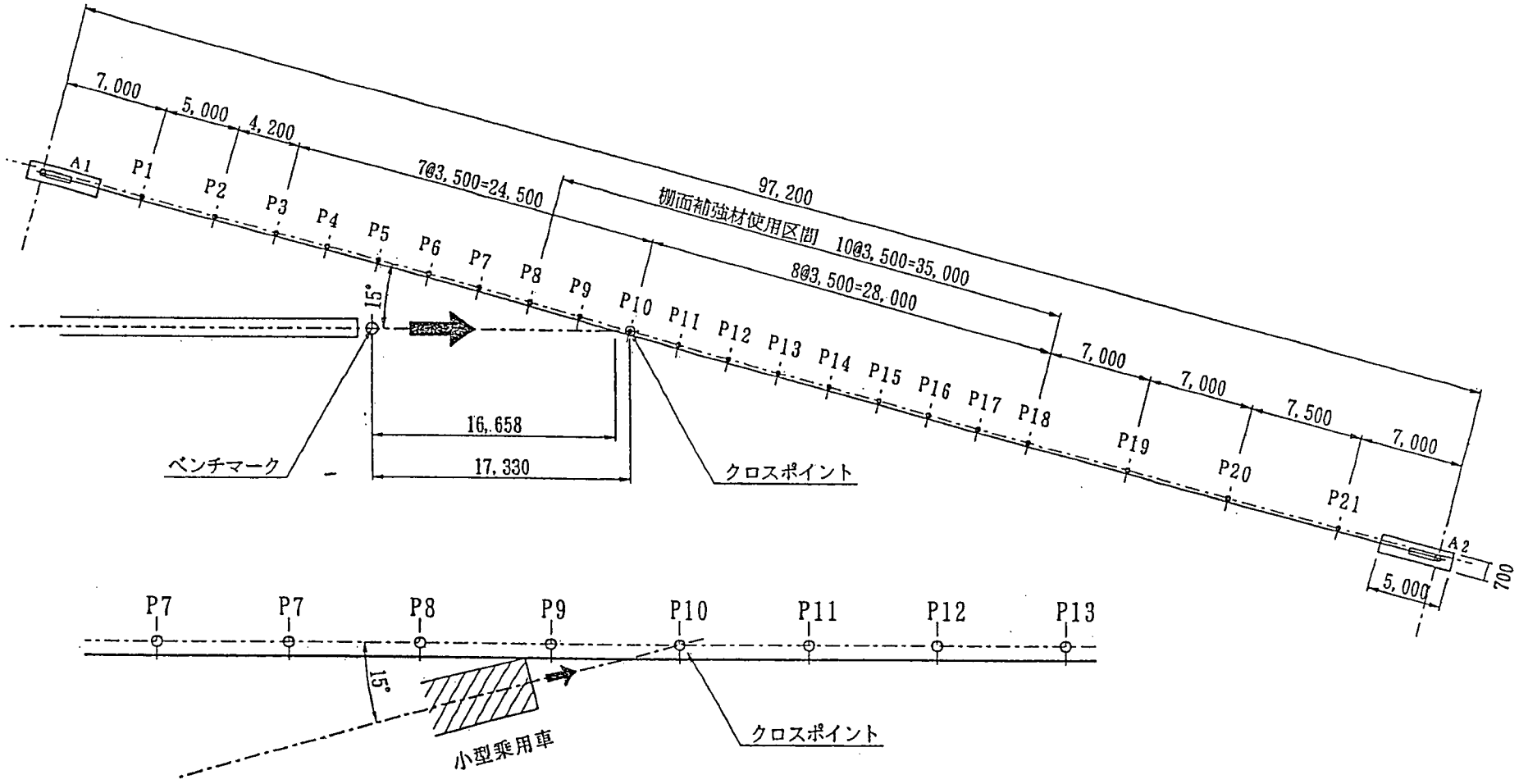
計測位置図を図－７．３．２０に示す。

（６）実験結果

結果一覧表を表－７．３．１７に示す。

表－７．３．１７ 実験結果一覧表

実験番号				実験１	実験２
衝突条件	車両質量		(t)	1.0	1.0
	衝突速度		(km/h)	100.8	120.4
	衝突角度		(度)	16.8	15.0
	衝撃度		(kJ)	32.7	37.4
離脱速度			(km/h)	57.6	－
離脱角度			(度)	10.8	9.5
車両防護柵接触長			(m)	5.815	9.205
支柱最大変位	直角(Y)方向最大変位		(mm)	－	－
	残留	直角(Y)方向	(mm)	197	560
		延長(X)方向	(mm)	100	1,259
最大進入行程			(mm)	280	250
車両最大傾斜角（度）	前端			11.7	－
	後端			7.1	－
支柱最大水平力			(kN)	－	－
ケーブル最大張力 (kN)	索端部合計最大値			100.9	92.0
	一本当り最大張力			22.8	19.2



図－７．３．２０　計測位置(単位：mm)

1）車両の誘導性

表－７．３．１８　各実験の誘導状況

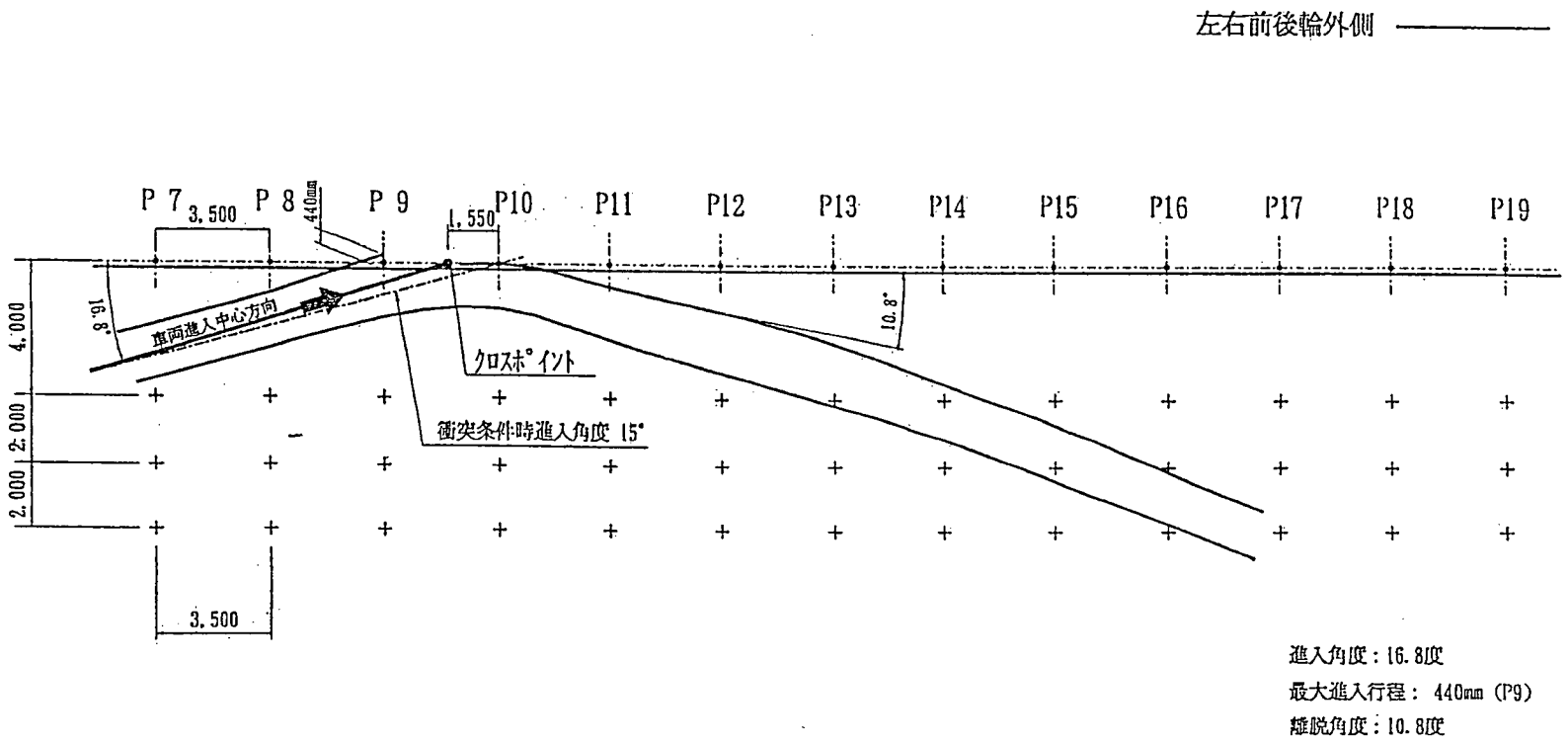
実 験 1	実 験 2
車両は防護柵に衝突後、スピン・横転することなく10.8の角度で離脱し誘導された。また、衝突の際にボンネットが全開した。	車両防護柵に衝突し、離脱時に車体後部が反時計回りに１回転しながら防護柵に平行に約35m進行し停車した。

車両の軌跡図を図－７．３．２１、同２２に示す。

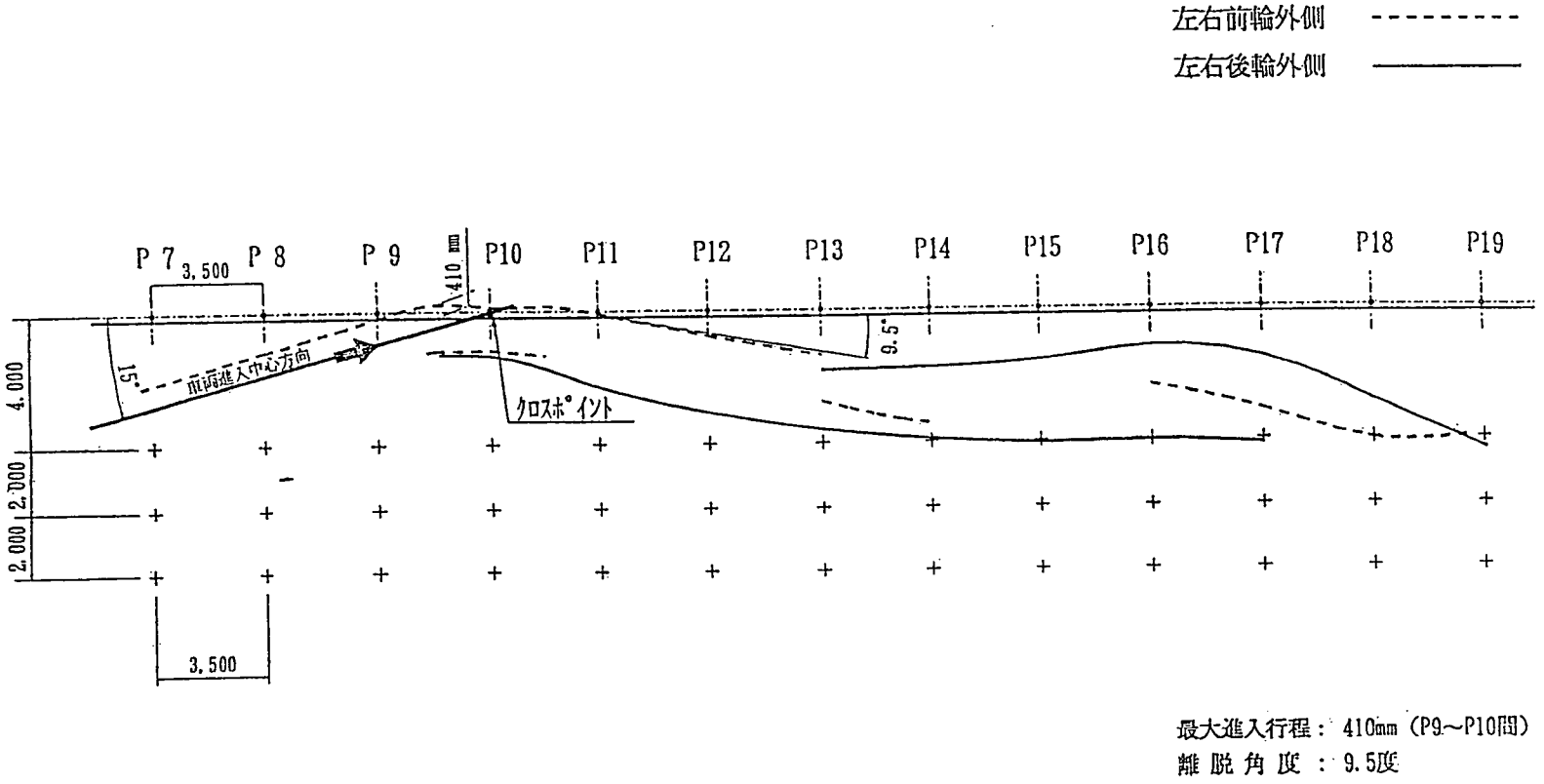
2）防護柵強度

表－７．３．１９各実験での防護柵変形状況

項 目	実 験 1	実 験 2
支 柱	支柱の最大変位量を表－７．３．２０に示す。支柱の柵直角方向（Y方向）最大変位量はP9の197mmであった。	支柱の最大変位量を表－７．３．２１に示す。支柱の柵直角方向(Y方向)最大変位量はP10の560mmであった。
ケーブル	各ケーブル端末部の索端金具に取付けた張力計（テンションバー）により張力を求めた。	
	ケーブル最大張力を表－７．３．２２に示す。 ケーブルの最大張力及び最大累計張力は、衝突0.1275秒後にそれぞれ22.8kN、100.9kNであった。	ケーブル最大張力を表－７．３．２３に示す。ケーブルの最大張力及び最大累計張力は、衝突0.0925秒後19.2kN、衝突0.1475秒後92kNであった。



図－７．３．２１　車両の軌跡（実験１）（単位：mm）



図－７．３．２２　車両の軌跡（実験２）（単位：mm）

表－７．３．２０　支柱の最大変位量（実験１）　（支柱頭部）

支柱番号	P6	P7	P8	P9	P10	P11
変位量(mm)	3	15	30	197	179	2

表－７．３．２１　支柱の最大変位量（実験２）（支柱頭部）

支柱番号	P8	P9	P10	P11	P12
変位量(mm)	2	-3	560	11	-1

表－７．３．２２　ケーブル最大張力（実験１）

ケーブル番号	T1	T2	T3	T4	T5	T6
最大張力(kN)	14.5	13.5	17.4	16.8	19.2	22.8

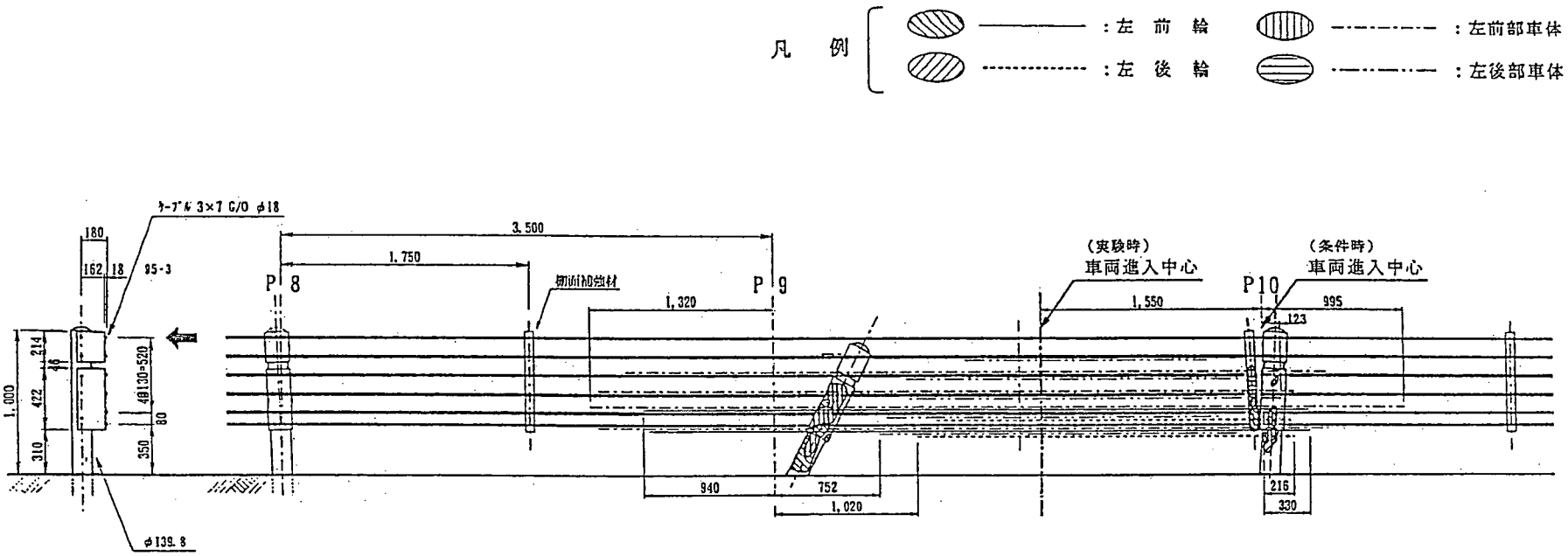
表－７．３．２３　ケーブル最大張力（実験２）

ケーブル番号	T1	T2	T3	T4	T5	T6
最大張力(kN)	16.2	16.0	16.0	16.0	16.2	19.2

3）防護柵の損傷状況

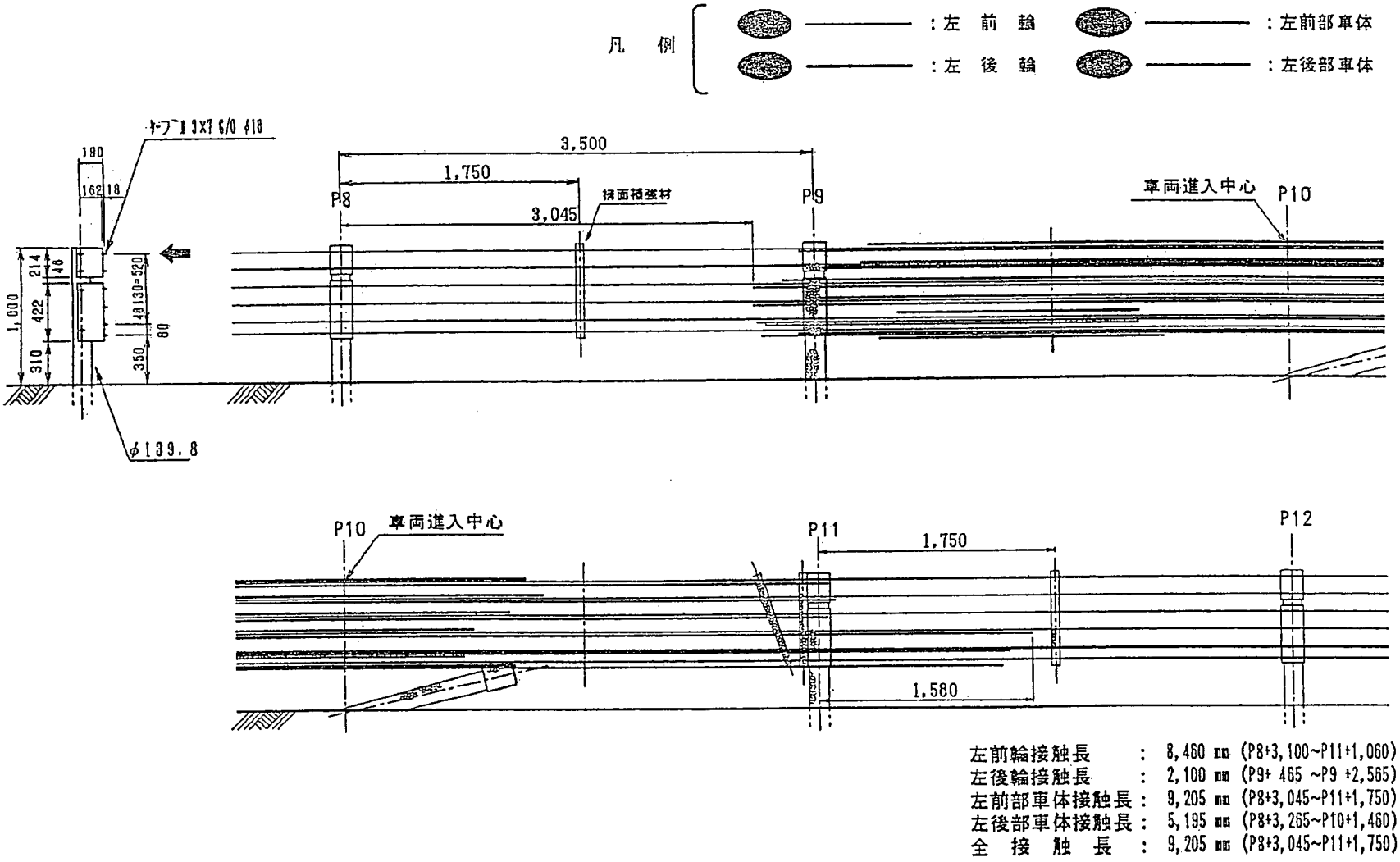
表－７．３．２４　各実験の防護柵損傷状況

項目	実験１	実験２
全般	車両と防護柵の接触長は、衝突点（P9+1.32m）から左側前部車体離脱点（P10+0.995m）迄の約5.82mであった。 車両の接触跡を図－７．３．２３、防護柵の残留変形を図－７．３．２５に示す。	車両と防護柵の接触長は、衝突点（P8+3.045m）から左側前部車体離脱点（P11+1.750m）迄の約9.205mであった。 車両の接触跡を図－７．３．２４、防護柵の残留変形を図－７．３．２６に示す。
支柱	最大残留変位量は頂部の柵直角（Y）方向が197mm（P9）、柵延長（X）方向が703mm（P9）であった。 2本（P9，P10）に左側前部車体及び前輪または左側後輪の接触があった他、同２本には埋め込み部に「く」の字の曲がり［（GL-390mm，GL-370mm）平均GL-370mm］が生じていた。	最大残留変位量は頂部の柵直角（Y）方向が567mm（P10）、柵延長（X）方向が1，259mm（P10）であった。 3本（P9～P11）に左側前部車体及び前輪または左側後輪の接触があった他、P9，P10の2本には埋め込み部に「く」の字の曲がり（P9：GL-370mm，P10：GL-370mm）が生じていた。
ケーブル	P9の最下段の取付金具が切断し外れたが、欠損・バラケは全くなかった。	P10の5本（1～5本目）はブラケットから外れ、6本目のみ残存していた。
ブラケット	下段部2箇所（P9，P10）に左側前輪及び左側前部車体が接触し偏平に潰れ、対ケーブル間（P9-上より3本目）に左側フェンダーの一部が残留していた。しかし支柱との取り外れはなかった。	P9の下段、P10の上下段が、偏平に潰れ、P11の上下段が多少進行方向へ回転していた。支柱からの外れは、P10の下段がP11へ移動し引っかかっていた。
間隔保持材	P9～P10間で左側前輪及び左側車体の接触によりP10に移動し、下端付近（ケーブルより5，6本目）に潰れが認められた。	P9～P11間で左側前輪及び左側車体の接触によりP11に移動し、P9～P10間は下端付近に潰れが認められた。ケーブルとの外れはなかった。



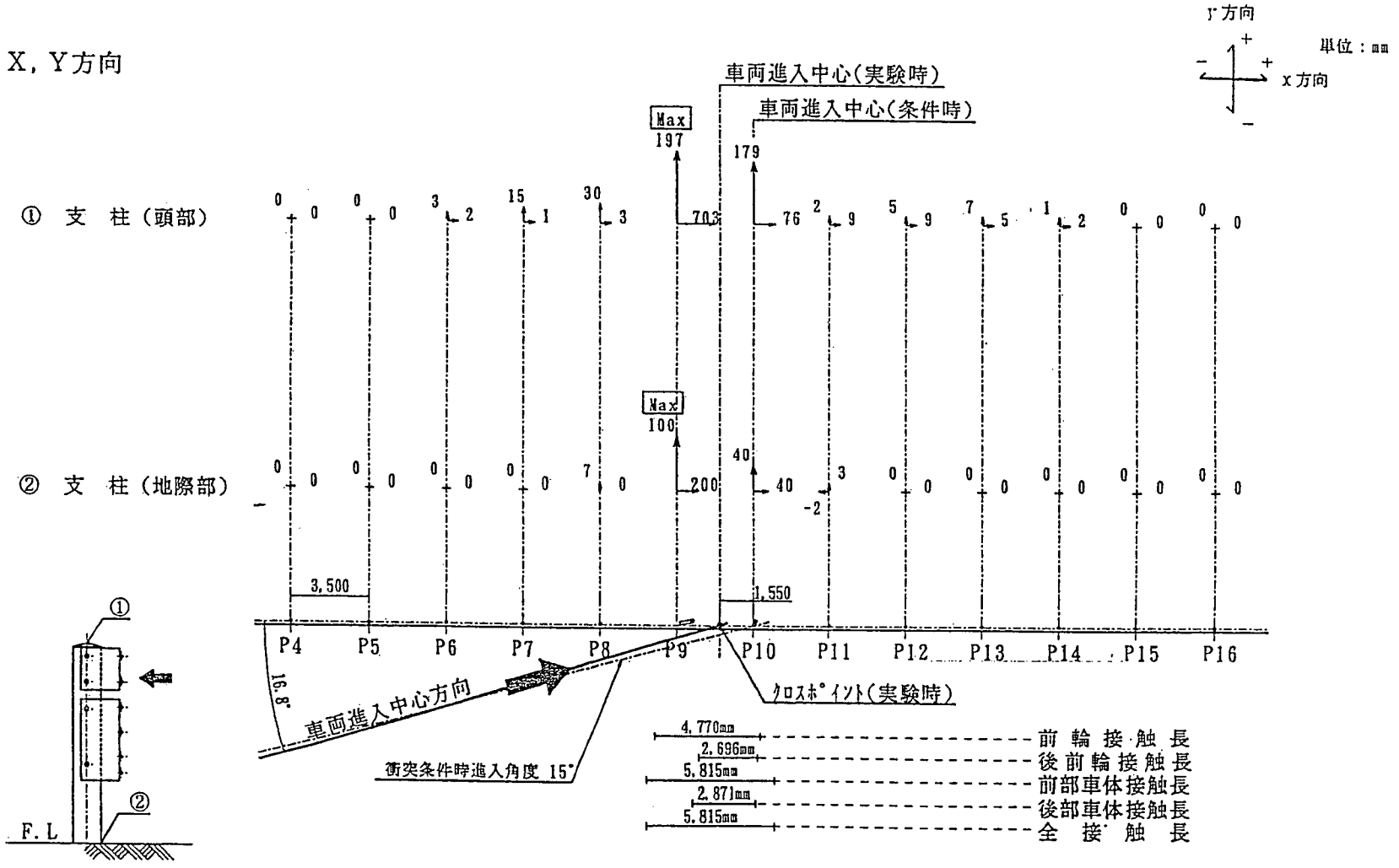
左前輪接触長　　：4,770 mm　(P8+2,560～P10+ 330)
左後輪接触長　　：2,696 mm　(P9+1,020～P10+ 216)
左前部車体接触長：5,815 mm　(P8+2,180～P10+ 995)
左後部車体接触長：2,871 mm　(P9+ 752 ～P10+ 123)
全 接 触 長　　：5,815 mm　(P8+2,180～P10+ 995)

図－７．３．２３　車両の接触跡（実験１）（単位：mm）

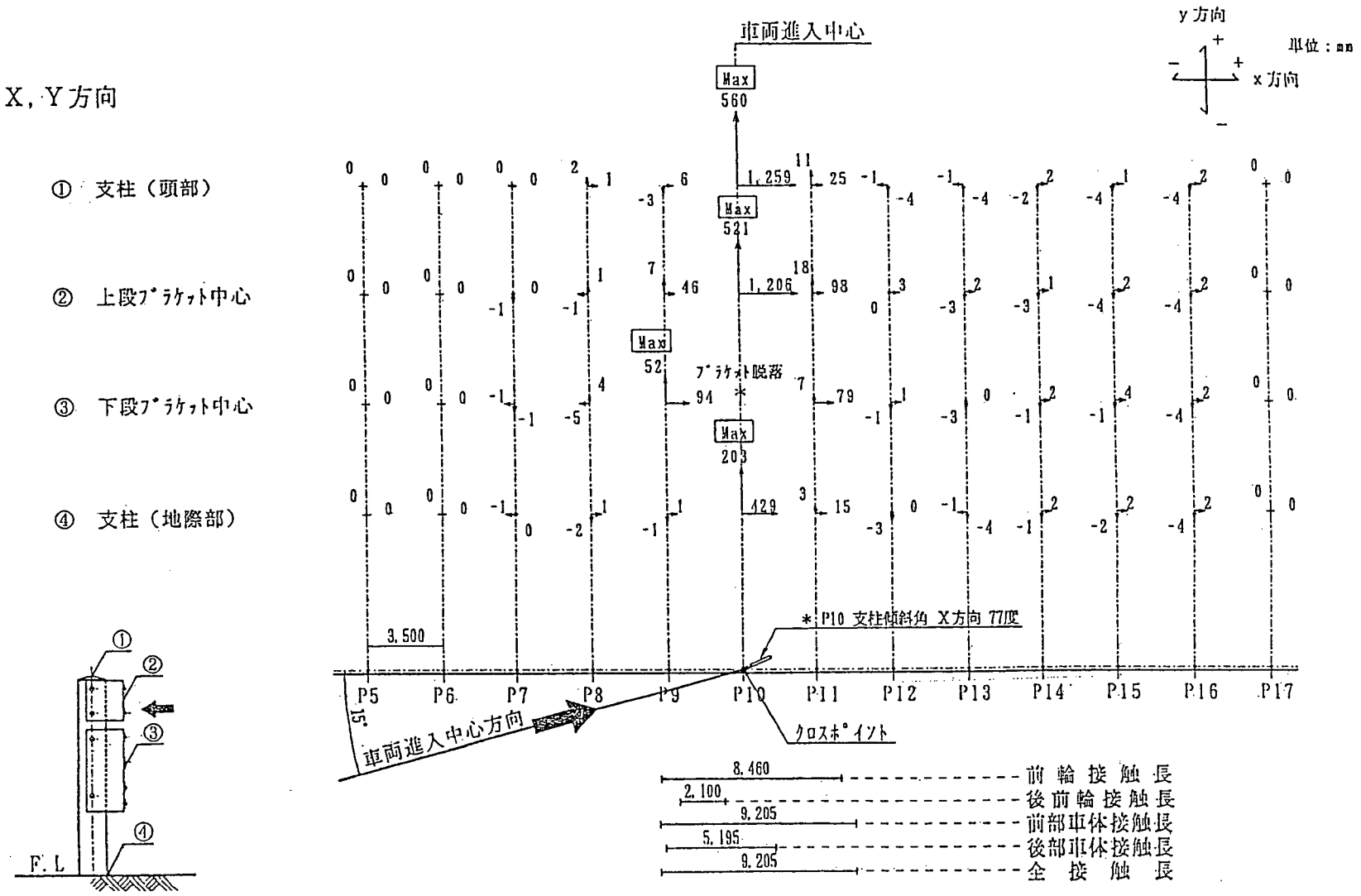


左前輪接触長　　：　8,460 mm (P8+3,100~P11+1,060)
左後輪接触長　　：　2,100 mm (P9+ 465 ~P9 +2,565)
左前部車体接触長：　9,205 mm (P8+3,045~P11+1,750)
左後部車体接触長：　5,195 mm (P8+3,265~P10+1,460)
全　接　触　長　：　9,205 mm (P8+3,045~P11+1,750)

図－７．３．２４　車両の接触跡（実験１）（単位：mm）



図－７．３．２５　防護柵の残留変形（実験１）



図－７．３．２６　防護柵の残留変形（実験２）

4）車両損傷状況

表－７．３．２５　各実験の車両損傷状況

実 験 1	実 験 2
左側前部バンパー及びフェンダーがともに欠損し、同部窓枠が変形し左側フロントガラスにひび割れ、左側前部窓ガラスが破損した。	左側前部フェンダーが後方へ折れ曲がり、ボンネット先端部が左側へ移動し、フロントグリルが外れた。 また、左側前部窓枠が変形しフロント左側サイドガラスが破損し、同屋根が上方に変形した。
足廻りは左側前輪が後方に移動(0.5m)し、ホイルが変形しタイヤがバーストした。したがって自力走行は不可であった。	足廻りは左側前輪が後方に移動(0.55m)し、ホイルが変形しタイヤが外れた。したがって自力走行は不可であった。
車室内の損傷は左側ダッシュボードが変形、突出したもののダミーは正常に確保されていた。	車室内の損傷は左側ダッシュボードが破損した。

5）加速度

データーロガー及びソーマット方式による車両に発生した加速度（ダミーも含む）波形分析結果を実験１については表－７．３．２６、実験２については表－７．３．２７に示す。

表－７．３．２６　加速度波形分析結果(実験１)（単位：m/s²）

項　目		車 両 重 心				助手席ダミー頭部	
		5ms	10ms	50ms	実効値	5ms	HIC値
共和データロガー	X	116	99	63	53	141	32.3
	Y	158	107	64	63	116	
	Z	435	262	56	86	225	
	合成	159	127	80	83	171	
ソーマット	X	317	153	87	92		
	Y	213	96	61	71		
	Z	－	－	－	－		
	合成	324	162	101	116		

表－７．３．２７　加速度波形分析結果（実験２）（単位：m/s²）

項目		車両重心				助手席ダミー頭部	
		5ms	10ms	50ms	実効値	5ms	HIC値
共和　データロガー	X	168	163	113	79	167	105.2
	Y	150	141	99	73	431	
	Z	129	70	28	45	234	
	合成	209	206	131	108	432	
ソーマット	X	499	269	156	127		
	Y	222	88	73	54		
	Z	－	－	－	－		
	合成	505	273	165	138		

6）考察

①実験1

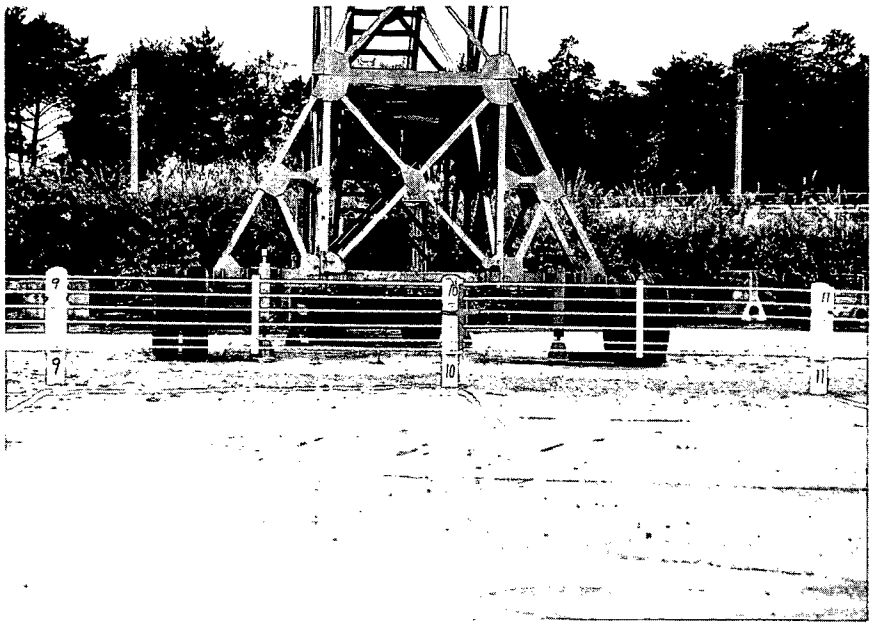
本実験結果では、衝突角度が16.8度と若干計画を上回ったが、衝突後車両は円滑に誘導された。また離脱角度が多少大きく離脱速度が低かったのは、衝突後に車両のボンネットが開いたためと思われ、車両の誘導性についてはほぼ満足されたと推察される。

乗員の安全性については、加速度分析結果のデータロガー値とソーマット値で差異が生じているが、HIC値も考慮してほぼ満足できる。

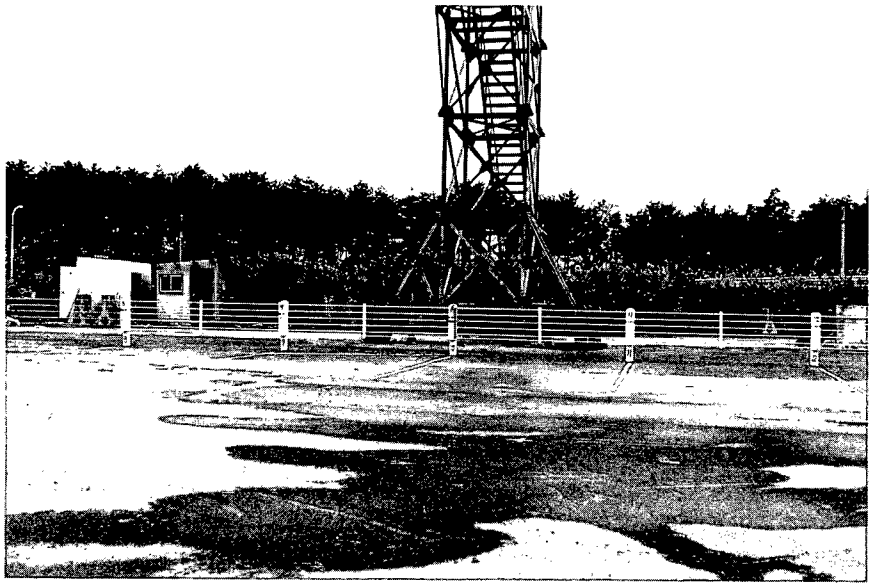
最下段ケーブル高さを下げ、間隔保持材を取付けた改良構造は乗用車の誘導性及び乗員の安全性の機能を向上させる。

②実験2

本実験結果では、乗用車の速度100km/hにおける衝突速度で誘導性が確認された。改良構造（実験１）を更に高速度で衝突実験したものであるが、衝突後左側前輪が支柱に衝突し車両の進行が阻害され、離脱時に車両後部から反時計回りに回転し正常に誘導されなかった。しかし、回転しながらも車両は防護柵と平行に進行し停止したことから、後続車衝突における二次災害は防げたと考えられる。



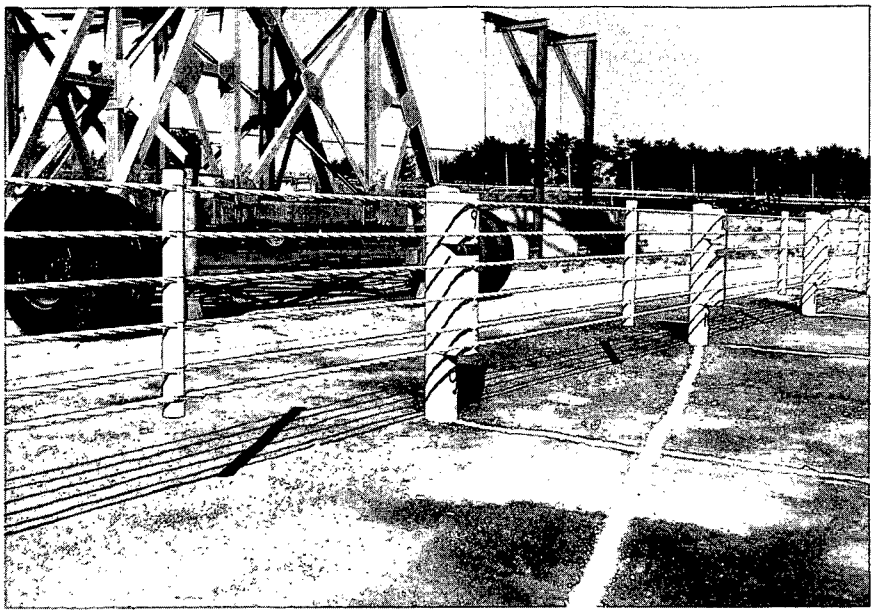
写真－７．３．３（１）供試体（Ｇｃ－Ａ）（実験１）



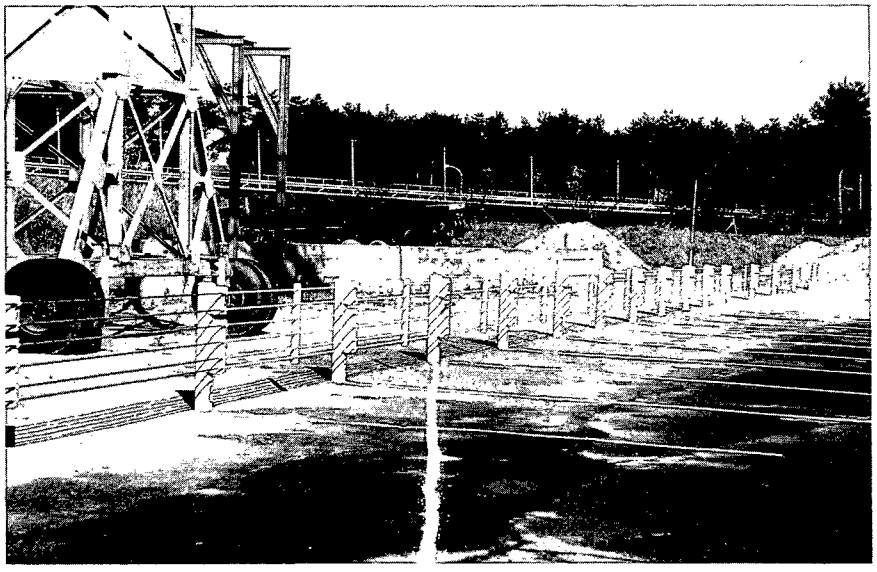
写真－７．３．３（２）供試体（Ｇｃ－Ａ）（実験１）



写真－７．３．３（３）衝突車両（乗用車）（実験１）



写真－７．３．３（４）供試体（Ｇｃ－Ａ）（実験２）



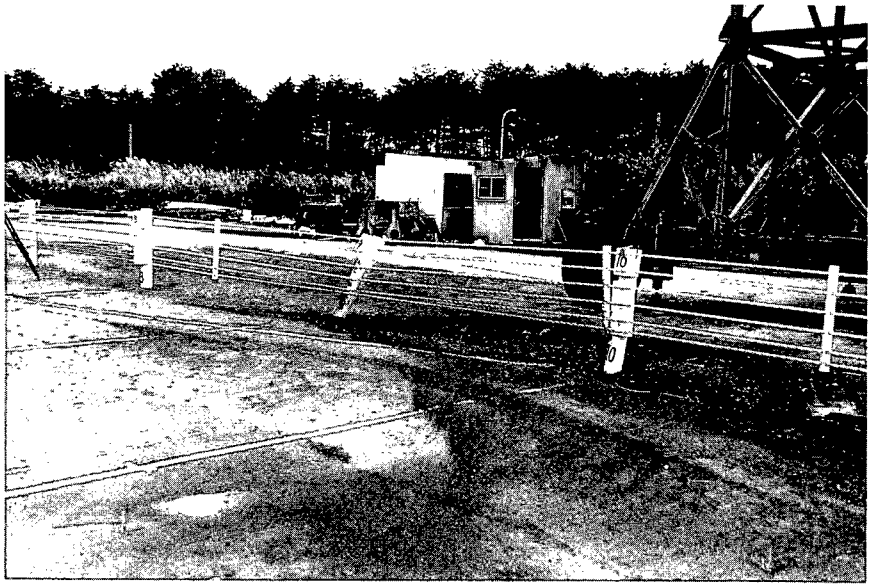
写真－７．３．３（５）供試体（Ｇｃ－Ａ）（実験２）



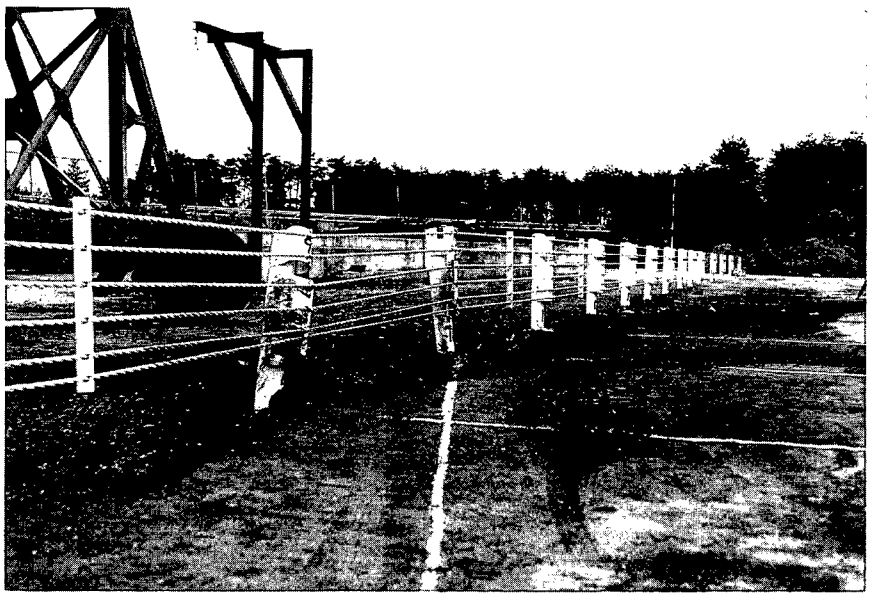
写真－７．３．３（６）衝突車両（乗用車）（実験２）



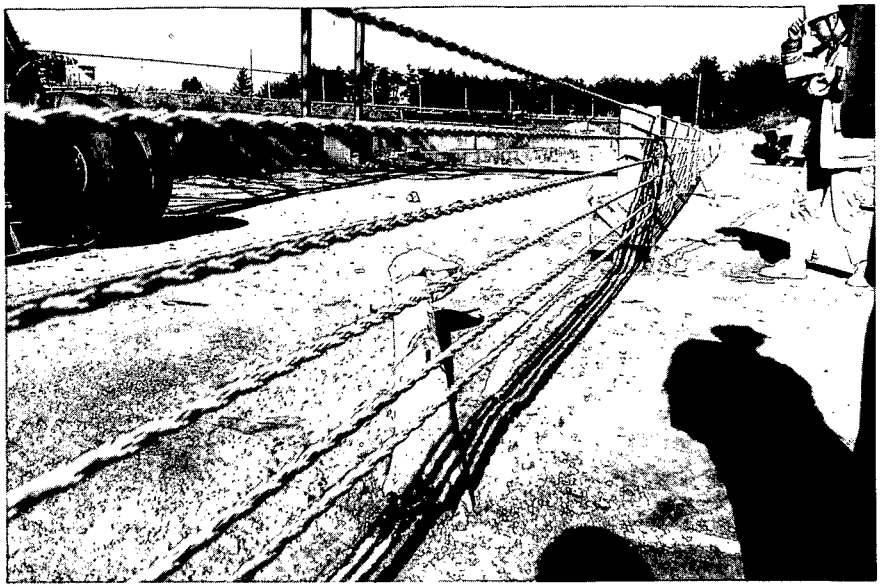
写真－７・３・３（７）衝突後の供試体（実験１）



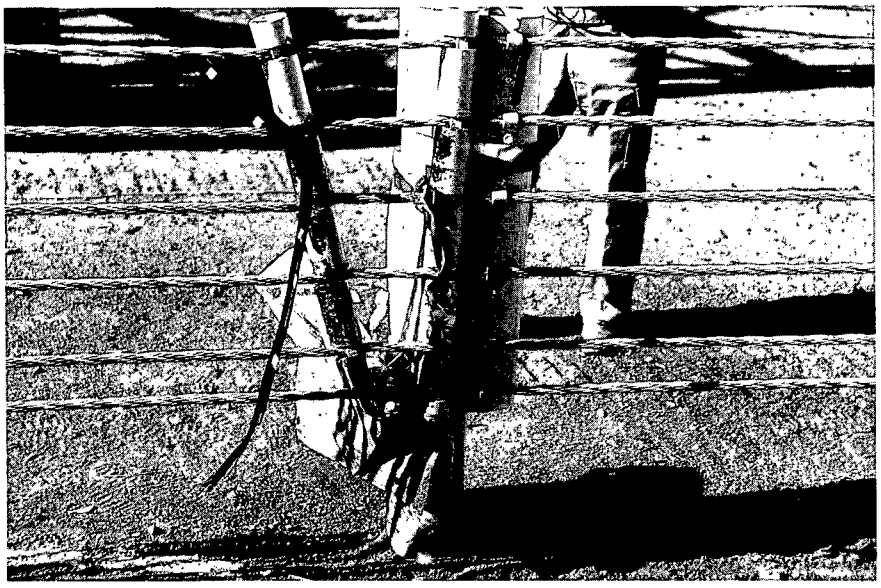
写真－７・３・３（８）衝突後の供試体（実験１）



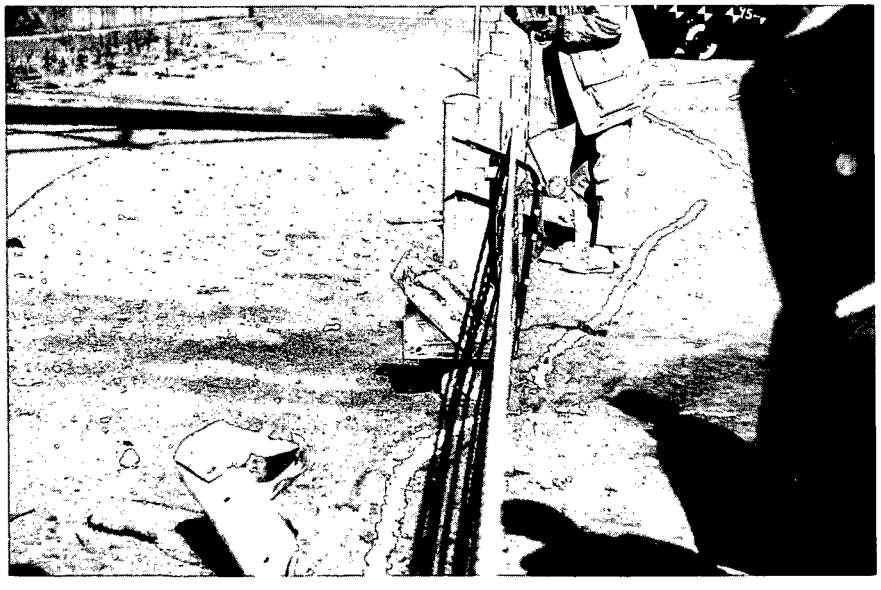
写真－７・３・３（９）衝突後の供試体（実験１）



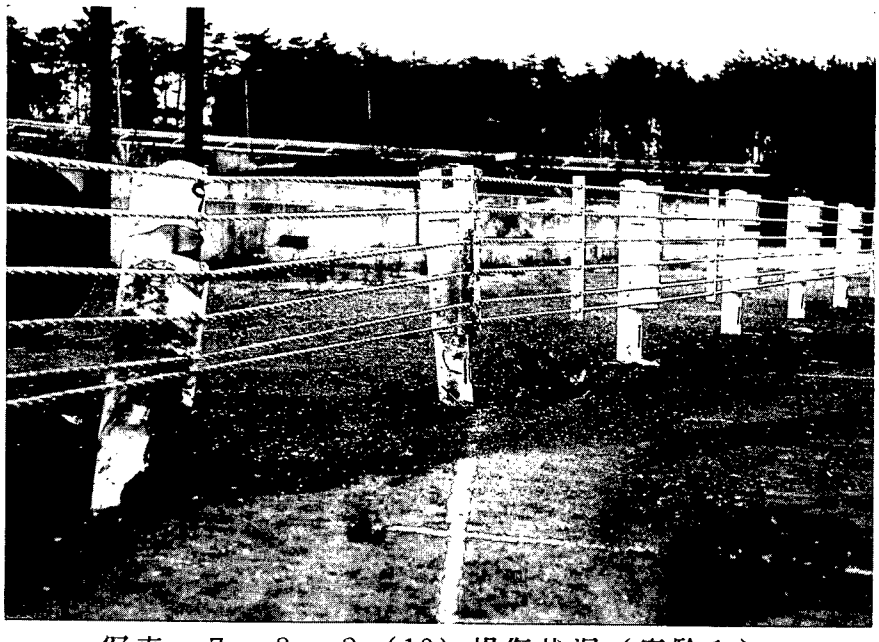
写真－７・３・３（10）衝突後の供試体（実験２）



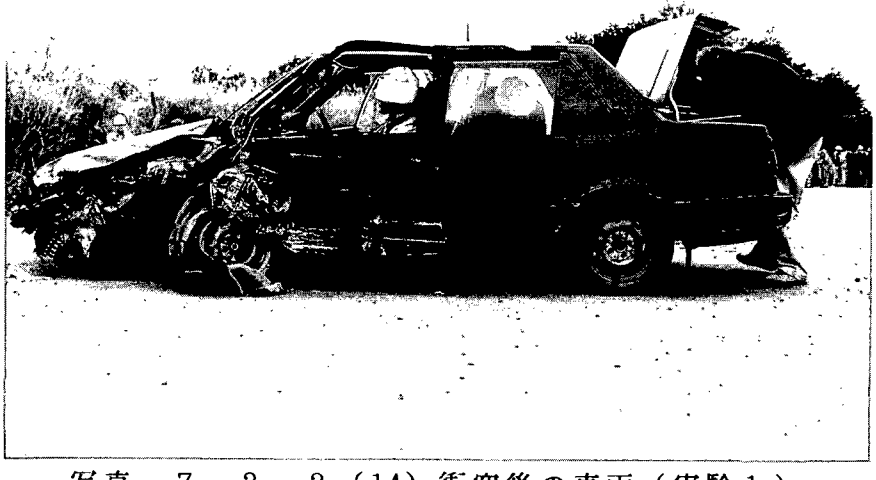
写真－７・３・３（11）衝突後の供試体（実験２）



写真－７・３・３（12）衝突後の供試体（実験２）



写真－７・３・３（13）損傷状況（実験１）



写真－７・３・３（14）衝突後の車両（実験１）



写真－７・３・３（15）衝突後の車両（実験１）



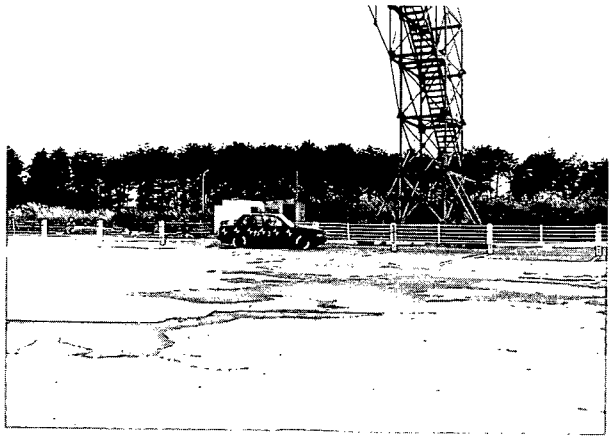
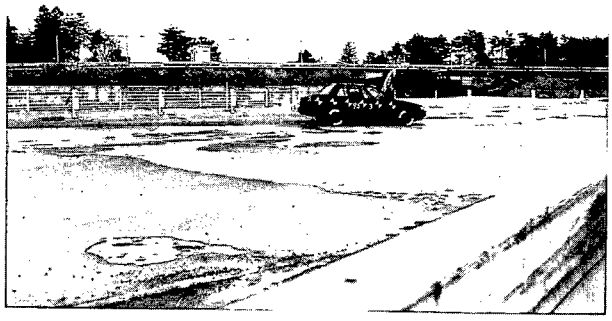
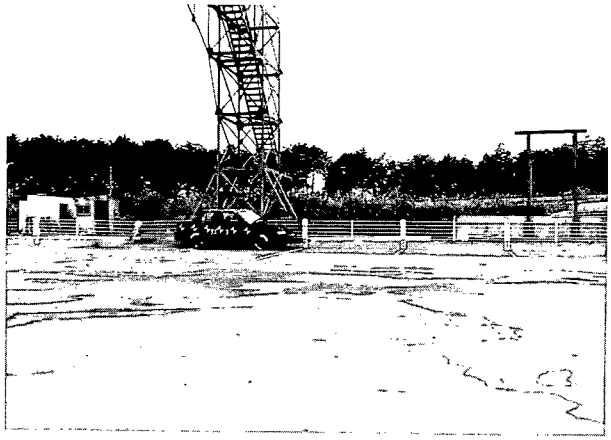
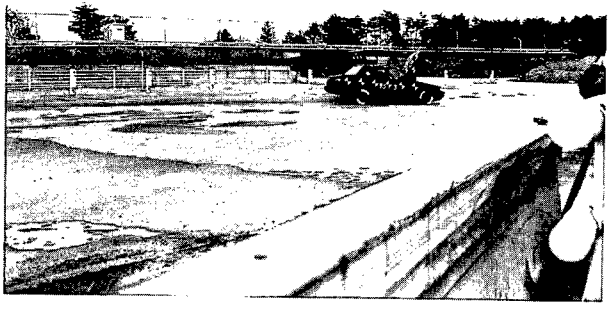
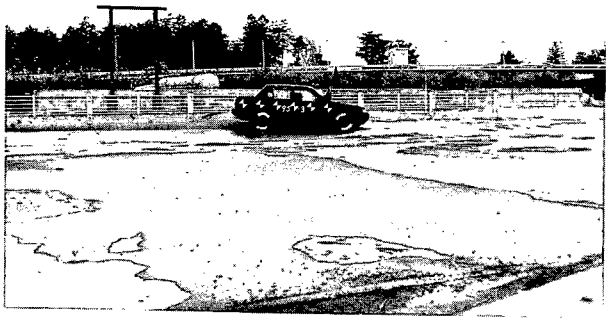
写真－７・３・３（16）衝突後の車両（実験２）

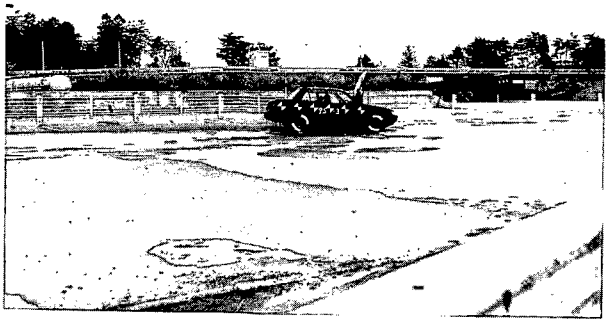


写真－７・３・３（17）衝突後の車両（実験２）

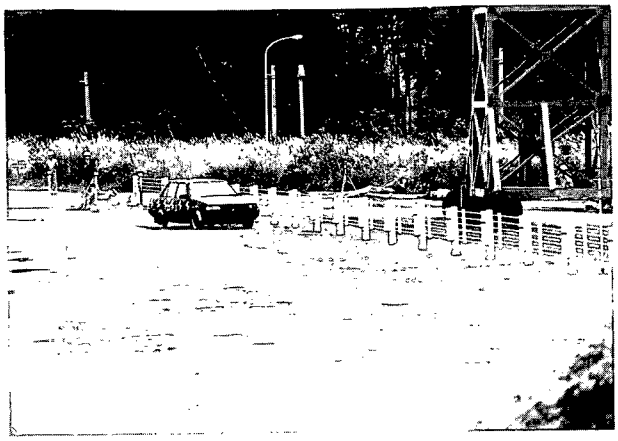


写真－７・３・３（18）衝突後の車両（実験２）

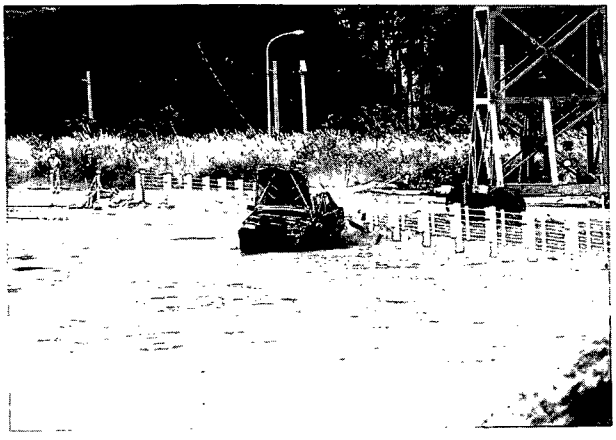



写真－７．３．３（19）衝突状況（Ｇｃ－Ａ）（実験１）

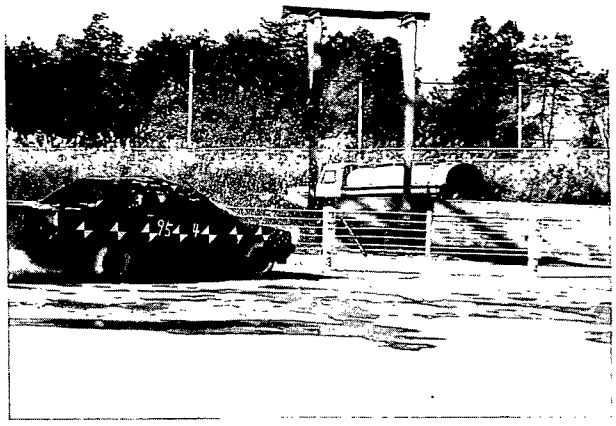
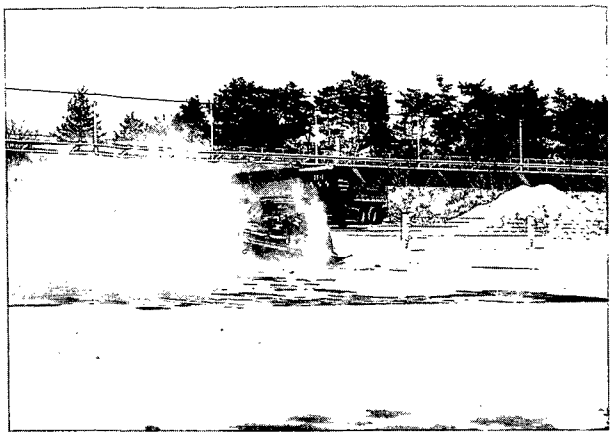
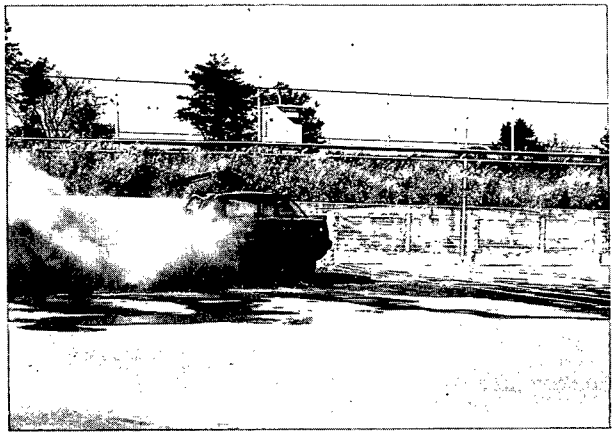
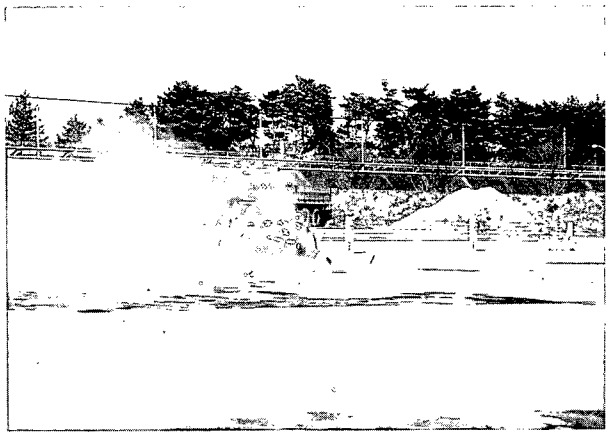
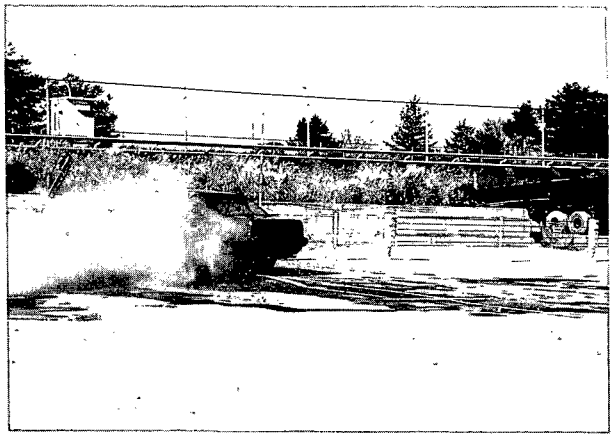
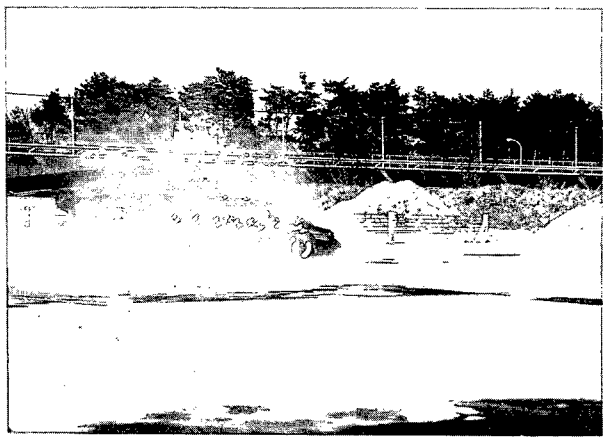
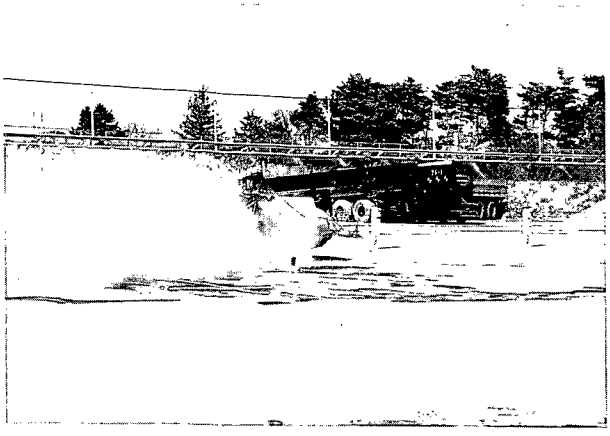
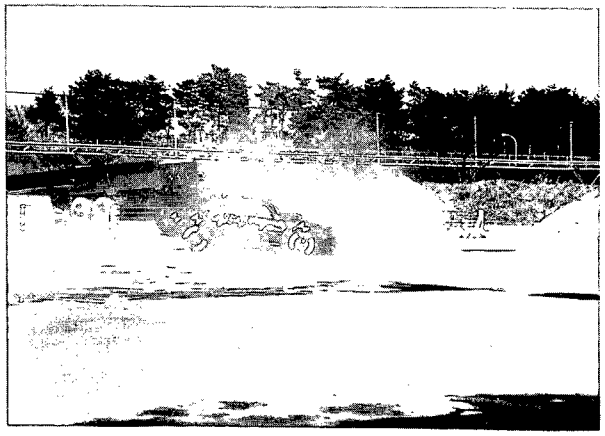








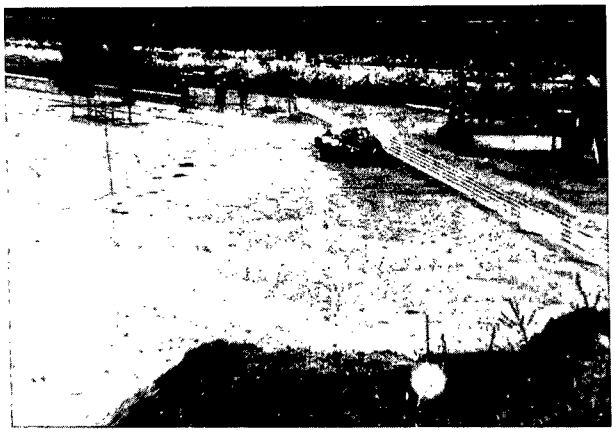

写真－７．３．３（20）衝突状況（Ｇｃ－Ａ）（実験１）

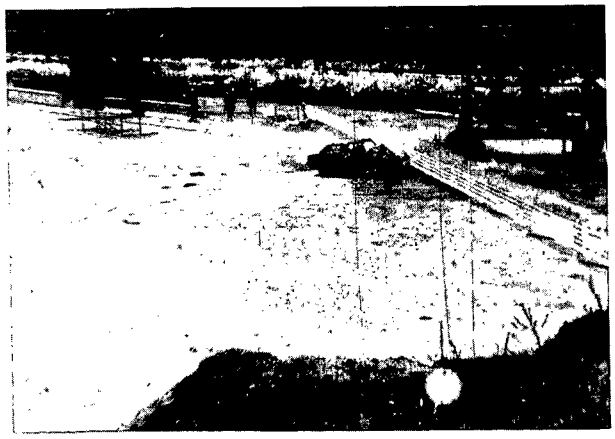









写真－７．３．３（21）衝突状況（Ｇｃ－Ａ）（実験２）









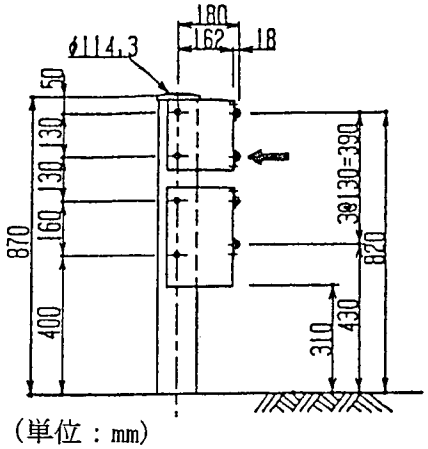

写真－７．３．３（22）衝突状況（Ｇｃ－Ａ）（実験２）

７．３．４　路側用ガードケーブル　Ｇｃ－Ｂ－１３

（１）実験目的

本実験は対応衝撃度130kJに相当するガードケール（Ｇｃ－Ｂ種改良型：支柱間隔を3.0mに縮め、かつ間隔保持材を取付けたもの）としての防護柵機能、及び強度検証を実施する。

防護柵の断面図及び諸元を図－７．３．２７に示す。



支柱間隔	3.0m
ケーブル	3×7 G/O φ18 ４本
ケーブル最下段位置	GL ＋ 430mm
保持材間隔	1.50m
ケーブル初期張力	9.8kN/本

図－７．３．２７　防護柵の断面図及び諸元

（２）衝突条件

衝突条件を表－７．３．２８に示す。

表－７．３．２８　衝突条件

衝突車両	貨 物 車
車両質量	８ｔ
衝突速度	60km/h
衝突角度	20度
衝撃度	130kJ

（３）供試体構造

供試体構造を図－７．３．２８に示す。

（４）衝突シミュレーションの検討

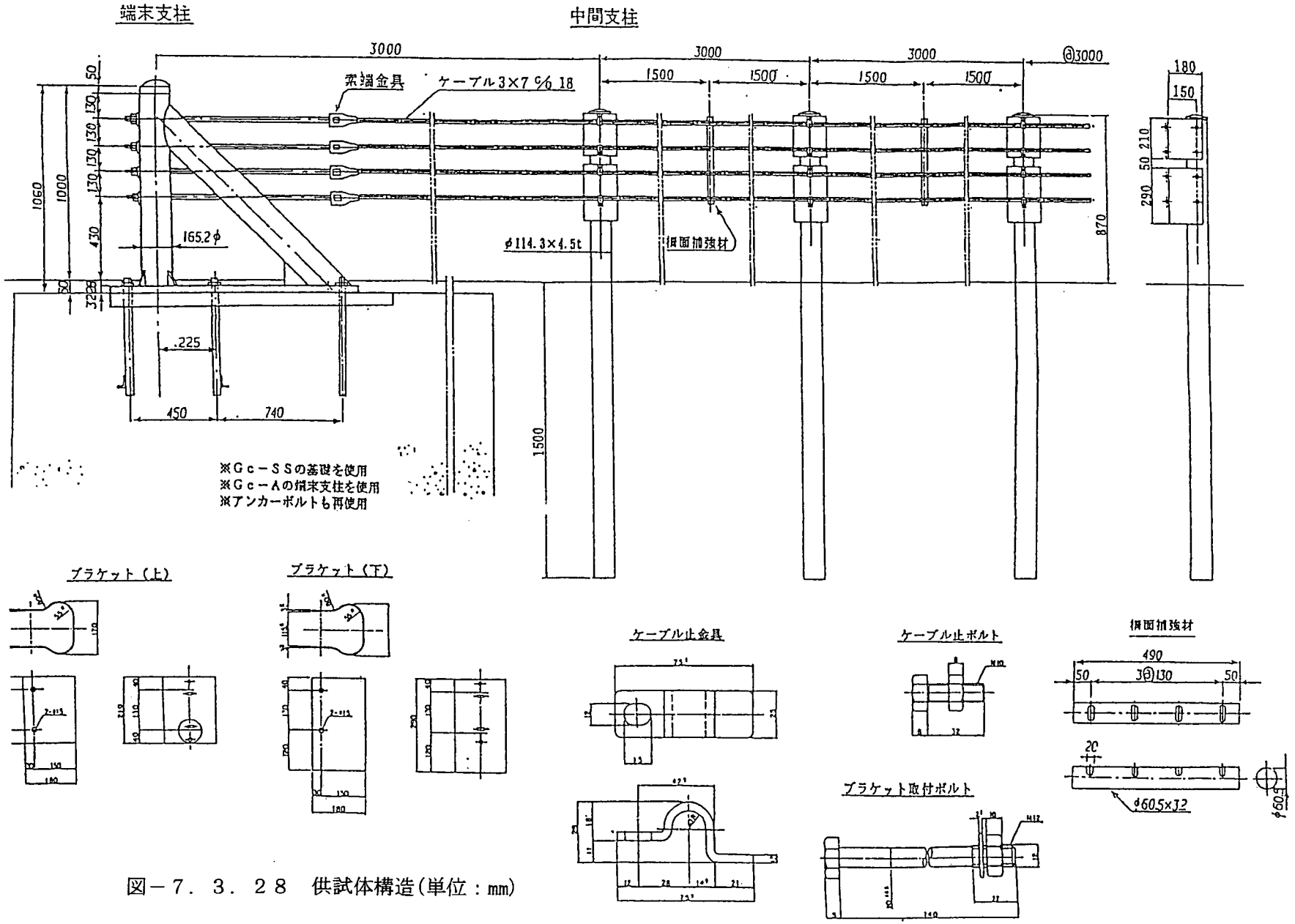
衝突シミュレーションで演算された結果を表－７．３．２９に示す。

表－７．３．２９　シミュレーション結果

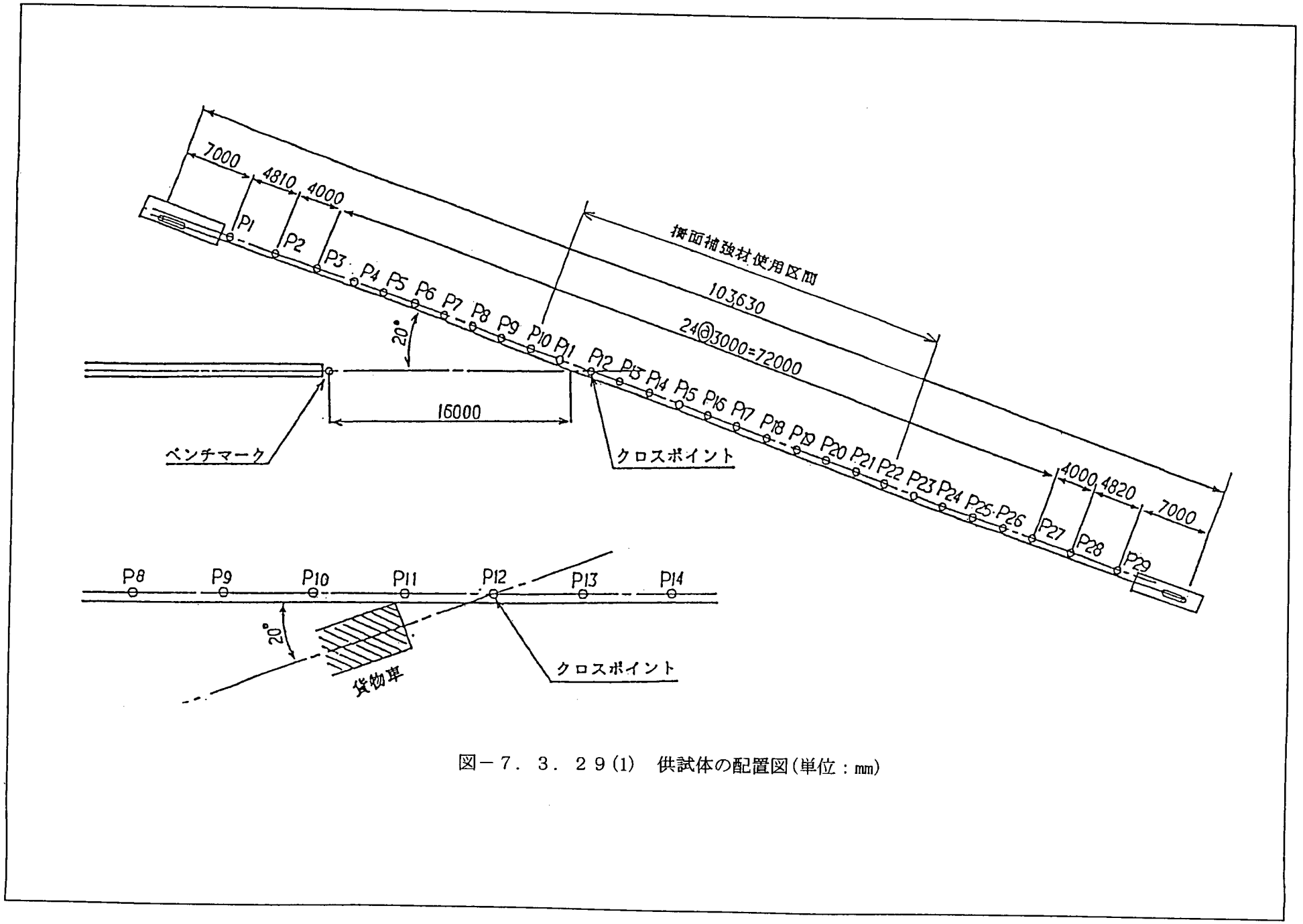
衝突条件	最大進入行程	最大変形量	最大増加張力
8t　60km/h　20°	0.59m	0.71m	42kN

（５）供試体の配置及び計測位置

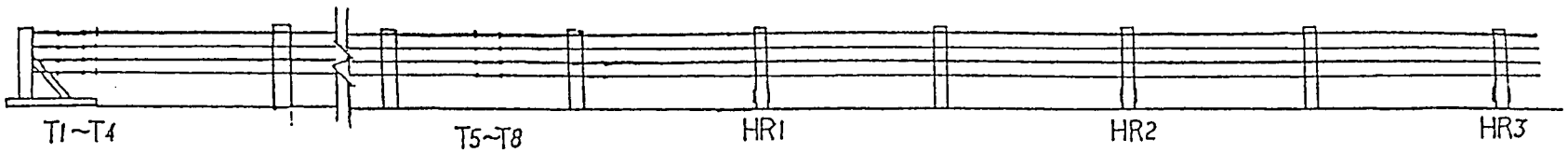
供試体の配置図及び計測位置を図－７．３．２９(1)(2)に示す。



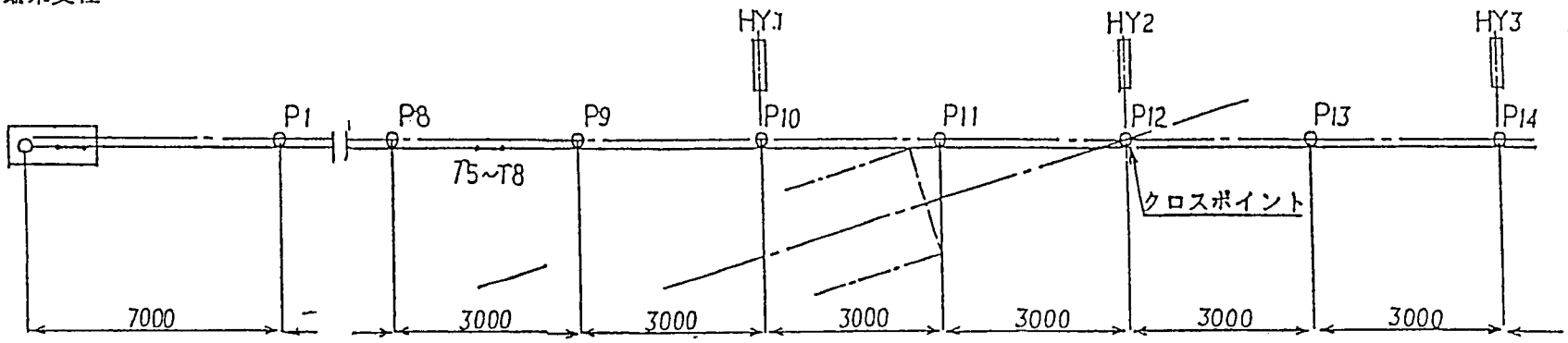
図－７．３．２８　供試体構造(単位：mm)



図－７．３．２９(1)　供試体の配置図(単位：mm)



端末支柱



計測数量および計測位置

測定項目	記号	測定位置	箇所数
ケーブル張力	T	端末部　索端ロッド	4
		中間部　P ～P1	4
支柱せん断力	HR	P10　P12　P14	3
支柱変位	HY	P10　P12　P14	3

合計 14

図－７．３．２９(2)　供試体の計測位置(単位：mm)

（6）実験結果

結果一覧表を表－７．３．３０に示す。

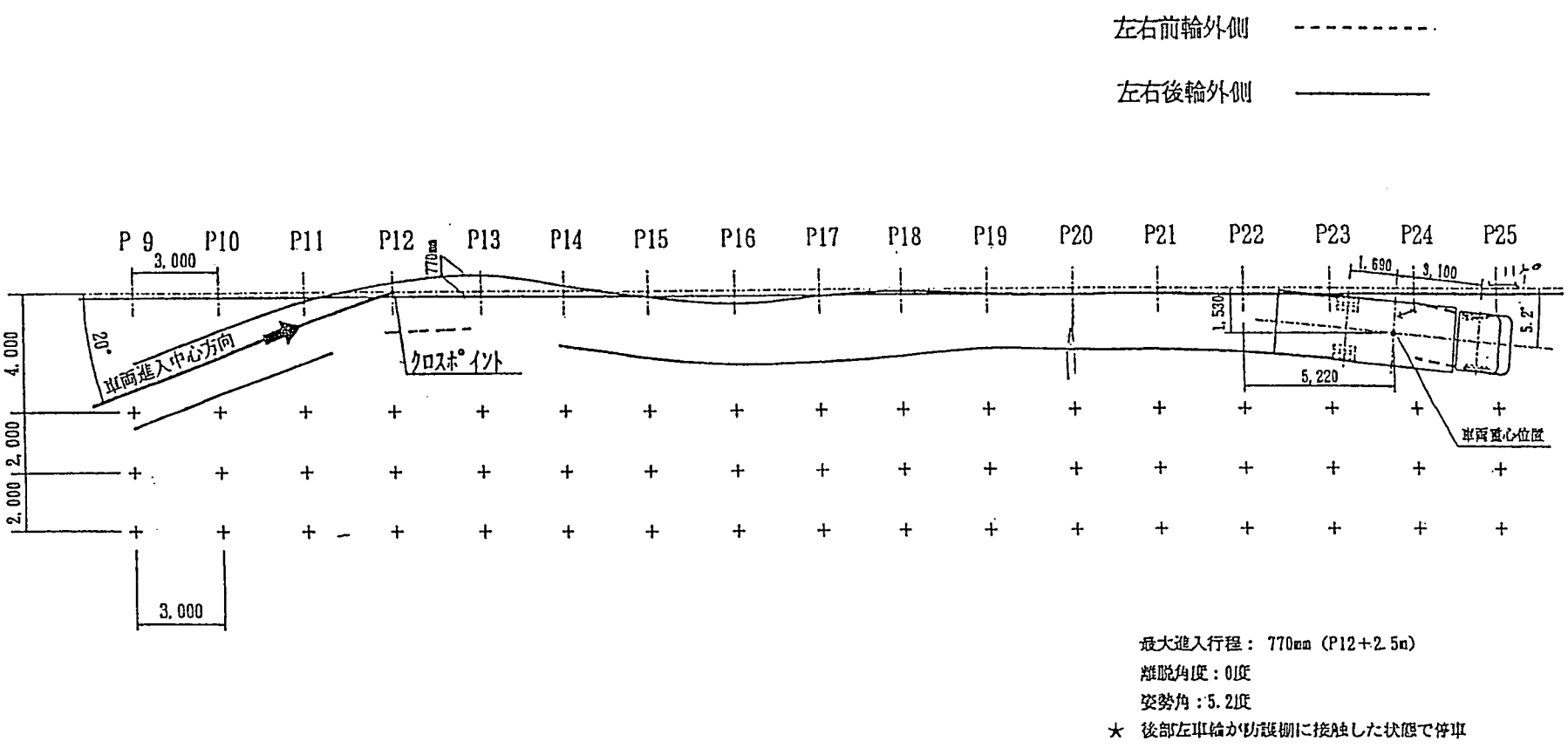
表－７．３．３０　実験結果一覧表

衝突条件	車両質量　(t)		8.0
	衝突速度 (km/h)		59.0
	衝突角度　(度)		20.0
	衝撃度　(kJ)		126
離脱速度 (km/h)			31.4
離脱角度 (度)			0
車両防護柵接触長 (m)			35.91
支柱最大変位	直角(Y)方向最大変位 (mm)		697
	残留	直角(Y)方向(mm)	521
		延長(X)方向(mm)	840
最大進入行程 (mm)			540
車両最大傾斜角(度)		前　端	10.6
		後　端	22.7
支柱最大水平力 (kN)			44.7
ケーブル最大張力　(kN)		索端部合計最大値	101.1
		一本当り最大張力	39.0
車両重心加速度 10ms		進行(X)方向(m/s^2)	30
		直角(Y)方向(m/s^2)	44
		合 成(m/s^2)	45

1）車両の誘導性

車両は防護柵に衝突すると、左側前端部フェンダー部の順で防護柵に食い込み方向転換した。後輪が衝突すると、車体は多少ケーブル側に傾きその後ケーブルの反発力や姿勢角により復元したものの、減速した為防護柵途中で姿勢角5.2度で停止した。

車両の軌跡を図－７．３．３０に示す。



図－７．３．３０　車両の軌跡(単位：mm)

2）防護柵強度

①支 柱

支柱の最大変位量を表－７．３．３１に示す。支柱の柵直角方向（Y方向）最大変位量はP12の521mmであった。

表－７．３．３１　支柱の最大変位量

支柱番号	P10	P11	P12	P13	P14	P15
変位量(mm)	37	268	521	477	226	40

②ケーブル

中間部については張力計（テンションバー）で、端末部は２軸のひずみゲージを索端金具に貼り引張りひずみを測定した。ケーブル最大張力を表－７．３．３２に示す。ケーブルの最大張力は39kNであった。

表－７．３．３２　ケーブルの最大張力

	端末部				中間部			
ケーブル番号	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
最大張力(kN)	25.3	22.9	26.6	26.4	33.4	28.5	36.3	39.0

3）防護柵の損傷状況

車両との防護柵接触長は、衝突点(P11＋0.05m)から32.95m(P22)であり、荷台後端部(P10+2.04m)を含めた全接触長は 35.91mであった。防護柵の残留変形が生じた区間はP9～P22の39mであった。車両の接触跡を図－７．３．３１、防護柵の残留変形を図－７．３．３２に示す。

①支 柱

最大残留変位量は、頂部の柵直角(Y)方向が521mm(P12)、柵延長(X)方向が840mmであった。
接触状況は２本(P18, P19)に前輪、3本(P12, P13, P14)に前後輪の接触後があり、５本(P11～P14及びP19)の埋込部に「く」の字の曲がりが生じていた。

②ケーブル

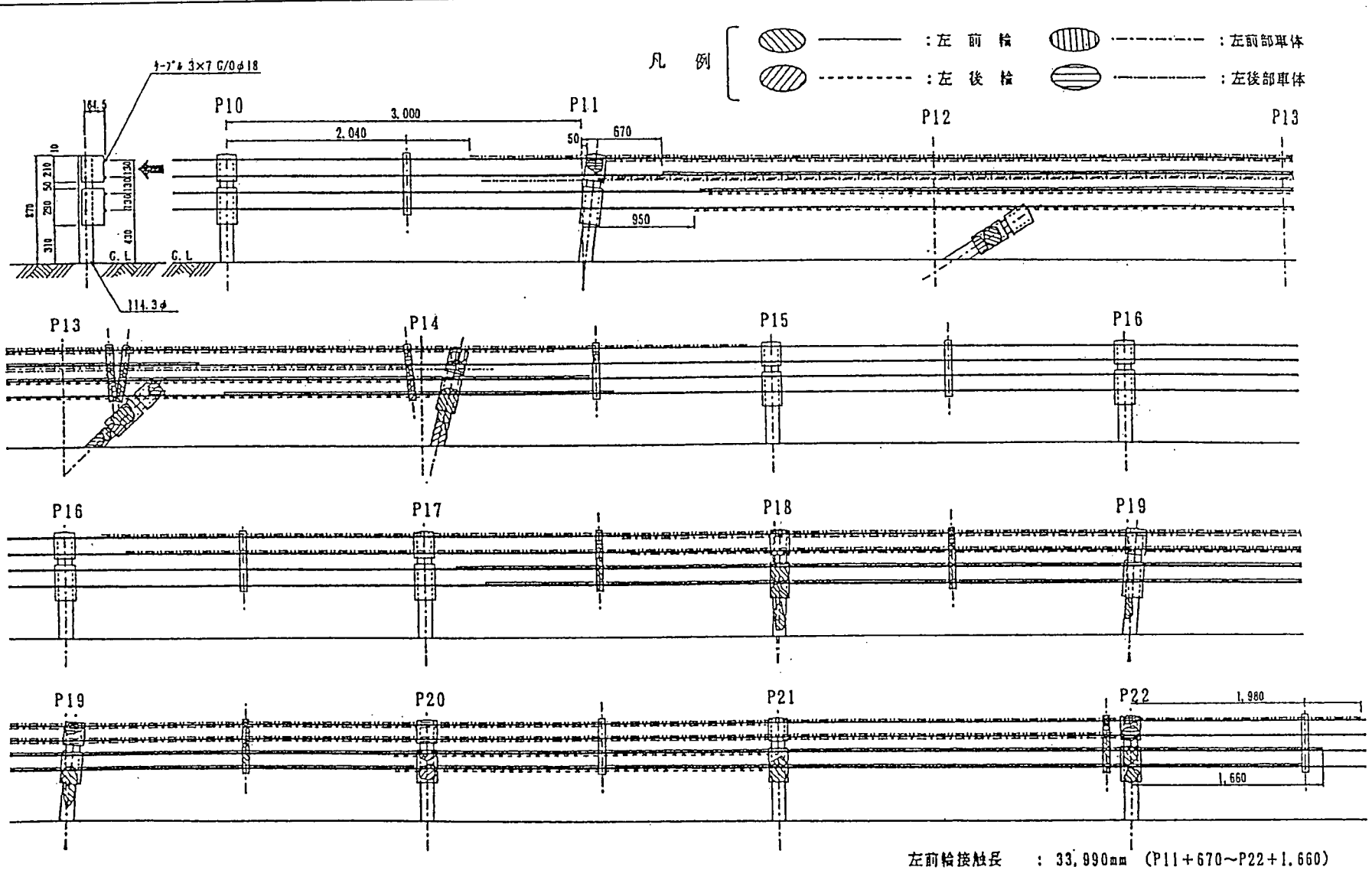
ケーブル金具の外れが4箇所（１段目がP11、P14、1～3段目がP12、P13）認められたが、ケーブルの切断はなかった。

③ブラケット

9本(P11～P12但しP16は除く)が上段か下段のいずれかが潰れていた。

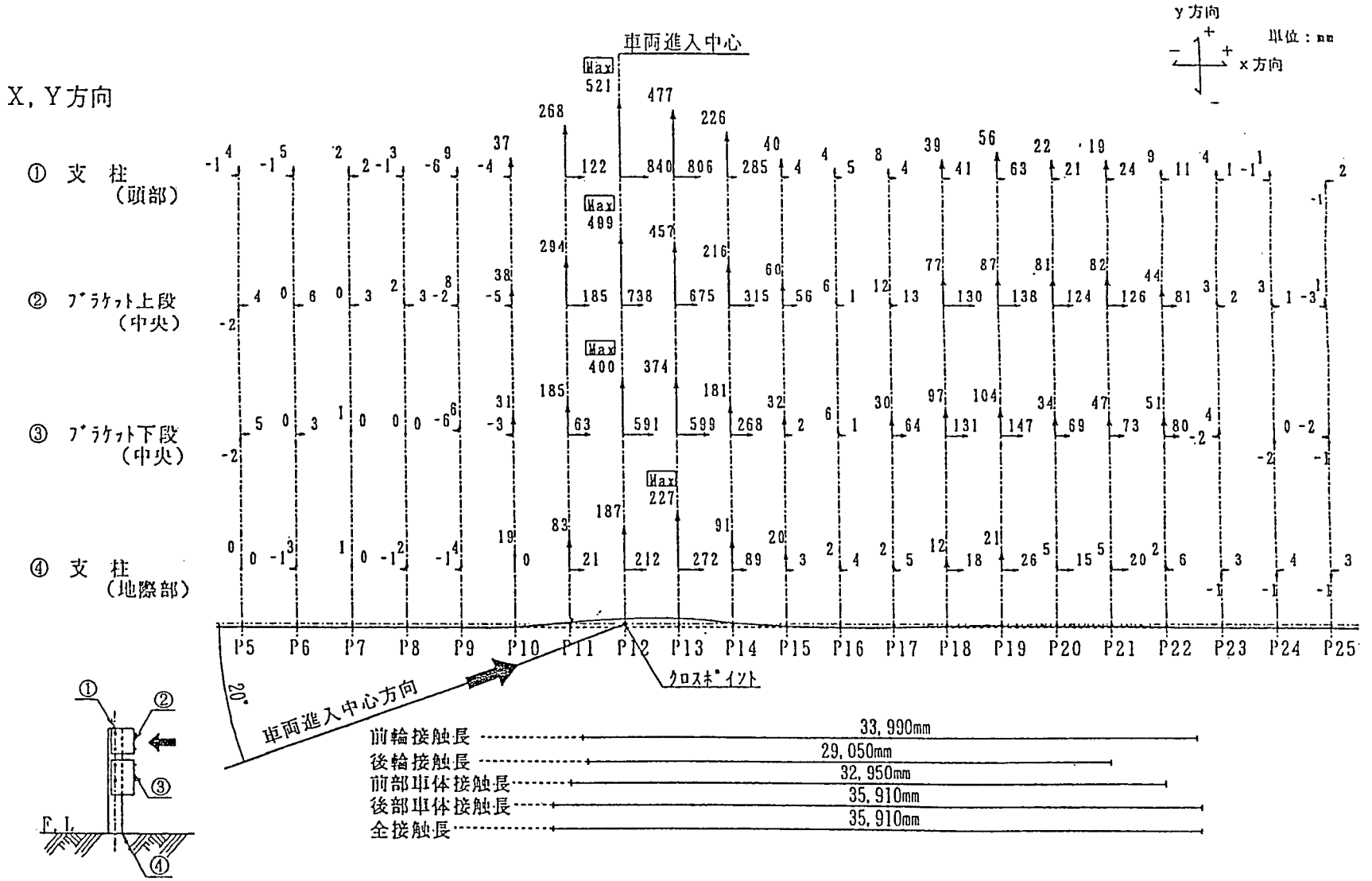
④その他（間隔保持材）

車体接触箇所の5本(P17～P22)が0.5m～1.5m、3本(P11～P14)が1.5m～4.5mの移動と潰れがみられた。



左前輪接触長　：33,990mm　(P11+670～P22+1,660)
左後輪接触長　：29,050mm　(P11+950～P21)
左前部車体接触長：32,950mm　(P11+50～P22)
左後部車体接触長：35,910mm　(P10+2,040～P22+1,980)
全 接 触 長　：35,910mm　(P10+2,040～P22+1,980)

図－７．３．３１　車両の接触跡(単位：mm)



図－7．3．32　防護柵の残留変形

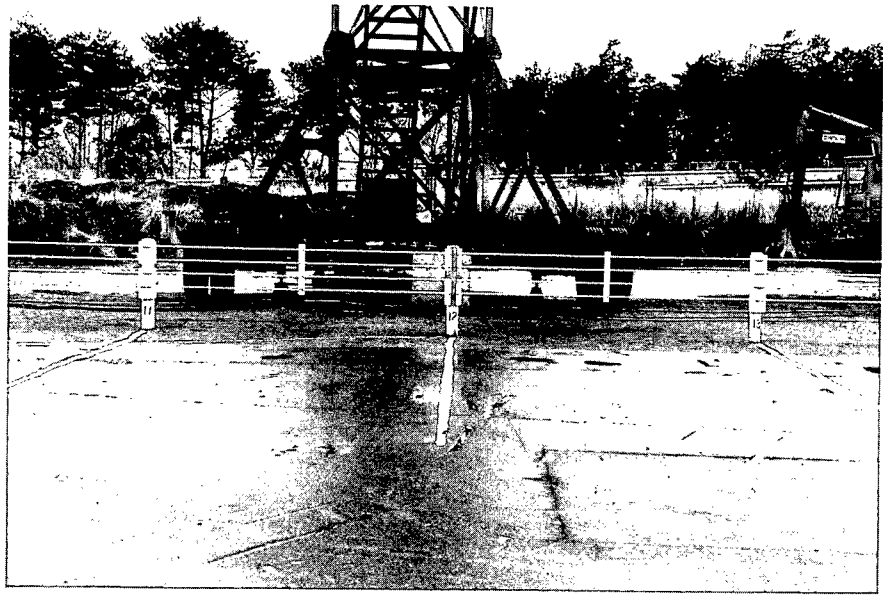
4）車両損傷状況

左側前部バンパー及びフェンダーが床下（FL+830mm）まで430mm凹んだ他、前から後端にかけて擦傷が認められた。

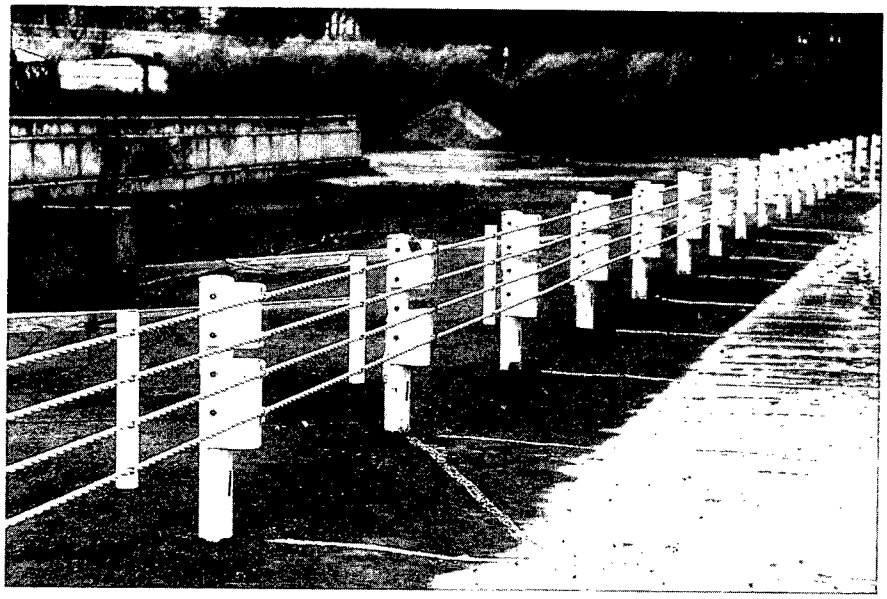
足廻りは左側前輪が後方に移動(0.12m)、左側前輪軸部板バネ受台及び板バネが後方に移動し損傷したものの、車室内の損傷は殆どなく自力走行可能であった。

5）考察

間隔保持材を入れることで各段のケーブルの張力負荷がほぼ均一化され、車両の逸脱もなくかつ乗員の安全性能も確認出来たと考えられる。



写真－７．３．４（１）供試体（Ｇｃ－Ｂ）



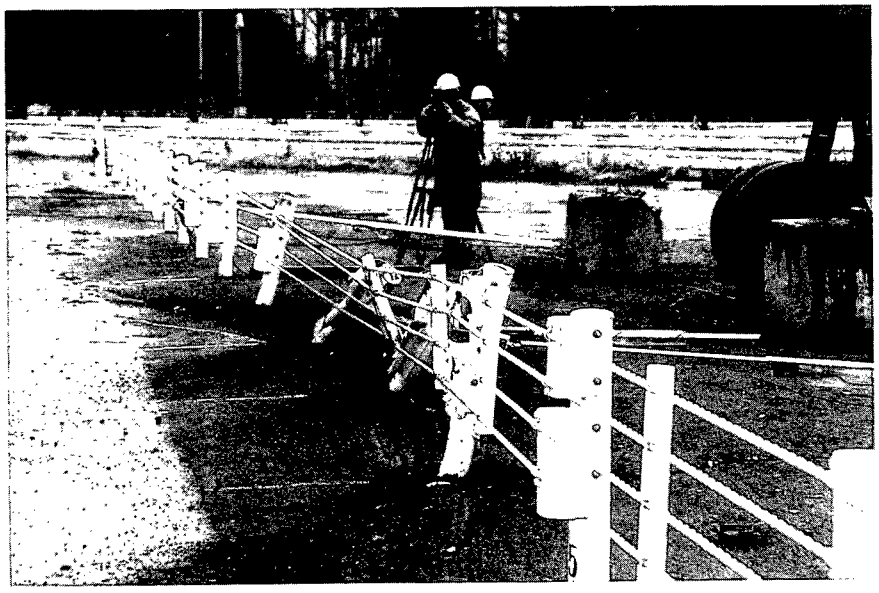
写真－７．３．４（２）供試体（Ｇｃ－Ｂ）



写真－７．３．４（３）衝突車両（貨物車）



写真－７．３．４（４）衝突後の供試体



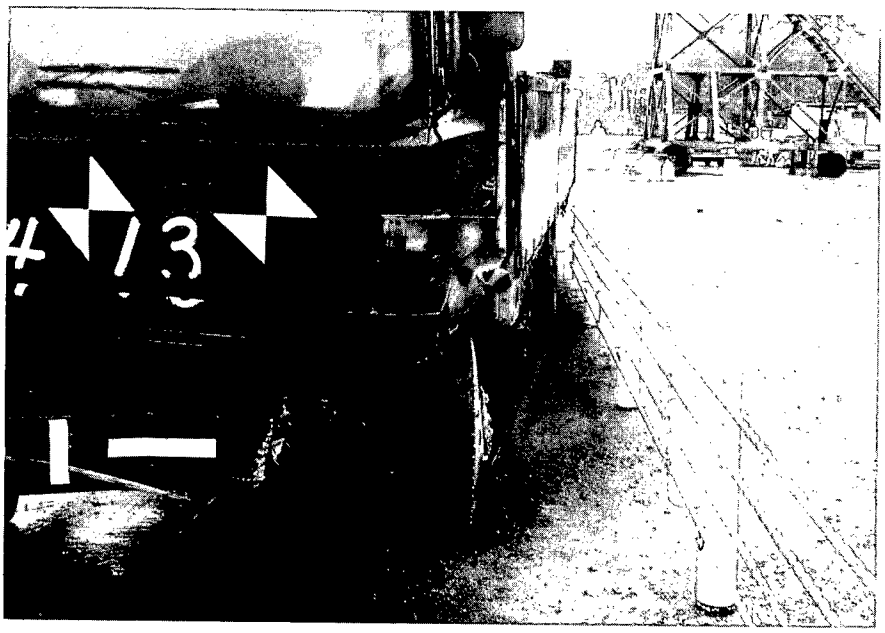
写真－７．３．４（５）衝突後の供試体



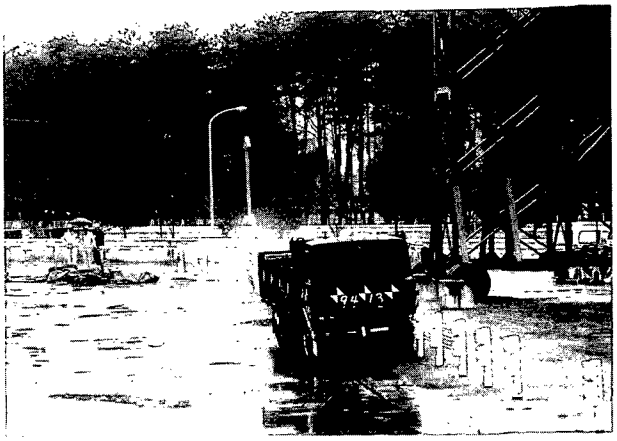
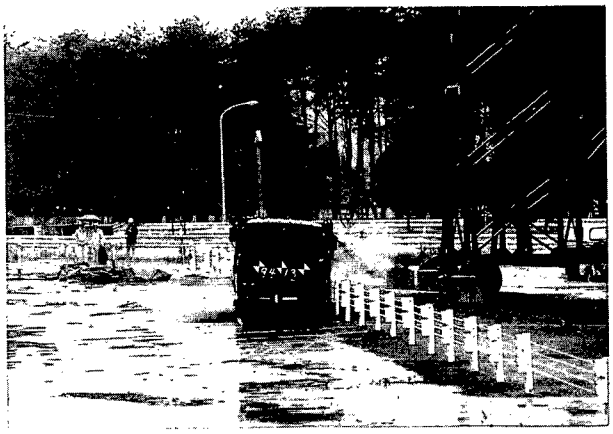
写真－７．３．４（６）衝突後の供試体

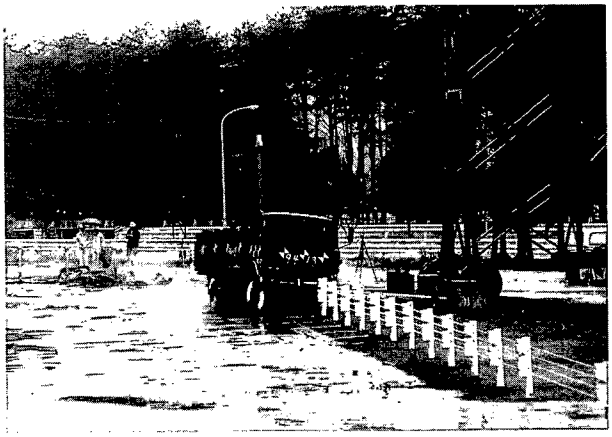


写真－７．３．４（７）衝突後の車両



写真－７．３．４（８）衝突後の車両






写真－7．3．4（9）衝突状況（Gc－B）

7.3.5分離帯用ガードレール　Grm－S70－1

（1）実験目的

本実験は既設の中央分離帯用ガードレールＧｒｍ－Ｓを強化改良した衝撃度730kJ対応の構造について、実車衝突実験により防護柵機能及び強度検証を行う。

（2）衝突条件

衝突条件を表－7.3.33に示す。

表－7.3.33　衝突条件

衝突車両	貨物車
車両質量	20t
衝突速度	90km/h
衝突角度	20度
衝撃度	731kJ

（3）供試体構造

供試体は既設のＧｒｍ－Ｓ構造は加工することなく、付加部材の取付による強化構造とした。

供試体構造及び部材表を図－7.3.33に示す。

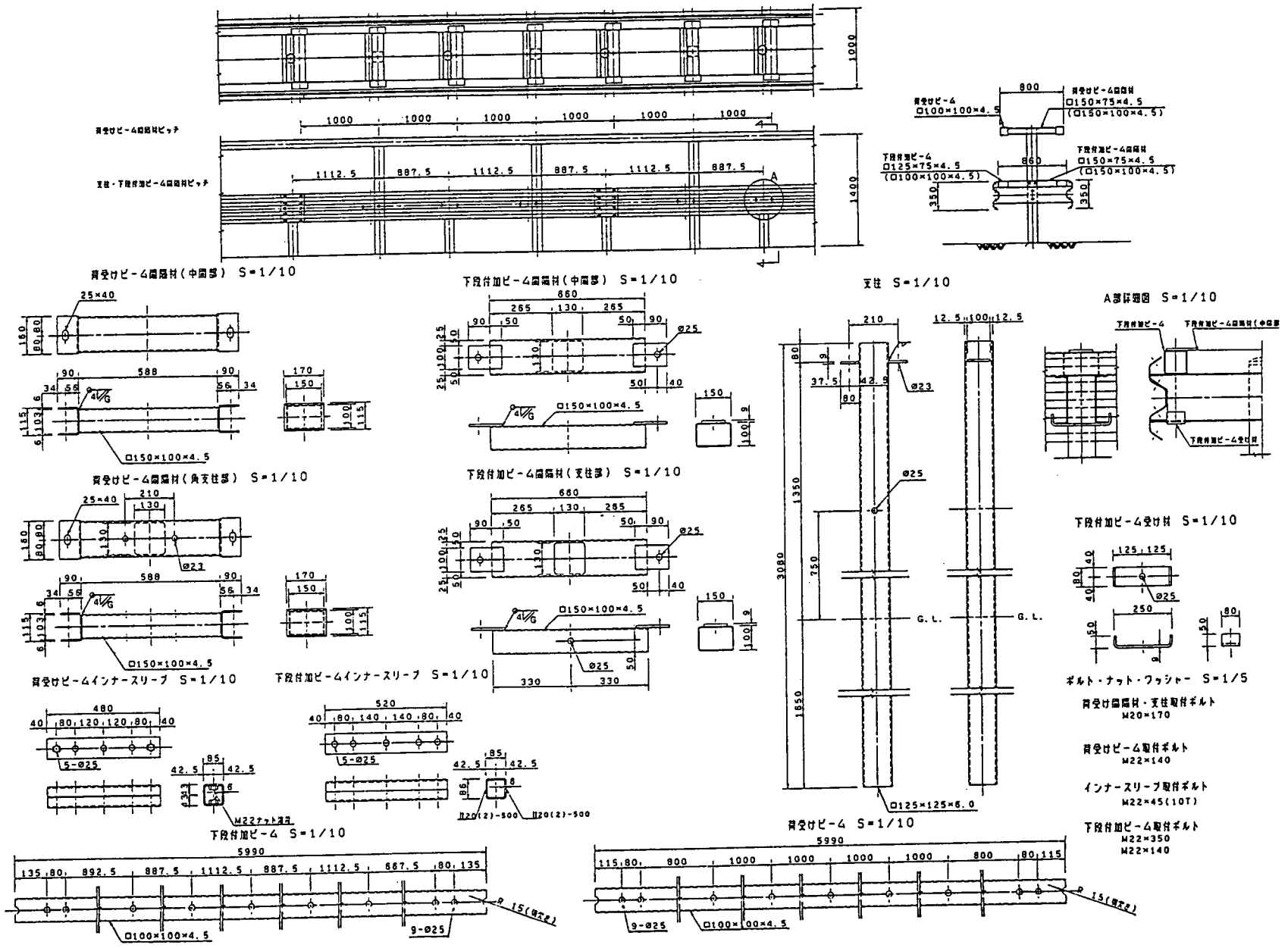
（4）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－7.3.34に計測位置を図－7.3.35に示す。

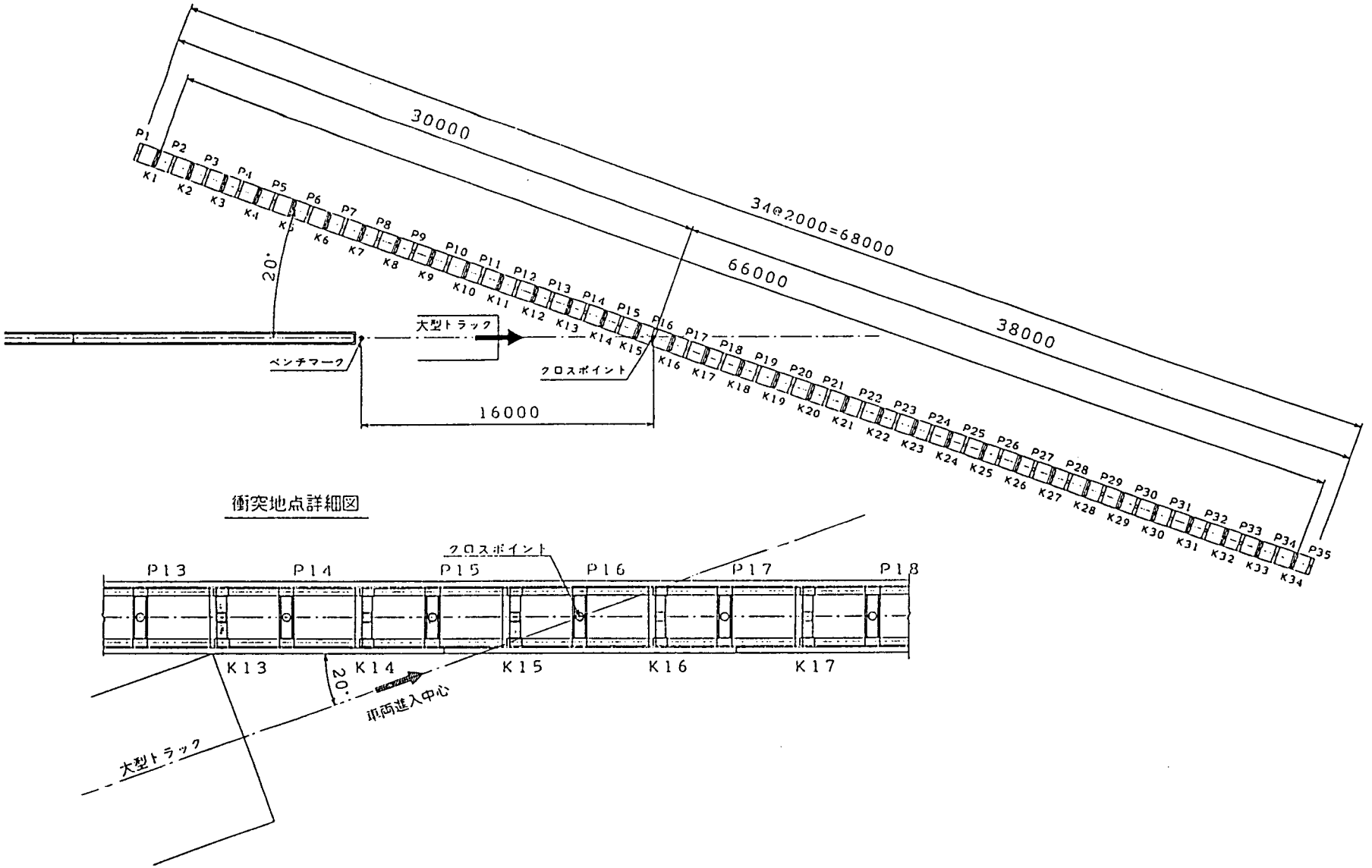
（5）実験結果および考察

車両は防護柵に衝突後、路外側へ大きく傾いたが付加部材の上段ビームが荷台部を支持したことにより、円滑に誘導された。

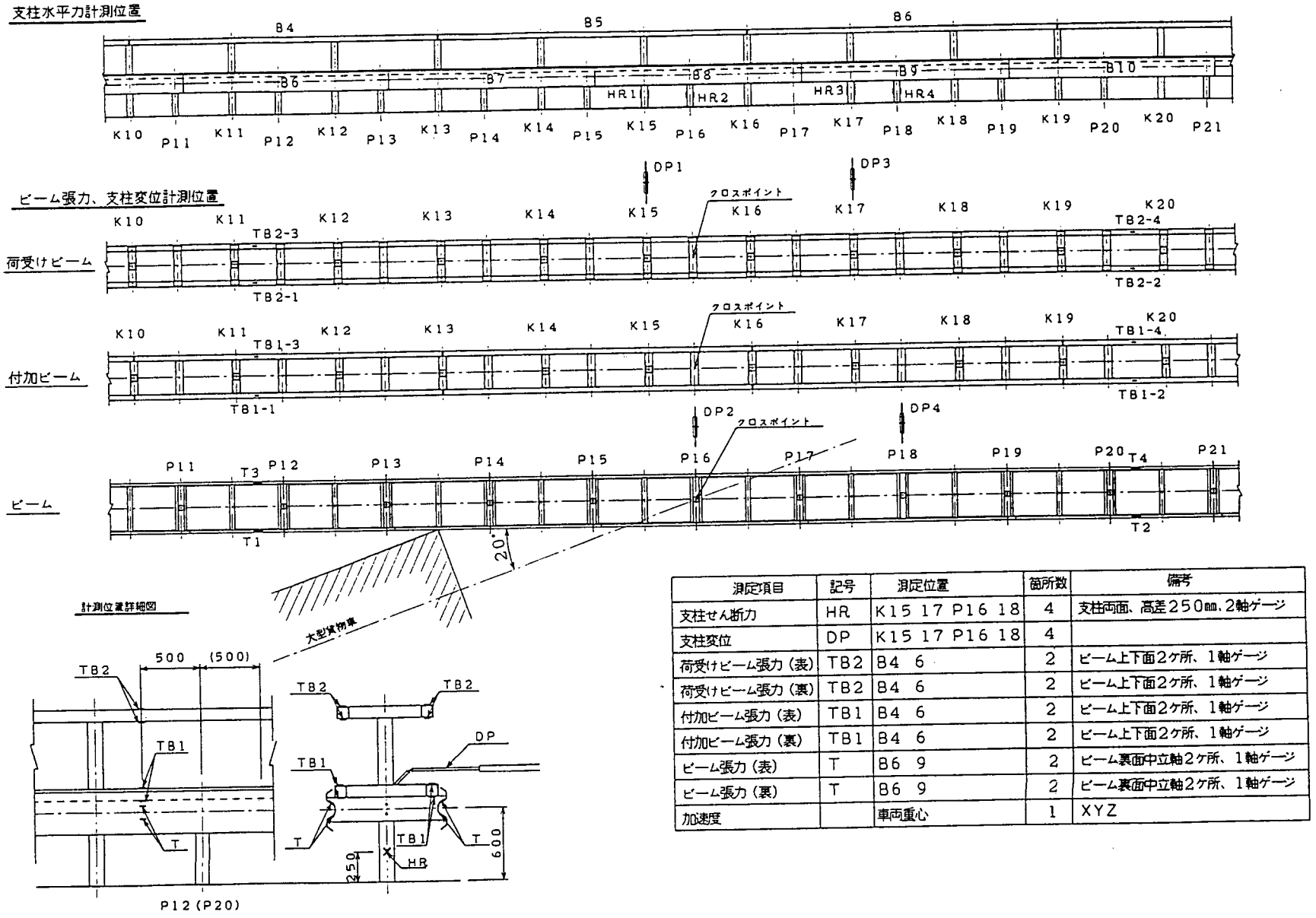
実験結果を表－7.3.34に示す。



図－7.3.33　供試体構造（単位：mm）



図－7.3.34　供試体の配置図（単位：mm）



測定項目	記号	測定位置	箇所数	備考
支柱せん断力	HR	K15 17 P16 18	4	支柱両面、高差250mm、2軸ゲージ
支柱変位	DP	K15 17 P16 18	4	
荷受けビーム張力（表）	TB2	B4 6	2	ビーム上下面2ケ所、1軸ゲージ
荷受けビーム張力（裏）	TB2	B4 6	2	ビーム上下面2ケ所、1軸ゲージ
付加ビーム張力（表）	TB1	B4 6	2	ビーム上下面2ケ所、1軸ゲージ
付加ビーム張力（裏）	TB1	B4 6	2	ビーム上下面2ケ所、1軸ゲージ
ビーム張力（表）	T	B6 9	2	ビーム裏面中立軸2ケ所、1軸ゲージ
ビーム張力（裏）	T	B6 9	2	ビーム裏面中立軸2ケ所、1軸ゲージ
加速度		車両重心	1	XYZ

図－7.3.35　計測位置図（単位：mm）

表－7.3.34　実験結果一覧表

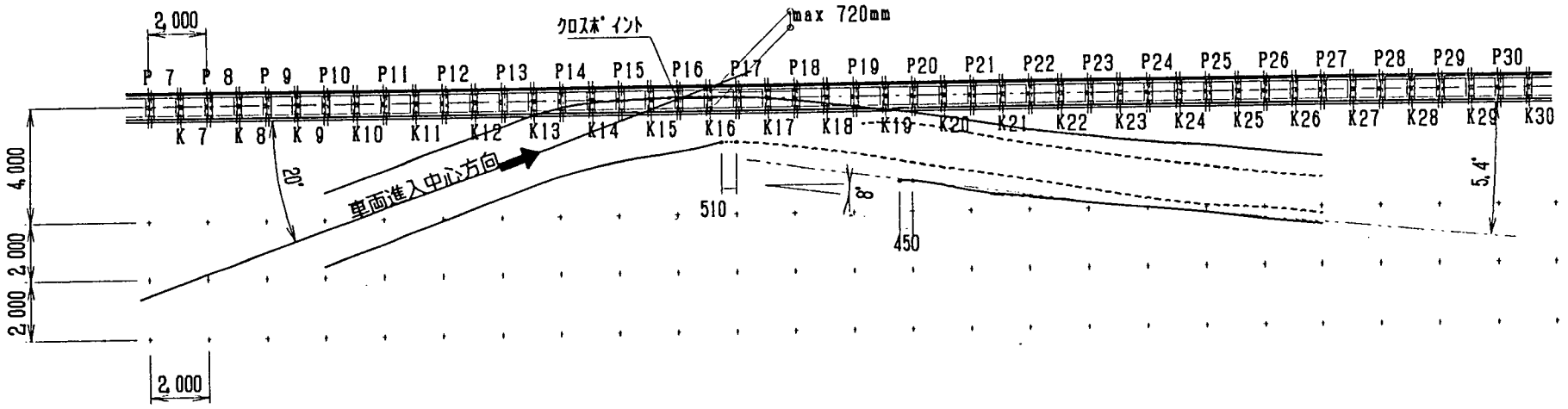
				結　果
衝突条件	車両質量(t)			20
	衝突速度(km/h)			90.5
	衝突角度(度)			20
	衝撃度(kJ)			739
離脱速度(km/h)				計測不能
離脱角度(度)				8.0
接触長(m)				16.73
防護柵最大変位	支柱	直角方向最大変位(mm)		740
		残留	直角方向(mm)	575
			延長方向(mm)	36
	Y方向ビーム残留変位(mm)			545
最大進入行程(mm)				460
車両最大傾斜角(度)	前端			－
	後端			－
支柱最大水平力(kN)				82.8
ビーム最大張力(kN)	表ビーム			83.5
	裏ビーム			26.8
	表上段ビーム			104
	裏上段ビーム			115
車両重心加速度	50ms値	進行方向(m/s^2)		93.1
		直角方向(m/s^2)		138
		垂直方向(m/s^2)		38.2
		合成(m/s^2)		139
HIC値	運転席ダミー			－
	助手席ダミー			－

1）車両誘導性

車両は衝突速度90.5km/h、衝突角度20度で防護柵に衝突後、防護柵に沿って進行し離脱した。離脱速度はテープスイッチの故障のため計測出来なかったが、離脱角度8度で車両は円滑に誘導された。

車輪の外側最大進入行程は720mm、車輪の中心では460mmであった。

車両は前輪車軸が車軸取付Uボルトの破断によって外れ、後前輪がバーストしたため自力走行は不可能であった。車両の軌跡図を図－7.3.36に示す。



最大進入行程 ： 720mm (K16)

離脱角度 ： 一次 8.0°

： 二次 5.4°

図－7.3.36 車両の軌跡（単位：mm）

2）防護柵強度

①支柱

支柱の最大変位量を表－7.3.35に示す。支柱の防護柵直角方向最大変位量はＰ16の740mmであった。

支柱に働いた最大水平力を表－7.3.36に示す。支柱の防護柵直角方向水平力の最大値はＫ15の83.9kNであった。

②ビーム

ビームに発生した最大張力を表－7.3.37に示す。ビームの最大張力は上段ビームで発生しており104kNであった。

表－7.3.35　支柱の最大変位量

支柱番号	Ｐ16	Ｐ18	Ｋ15	Ｋ17
変位量（mm）	740	427	644	497

表－7.3.36　各支柱の最大水平力

支柱番号	Ｋ15	Ｐ16	Ｋ17	Ｐ18
最大水平力(kN)	83.9	31.6	50.4	28.2

表－7.3.37　ビームの最大張力

			B4	B6	B9
最大張力（ｋＮ）	表	ビーム	－	83.5	24.2
		上段ビーム	104.0	102.2	－
	裏	ビーム	－	22.3	26.8
		上段ビーム	115.1	36.2	－

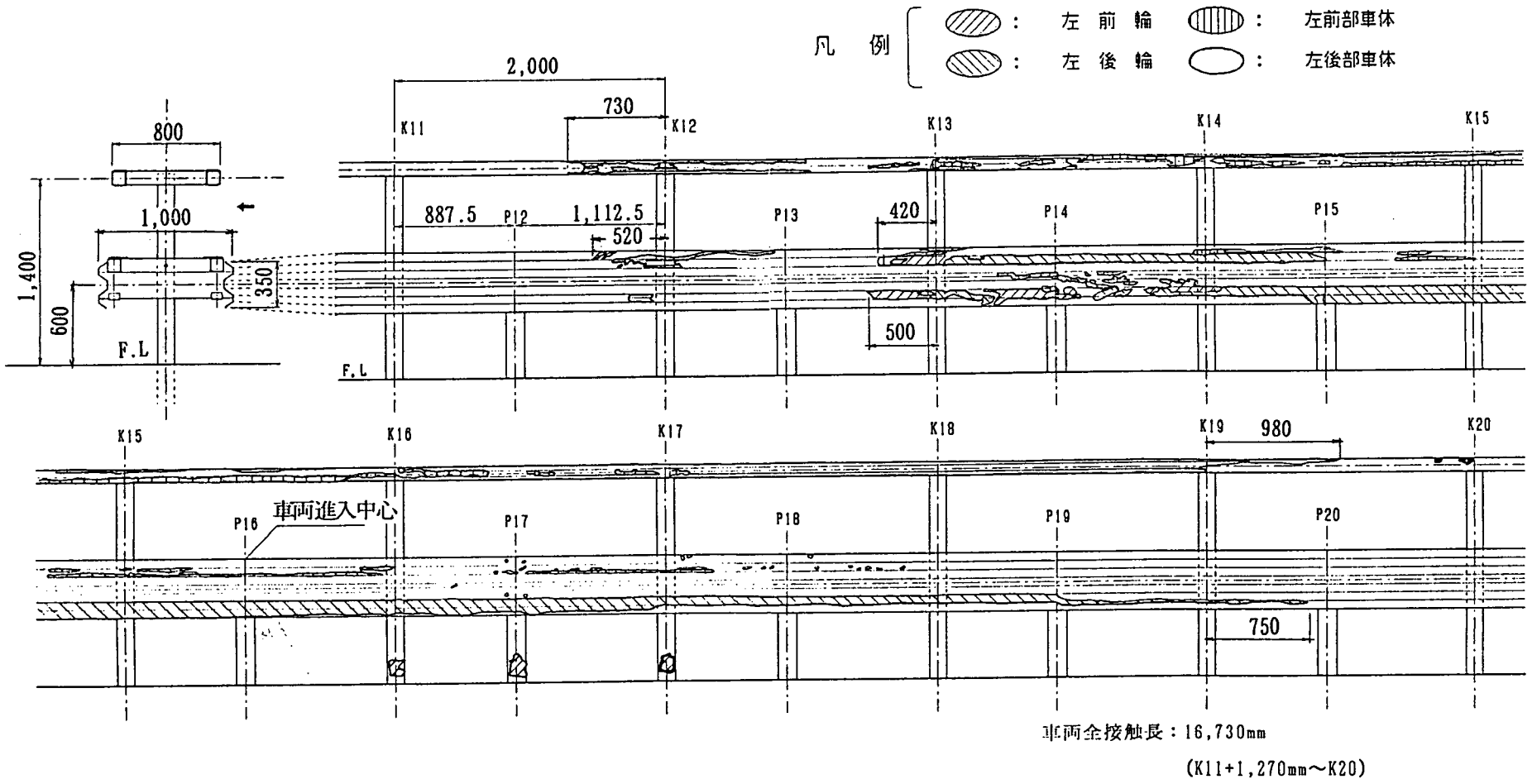
3）防護柵損傷状況

車両はK11＋1.27mの位置から接触を始めK20の位置で離れており、全接触長は16.731mであった。支柱の柵直角方向最大変位量はＰ16で740mmであった。ビームの柵直角方向最大残留変位量は表ビーム中心位置で545mm（Ｐ15～P16の間）、裏ビーム中心位置で461mm（Ｐ15～P16の間）であった。

車両の接触跡を図－7.3.37、防護柵残留変位を図－7.3.38に示す。

①支柱

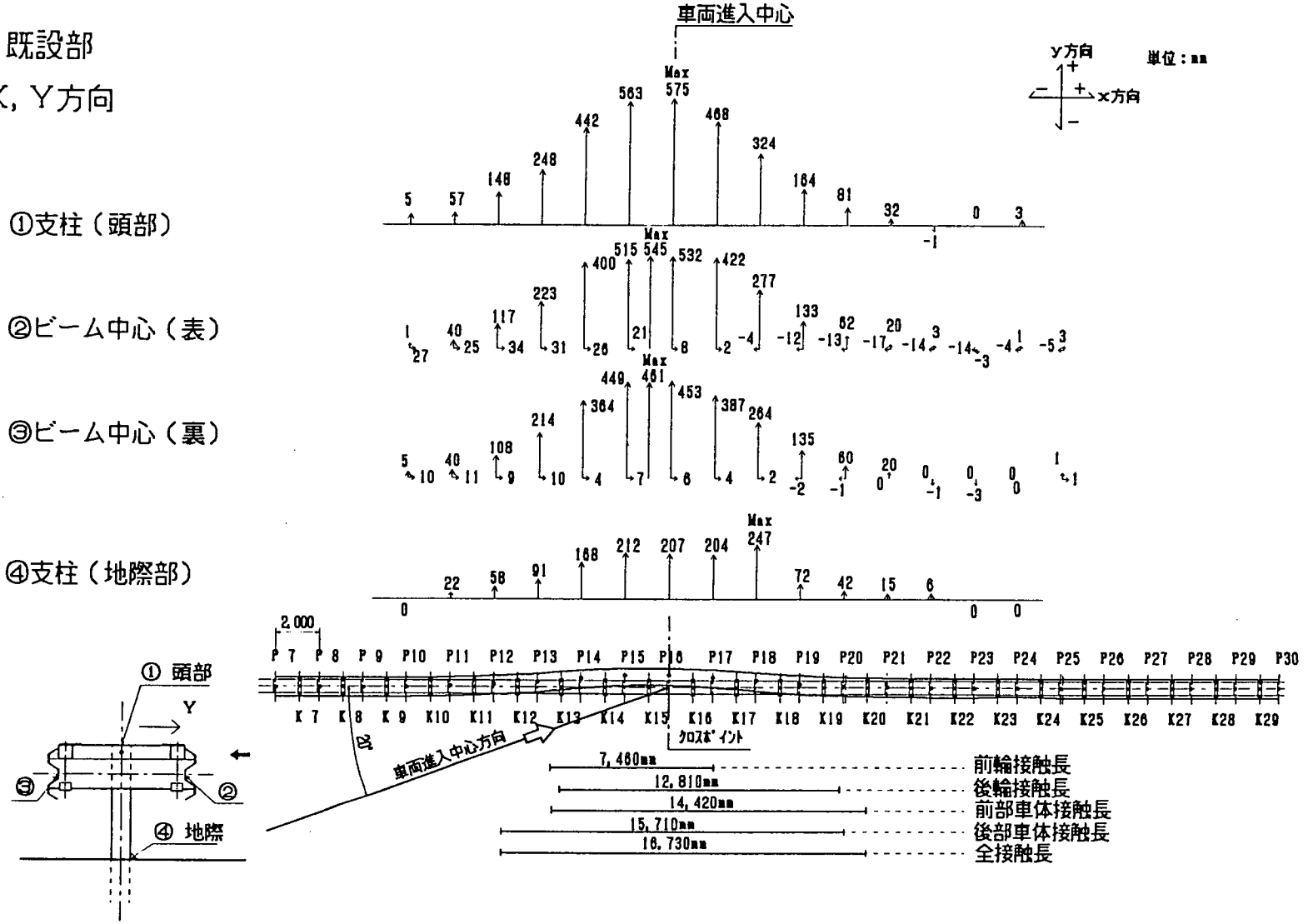
支柱の折れ曲り位置は既設支柱6本（P13～P18）はＧＬ－340～－470、補強支柱10本（Ｋ11～Ｋ20）はＧＬ－220～－380であったが完全な抜け出しはなかった。左側前輪が接触した支柱は3本（Ｋ16、Ｐ17、Ｋ17）あったが、後輪と接触した支柱は無かった。



図－7.3.37　車両の接触跡（単位：mm）

既設部

X, Y方向



図－7.3.38　防護柵残留変形（単位：mm）

②ビーム

ビームは4箇所（P14、K14、P15、P16）で孔明きが発生し、K13～K18の間でビーム上下端が波状変形していたが表、裏ビームともに破断はなかった。

③間隔材

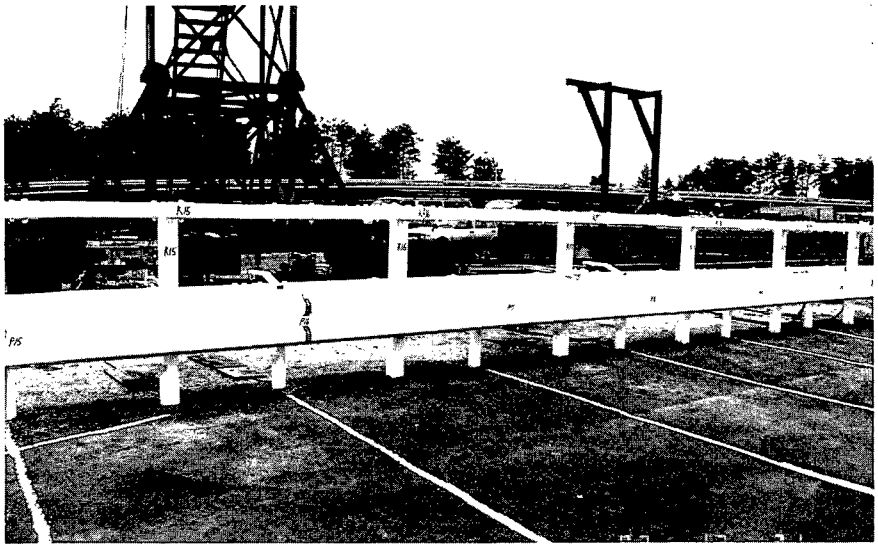
間隔材はP14～P18で変形しており、K14では取付部が破損していた。

4）車両損傷

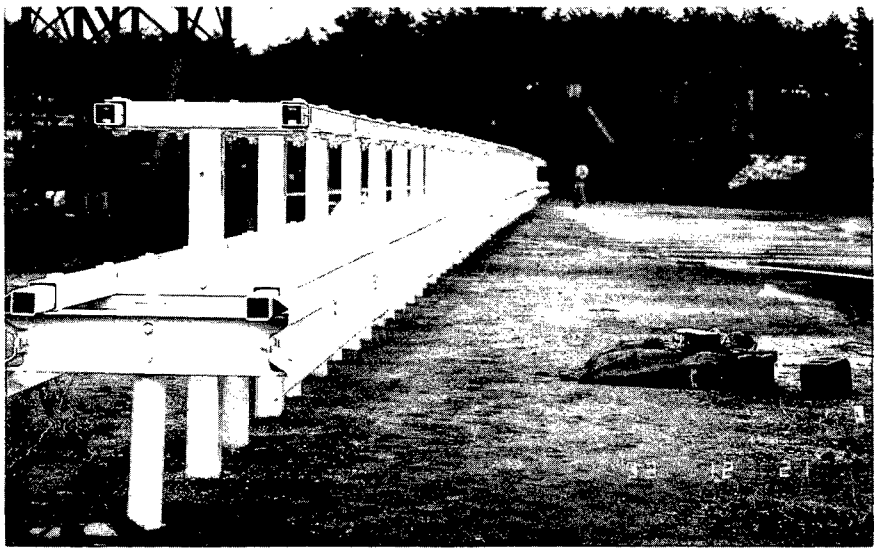
車両は左側前部が320mmにわたって凹みが発生した。前輪軸がUボルト破断のために外れており、左側後前輪と左側前輪がバーストしていることから自力走行は不可能であった。

6）考察

車両は車両質量20t、衝突速度90.5km/h、衝突角度20度、衝撃度739kJで防護柵に衝突した。車両は路外方向へ大きく傾いたが、強化部材の上段ビームが車両の後部衝突時に荷台を支持したことにより防護柵に沿って円滑に誘導された。ビームの最大張力が上段ビームで発生しており、強化部材が車両誘導に有効に機能していたと判断できる。



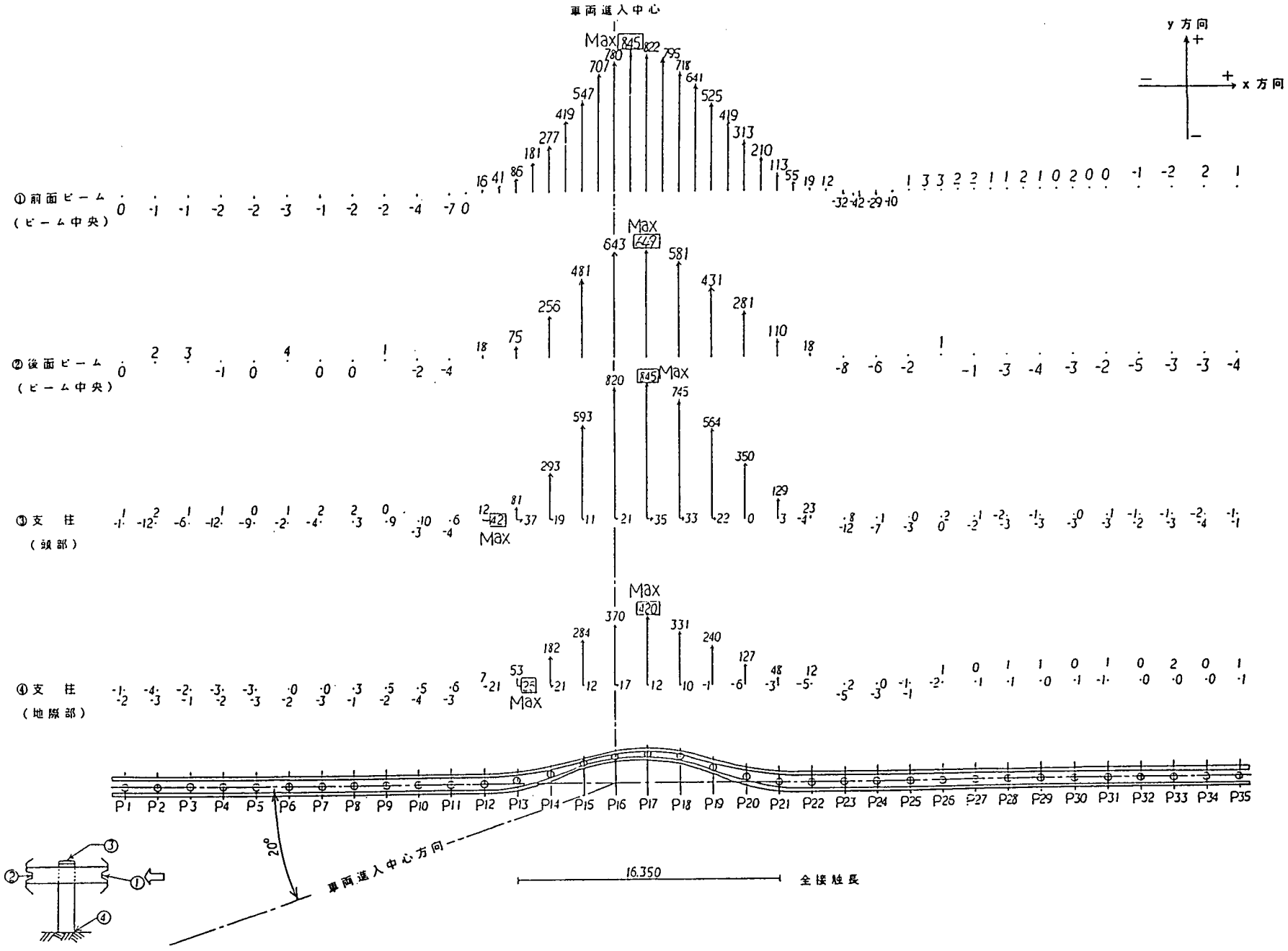
写真－7.3.5(1)　供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



写真－7.3.5(2)　供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



写真－7.3.5(3)　衝突車両（貨物車　２０ｔ）



図－7．3．49　防護柵の残留変位　（単位：mm）

① 支柱

支柱１本(P18)にホイールによる傷があった。支柱の折れ曲がりは、7本(P15～P21)で、曲がり位置は平均GL－400㎜であった。支柱の最大残留変位量はＹ方向に845㎜(P17)、Ｘ方向に42㎜であった。

② ビーム

ビームはコルゲーション上端に変形はあったが、破断等は無かった。

最大残留変位量はＹ方向に845㎜(P16,17間)であった。

③ ブラケット

ブラケットは１箇所(P23)に曲がりがあった。

④ ボルト及び接合部

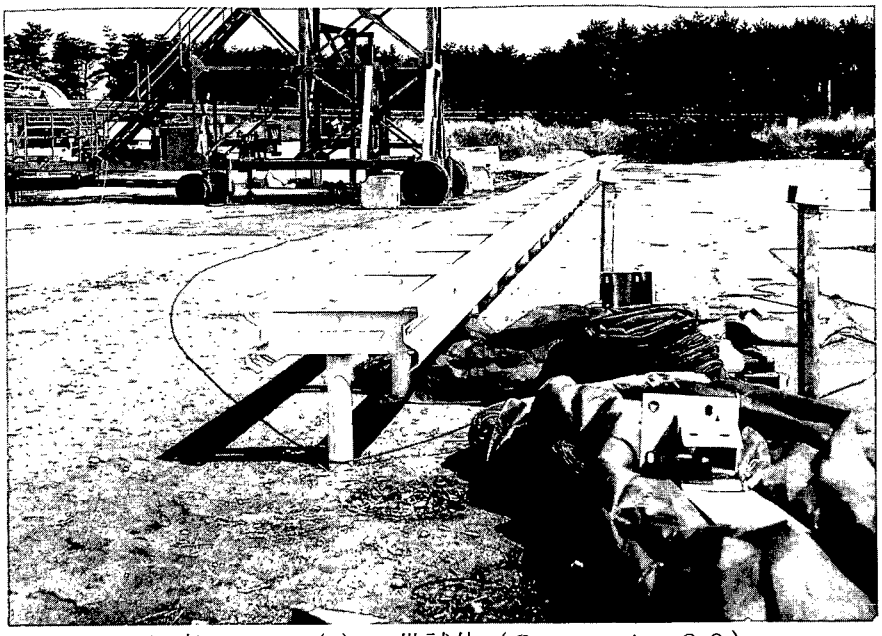
ボルトの破断は無かった。

３）車両損傷状況

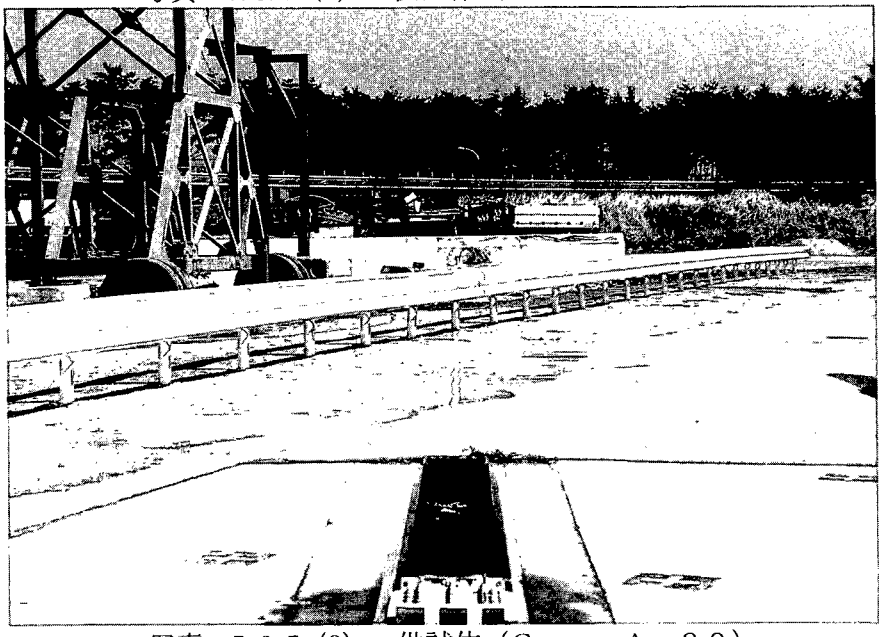
前輪及び運転席廻りの損傷は不明である。左側前後輪タイヤにバーストは無く、後輪軸廻りも異常は無かった。自力走行は可能であった。

４）考察

既設Ｇｒｍ－Ａの支柱間の中間に支柱を増し打ちして強化構造にした本供試体は、増設支柱を介して均等に背面ビームが肘付きをしたことから、貨物車を良好に誘導する事ができ、その有効性を検証したことで本供試体の構造は適正であると考えられる。



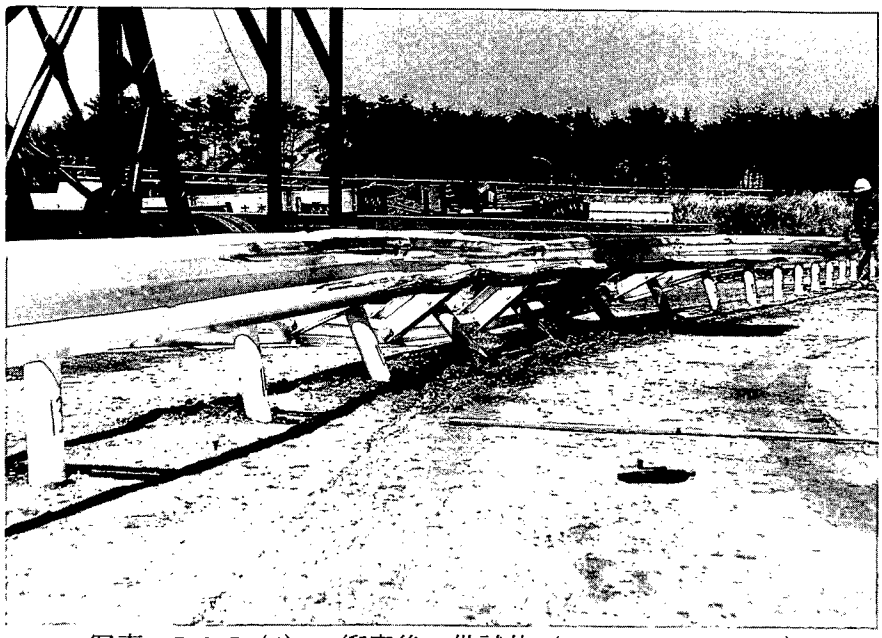
写真－7.3.7 (1)　供試体（Ｇｒｍ－Ａ－２０）



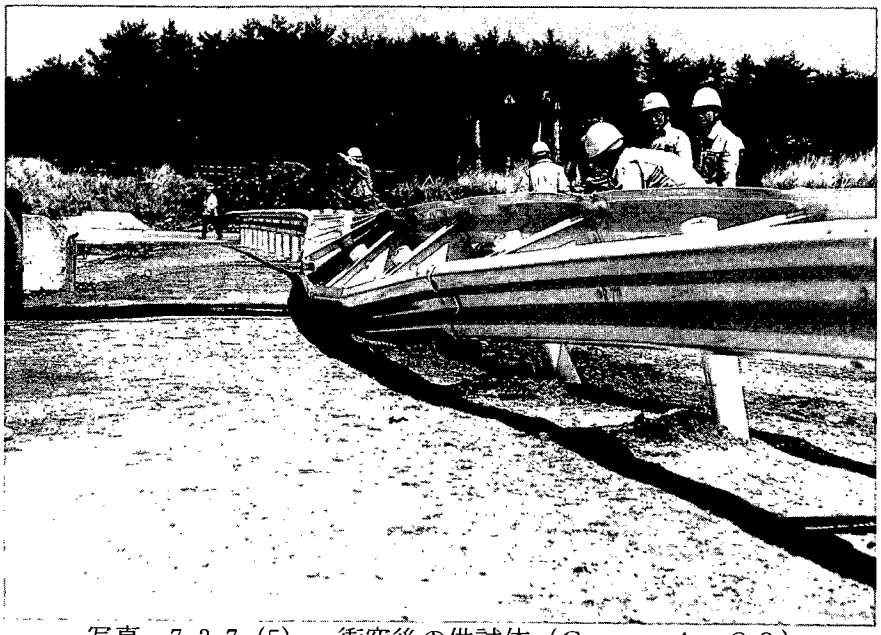
写真－7.3.7 (2)　供試体（Ｇｒｍ－Ａ－２０）



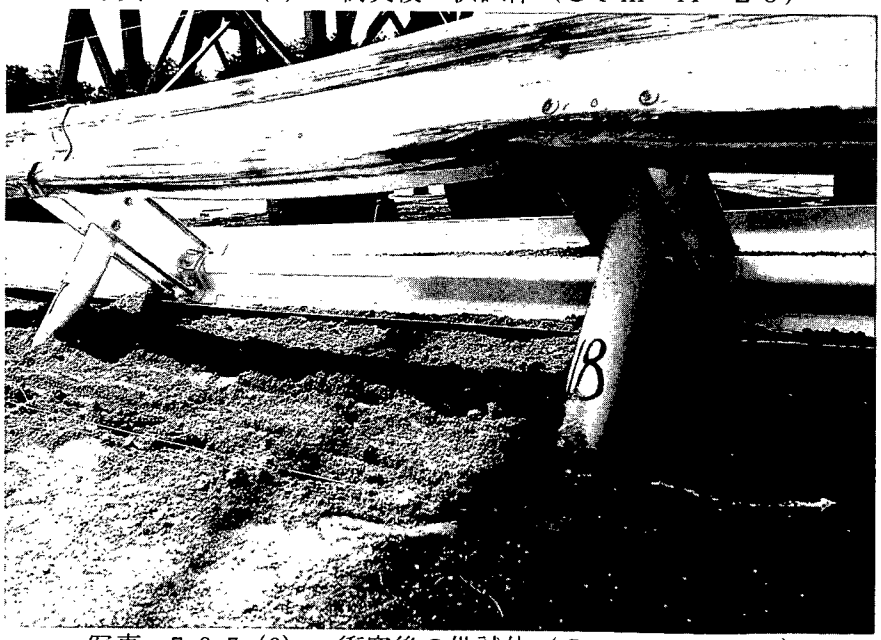
写真－7.3.7 (3)　衝突車両　（貨物車 8t）



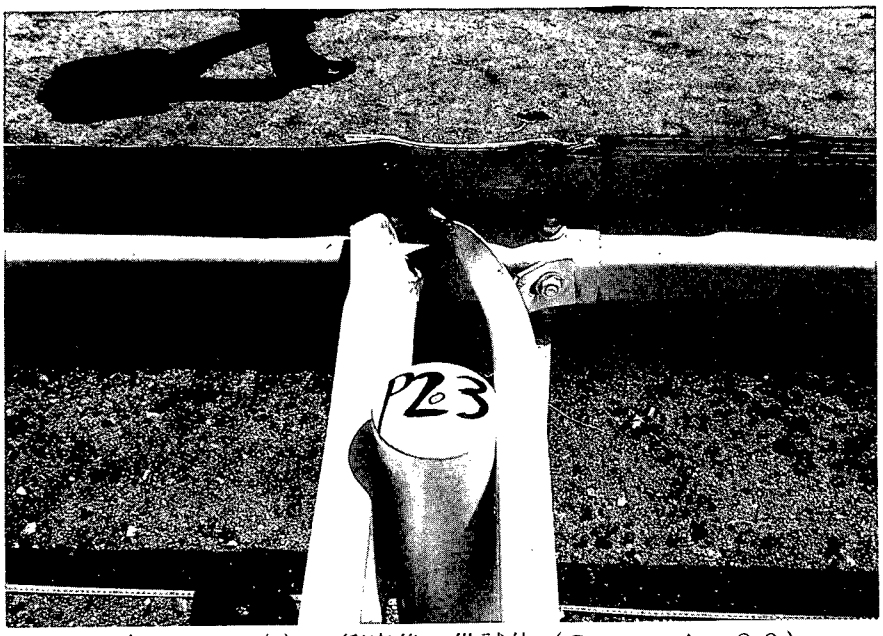
写真－7.3.7 (4)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ａ－２０）



写真－7.3.7 (5)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ａ－２０）



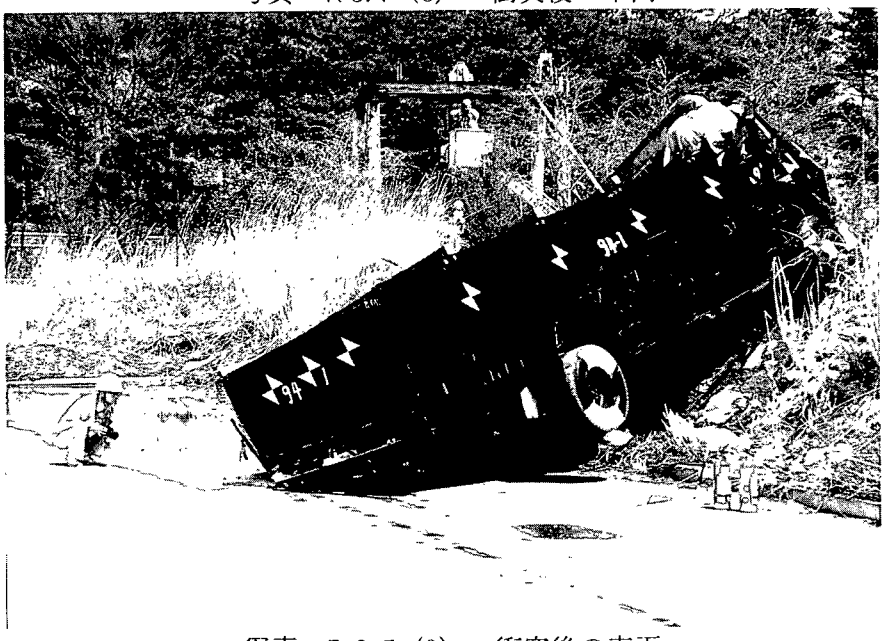
写真－7.3.7 (6)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ａ－２０）



写真－7.3.7（7）　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ａ－２０）



写真－7.3.7（8）　衝突後の車両



写真－7.3.7（9）　衝突後の車両

８．車両横転に関する検討

これまで防護柵の設計を行う場合、衝突シュミレーション（２次元）は非常に有効な手段の一つとして活用されてきた。しかし、従来に比べて高質量、高速度で車両が防護柵に衝突した場合には、車両後部が慣性力により路外方向に大きく傾いたり、あるいは捻れを生じその結果、車両が横転する現象が見られ高さ方向の挙動が考慮されていない２次元シュミレーションでは再現性に不十分な面が出てきた。

そこで、より合理的な防護柵の構造検討をおこなうために、車両横転に関する計算手法について検討した。車両横転については共同研究報告書第９４号「高速化対応型防護柵の開発に関する共同研究報告書」にも検討例が記述されているが、ここではそのモデルも含め数例の計算モデルについて整理し、衝突実験結果と比べて比較的整合性のある検討モデルを提案する。

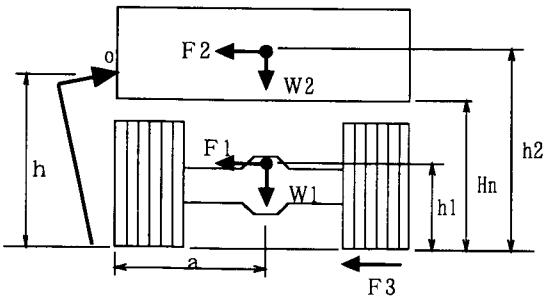
８．１　検討モデル

８．１．１　車両の構造を車体と荷台に分離して考える場合（Ａ式）

Ａ式は車両を車体部と荷台部に分離した構造を考え、防護柵の最大変形時に荷台部を支持できない場合は荷台の移動量を考慮し、防護柵支持点廻りのモーメントの釣合から横転の有無を検討する方法である。尚、防護柵が荷台部を支持する場合は荷台移動量＝０とする。

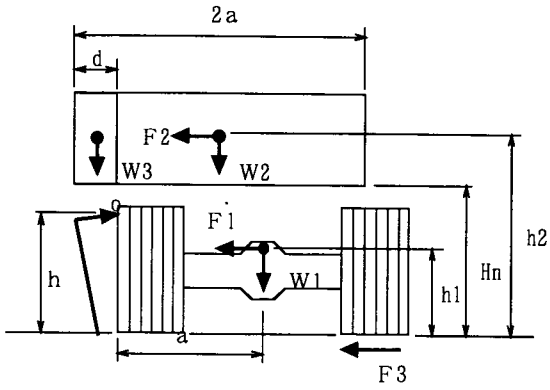
（１）構造モデル

荷台を支持する場合



図－８．１．１

荷台を支持しない場合



図－８．１．２

（２）検討式

１）転倒モーメント

・荷台を支持する場合　（ｈ≧Ｈｎ）　$Mf=F2(h2-h)$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・(8.1.1)

・荷台を支持しない場合（ｈ＜Ｈｎ）　$Mf=F2(h2-h)+W3\cdot g(d/2)$ ・・・・・・・・・・・(8.1.2)

２）抵抗モーメント

・荷台を支持する場合　（ｈ≧Ｈｎ）　$Mr=F1(h-h1)+W1\cdot g\cdot a+W2\cdot g\cdot a+F3\cdot h$ ・・・・・・(8.1.3)

・荷台を支持しない場合（ｈ＜Ｈｎ）　$Mr=F1(h-h1)+W1\cdot g\cdot a+(W2-W3)g(a-d/2)+F3\cdot h$ ・・(8.1.4)

3）転倒させようとする力

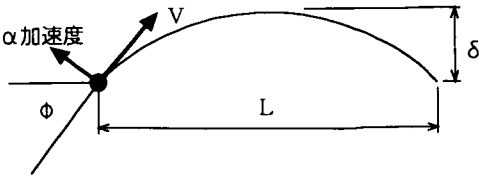
衝突速度V、衝突角度φ、シミュレーションによる最大変位量δから加速度α、荷台部に働く遠心力F2、車体部に働く遠心力F1を求める。

・加速度α

$\alpha = V^2 \cdot 2\sin\phi / L$ ・・・(8.1.5)　　$L = 2\delta \{(1+\cos\phi)/(1-\cos\phi)\}^{1/2}$ ・・・(8.1.6)

・荷台部に働く遠心力　$F2 = W2 \cdot \alpha$ ・・・(8.1.7)

・車体部に働く遠心力　$F1 = W1 \cdot \alpha$ ・・・(8.1.8)



図－８．１．３

4）転倒に抵抗する力

・荷台部、車体部に働く重力W2·g、W1·g

・車輪と地面の摩擦力

荷台を支持する場合　$F3 = \mu (W2+W1)g$ ・・・・・(8.1.9)　　μ：摩擦係数

荷台を支持しない場合　$F3 = \mu (W2+W1-W3)g$ ・・・(8.1.10)

$W3 = W2(d/2a)$ ・・・・(8.1.11)　　$d = 0.4m$ ・・・(8.1.12)

5）路側用防護柵変形時の支持高さ

・支柱変形角度θ

$\theta = \theta 1 + \theta 2$ ・・・・・(8.1.13)

$\theta 1 = \tan^{-1}\{b/(hD+do)\}$ ・・(8.1.14)　$\theta 2 = \sin^{-1}\{(\delta - b)/C\}$ ・・(8.1.15)　$C = b/\sin\theta 1$ ・・(8.1.16)

・支持高さh

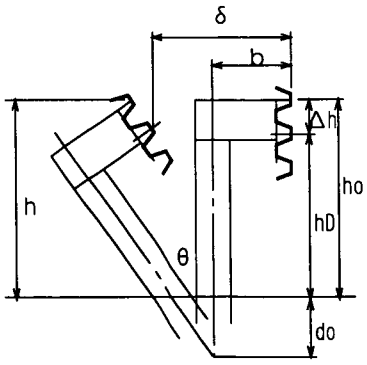
hD：主ビーム中心高さとする。

Δh：２山、３山ビームの場合はhDから最上段山の中心まで、閉断面上段ビーム付きの場合はhDから上段ビーム上端までの距離とする。

衝突前の支持高さはho=hD+Δhとなる。

$h = C \cdot \cos\theta 2 - do + \Delta h \cdot \sin\theta 3$ ・・・・(8.1.17)

$\theta 3 = 90 - (\theta 1 + \theta 2)$ ・・・・・・・(8.1.18)



図－８．１．４

6）分離帯用防護柵変形時の支持高さ

背面ビームの肘付き効果を考慮し、肘付き後はそれ以上防護柵は変位しないものとする。

尚、肘付き部は間隔材下端高さとする。

・肘付き時の変位量δj

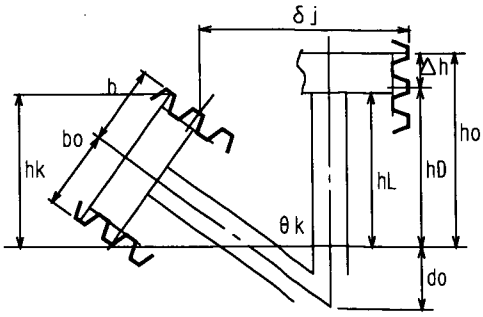
$\delta j = C \cdot \cos(\theta 5 + \theta 1) + b$ ・・・・(8.1.19)

$\theta 5 = 90 - \cos^{-1}(do/e) + \theta 4$ ・・・(8.1.20)

$e = bo/\sin\theta 4$ ・・・・・・・・(8.1.21)

$\theta 4 = \tan^{-1}\{bo/(hL+do)\}$ ・・・(8.1.22)

・肘付き時の支柱変形角度θk



図－８．１．５

$\theta k=90-\theta 5$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・(8.1.23)

・肘付き時（$\delta \geqq \delta j$）の支持高さhk

$hk=C\cdot\sin(\theta 5+\theta 1)-do+\Delta h\cdot\sin\theta 5$ ・・・・ (8.1.24)

・肘を付かない場合（$\delta < \delta j$）の支持高さh

$h=C\cdot\cos\theta 2-do+\Delta h\cdot\sin\theta 3$ ・・・・・・・・・(8.1.25)

7）防護柵変形時の必要高さH

Mf=Mrとしたときのｈが横転を防止できる最小必要支持高さとなる。

$H=\{(W1\cdot h1+W2\cdot h2)\alpha/g-(W1+W2)a+W2\cdot d\}/\{(W1+W2)\alpha/g+(W1+W2(2a-d)/2a)\mu\}$ ・・・(8.1.26)

8）判定基準

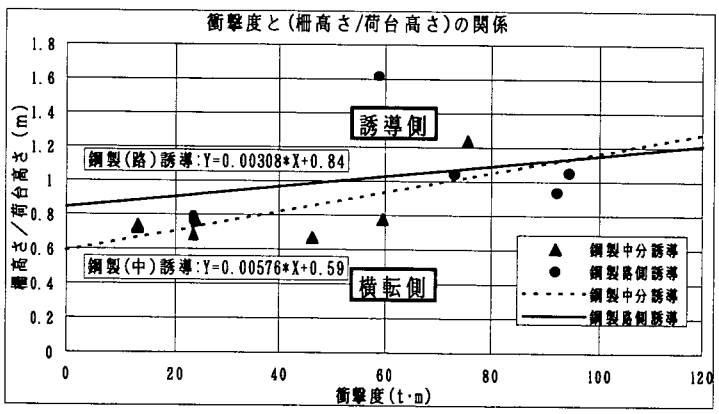
・路側用及び分離帯用で肘を付かない場合：　H＞h　で正常誘導

・分離帯用で肘付きを生じる場合　　：　H＞hkで正常誘導

8．1．2　衝突実験結果をもとに衝撃度と柵高さ・車両高さの関係から推定した場合（B式）

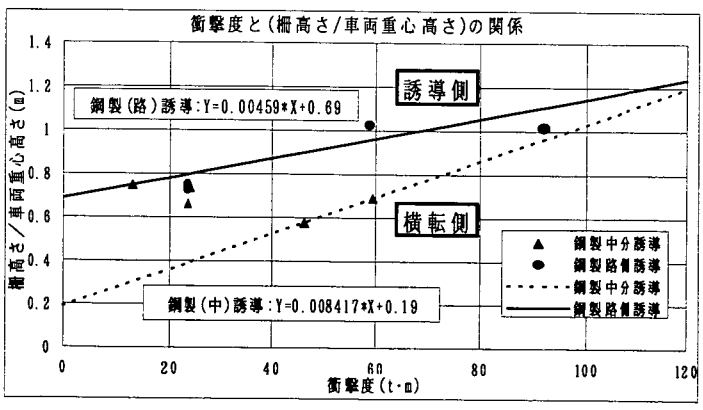
B式は既往の衝突実験結果について衝撃度と柵高・車両高さ（荷台高さ、および車両重心高さ）の関係を整理し、横転しない必要柵高を推測する方法である。

（1）衝撃度と（柵高/荷台高さ）の関係



図－8．1．6

（2）衝撃度と（柵高/車両重心高さ）の関係



図－8．1．7

（3）必要柵高H(m)

1）路側用

H1=(0.00308×IS/g+0.84)×Hn　・・・(8.1.27)　　IS：衝撃度(kJ)　　Hn：荷台高さ(m)

H2=(0.00459×IS/g+0.69)×Hc　・・・(8.1.28)　　Hc：車両重心高さ(m)

H≧H1　かつ　H≧H2　で正常誘導

2）分離帯用

H1=(0.00576×IS/g+0.59)×Hn　・・・(8.1.29)　　IS：衝撃度(kJ)　　Hn：荷台高さ(m)

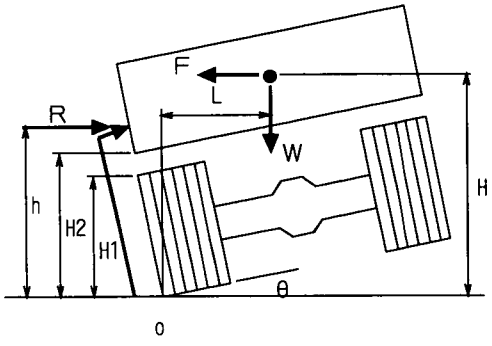
H2=(0.00842×IS/g+0.19)×Hc　・・・(8.1.30)　　Hc：車両重心高さ(m)

H≧H1　かつ　H≧H2　で正常誘導

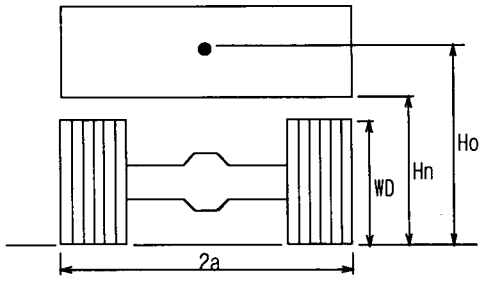
8．1．3　車両の構造を剛体と考える場合(1)（C式）

（1）構造モデル

C式は車両を剛体と考え、車両の傾斜と車輪接地点廻りのモーメントの釣合から横転の有無を検討する方法である。



図－8．1．8



図－8．1．9

（2）検討式

1）転倒モーメント

Mf=F･H　・・・・・・・・・(8.1.31)

2）抵抗モーメント

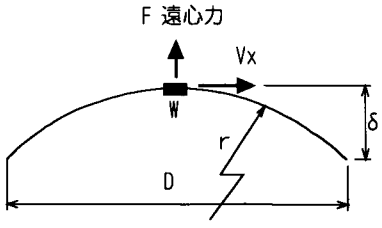
Mr=R･h+W･g･L　・・・・・(8.1.32)

3）転倒させようとする力

シミュレーションによる最大変位量δ、その時の防護柵平行方向の車両速度Vx、及び支柱変形範囲Dから車両に働く遠心力Fを求める。

支柱変形範囲は支柱変位量が10mm以上のものを対象とする。

F=W･Vx²/r・・・(8.1.33)　r={(D/2)²+δ²}/(2δ)・・・(8.1.34)



図－8．1．10

4）転倒に抵抗する力

・車両重心に働く重力W･g

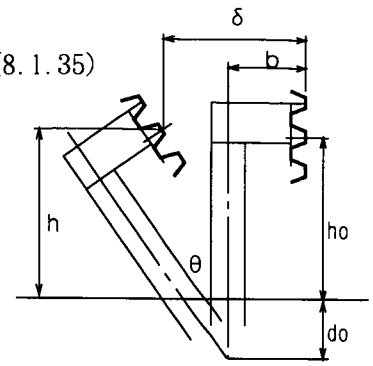
・シミュレーションによる防護柵最大反力R

5）路側用防護柵変形時の支持高さ

・支柱変形角度θ

$$\theta=\sin^{-1}\{(\delta-b)/((ho+do)^2+b^2)^{1/2}\}+\tan^{-1}\{b/(ho+do)\} \quad \cdots (8.1.35)$$

$$do=0.4m \quad \cdots (8.1.36)$$



図－８．１．１１

・支持高さh

２山、３山ビームの場合の支持高さはビーム中心高さ、上段ビーム付きの場合は上段ビーム中心高さとする。

$$h=(ho+do)\cos\theta+b\cdot\sin\theta-do \quad \cdots (8.1.37)$$

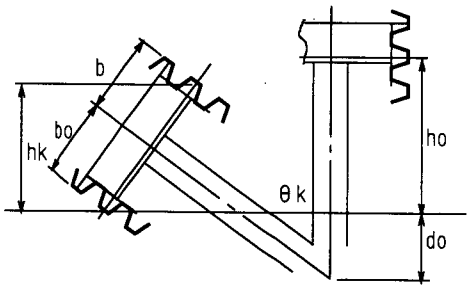
6）分離帯用防護柵変形時の支持高さ

背面ビームの肘付き効果を考慮し、肘付き後はそれ以上防護柵は変位しないものとする。

尚、肘つき高さはビーム中心高さとする。

・肘付き時の支柱変形角度θk

$$\theta k=\cos^{-1}\{do/((ho+do)^2+bo^2)^{1/2}\}-\tan^{-1}\{bo/(ho+do)\} \quad \cdots (8.1.38)$$



図－８．１．１２

・肘付き時（θ≧θk）の支持高さhk

$$hk=(ho+do)\cos\theta k+b\cdot\sin\theta k-do \quad \cdots (8.1.39)$$

・肘を付かない場合（θ＜θk）の支持高さh

$$h=(ho+do)\cos\theta+b\cdot\sin\theta-do \quad \cdots (8.1.40)$$

7）車両傾斜角度

車両の傾斜角度は支柱の傾斜角度θと同じとする。

8）車両重心高さ

$$H=Ho\cdot\cos\theta+a\cdot\sin\theta \quad \cdots (8.1.41)$$

9）重心位置

$$L=a\cdot\cos\theta-Ho\cdot\sin\theta \quad \cdots (8.1.42)$$

10）荷台下高さ

$$H2=Hn\cdot\cos\theta \quad \cdots (8.1.43)$$

11）後輪上端高さ

$$H1=WD\cdot\cos\theta \quad \cdots (8.1.44)$$

12）判定基準

Mr＞Mf　かつ　h＞H2　又は

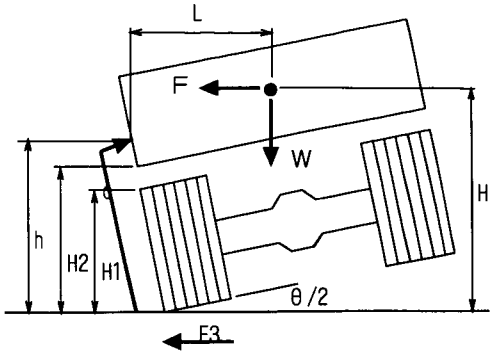
Mr＞Mf　かつ　h＜H1

で正常誘導

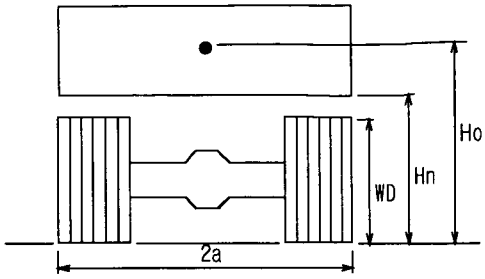
8．1．4　車両の構造を剛体と考える場合(2)（D式）

（1）構造モデル

D式は車両を剛体と考え、車両の傾斜と防護柵支持点廻りのモーメントの釣合から横転の有無を検討する方法である。



図－8．1．13



図－8．1．14

（2）検討式

1）転倒モーメント

$Mf=F(H-h)$　・・・・・・・・・・・・・・・・・・(8.1.45)

2）抵抗モーメント

$Mr=W\cdot g\cdot L+F3\cdot h$　・・・・・・・・・・・・・・・(8.1.46)

3）転倒させようとする力

シミュレーションによる防護柵反力と同じ力が逆方向に働くものとする。

4）転倒に抵抗する力

・車両重心に働く重力$W\cdot g$

・車輪と地面との摩擦力　$F3=\mu\cdot W\cdot g$　・・・・(8.1.47)

μ：摩擦係数=0.7

5）防護柵変形時の支持高さ

・支柱変形角度θ

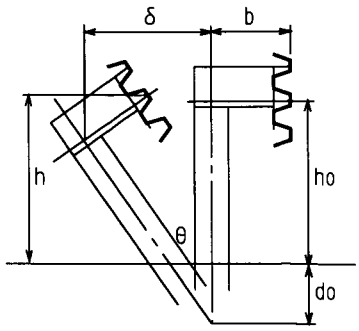
$\theta=\sin^{-1}\{\delta/(ho+do)\}$・・(8.1.48)　do=0.5m・・(8.1.49)

・支持高さh

$h=(ho+do)\cos\theta+b\cdot\sin\theta-do$　・・・・・・・・(8.1.50)

尚、分離帯用防護柵については肘付き効果を

特に考慮せず、路側用防護柵として検討する。



図－8．1．15

6）車両傾斜角度θc

車両の傾斜角度は支柱の変形角度の1/2とする。

$\theta c=\theta/2$　・・・・・・・・・・・・・・・・・・(8.1.51)

7）車両重心高さ

$H=Ho\cdot\cos\theta c+a\cdot\sin\theta c$ ・・・・・・・・・・・(8.1.52)

8）重心位置

$L=a\cdot\cos\theta c-(Ho\cdot\cos\theta c-h)\tan\theta c$ ・・・・・(8.1.53)

9）荷台下高さ

$H2=Hn\cdot\cos\theta c$ ・・・・・・・・・・・・・・・(8.1.54)

10）後輪上端高さ

$H1=WD\cdot\cos\theta c$ ・・・・・・・・・・・・・・・(8.1.55)

11）判定基準

Mr＞Mf　かつ　h＞H2　又は

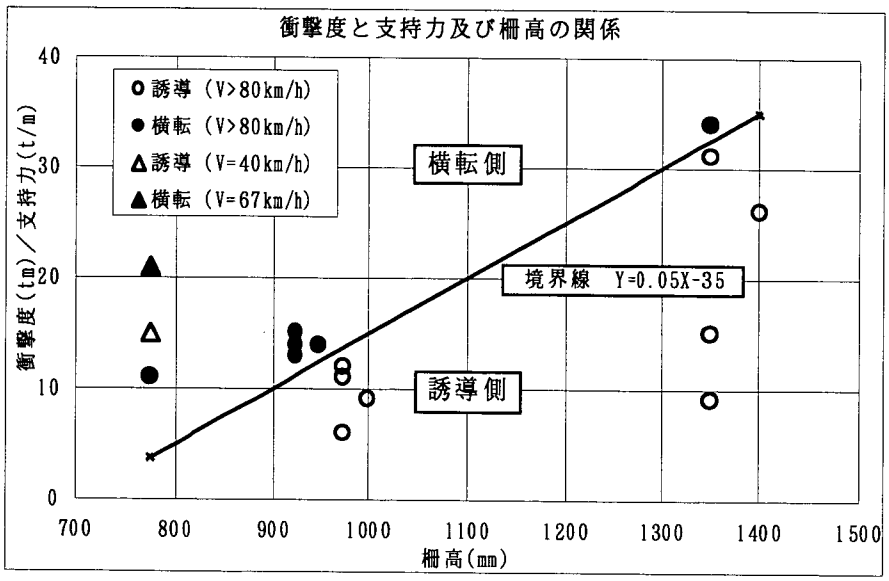
Mr＞Mf　かつ　h＜H1

で正常誘導

８．１．５　衝突実験をもとに柵高と衝撃度・支柱支持力の関係から推定した場合（Ｅ式）

Ｅ式は既往の衝突実験結果について柵高と衝撃度・支柱支持力の関係を整理し、横転しない必要柵高を推測する方法である。

（１）柵高と（衝撃度/支柱の防護柵延長方向の単位長さ当たりの平均支持力）の関係



図－８．１．１６

（２）必要柵高Ｈ(mm)

$H\geqq 20(IS\cdot Dp/Pw+35)$ ・・・・・・・・・・・・(8.1.56)

IS：衝撃度(kJ)　　Dp：支柱間隔(m)　　Pw：支柱平均支持力(kN)

で正常誘導

8．2　衝突実験結果との照合

既往の衝突実験結果とA式～E式による計算結果を表－8．2．1に示す。

表－8．2．1　衝突実験結果と計算結果の比較（○：正常誘導　　×：横転）

No	衝突実験結果				計算結果				
	型　式	衝突条件 W×V×θ	衝撃度 kJ	車両挙動	A式	B式	C式	D式	E式
1	Gr-A-E1	8×100×15	207	×	×	×	×	×	×
2	Gr-A-20	8×100×15	207	○	○	○	○	○	○
3	Gr-20-1	8×100×15	207	×	○	○	○	○	×
4	Gr-20-2	8×100×15	207	○	○	○	○	○	○
5	Gr-40-1	20×67×20	405	×	×	×	×	○	×
6	Gr-40-2	20×90×15	419	×	×	×	×	○	×
7	Gr-40-3	20×80×17	422	×	×	×	×	○	×
8	Gr-SS	20×100×15	517	×	×	×	×	×	×
9	Gr-SS-改1	20×100×15	517	○	○	○	○	○	○
10	Gr-SS-改1	20×100×20	903	○	○	×	○	○	○
11	Gr-SS-改2	20×100×20	903	○	○	×	○	○	○
12	Gr-SS-改3	20×100×20	903	×	○	○	○	○	×
13	Gr-SS-背面	20×100×20	903	×	×	×	×	×	×
14	Grm-A-20	8×100×15	207	○	×	○	○	×	×
15	Grm-S	21×92×15	459	○	○	×	×	×	×
16	Grm-S-改	20×80×20	578	○	○	×	×	○	×
17	Grm-S-70	20×91×20	747	○	○	○	○	○	○
18	Grm-S-70	20×100×17	660	×	×	×	×	×	×
19	Grm-70	20×89×20	715	○	○	×	○	×	×
衝突実験結果と計算結果の整合率					84 %	63 %	79 %	58 %	79 %

8．3　推奨できる検討モデル

車両横転の検討に関するA式～E式による計算方法の妥当性を確認するために、実験結果と計算結果が一致した割合を整合率として整理し、表－8.2.1に示している。この中でA式が最も整合率が高く、衝突実験に対して比較的再現性の高い計算方法と考えられる。

A式を用いて横転検討をする場合の計算条件と計算結果の判定基準を次に示す。

8．3．1　路側用防護柵の場合

（1）支柱の曲がり位置　　：do=0.5m　・・・・・(8.3.1)

（2）車輪と地面の摩擦係数　：μ=0.1　・・・・・・(8.3.2)

（3）限界変位量δmax

シミュレーションによる誘導可能な防護柵の変位限界は車両衝突後のビーム前面中心と鉛直線との角度が30度以内とする。

$$\delta max=\sin 30\{(hD+do)^2+b^2\}^{1/2}+b \quad \cdots\cdots\cdots (8.3.3)$$

（4）判定基準

δmax＞δ　かつ　H＞h　で正常誘導

8．3．2　分離帯用防護柵の場合

（1）hD　　：間隔材中心高さとする。

（2）支柱の曲がり位置　　：do=0　・・・・・・・(8.3.4)

（3）車輪と地面の摩擦係数　：μ=0.2　・・・・・・(8.3.5)

（4）肘付き効果

ブロックアウト量0.5m（ビーム外側間隔1.0m）未満の場合は肘付き効果を考慮しない。

（5）判定基準

H＞h　又は　H＞hk（肘付き時）　で正常誘導

9．支柱実験

9．1　実験目的

高速化対応型防護柵の構造検討するうえで、支柱支持力を把握する必要があり、以下の事項について調査することを目的に実験を行った。これらは、構造設計で衝突シミュレーションによる解析を行うために必要なデータとなる。

(1)支柱形状、埋込長、載荷位置の違いによる支持力の把握。

(2)様々な補強方法による支持力の把握と効果。

(3)静的・動的載荷実験の比較と換算手法の確立。

9．2　支柱支持力について

従来の支柱設計手法は、種別毎に決められた支柱１本あたりに加わる力および関与する土量で、支柱の断面と埋込長を算出していた。要綱で定められている種別毎の設計条件以上の衝撃度を想定する高速化対応型防護柵は、衝突シミュレーションを用いて防護柵と車両の挙動を予測し、良好な結果が期待できると考えられた諸元で衝突実験による機能の検証を行って、最終的な構造諸元を設定した。この場合、衝突シミュレーションを実施するためには、防護柵の支柱、ビームおよび車両関係の入力データが必要となる。これらのデータは、参考として巻末の付録に収録している。特に支柱に関わるデータは、土中に埋め込んだ支柱単体での静荷重および動荷重下での実験データを支柱支持力として整理し、衝突シミュレーションの入力データにしている。

9．3　実験方法

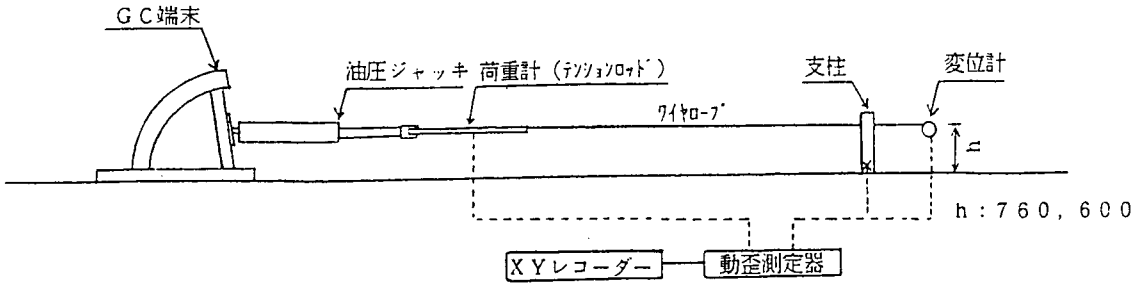
支柱の載荷実験は、静的載荷実験と動的載荷実験の方法で実施した。

9．3．1　静的載荷実験

静的載荷実験は、載荷の安定性および計測の容易さや、実験場の制約条件が少ないため、比較的容易にでき、データの信頼性も高い実験である。

(1)載荷方法

図－９・３・１に示すように、油圧ジャッキを反力壁に固定し、シリンダー側に固定したロッドを支柱に取付、載荷をする方法である。



図－９・３・１　静的載荷試験方法　（単位：mm）

(2)測定方法

静的載荷実験での測定方法は、荷重を歪みゲージを貼り付けたテンションロッドやテンションバーで、変位をワイヤー巻き取り式変位計で、歪み計を介し、ＸＹレコーダーで記録する。

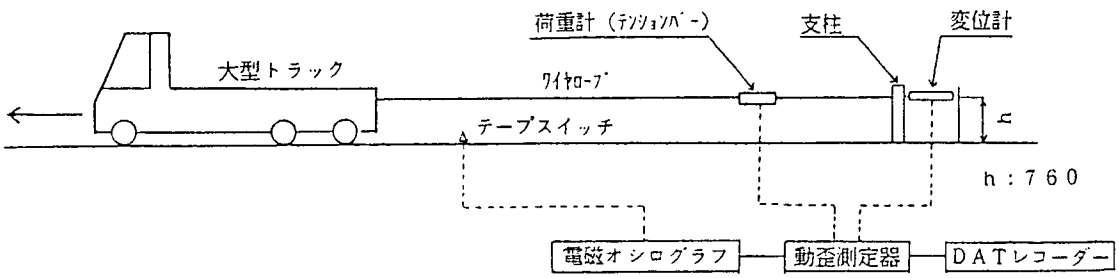
９．３．２　動的載荷実験

動的載荷実験は、載荷条件が不安定で、計測が難しく、実験場のスペースが広く必要なため、静的載荷実験に比較し、容易にできないが、衝突実験における変形挙動と近似していることから、衝突シミュレーションで用いるデータとしては信頼性の高いものである。

(1)載荷方法

1)載荷方法Ａ

図－９・３・２に示すように、ワイヤロープを支柱と大型車両に固定し、車両の走行により載荷する方法である。



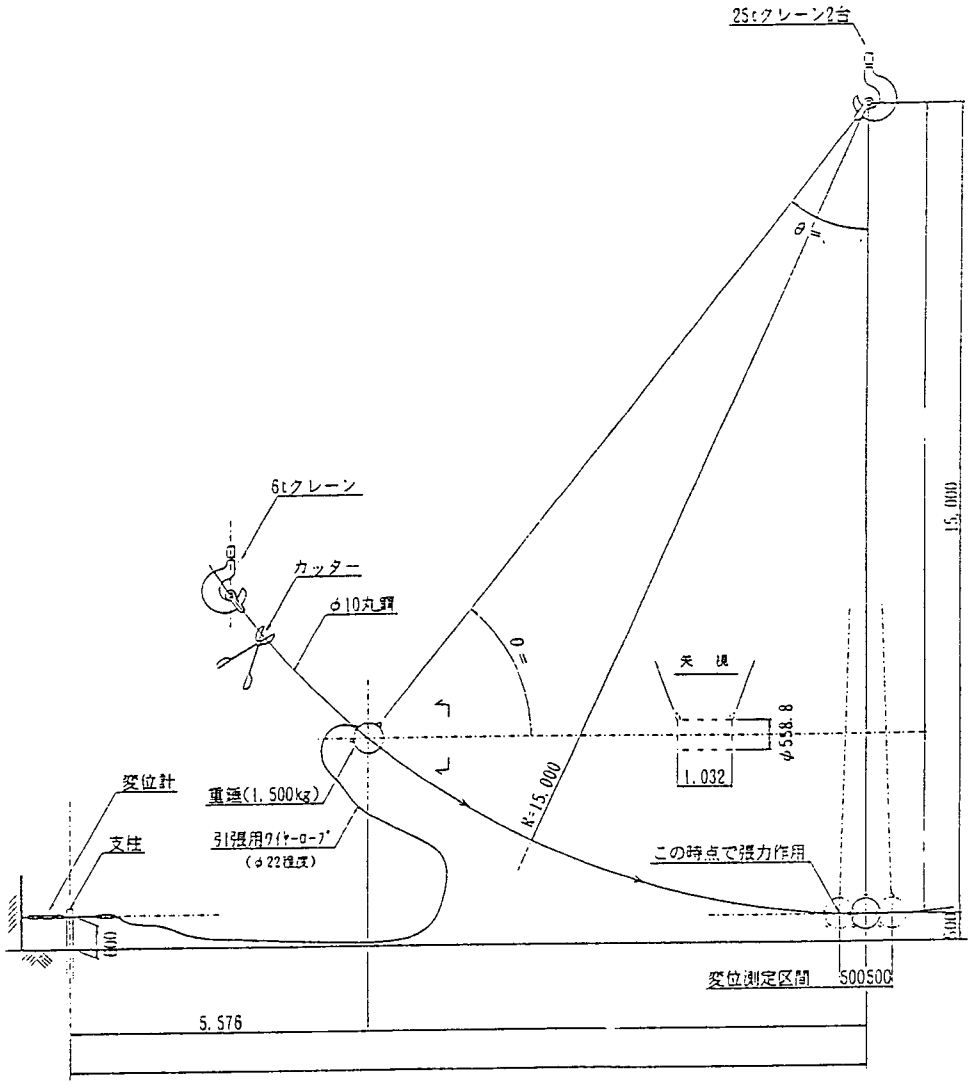
図－９・３・２　大型車両牽引による動的載荷実験方法　（単位：mm）

2)載荷方法Ｂ

図－９・３・３に示す様に、ワイヤーロープを支柱と重錘に固定し、重錘の落下エネルギーにより支柱に載荷する方法である。

(2)測定方法

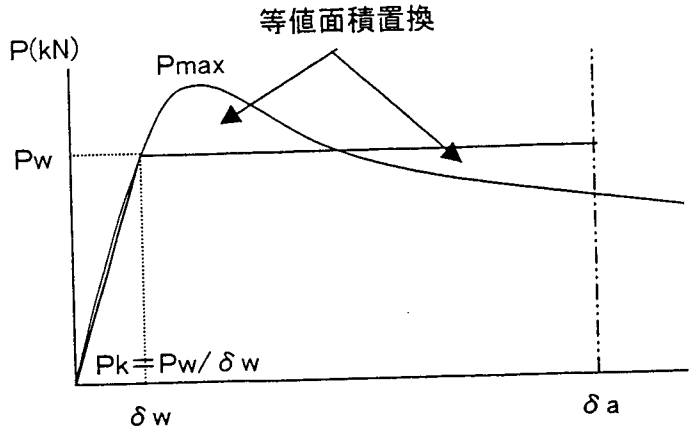
動的載荷実験での測定方法は、荷重を歪みゲージを貼り付けたテンションロッドで、変位を棒状変位計で、動歪み計を介し、電磁オシログラフで記録する。



図－９・３・３　重錘振り子による動的載荷実験方法　（単位：mm）

９．４　評価方法

図－９・４・１に示す様に、荷重－変位線図から最大支持力、等値面積置換法から平均支持力、バネ常数を算出する。



図－９・４・１　荷重変位図評価方法

9．5　実験内容

9．5．1　静的載荷実験

(1)検討項目

・支柱形状、埋込長、載荷位置の違いによる支持力の把握。

・様々な補強方法による支持力の把握と効果。

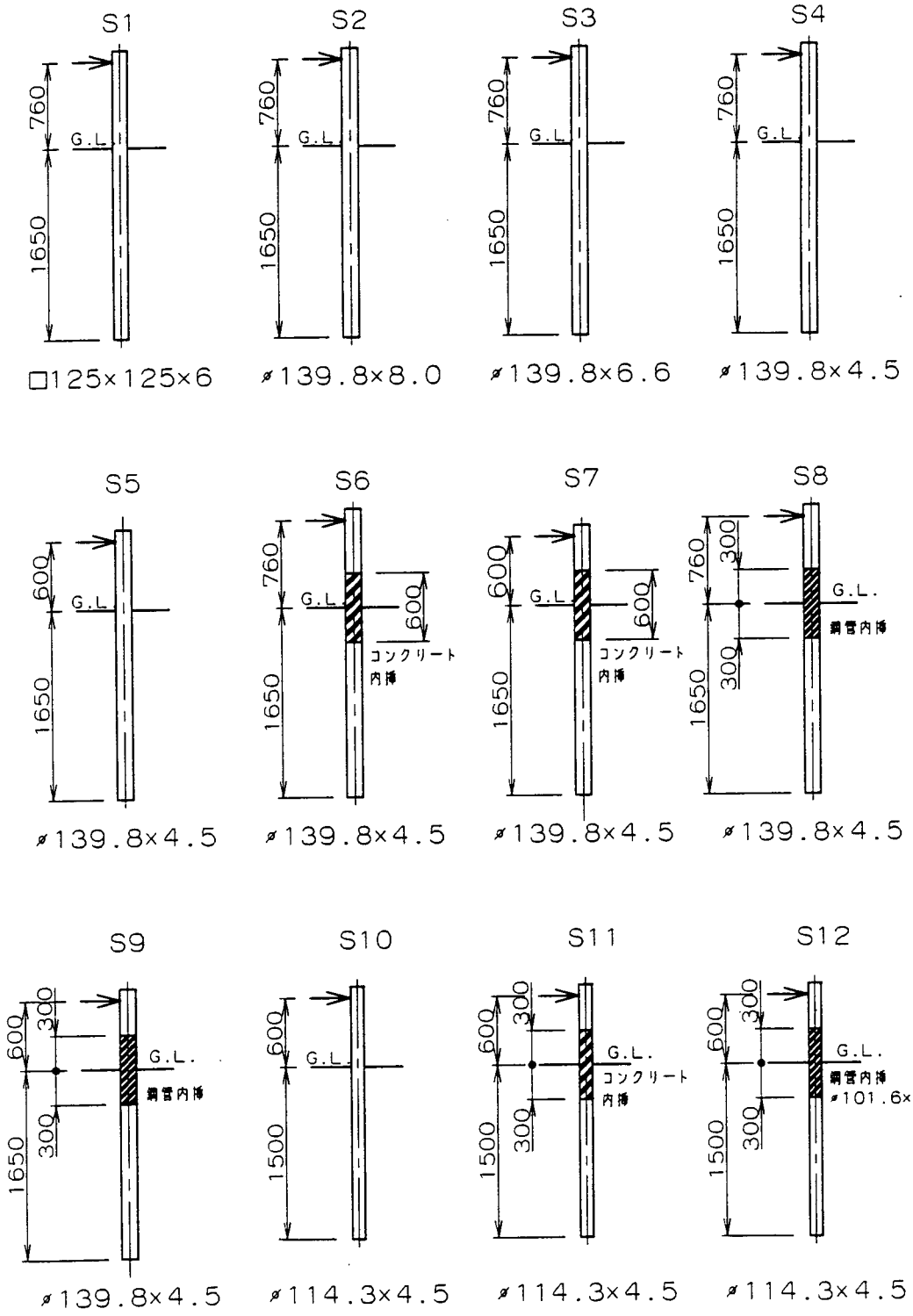
・静的・動的載荷試験の比較と換算手法の確立。

(2)供試体

静的載荷実験での供試体を表－9・5・1、図－9・5・1に示す。

表－9・5・1　静的載荷実験供試体

実験番号	形　　状	埋込長(mm)	補強方法	載荷高さ(mm)
S 1	□125×125×6.0	1650	－	760
S 2	φ139.8×8.0	1650	－	760
S 3	φ139.8×6.6	1650	－	760
S 4	φ139.8×4.5	1650	－	760
S 5	φ139.8×4.5	1650	－	600
S 6	φ139.8×4.5	1650	ｺﾝｸﾘｰﾄ注入	760
S 7	φ139.8×4.5	1650	ｺﾝｸﾘｰﾄ注入	600
S 8	φ139.8×4.5	1650	鋼管内挿	760
S 9	φ139.8×4.5	1650	鋼管内挿	600
S 10	φ114.3×4.5	1500	－	600
S 11	φ114.3×4.5	1500	ｺﾝｸﾘｰﾄ注入	600
S 12	φ114.3×4.5	1500	鋼管内挿	600



図－９・５・１　静的載荷実験供試体　（単位：㎜）

(3)実験結果

静的載荷試験結果を表－９・５・２に示す。

表－９・５・２　静的荷重載荷実験供試体

実験番号	形状	埋込長 (mm)	補強方法	載荷高さ (mm)	最大荷重 Pmax (kN)	バネ常数 Pk (kN/m)	平均支持力 Pw(kN)		折曲がり位置 (mm) G.L.下
							δ=50cm	δ=90cm	
S1	□125×125×6.0	1650	－	760	49.0	454	33.8	38.2	480
					47.3	462	30.4	35.3	390
					48.0	464	35.6	40.7	470
S2	φ139.8×8.0	1650	－	760	50.7	599	29.7	35.3	430
					49.0	812	32.3	－	340
					48.0	446	30.9	35.8	0
S3	φ139.8×6.6	1650	－	760	52.9	613	31.9	38.2	465
					48.5	364	34.3	－	465
					44.1	424	30.1	34.3	425
S4	φ139.8×4.5	1650	－	760	26.5	448	24.5	21.6	315
					28.7	664	27.0	24.0	370
					31.4	431	26.5	22.1	325
S5	φ139.8×4.5	1650	－	600	40.4	544	34.8	34.8	505
					37.9	490	33.3	30.4	355
S6	φ139.8×4.5	1650	ｺﾝｸﾘｰﾄ注入	760	28.4	302	26.5	25.5	510
					29.7	436	27.4	26.5	420
					31.7	370	29.9	26.8	440
S7	φ139.8×4.5	1650	ｺﾝｸﾘｰﾄ注入	600	36.3	568	32.3	32.8	565
					39.7	544	35.8	35.8	545
S8	φ139.8×4.5	1650	鋼管内挿	760	28.9	427	27.4	26.0	310
					28.9	368	26.0	25.0	340
					29.9	392	27.9	25.5	385
S9	φ139.8×4.5	1650	鋼管内挿	600	37.2	519	32.3	30.9	360
					36.1	539	31.9	32.3	505
S10	φ114.3×4.5	1500	－	600	24.5	363	22.1	20.6	305
					28.4	317	25.0	25.5	440
S11	φ114.3×4.5	1500	ｺﾝｸﾘｰﾄ注入	600	24.8	449	22.0	22.5	455
					32.8	294	27.4	29.4	430
					25.5	329	22.7	－	435
S12	φ114.3×4.5	1500	鋼管内挿	600	25.0	401	22.1	22.1	390
					27.0	302	22.5	25.0	570

９．５．２　動的載荷実験

(1)検討項目

・支柱形状、埋込長、載荷位置の違いによる支持力の把握。

・様々な補強方法による支持力の把握と効果。

・背面土質量と支持力の関係

・静的・動的載荷試験の比較と換算手法の確立。

(2)供試体

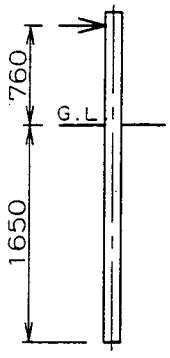
動的載荷実験での供試体を表－９・５・３、図－９・５・２～３に示す。

表－９・５・３　動的載荷実験供試体

実験番号	形状	埋込長(mm)	補強方法	載荷高さ(mm)	法面勾配(割)	法肩距離(mm)	載荷方法	載荷速度(km/h)	重錘落下高さ(m)
D1	□125×125×6.0	1650	－	760	平坦	平坦	A	30	
D2	φ139.8×8.0	1650	－	760			A		
D3	φ139.8×6.6	1650	－	760			A		
D4	φ139.8×4.5	1650	－	760			A		
D5	φ139.8×4.5	1650	ｺﾝｸﾘｰﾄ注入	760			A		
D6	φ139.8×4.5	1650	鋼管内挿	760			A		
D7	φ114.3×4.5	1500	－	600			B		3.7
D8	□125×125×6.0	1500	－	600			B		
D9	φ114.3×4.5	1500	鋼管外挿 φ139.8×4.5	600			B		
D10	φ114.3×4.5	1500	鋼管外挿 φ139.8×6.0	600			B		
D11	φ114.3×4.5	1500	鋼管内挿 φ101.6×4.2	600			B		
D12	φ114.3×4.5	1500	ｺﾝｸﾘｰﾄ内挿	600			B		
D13	φ114.3×4.5	1500	RC内挿 G.L.下300mm	600			B		
D14	φ114.3×4.5	1500	RC内挿 G.L.下600mm	600			B		
D15	φ114.3×4.5	1500	砂詰め	600			B		
D16	φ114.3×4.5	1500	ｺﾝｸﾘｰﾄ寝巻き	600			B		
D17	φ114.3×4.5	1500	鋼製寝巻き	600			B		
D18	φ139.8×4.5	1650	－	600	1.5	0	B		1.9
D19	□125×125×6.0	1650	－	760	1.5	0	B		
D20	□125×125×6.0	1650	－	760	1.5	300	B		
D21	□125×125×6.0	1650	－	760	1.5	600	B		
D22	φ139.8×4.5	1650	ｺﾝｸﾘｰﾄ根巻き 幅1000×奥行き400×深さ500	600	1.5	0	B		
D23	φ114.3×4.5	950		600	平坦	平坦	B		
D24	φ114.3×4.5	ﾌﾞﾛｯｸ 幅1500×奥行き400×深さ500		600			B		
D25	φ114.3×4.5	ﾌﾞﾛｯｸ 幅1000×奥行き400×深さ750		600			B		
D26	φ114.3×4.5	950	－	600			B		
D27	φ114.3×4.5	1400	－	600			B		2.8

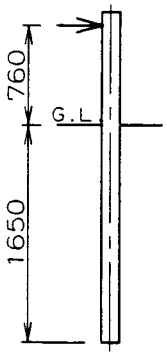
（注）載荷方法　Ａ：大型貨物車牽引による載荷　Ｂ：重錘振り子による載荷

D1



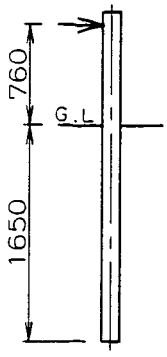
□125×125×6

D2



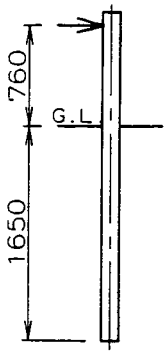
φ139.8×8.0

D3



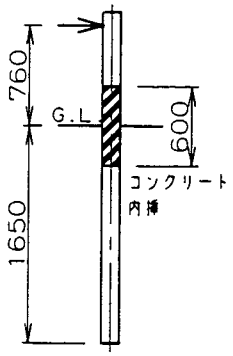
φ139.8×6.6

D4



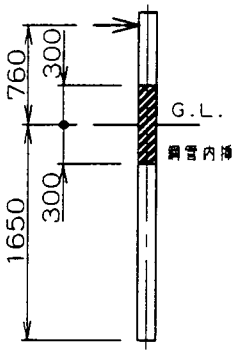
φ139.8×4.5

D5



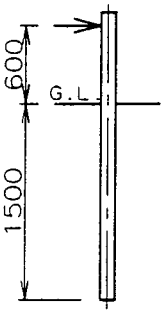
φ139.8×4.5

D6



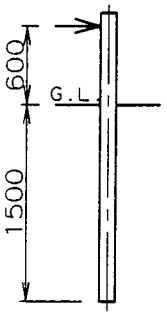
φ139.8×4.5

D7



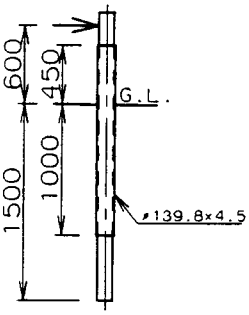
φ114.3×4.5

D8



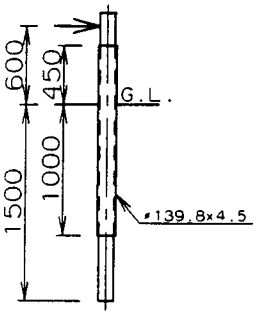
□125×125×6

D9



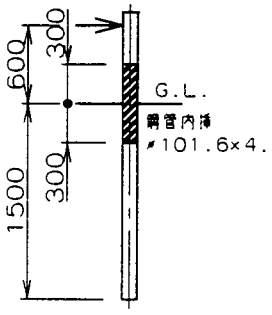
φ114.3×4.5

D10



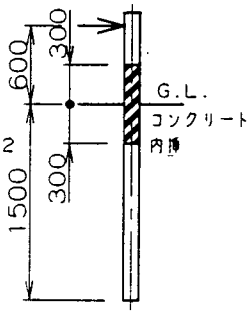
φ114.3×4.5

D11



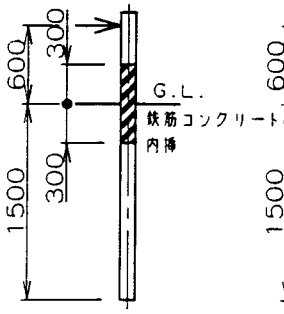
φ114.3×4.5

D12



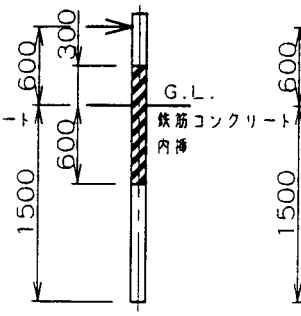
φ114.3×4.5

D13



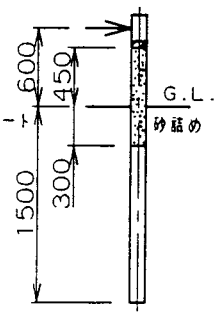
φ114.3×4.5

D14



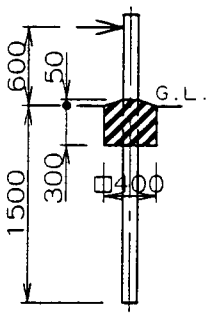
φ114.3×4.5

D15



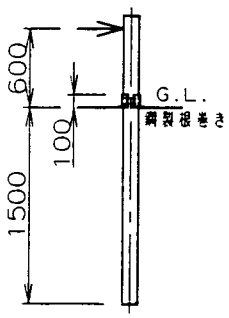
φ114.3×4.5

D16



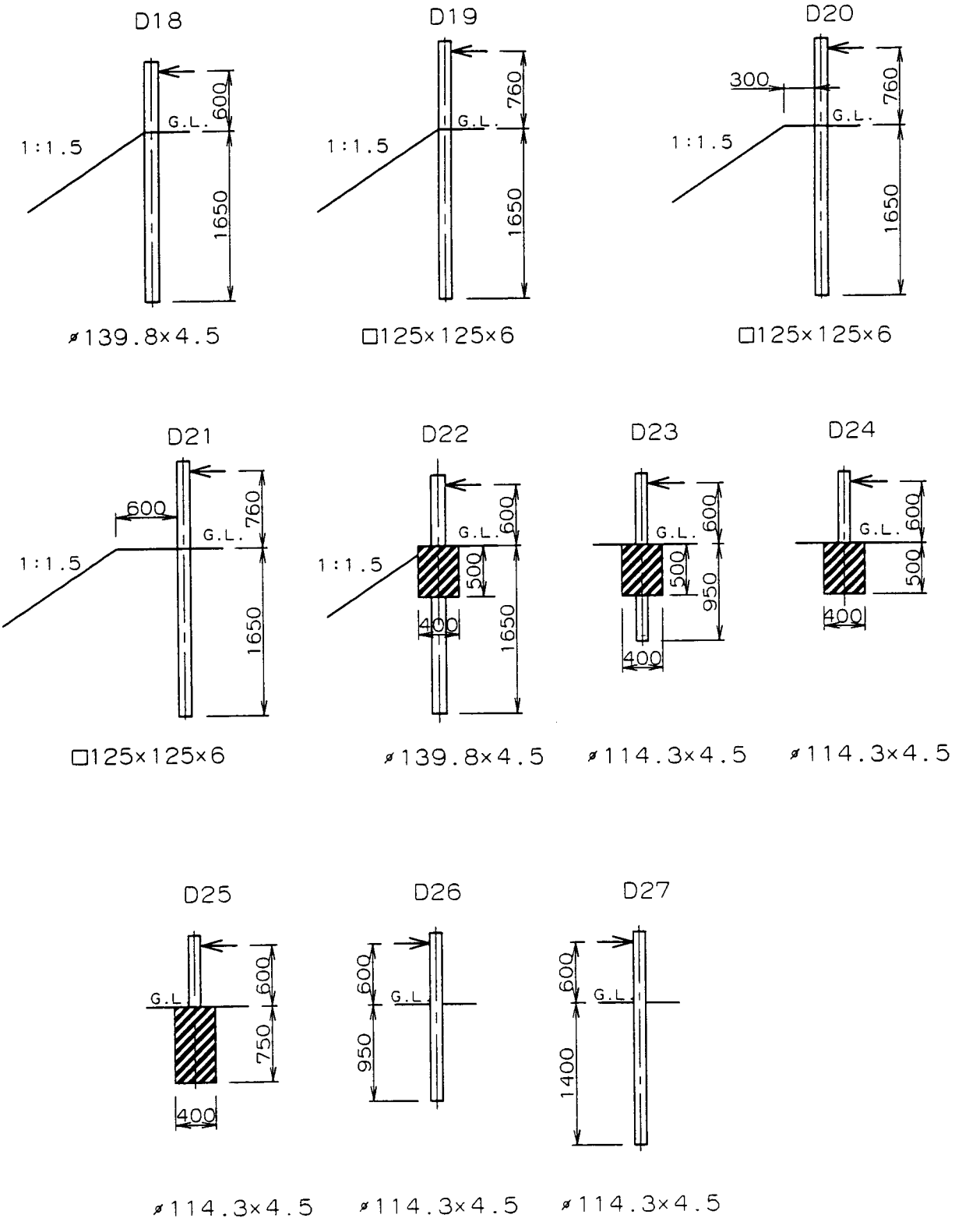
φ114.3×4.5

D17



φ114.3×4.5

図－9・5・2　動的載荷実験供試体　（単位：mm）



図－９・５・３　動的載荷実験供試体　（単位：mm）

(3)実験結果

実験結果を表－９・５・４(1)から(3)に示す。

表－９・５・４(1)　実験結果　その１

実験番号	形　状	埋込長(mm)	補強方法	載荷高さ(mm)	法面勾配(割)	法肩距離(mm)	載荷方法	載荷速度(km/h)	最大荷重 Pmax (kN)	バネ常数 Pk (kN/m)	平均支持力 Pw (kN)	平均支持力 変位(mm)	折曲がり位置(mm) G.L.下
D1	□125×125×6.0	1650	－	760	平坦	平坦	A	34.9	86.2	840	59.8	500	260
								33.4	－	－	－	－	305
								32.7	71.5	－	－	－	320
								32.9	74.5	373	54.9	500	260
								30	－	－	－	－	200
								30	66.6	608	60.8	400	230
								30	76.4	364	56.8	500	275
D2	φ139.8×8.0	1650	－	760			A	34.2	－	－	－	－	310
								34.9	59.8	－	－	－	240
								34.7	82.3	－	－	－	295
								33.1	－	－	－	－	315
								30	96.0	740	57.8	500	310
								30	88.2	1078	60.8	500	305
								30	90.2	716	62.7	400	390
D3	φ139.8×6.6	1650	－	760			A	32.5	51.0	382	38.2	300	385
								30	69.6	800	50.0	400	495
								30	63.7	326	50.0	350	370
D4	φ139.8×4.5	1650	－	760			A	35.7	52.9	－	－	－	270
								30	－	－	－	－	330
								30	42.1	483	36.3	400	265
								30	－	－	－	－	350
D5	φ139.8×4.5	1650	ｺﾝｸﾘｰﾄ注入	760			A	30	42.1	238	37.2	500	450
								30	46.1	980	44.1	500	450
								30	41.2	392	39.2	500	475
D6	φ139.8×4.5	1650	鋼管内挿	760			A	30	38.2	341	36.3	500	295
								30	44.1	460	43.1	500	290
								30	43.1	331	37.2	350	350

表－９・５・４(2)　実験結果　その２

実験番号	形状	埋込長(mm)	補強方法	載荷高さ(mm)	法面勾配(割)	法肩距離(mm)	載荷方法	最大荷重 Pmax (kN)	バネ常数 Pk (kN/m)	平均支持力 Pw (kN)	平均支持力 変位(mm)	折曲がり位置(mm) G.L.下
D7	φ114.3×4.5	1500	－	600	平坦	平坦	B	44.1	－	－	－	－
								50.0	1588	31.4	700	250
								55.9	1686	42.1	700	230
								50.0	1784	35.3	700	－
D8	□125×125×6.0	1500	－	600			B	73.5	1891	65.7	700	510
								80.4	3891	65.7	700	500
D9	φ114.3×4.5	1500	鋼管外挿 φ139.8×4.5	600			B	79.4	1617	58.8	700	－
								90.2	666	72.5	700	－
D10	φ114.3×4.5	1500	鋼管外挿 φ139.8×6.0	600			B	78.4	578	57.8	700	－
								84.3	431	68.6	700	－
D11	φ114.3×4.5	1500	鋼管内挿 φ101.6×4.2	600			B	57.8	255	41.2	700	510
								58.8	1519	47.0	700	320
D12	φ114.3×4.5	1500	ｺﾝｸﾘ内挿	600			B	59.8	1725	43.1	700	300
								63.7	1068	47.0	700	360
D13	φ114.3×4.5	1500	RC内挿 G.L.下300mm	600			B	54.9	666	42.1	700	310
								64.7	657	48.0	700	360
D14	φ114.3×4.5	1500	RC内挿 G.L.下600mm	600			B	71.5	882	52.9	700	180
								73.5	1098	54.9	700	180
D15	φ114.3×4.5	1500	砂詰め	600			B	51.9	1303	31.4	400	200
								45.1	1960	29.4	400	230
D16	φ114.3×4.5	1500	ｺﾝｸﾘｰﾄ寝巻き 幅400×奥400×深さ300	600			B	65.7	1764	44.1	400	265
								61.7	1637	39.2	400	250
D17	φ114.3×4.5	1500	鋼製寝巻き	600			B	49.0	1509	36.3	400	170
								50.0	1793	32.3	400	130

表－９・５・４(3)　実験結果　その３

実験番号	形状	埋込長 (mm)	補強方法	載荷高さ (mm)	法面勾配 (割)	法肩距離 (mm)	載荷方法	最大荷重 Pmax (kN)	バネ常数 Pk (kN/m)	平均支持力 Pw (kN)	平均支持力 変位 (mm)	折曲がり位置 (mm) G.L.下
D18	φ139.8×4.5	1650	－	600	1.5	0	B	26.0	262	17.6	500	
								25.1	1005	17.6	500	
D19	□125×125×6.0	1650	－	760	1.5	0	B	25.9	49	16.7	500	
								31.4	160	21.6	500	
D20	□125×125×6.0	1650	－	760	1.5	300	B	39.5	374	31.4	?	
								35.3	456	30.4	500	
D21	□125×125×6.0	1650	－	760	1.5	600	B	41.0	294	33.3	500	
								44.7	397	35.3	500	
D22	φ139.8×4.5	1650	ｺﾝｸﾘｰﾄ根巻き幅1000×奥400×深500	600	1.5	0	B	39.6	420	23.5		
D23	φ114.3×4.5	950		600	平坦 (∞)	平坦 (∞)	B	26.3	470	19.6	500	
								25.8	305	19.6	500	
D24	φ114.3×4.5	ﾌﾞﾛｯｸ　幅1500×奥行き400×深さ500		600			B	23.2	536	16.7	500	
								22.8	351	18.6	500	
D25	φ114.3×4.5	ﾌﾞﾛｯｸ　幅1000×奥行き400×深さ750		600			B	18.2	343	14.7	500	
								24.2	536	17.6	500	
D26	φ114.3×4.5	950	－	600			B	30.0	76	28.4	500	
								29.8	221	23.5	500	
D27	φ114.3×4.5	1400	－	600			B	29.2	225	21.5	300	
								29.8	564	22.5	500	

９．５．３　考察

(1)支柱形状の違いによる支持力

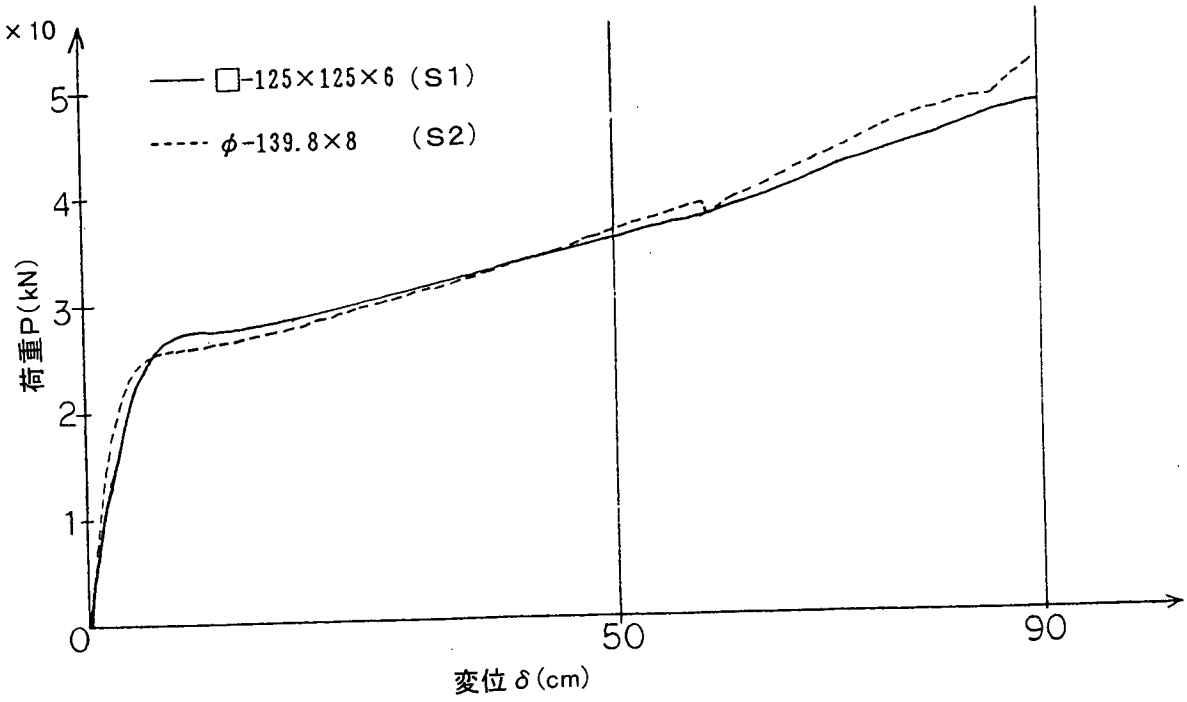
力学上同等程度と考えられる同断面係数での形状の違いについて、支柱支持力の影響を静的試験と動的試験で考察する。比較形状は、□125×125×6.0とφ139.8×8.0で共に断面係数が103cm³である。

1)静的載荷実験

□125×125×6.0とφ139.8×8.0の荷重変位図を図－９・５・４に示す。

図－９・５・４、表－９・５・５に示すとおり、静荷重試験においては、断面係数が同等であれば、

形状の違いによる支持力への影響はないものと考えらる。



図－９・５・４　□125×125×6.0とφ139.8×8.0の静的載荷実験による荷重－変位線図

表－９・５・５　□125×125×6.0とφ139.8×8.0の静的載荷実験結果

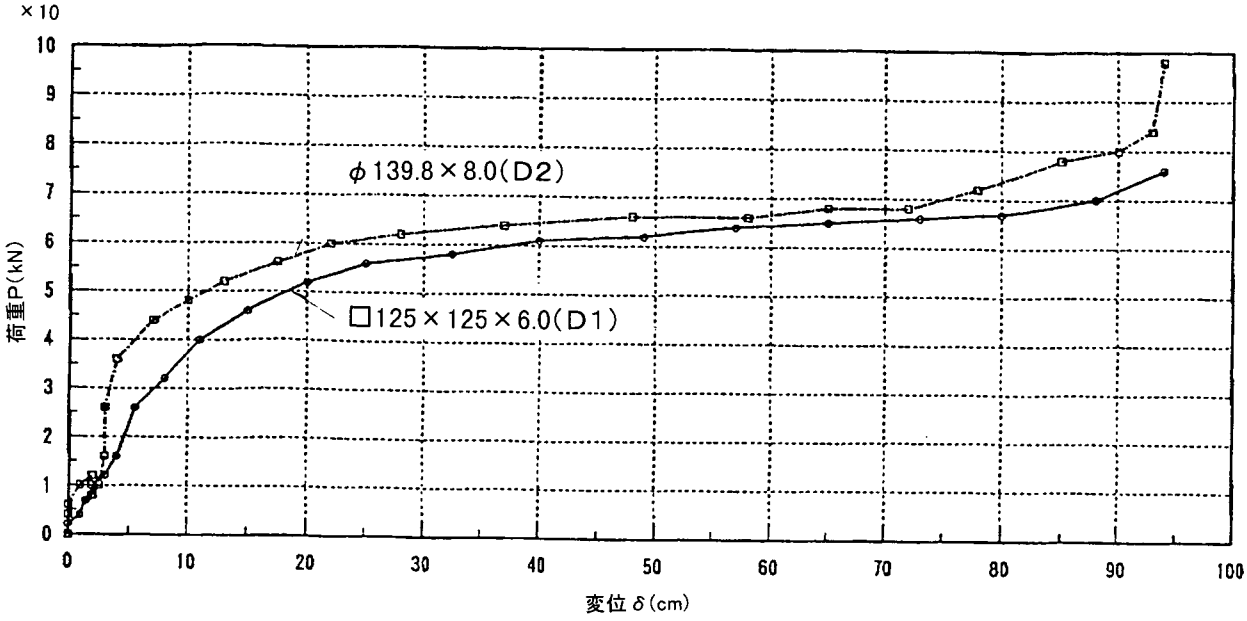
実験番号	形　　状	断面係数 (cm^3)	最大荷重 (kN)	平均支持力 (kN) δ=50cm	塑性断面係数 (cm^3)	ＪＩＳによる降伏点または耐力 (N/mm^2)
S1	□125×125×6.0　a	103	48.1	33.3	127.6	245以上
S2	φ139.8×8.0　b	103	49.2	31.0	139.1	235以上
	a／b	1	0.98	1.07	0.92	1.04

※表中の最大支持力および平均支持力は平均値である。

2)動的載荷実験

□125×125×6.0とφ139.8×8.0の断面係数は同等であるが、図－９・５・５、表－９・５・６に示すように最大荷重、平均支持力、バネ常数はφ139.8×8.0の方が□125×125×6.0に比較し高い値を示した。

□125×125×6.0とφ139.8×8.0の平均支持力比ａ／ｂ＝0.96は、塑性断面係数比ａ／ｂ＝0.92と降伏点または耐力比ａ／ｂ＝1.04を乗じた0.96と同等となり、平均支持力は塑性断面係数に依存する傾向がある。



図－９・５・５　□125×125×6.0とφ139.8×8.0の動的載荷実験による荷重変位線図

表－９・５・６　□125×125×6.0とφ139.8×8.0の動的載荷実験結果

実験番号	形　　状	断面係数 (cm^3)	最大荷重 (kN)	平均支持力 (kN)	塑性断面係数 (cm^3)	ＪＩＳによる降伏点または耐力 (N/mm^2)
D1	□125×125×6.0　a	103	75.0	58.1	127.6	245
D2	φ139.8×8.0　　b	103	91.5	60.4	139.1	235
	a／b	1	0.82	0.96	0.92	1.04

※表中の最大支持力および平均支持力は平均値である。

(2) 補強方法による効果

1) 静的載荷実験

静的載荷実験では、鋼管内にコンクリートを注入したものと鋼管を内装した支柱の力学特性について調査した。表－９・５・７から、φ139.8×4.5の載荷高さ760mmでは、最大荷重はほぼ同等であるが、平均支持力では補強を施したものの方が補強をしていないものに比較し10％程度高い値を示している。図－９・５・６に示すように弾性域内ではいずれの供試体も同等であるが、塑性域での変形特性が異なってきている。これは、補強を施しているものが塑性域で荷重が増加するのは、折れ曲がる位置に補強をしていることで潰れにくいことや、折れ曲がり位置が地表面から深くなることで、抵抗する土の質量等が増加し抵抗力が増加するためと考えられる。コンクリート注入は、鋼管内挿に比較し圧縮強度がより高く、変位量50cm以降に差が現れた。

鋼管内挿は、鋼管で補強した分、単柱に比較し耐力が増加しているだけで変形特性は近似している。

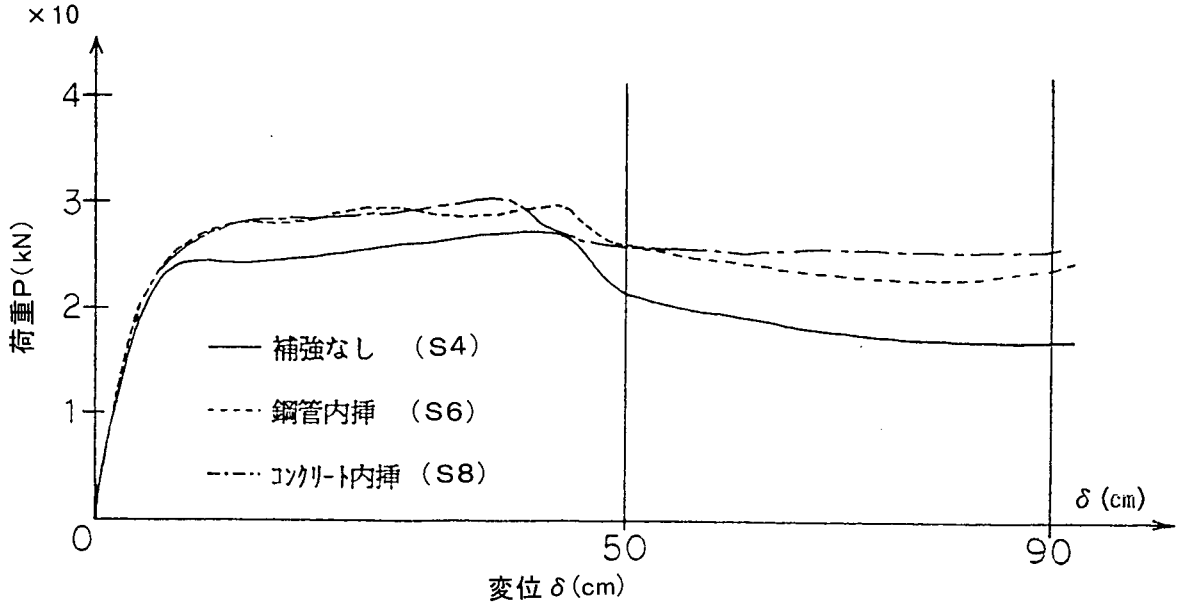
載荷高さ600mmでは、補強無しとコンクリート内挿では、載荷高さ760mmと同様な結果をえたが、鋼管内挿は、補強無しに比較し顕著な違いは見られなかった。

また、図－９・５・８に示すようにφ114.3×4.5の載荷高さ600mmは、φ139.8×4.5の載荷高さ600mmと同様な結果となった。

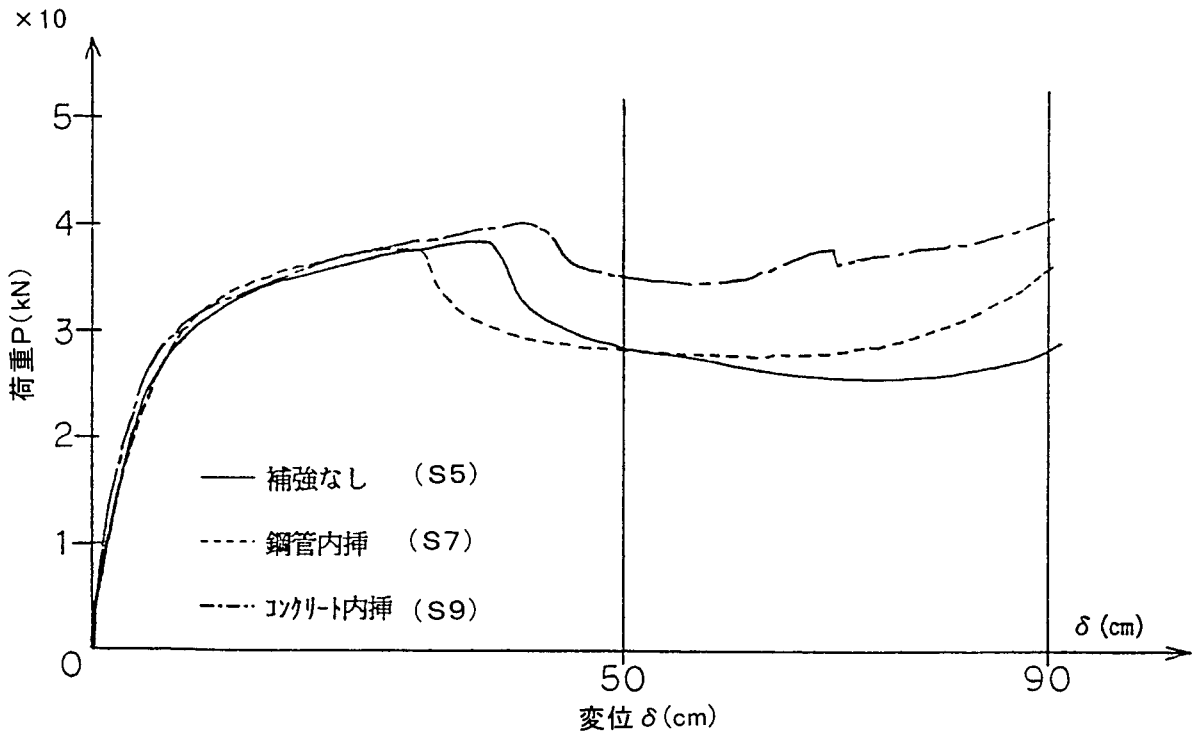
内挿補強は、塑性域での効果があり、補強する材料の特性により変形特性は変化する。本実験では、コンクリート補強によるものが特に効果があった。

表－９・５・７　補強有無による実験結果

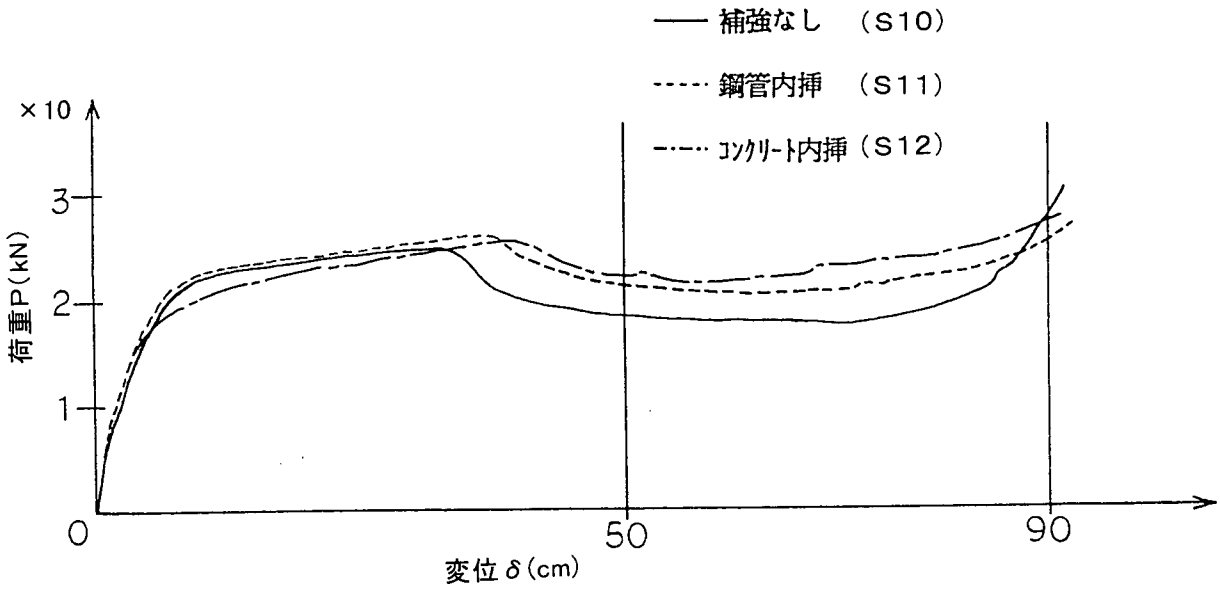
実験番号	形　　状	補強方法	埋込長 (mm)	載荷高さ (mm)	最大荷重 (kN)	平均支持力 (kN) δ＝90cm	バネ常数 (kN/m)	折曲り位値G.L.下 (mm)
S4	φ139.8×4.5	無し	1650	760	28.9	22.6	514	337
S6		ｺﾝｸﾘｰﾄ注入			29.9	26.3	370	457
S8		鋼管内挿			29.2	25.5	396	345
S5	φ139.8×4.5	無し	1650	600	39.2	32.6	517	430
S7		ｺﾝｸﾘｰﾄ注入			38.0	34.3	556	555
S9		鋼管内挿			36.7	31.6	529	433
S10	φ114.3×4.5	無し	1500	600	26.5	23.1	340	373
S11		ｺﾝｸﾘｰﾄ注入			28.8	24.7	357	440
S12		鋼管内挿			26.0	23.6	352	480



図－９・５・６　φ139.8×4.5載荷高さ760mm



図－９・５・７　φ139.8×4.5載荷高さ600mm



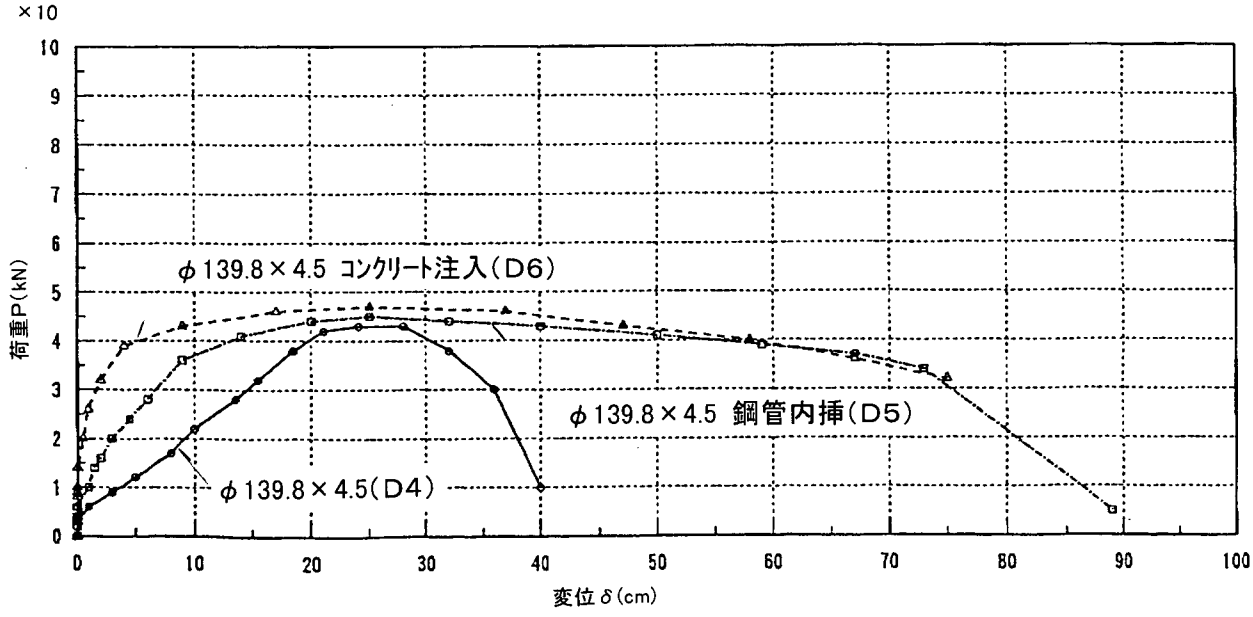
図－９・５・８　φ114.3×4.5載荷高さ600mm

2)動的載荷実験

動的な載荷条件では、図－９・５・９に示すような結果となった。

最大荷重においては、補強有無による差異は見受けられないが、補強を施しているものの方がバネ常数は高く、最大荷重発生後の荷重低下も小さい。

静的載荷実験とは変形特性は異なり、変形初期で顕著な差が見られるが、コンクリート内挿補強方法が有効であることは共通していた。



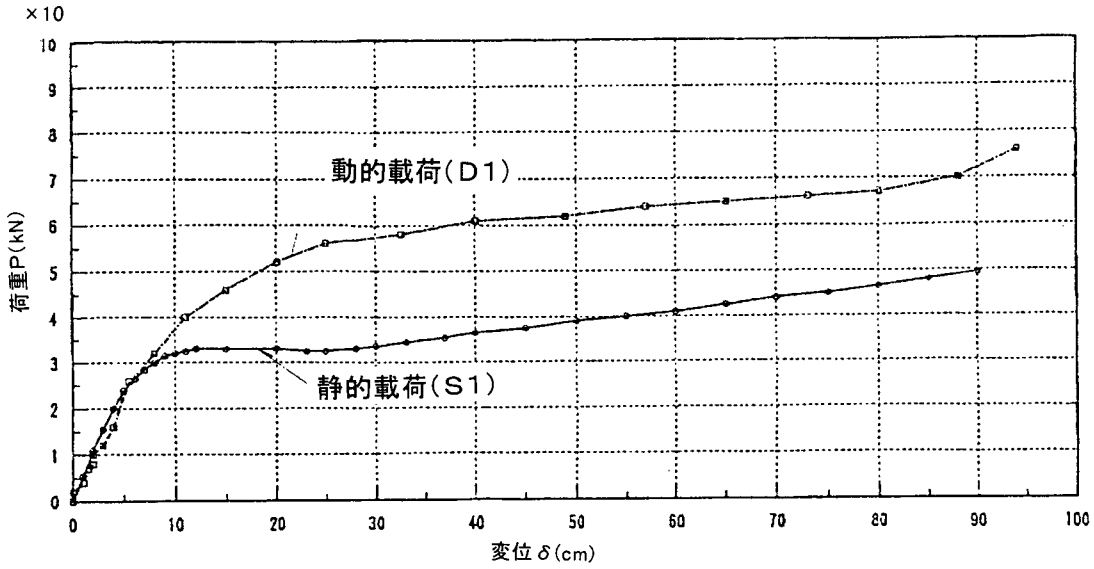
図－９・５・９　φ139.8×4.5載荷高さ760mm

表－９・５・８　補強有無による実験結果

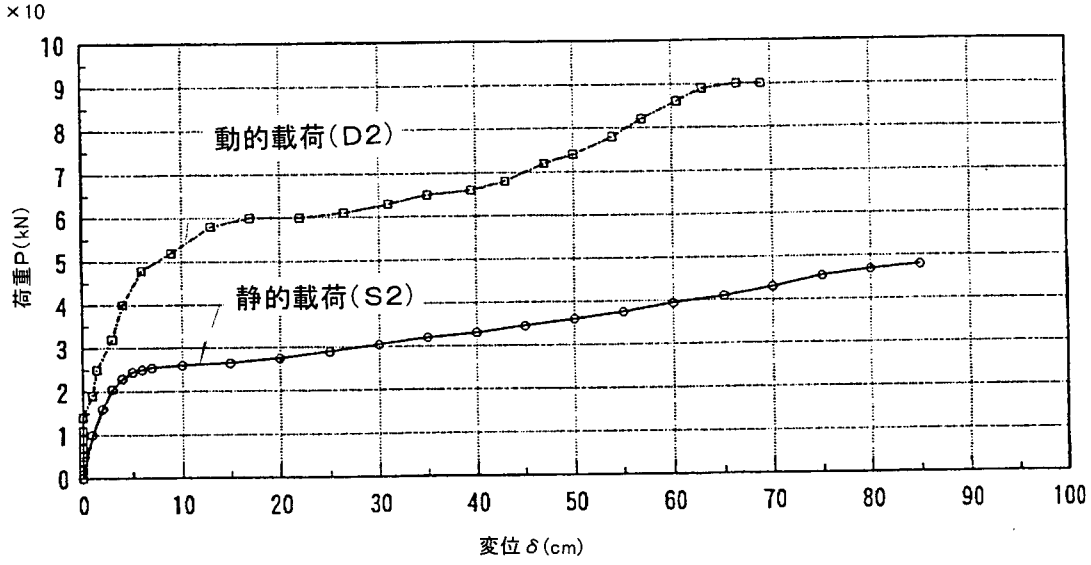
実験番号	形状	補強方法	埋込長 (mm)	載荷高さ (mm)	最大荷重 (kN)	平均支持力 (kN)	バネ常数 (kN/m)	折曲り位値G. L. 下 (mm)
D4	φ139.8×4.5	無し	1650	760	42.1	36.3	483	265
D5		ｺﾝｸﾘｰﾄ注入			43.1	40.2	537	458
D6		鋼管内挿			41.8	38.9	450	312

(3)静的・動的載荷実験の比較

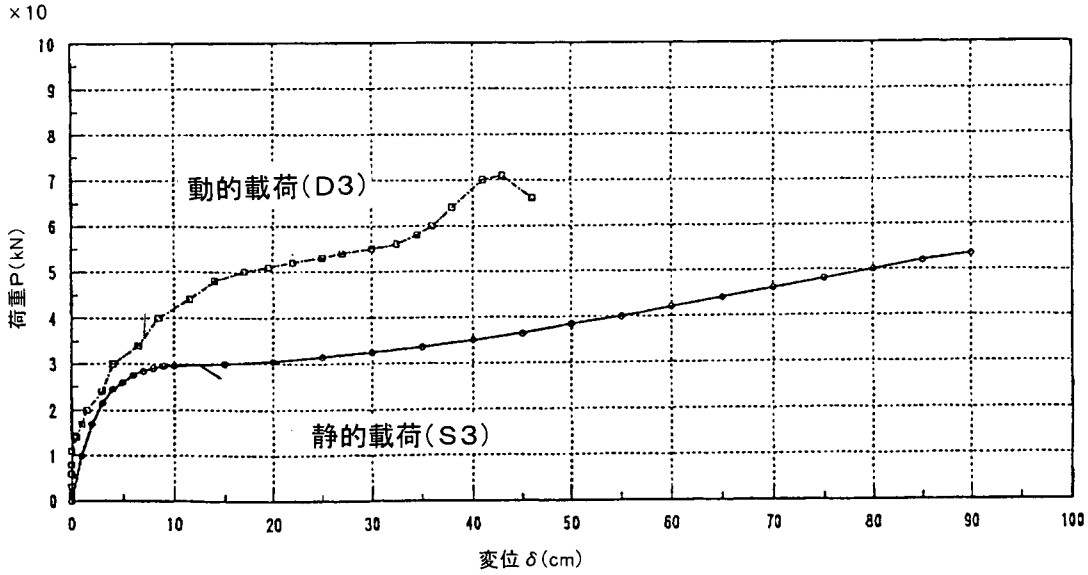
各供試体における静的載荷実験と動的載荷実験での荷重変位線図を図－９・５・１０～１５に示す。



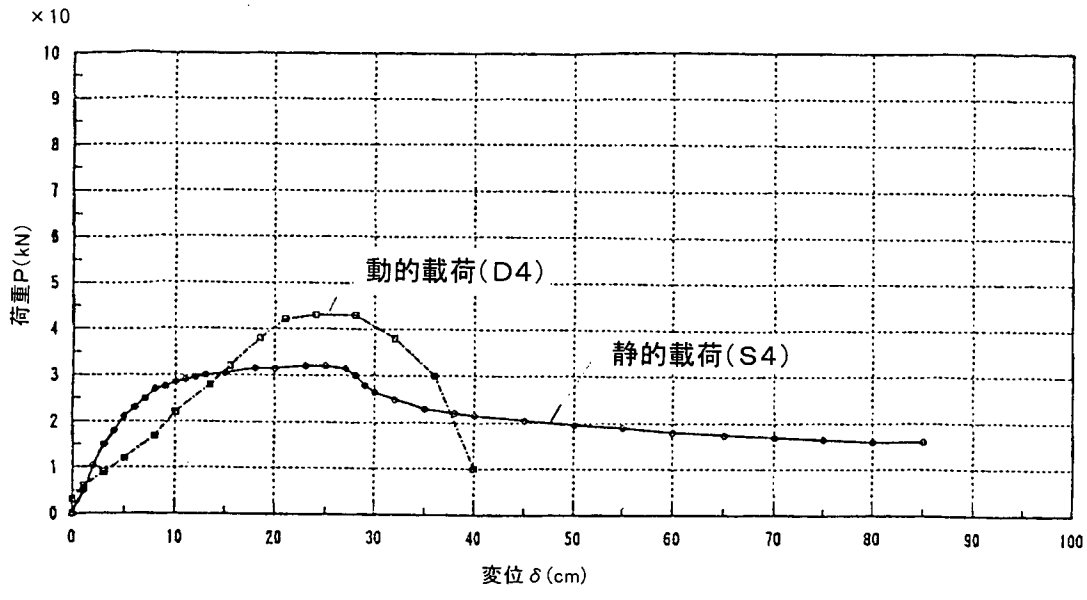
図－９・５・１０　□125×125×6.0



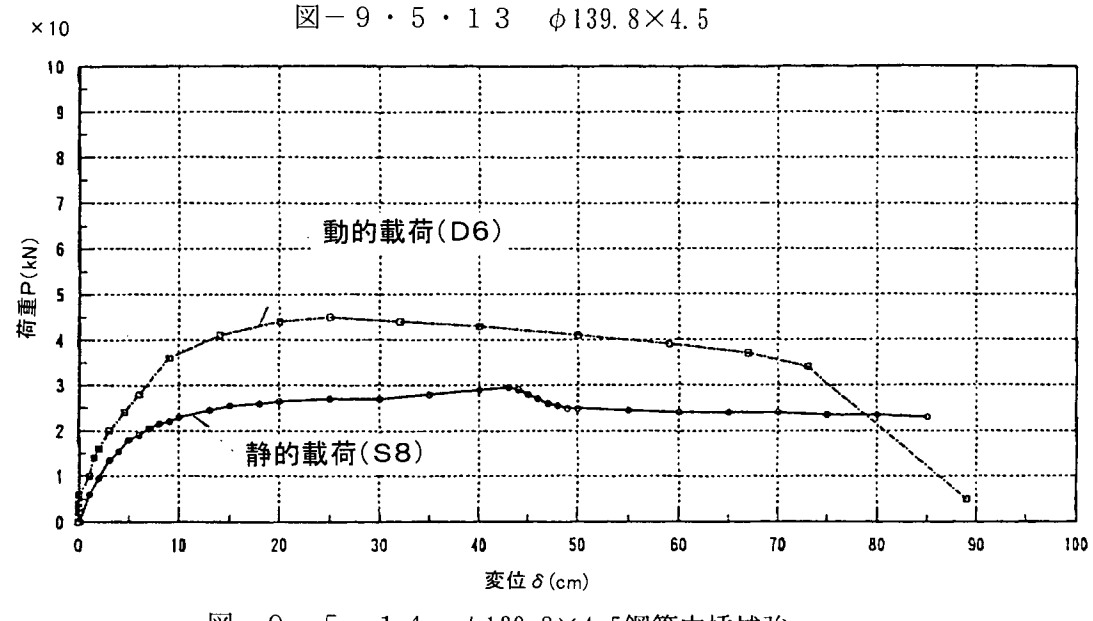
図－９・５・１１　φ139.8×8.0



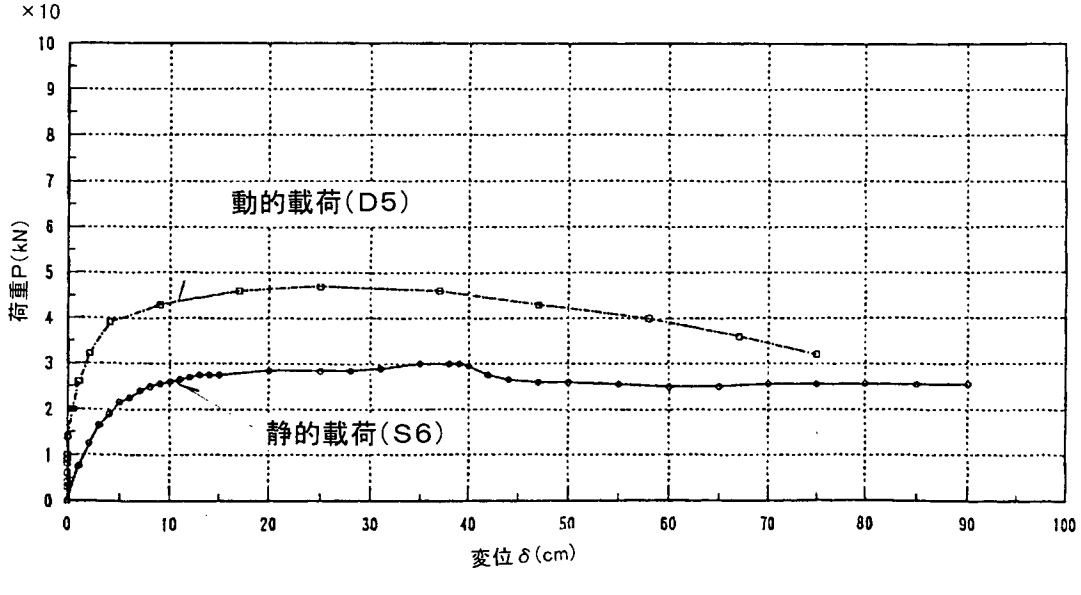
図－９・５・１２　φ139.8×6.6



図－９・５・１３　φ139.8×4.5



図－９・５・１４　φ139.8×4.5鋼管内挿補強



図－９・５・１５　φ139.8×4.5　コンクリート注入補強

1)最大荷重

表－９・５・９から、動的載荷実験は静的載荷実験の1.27～1.86倍となった。

表－９・５・９　最大荷重の静的・動的載荷実験値

支　柱　形　状	静的載荷 (kN)	動的載荷 (kN)	動／静
□125×125×6.0	48.1	72.5	1.51
φ139.8×8.0	49.2	91.4	1.86
φ139.8×6.6	48.5	61.4	1.27
φ139.8×4.5	28.8	42.1	1.46

2)平均支持力

表－９・５・１０から、動的載荷実験は、静的載荷実験の1.34～1.95倍となった。

表－９・５・１０　平均支持力の静的・動的載荷実験値

支　柱　形　状	静的載荷 (kN)	動的載荷 (kN)	動／静
□125×125×6.0	33.3	57.5	1.73
φ139.8×8.0	31.0	60.5	1.95
φ139.8×6.6	32.0	46.1	1.44
φ139.8×4.5	27.1	36.3	1.34

3)最大荷重／平均支持力

静的載荷実験および動的載荷実験における最大荷重／平均荷重（Pmax／Pw）を表－９・５・１１に示す。

表－９・５・１１　Pmax／Pw

支　柱　形　状	静的実験 Pmax／Pw	動的実験 Pmax／Pw
□125×125×6.0	1.14	1.26
φ139.8×8.0	1.59	1.51
φ139.8×6.6	1.51	1.33
φ139.8×4.5	1.06	1.16

4)静的載荷実験と動的載荷実験の関連性

本実験において最大荷重・平均支持力の動／静比は、表－９・５・１２のとおりとなり、支柱形状によって、動／静比は異なる結果となった。これは、地盤条件・実験条件等の相違などが要因と考えられるが、今後の実験データの収集が望まれる。

「急カーブ用防護柵の構造形式および支柱補強に関する共同研究報告書」[10]においては、φ139.8×4.5の動／静は最大荷重で1.47、平均支持力で1.36と報告されている（表－９・５・１３参照）。本実験では、地盤条件、実験条件は異なるものの、φ139.8×4.5においては同様の結果が得られた。

これらのことからφ139.8×4.5については、動的載荷実験での最大荷重および平均支持力はそれぞれ静的載荷実験の1.47、1.36倍することで求められると考えられる。

表－９・５・１２　動的実験／静的実験

支　柱　形　状	最大荷重 動／静	平均支持力 動／静
□125×125×6.0	1.51	1.73
φ139.8×8.0	1.86	1.95
φ139.8×6.6	1.27	1.44
φ139.8×4.5	1.46	1.34

表－９・５・１３　φ139.8・勾配１割５分　動／静支持力比較

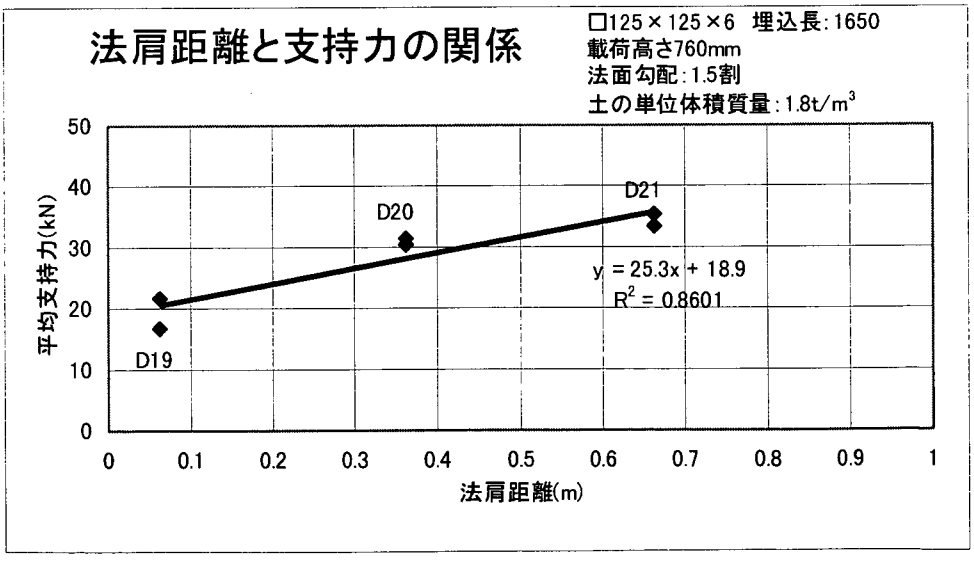
項　　目	法肩距離(m)	動的載荷 (kN)	静的載荷 (kN)	動／静
最大荷重 (kN)	0.0	21.5	12.2	1.77
	0.3	24.6	19.9	1.24
	0.6	33.1	23.8	1.39
	0.0～0.6　平均			1.47
平均支持力 (kN)	0.0	16.3	10.8	1.51
	0.3	20.1	18.5	1.08
	0.6	29.1	22.1	1.31
	0.0～0.6　平均			1.36

(4)法肩距離による効果

□125×125×6の法肩距離を変化させた場合の平均支持力を表－９・５・１４と図－９・５・１６に示す。

表－９・５・１４　法肩距離と支持力の関係

実験番号	法肩距離 (m) (法勾配 1.5割)	平均支持力 (kN) δ=50cm	計算値(γ=1.8t/m³) 背面土量 (t)	付加質量 (t)	抵抗質量 (t)	備考
D19	0.06	16.7	1.38	0	1.38	変位計の作動が正常でなかったので参考値とする。
		21.6				残留変形量が50cm以下
D20	0.36	31.4	1.98	0	1.98	残留変形量が50cm以下
		30.4				残留変形量が50cm以下
D21	0.66	33.3	2.66	0	2.66	残留変形量が50cm以下
		35.3				残留変形量が50cm以下



図－９・５・１６　法肩距離と支持力の関係

(5)コンクリート根巻き付加による効果

①法面設置　法肩距離0mm　φ139.8×4.5埋込長1650mm

表－９・５・１５に示すとおり、根巻きにより付加した質量は支持力増加に効果があった。根巻き質

量0.46ｔに対し、増加した支持力は、5.9kN（0.6t）と、付加した質量の1.3倍程度の増加であった。

表－９・５・１５　根巻き補強による効果

実験番号	法肩距離（法勾配1.5割）	平均支持力(kN) δ=50cm	計算値（γ=1.8t/m³）		
			背面土量(t)	付加質量(t)	抵抗質量(t)
D18	69.9mm	17.6	1.39	0	1.39
		17.6			
D19		23.5	1.39	0.46	1.85

②平坦地盤　φ114.3×4.5埋込長950mm　Ｄ２３とＤ２６

表－９・５・１６　根巻き補強による効果

実験番号	地盤条件	平均支持力(kN) δ=50cm	計算値（γ=1.8t/m³）			備　　考
			背面土量(t)	付加質量(t)	抵抗質量(t)	
D23	平坦地盤	19.6	1.13	0.46	1.59	
		19.6				
D26		28.4	1.13	0	1.13	変位計の作動が正常でなかったので参考値とする。
		23.5				

(6)ブロック質量同等でブロック形状の違いによる支持力の影響

実験ケースが１ケースしかなく、根巻き形状および質量が支持力に及ぼす影響については確認できなかった。

表－９・５・１７　根巻き補強による効果

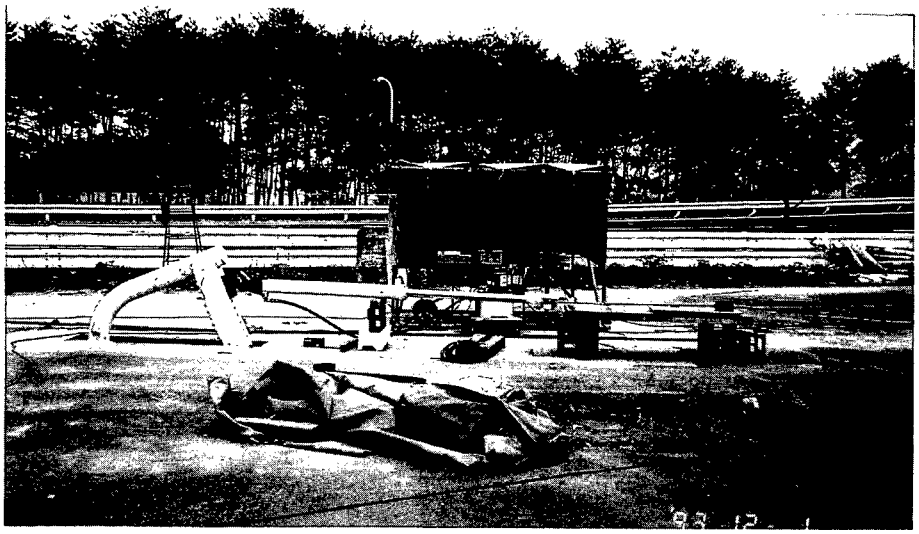
実験番号	法肩距離	平均支持力(kN) δ=50cm	計算値（γ=1.8t/m³）			備　　考
			背面土量(t)	付加質量(t)	抵抗質量(t)	
D24	平坦地盤	16.7	0.64	0.69	1.33	変位計の作動が正常でなかったので参考値とする。
		18.6				
D25		14.7	1.26	0.69	1.95	
		17.6				

(7)埋込長による支持力効果

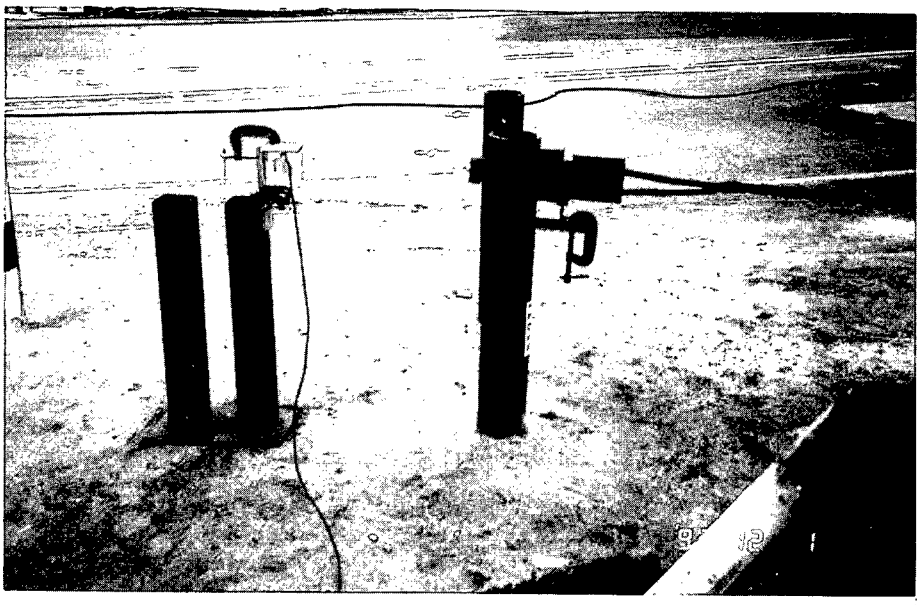
Ｄ２６は変位計が正常に作動しなっかたことやＤ２７は、支柱の残留変形量が360mm程度と変形量が小さいため、支持力評価は参考とする。

表－９・５・１８　埋込長による効果

実験番号	法肩距離	平均支持力 (kN) δ=50cm	計算値(γ=1.8t/m³)			備　　考
			背面土量 (t)	付加質量 (t)	抵抗質量 (t)	
D26	平坦地盤	28.4	1.13	0	1.13	変位計の作動が正常でなかったので参考値とする。
		23.5				
D27		21.5	3.60	0	3.60	残留変形量が50cm以下。
		22.5				



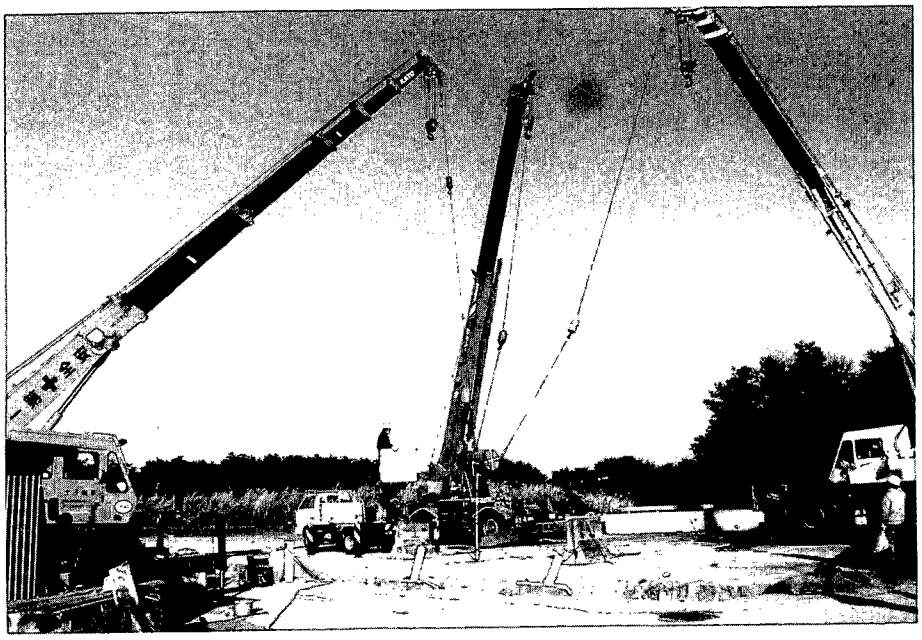
写真－９・１　静的載荷実験（油圧ジャッキ側）



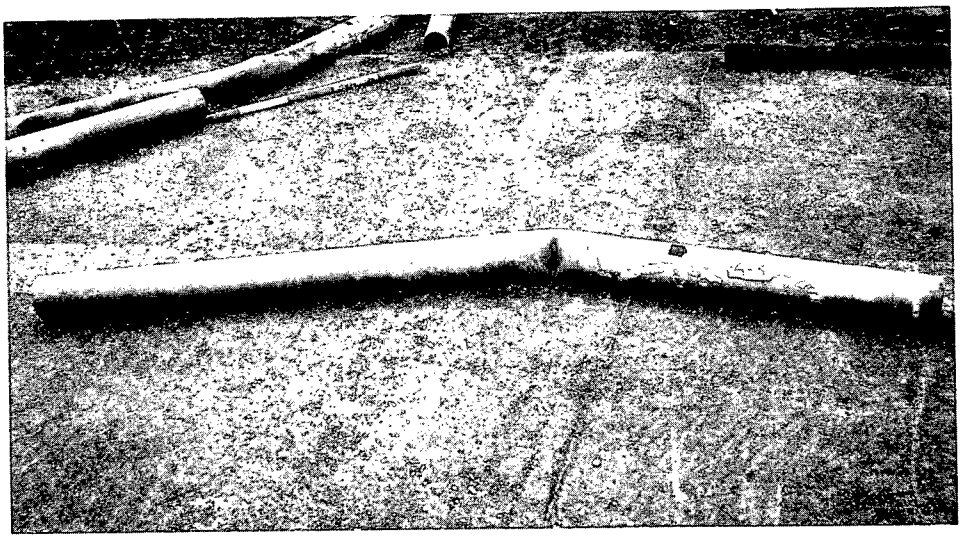
写真－９・２　静的載荷実験（供試体側）



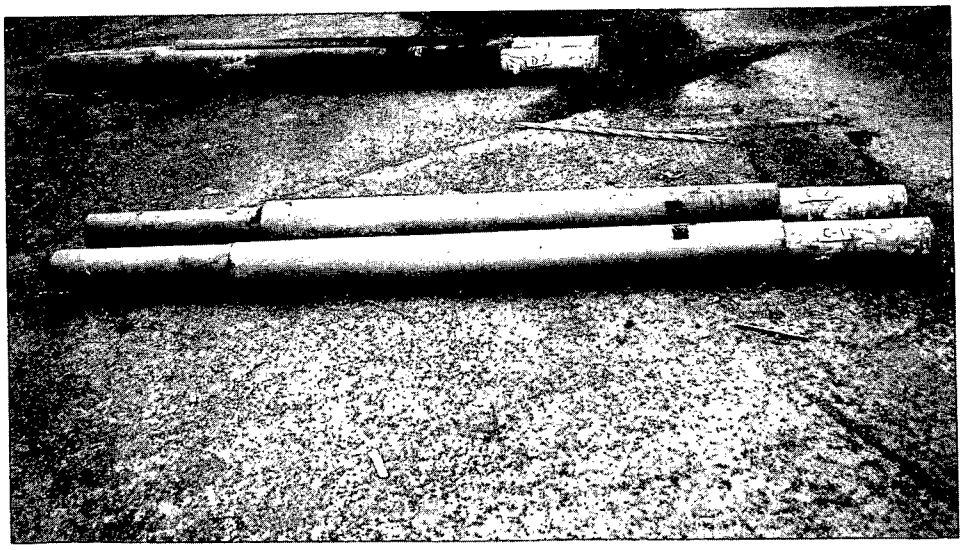
写真－９・３　動的荷重載荷実験　載荷方法Ａ



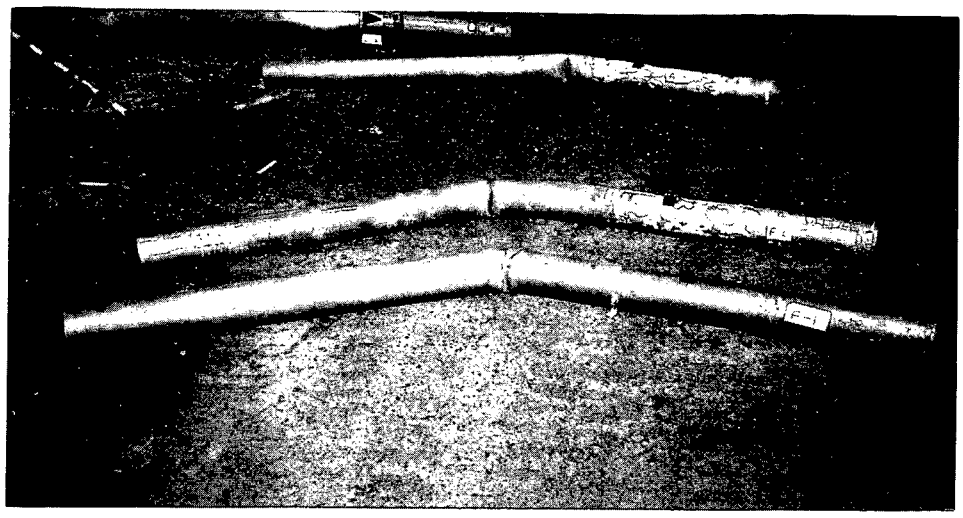
写真－９・４　動的載荷実験　載荷方法Ｂ



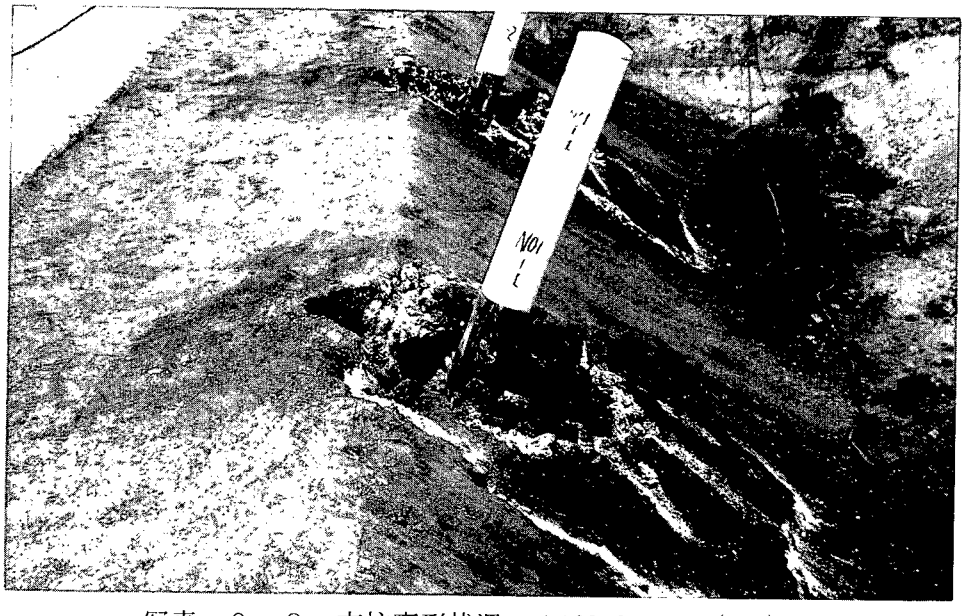
写真－９・５　支柱変形状況　φ114.3×4.5（D7）



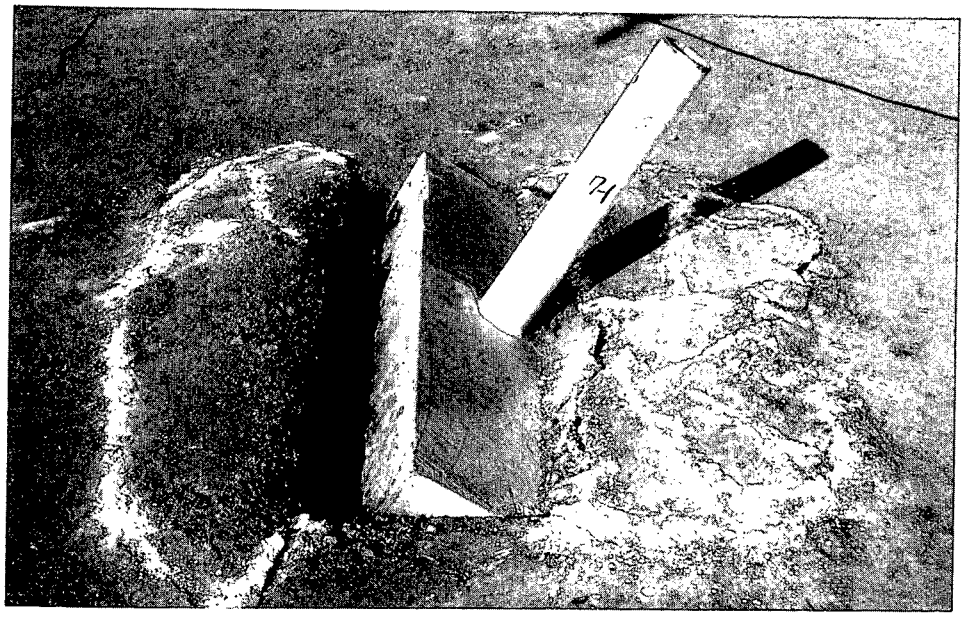
写真－９・６　支柱変形状況　φ114.3×4.5鋼管外挿（D9）



写真－９・７　支柱変形状況　φ114.3×4.5コンクリート内挿（D12）



写真－９・８　支柱変形状況　φ139.8×4.5（D18）



写真－９・９　支柱変形状況　φ114.3×4.5ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ(D22)

１０．防護柵の構造諸元の提案

防護柵の構造諸元の提案をまとめるにあたり、各章で記述している衝突実験結果や支柱実験結果などをもとに、貨物車の誘導性や乗用車に対する安全性などの機能が確保できると認められた防護柵を基本にして整理した。

１０．１　衝突実験で確認された構造

１０．１．１　現行防護柵の機能限界について

要綱に規定した防護柵の機能限界は路側用ガードレール種別Ｓ、Ａ、Ｃと路側用ガードケーブル種別Ａ、および分離帯用ガードレール種別Ｓについて衝突実験による調査結果を７．１で述べているが、実験結果と評価をまとめると表－１０．１．１のようになる。

表－１０．１．１　機能限界確認の衝突実験結果

形式	種別	設計条件				衝突実験結果				評価
		車両質量（ｔ）	衝突速度（km/h）	衝突角度（度）	衝撃度（kJ）	車両質量（ｔ）	衝突速度（km/h）	衝突角度（度）	衝撃度（kJ）	
路側用ガードレール	S	14	80	15	232	14	80	15	232	○誘導
	A	14	60	15	130	20	40	20	144	○誘導
	C	14	35	15	44.3	8	39.6	20	56.6	×柵上停止
路側用ガードケーブル	A	14	60	15	130	20	50.3	20	228	×柵上停止
分離帯用ガードレール	Sm	14	80	15	232	20.8	91.8	15	453	○誘導

実験結果において車両の挙動と防護柵の変形状況から判断して、車両誘導ができた路側用ガードレール種別Ｓ、Ａおよび分離帯用ガードレール種別Smは衝突実験結果の衝撃度が、柵上停止となった路側用ガードレール種別Ｃとガードケーブル種別Ａは設計条件で示す衝撃度が機能限界と考えられる。

１０．１．２　高強度型防護柵の構造

衝突実験で機能検証した高強度型防護柵の構造諸元を路側用ガードレールは表－１０．１．２、路側用ガードケーブルは表－１０．１．３、分離帯用ガードレールは表－１０．１．４に示す。

表－１０．１．２　衝突実験で確認された高強度型路側用ガードレール

形式	衝突条件				ビームの形状寸法	上段ビームの形状寸法	支柱の形状寸法	支柱間隔	ビームの中心高さ	上段ﾋﾞｰﾑの中心高さ	支柱の埋込み深さ	ﾋﾞｰﾑのﾌﾞﾛｯｸｱｳﾄ量	上段ﾋﾞｰﾑのﾌﾞﾛｯｸｱｳﾄ量	構造図面
	車両質量	衝突速度	衝突角度	衝撃度	厚さ×深さ×幅	形状寸法	形状寸法							
	(t)	(km/h)	(度)	(kJ)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Gr-SS 改良２型	20.5	100	20	925	4.0×85×500	□-100×100×4.5	□-125×125×6	2,000	675	1,300	1,650	450	365	報告書(その１)の図－ 6.4.2
Gr-40	20	81.3	17	435	4.0×85×500	□-100×100×4.5	□-125×125×6	3,000	675	1,300	1,650	250	250	本報告書の図－ 7.2.23
Gr-20	8	101.1	15	212	4.0×85×500	―――	□-125×125×6	3,000	675	―――	1,650	250	―――	本報告書の図－ 7.2.39

表－１０．１．３　衝突実験で確認された高強度型路側用ガードケーブル

形式	衝突実験				ケーブル					中間支柱		ブラケット	支柱間隔	最下段ｹｰﾌﾞﾙの高さ	支柱と柵面との距離	誘導板	間隔保持材	構造図面
	車両質量	衝突速度	衝突角度	衝撃度	構造	径	本数	初張力	ケーブル間隔	形状寸法	埋込み深さ	厚さ×幅				厚さ×幅	径×厚さ×長さ	
	(t)	(km/h)	(度)	(kJ)		(mm)	(本)	(kW)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Gc-SS 改良１型	20	92.3	20	770	3×7 G/0	φ 18	9	20	上３段 100 下６段 150	□-125×125×6	1,650	4.5×520 4.5×450	2,000	300	300	下３段に取付け 2.3×400(有孔板)	φ 60.5×3.2×1,200	本報告書の図－ 7.2.45

表－１０．１．４　衝突実験で確認された高強度型分離帯用ガードレール

形式	衝突実験				ﾋﾞｰﾑの形状寸法	支柱の形状寸法	支柱間隔	ﾋﾞｰﾑの中心高さ	ﾋﾞｰﾑの外側間隔	構造図面
	車両質量	衝突速度	衝突角度	衝撃度	厚さ×深さ×幅					
	(t)	(km/h)	(度)	(kJ)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Grm-60	20	80.4	20	583	4.0×85×500	φ 114.3×4.5	2,000	675	1,000	本報告書の図－ 7.2.44
Grm-70	20	88.9	20	713	4.0×85×500	□-125×125×6	2,000	675	1,000	本報告書の図－ 7.2.50

１０．１．３　既設防護柵の強化改良構造

既設防護柵をより高い衝撃度に対応させるための強化方法は、経済性や施工の容易性などを考慮して既設防護柵に部材を付加することで検討した。強化改良構造に対する衝突実験において機能の確認ができた防護柵の構造諸元を表－１０．１．５～１０．１．１０に示す。

表－１０．１．５　路側用ガードレール種別Ａを種別Ｓに強化した構造の諸元

形式	既設防護柵							強化改良構造						
	種別	設計衝撃度	ﾋﾞｰﾑの形状寸法	支柱の形状寸法	支柱間隔	ﾋﾞｰﾑの中心高さ	支柱の埋込み深さ	対象種別衝撃度	衝突条件				強化した内容	構造図面
									車両質量	衝突速度	衝突角度	衝撃度		
		(kJ)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kJ)	(t)	(km/h)	(度)	(kJ)		
Gr-A-23	A	130	4.0×75×350	φ 139.8×4.5	2,000	600	400	要綱種別Ｓ 232	14	79.1	15	226	1.ビーム (1)既設ビームを上段ビーム（ビーム中心高さ 800 mm）に移設 (2)下段ビームとして 3.2×50×350 のビーム（ビーム中心高さ 350 mm）を増設 2.支柱 (1)既設支柱に嵩上げ支柱（φ 165.2×5.0）を増設 (2)既設支柱の中間部に支柱（φ 139.8×4.5）を増設 （ベースプレート、アンカーボルトで基礎に定着）	本報告書の図－ 7.3.2

表－１０．１．６　路側用ガードレール種別Ａを 200kJ 対応に強化した構造の諸元

形式	既設防護柵 種別	設計衝撃度 (kJ)	ﾋﾞｰﾑの形状寸法 (mm)	支柱の形状寸法 (mm)	支柱間隔 (mm)	ﾋﾞｰﾑの中心高さ (mm)	支柱の埋込み深さ (mm)	対象種別衝撃度 (kJ)	衝突条件 車両質量 (t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (kJ)	強化改良構造 強化した内容	構造図面
Gr-A-20	A	130	4.0 × 75 × 350	φ 139.8 × 4.5	4,000	600	1,650	200	8	100.7	15	214	1.ビーム (1)上段ビーム（□-75 × 75 × 4.5）をビーム中心高さ 960 mm の位置に増設 2.支柱 (1)既設支柱の中間部に支柱（φ 139.8 × 6.6,全長 2,665 mm,埋込み深さ 1,650 mm）を増設	本報告書の図－ 7.3.14

表－１０．１．７　路側用ガードケーブル種別Ａを 200kJ 対応に強化した構造の諸元

形式	既設防護柵 種別	設計衝撃度 (kJ)	ケーブル 構造	径 (mm)	本数 (本)	初張力 (kN)	中間支柱 形状寸法 (mm)	埋込み深さ (mm)	支柱間隔 (mm)	最下段ｹｰﾌﾞﾙの高さ (mm)	対象種別衝撃度 (kJ)	衝突条件 車両質量 (t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (kJ)	強化改良構造 強化した内容	構造図面
Gc-A-20	A	130	3 × 7 G/0	φ 18	5	20	φ 139.8 × 4.5	1,650	6,000	430	200	1.0	100	15	26	1.ケーブル (1)高さ 310 mm の位置にケーブル増設 2.支柱 (1)既設支柱の中間部に支柱（φ 139.8 × 4.5）を増設 3.端末支柱 (1)増設したケーブル用の支柱を付加 4.間隔保持材（φ 60.5 × 3.2）を付加	本報告書の図－ 7.3.19
												強度の検証は付録－３に示しているように種別Ａの構造に間隔保持材を付加させることにより、車両質量 14t、衝突速度 55 km/h、角度 20 度、衝撃度 191kJ の条件に対応できることがわかった。ただし、支柱などの変形状況から、この衝撃度が機能限界に近いと考えられた。この結果から、対象衝撃度を 200kJ とするためには、中間支柱を増設することで対応できると判断されたので、本実験では、乗用車による乗員の安全性の確認を行った。						

表－１０．１．８　路側用ガードケーブル種別Ｂを種別Ａ対応に強化した構造の諸元

形式	既設防護柵 種別	設計衝撃度 (kJ)	ケーブル 構造	径 (mm)	本数 (本)	初張力 (kN)	中間支柱 形状寸法 (mm)	埋込み深さ (mm)	支柱間隔 (mm)	最下段ｹｰﾌﾞﾙの高さ (mm)	対象種別衝撃度 (kJ)	衝突条件 車両質量 (t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (kJ)	強化改良構造 強化した内容	構造図面
Gc-B-13	B	60	3 × 7 G/0	φ 18	4	9.8	φ 114.3 × 4.5	1,500	6,000	430	A 130	8	59	20	126	1.支柱 (1)既設支柱の中間部に支柱（φ 114.3 × 4.5）を増設 2.間隔保持材（φ 60.5 × 3.2）を付加	本報告書の図－ 7.1.31

表－１０．１．９　分離帯用ガードレール種別 Sm を 660kJ 対応に強化した構造の諸元

形式	既設防護柵							強化改良構造						
	種別	設計衝撃度 (kJ)	ﾋﾞｰﾑの形状寸法 厚さ×深さ×幅 (mm)	支柱の形状寸法 (mm)	支柱間隔 (mm)	ﾋﾞｰﾑの中心高さ (mm)	ﾋﾞｰﾑの外側間隔 (mm)	対象種別衝撃度 (kJ)	衝突条件 車両質量 (t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (kJ)	強化した内容	構造図面
Grm-S70-2	Sm	232	4.0 × 75 × 350	φ 114.3 × 4.5	2,000	600	1,000	730	20	90	20	731	1.支柱 (1)既設支柱の中間部に支柱 (□-125 × 125 × 6)を増設 2.ビーム (1)増設した支柱に上段ビーム (□-100 × 100 × 4.5)を付加 (2)ビームの背面に下段ビーム (□-100 × 100 × 4.5)を付加	図－ 7.3.27

表－１０．１．１０　分離帯用ガードレール種別 Am を 200kJ 対応に強化した構造の諸元

形式	既設防護柵							強化改良構造						
	種別	設計衝撃度 (kJ)	ﾋﾞｰﾑの形状寸法 厚さ×深さ×幅 (mm)	支柱の形状寸法 (mm)	支柱間隔 (mm)	ﾋﾞｰﾑの中心高さ (mm)	ﾋﾞｰﾑの外側間隔 (mm)	対象種別衝撃度 (kJ)	衝突条件 車両質量 (t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (kJ)	強化した内容	構造図面
Grm-A-20	Am	130	4.0 × 75 × 350	φ 114.3 × 4.5	4,000	600	800	200	8	101.7	15	214	1.支柱 (1)既設支柱の中間部に支柱 (φ 114.3 × 4.5) を増設	本報告書の図－ 7.3.46

１０．２　実用化構造の検討

高速化対応型防護柵の構造諸元をまとめるにあたり、衝突実験で強度や乗員の安全性などの機能が確保できていると認められた構造を基本にして実用化構造の検討を行った。施工性を向上させるなど、より実用的な構造諸元を求めるために衝突実験で採用した構造諸元を変更したものもある。ここでは、その変更理由や主要構成部材の諸元設定の考え方について述べる。

１０．２．１　ガードレール

(1) ビーム

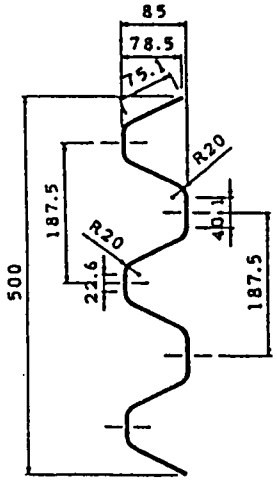
高強度型路側用ガードレールと730kJ対象の分離帯用ガードレールのビームは３山ビームとした。衝突実験に使用したビームの断面形状は図－１０．２．１に示すとおりである。実用化にあたって次の事項の改善を目的にして断面形状の検討を行った。

①コスト縮減を目的にした軽量化・・・断面積の縮小

②意匠性の向上・・・コルゲーションの山部に丸みを持たせた形状

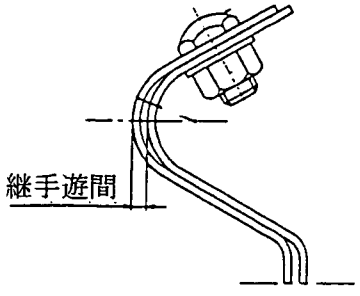
③施工性の向上・・・ビーム継手部ボルト孔の拡大とボルト本数の削減及び意匠性の向上にも関連するが図－１０．２．２に示すビーム継手遊間の縮小

これらの事項はビームの断面積、極限曲げモーメント、バネ定数などの力学特性に変化を与えることになることから、衝突シミュレーションにより車両の最大進入行程、ガードレールの変形量、ビームの張力にほとんど影響を与えない範囲内での形状を求めた。その結果を図－１０．２．３に示す。

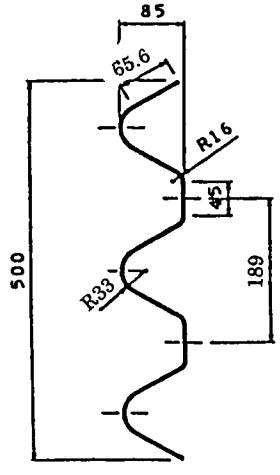


（単位：mm）

図－１０．２．１
衝突実験に使用した段面形状



図－１０．２．２
ビーム継手遊間



（単位：mm）

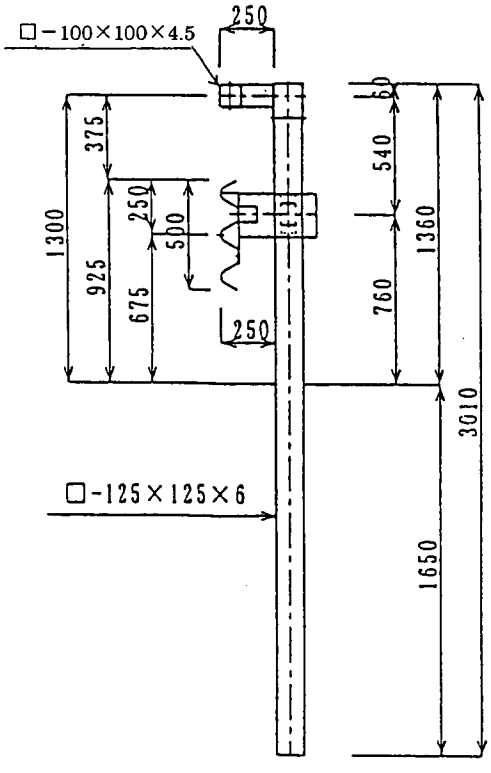
図－１０．２．３
提案するビームの断面形状

(2) 上段ビーム

衝突車両を良好に誘導させるために必要な防護柵高さは、車両条件、衝突条件、防護柵強度などの様々な要素の影響を受ける。バスによる上段ビーム無しの３山ビーム型防護柵に対する衝撃度520kJの衝突実験では良好に車両を誘導した[1)]。しかし、同様の防護柵・衝撃度での貨物車による実験では良好な成果は得られなかった[10)]。この理由として、バスの場合は車体がモノコック構造になっているため、車体後部が防護柵側に倒れるのを前部が反対側にねじれて車体全体の姿勢を復元させる性質があるのに対し、貨物車の場合は大きな衝撃を受けると車体と荷台が個々の運動をするため、３山ビームで車体を捕捉しても荷台はビーム上端をすり抜け、姿勢を復元しようとしている車体前部の動きとは逆の方向すなわち路外方向への回転運動を示して横転する結果となった。このことにより、衝突速度が80km／ｈ以上で、衝撃度が420kJ以上となるタイプについては、荷台の動きを捕捉させるための上段ビームを付加させることにした。

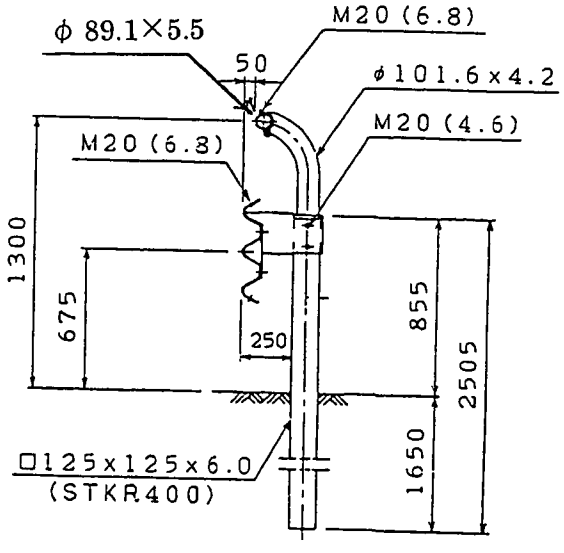
また、上段ビームを取り受ける高さは、第８章で述べている車両横転に関する検討結果と運転者の見通し性や視距等に配慮して1,300mmとした。

衝突実験に使用した上段ビームと支柱および両者の接合方法は図－１０．２．４に示すとおりであるが、実用的な構造諸元を設定するにあたり、実験に用いた部材強度と等価にすることを前提にして意匠性と施工性並びに乗員頭部に衝撃を与えない構造についての改善検討を行い、図－１０．２．５に示す形状および接合方法に設定した。



（単位：mm）

図－１０．２．４　衝突実験に使用した上段ビームの構造

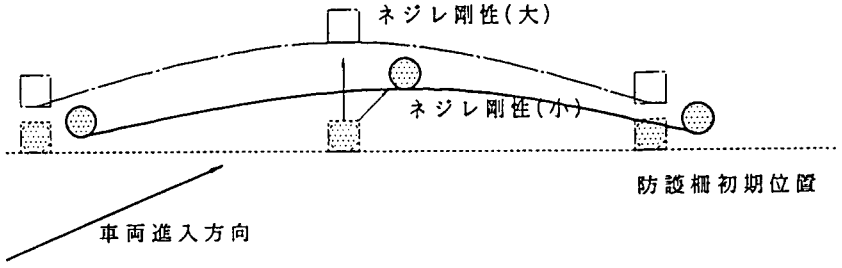


（単位：mm）

図－１０．２．５　上段ビームの提案構造

(3)支柱

従来の防護柵支柱の形状はΦ114.3やΦ139.8の鋼管を用いているが、高速化対応型では□-125×125×6.0の角形鋼管を用いて衝突実験を行い良好な成果が得られた。高衝撃度領域での車両衝突に対応できる実用的な支柱形状を設定するにあたり、第９章の支柱実験で述べているように従来タイプと同じ形状の適用可否検討を行った結果、衝突実験に使用した角形鋼管と同等の支柱支持力を確保するためにはΦ139.8×8.0の鋼管になることが分かった。しかし、このサイズは市場性に劣り材料入手が困難であること、および図－１０．２．６に示すように車両衝突時の支柱挙動を拘束するためには支柱のネジレ剛性を向上させる方が有利であると考えたことから、□-125×125×6.0の角形鋼管を採用した。



図－１０．２．６　車両衝突時の車両挙動

(4)ブロックアウト量について

ブロックアウト量は車輪の支柱への衝突および支柱の倒れによる柵高の低下を防ぐ上から大きいほど良好な機能を発揮するが、実用化を念頭に置いてその値を考える場合、用地幅や建築限界から制約を受けることになる。衝撃度420kJ、210kJを対象にした路側用ガードレールはブロックアウト量を250mmに縮小して衝突実験を行い良好な結果が得られたので、この値を標準的な諸元に設定した。また、上段ビームのブロックアウト量は乗員の圧迫感を軽減させるためにビーム面より50mmセットバックさせた。

(5)鋼材使用効率について

対象とする衝撃度が大きくなるとビーム、支柱などの部材断面や使用鋼材量は種別Ａ，Ｂ，Ｃに比べて大きくなる。路側用ガードレールを例に鋼材使用効率（衝撃度当りの鋼材使用量）を種別ごとに示したのが表－１０．２．１である。高強度型である種別ＳＳ，ＳＡ，ＳＢ，ＳＣの鋼材使用効率は種別Ｂ，Ｃに比べ大幅に小さくなっている。これは、数10回にわたる衝突実験や、ビーム、支柱などの形状検討を繰り返し、所定の性能を確保しながら経済的なビーム、支柱などの断面形状を追求した結果である。

表－１０．２．１　路側用ガードレールの鋼材使用効率

種別	主要構成部材	鋼材質量(W) (kg/m)	衝撃度(IS) (kJ)	鋼材使用効率 (W／IS)
C	２山ビーム 鋼管支柱	16.0	45	0.35
B		19.4	60	0.32
A		26.0	130	0.20
SC	３山ビーム 鋼管支柱	37.8	160	0.23
SB	３山ビーム 角形鋼管支柱	58.6	280	0.21
SA	３山ビーム 上段ビーム 角形鋼管支柱	65.7	420	0.15
SS		78.2	650	0.12

１０．２．２　ガードケーブル

高強度型ガードケーブルの構造は高衝撃度対応として求められる諸元と、乗員の安全性を確保するために必要な諸元を同一なものとして整理し、７．２．４で述べているような車両誘導板を取り付けた複合型構造にした。また、この研究で導入したケーブルの間隔保持材を付加した衝突実験では車輪による下段ケーブルの踏付け、ケーブル間隔の広がりもなく、各ケーブルに均等に張力が発生していたことから、一般型のガードケーブルにも適用をはかって、より機能の向上を図ることにした。

１０．３　防護柵構造の提案

高速化対応型防護柵の研究において、車両誘導を確認し実用化検討を経て完成された構造の中から「防護柵の設置基準・同解説」の衝撃度（種別）に適合する構造を「車両用防護柵標準仕様・同解説」に示した。

表-10.3.1～表-10.3.3に「標準仕様・同解説」への適用に対する技術的背景と提案構造の諸元を示し、図-10.3.1～図-10.3.7にその代表的な標準構造図を示す。

１０．３．１　路側用ガードレール構造

表－１０．３．１　　路側用ガードレール

衝撃度 (kJ)	仕様記号	構造諸元 支柱形状 (mm)	支柱間隔 (m)	ﾌﾞﾛｯｸｱｳﾄ (mm)	ビーム形状 (mm)	構造図
130	Gr-A-4E	○-139.8X4.5	4	110	2山X4.0	
147	A	○-139.8X4.5	4	110	2山X4.0	
実験構造と提案構造との比較；要綱種別Ａ構造の適用						
160	Gr-SC-4E	○-139.8X4.5	4	124	3山X4.0	図-10.3.1
216		□-125X6.0	3	250	3山X4.0	
実験構造と提案構造との比較；実験構造の改良による適用 Gr-A-4E構造の部材構成および実験衝撃度(216kJ)に比較して標準仕様の衝撃度（160kJ）の低さとを考慮して当該構造は、支柱間隔の拡大(3から4mとﾌﾞﾛｯｸｱｳﾄ量の縮小(250から110mm) を図り、支柱は支持力が60kNである形状(□-125X6.0)から40kNとなる形状(○-139.8X4.5)に変更した。						
280	Gr-SB-2E	□-125X6.0	2	250	3山X4.0	図-10.3.2
231	S	○-139.8X4.5	2	110	2山X4.0, 2山X2.3	
実験構造と提案構造との比較；実験構造の改良による適用 S種の衝撃度増加に対し高強度対応として、支柱は、支持力向上とﾋﾞｰﾑ変形時の張力によるねじれ抵抗の向上及び汎用材料である角形鋼管を選択した。ﾋﾞｰﾑは2山２段構成から張力材としての機能向上と外観性向上を配慮した3山形状とした。また、ﾌﾞﾛｯｸｳﾄ量の拡大(110から250mm)により車両誘導に対する改良を行った。						
420	Gr-SA-3E	□-125X6.0	3	250	3山X4.0, ○-89.1X5.5	図-10.3.3
430		□-125X6.0	3	250	3山X4.0, □-100X4.5	
実験構造と提案構造との比較；実験構造の改良による適用 上段ﾋﾞｰﾑと上部支柱は、外観と施工性を考慮した実用化形状に変更した。						
650	Gr-SS-2E	□-125X6.0	2	350	3山X4.0, ○-89.1X5.5	図-10.3.4
944		□-125X6.0	2	450	3山X4.0, □-100X4.5	
実験構造と提案構造との比較；実験構造の改良による適用 上段ﾋﾞｰﾑと上部支柱は、Gr-SA-3Eと同様の考慮により実用化形状に変更した。ﾌﾞﾛｯｸｱｳﾄ量は、当該種別衝撃度650kJにおいて防護柵変形後も車輪が支柱接触を起こさない350mmに設定した。ﾌﾞﾗｹｯﾄは、実用化へ若干の形状改良を行った。						

注）各構造の上段は提案構造を、下段はそれに対応する実験構造を示す。

１０．３．２　分離帯用ガードレール構造

表－１０．３．２　分離帯用ガードレール

衝撃度 (kJ)	仕様記号	構造諸元					
		支柱形状 (mm)	支柱間隔 (m)	ﾋﾞｰﾑ間隔 (mm)	ビーム形状 (mm)	構造図	
160	Gr-SCm-4E	○-114.3X4.5	2	750	2-2山X4.0		
206		○-114.3X4.5	2	800	2-2山X4.0		
実験構造と提案構造との比較；実験構造の改良による適用 実験衝撃度(206kJ)に対し当該種別の衝撃度(160kJ)は低く防護柵変形が低減することを考慮して、標準構造はﾋﾞｰﾑ間隔を50mm縮小させ750mmとした。							
280	Gr-SBm-4E	○-114.3X4.5	2	1000	2-2山X4.0, (SS490)		
381		○-114.3X4.5	2	1000	2-2山X4.0, (SS490)		
実験構造と提案構造との比較； 実験構造の適用							
420	Gr-SAm-4E	○-139.8X4.5	2	1000	2-2山X4.0, (SS490)		
452		○-114.3X4.5	2	1000	2-2山X4.0, (SS490)		
実験構造と提案構造との比較；実験構造の改良による適用 SBm種との構造的区別のため強度的により安全側となるが、支持力を35kNの支柱(○-114.3X4.5)から40kNの支柱(○-139.8X4.5)に形状変更した。							
650	Gr-SSm-4E	□-125X6.0	2	1000	2-3山X4.0	図-10.3.5	
713		□-125X6.0	2	1000	2-3山X4.0		
実験構造と提案構造との比較；実験構造の適用							

注）各構造の上段は提案構造を、下段はそれに対応する実験構造を示す。

１０．３．３　路側用及び分離帯用ガードケーブル構造

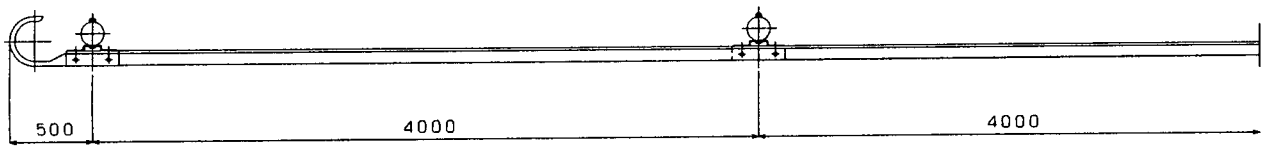
表－１０．３．３　ガードケーブル

衝撃度 (kJ)	仕様記号	構造諸元					
		支柱形状 (mm)	支柱間隔 (m)	ﾌﾞﾛｯｸｱｳﾄ (mm)	ｹｰﾌﾞﾙ本数 3X7 G/O φ18	構造図例	
45	Gc-C-6E	○-114.3X4.5	6	110	3		
60	Gc-B-6E	○-114.3X4.5	6	110	4		
130	Gc-A-6E	○-139.8X4.5	6	110	5	図-10.3.6	
60	Gc-Bm-6E	○-114.3X4.5	6	536	6	図-10.3.7	
提案構造の概要； 全種別基本構造は要綱の構造諸元を踏襲し、また、車両誘導機能を向上させるため、支柱間隔に応じて間隔保持材(φ60.5X3.2)を1～２本等間隔に配置することとした。							

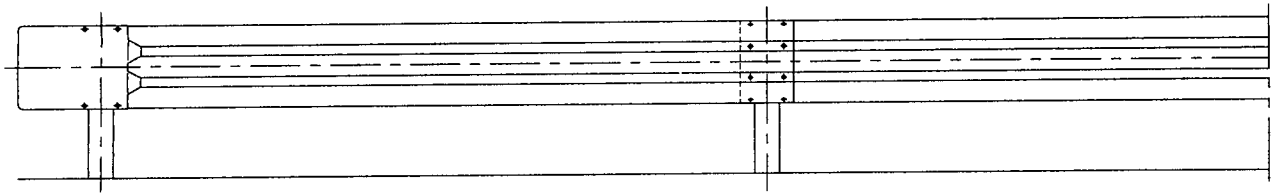
注）各構造の上段は提案構造を、下段はそれに対応する実験構造を示す。

Gr−SC−4E

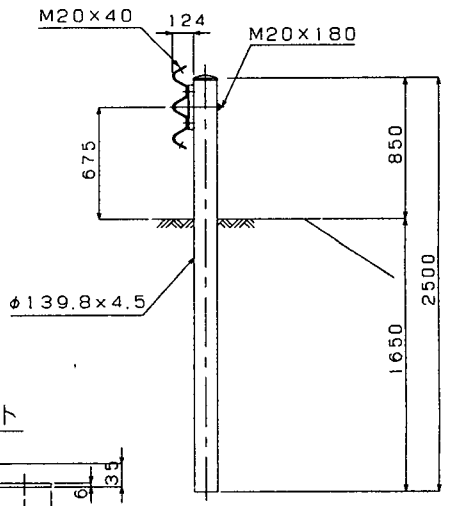
平面図



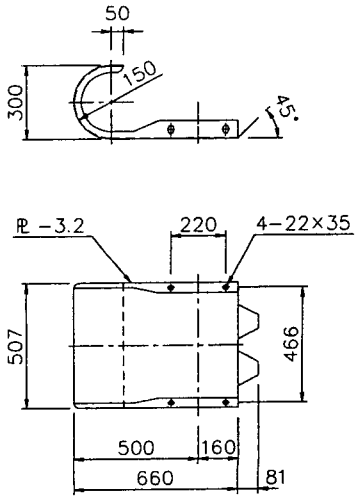
正面図



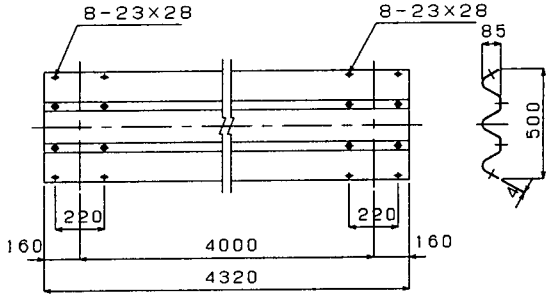
側面図



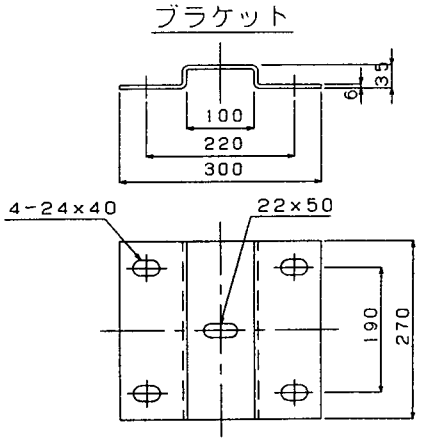
袖ビーム



ビーム



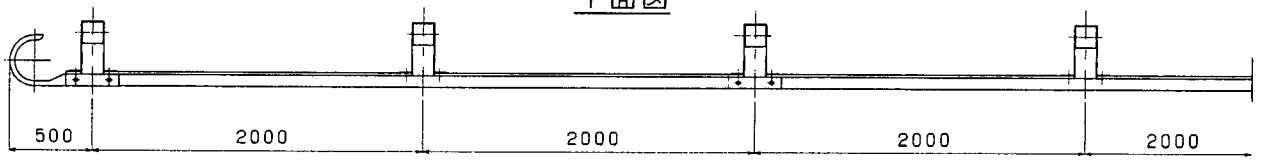
ブラケット



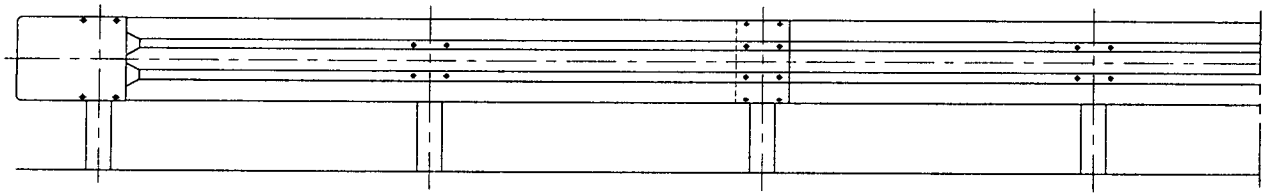
図−10・3・1（単位：mm）

Gr−SB−2E

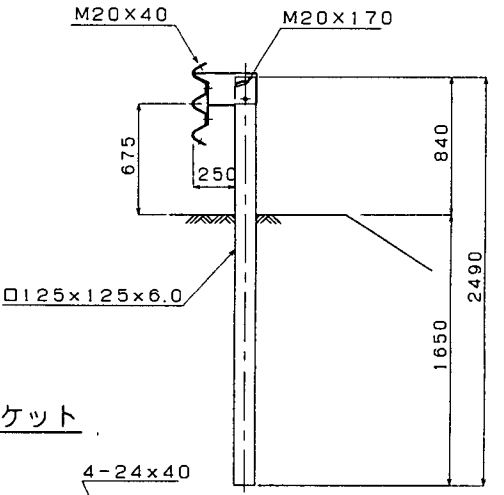
平面図



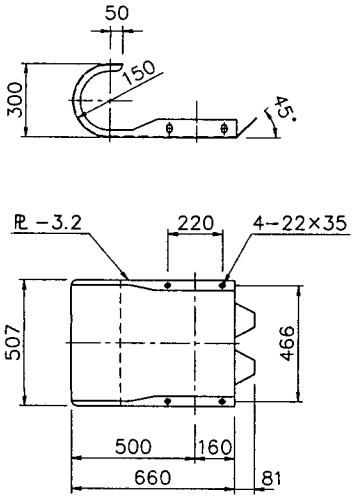
正面図



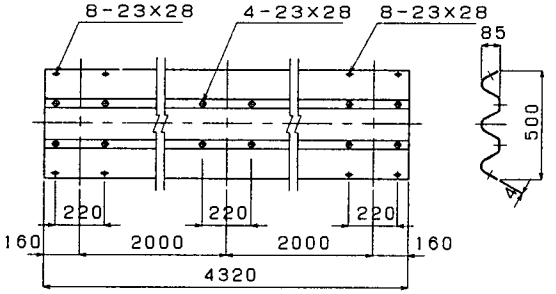
側面図



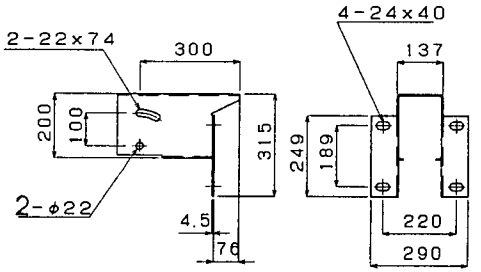
袖ビーム



ビーム

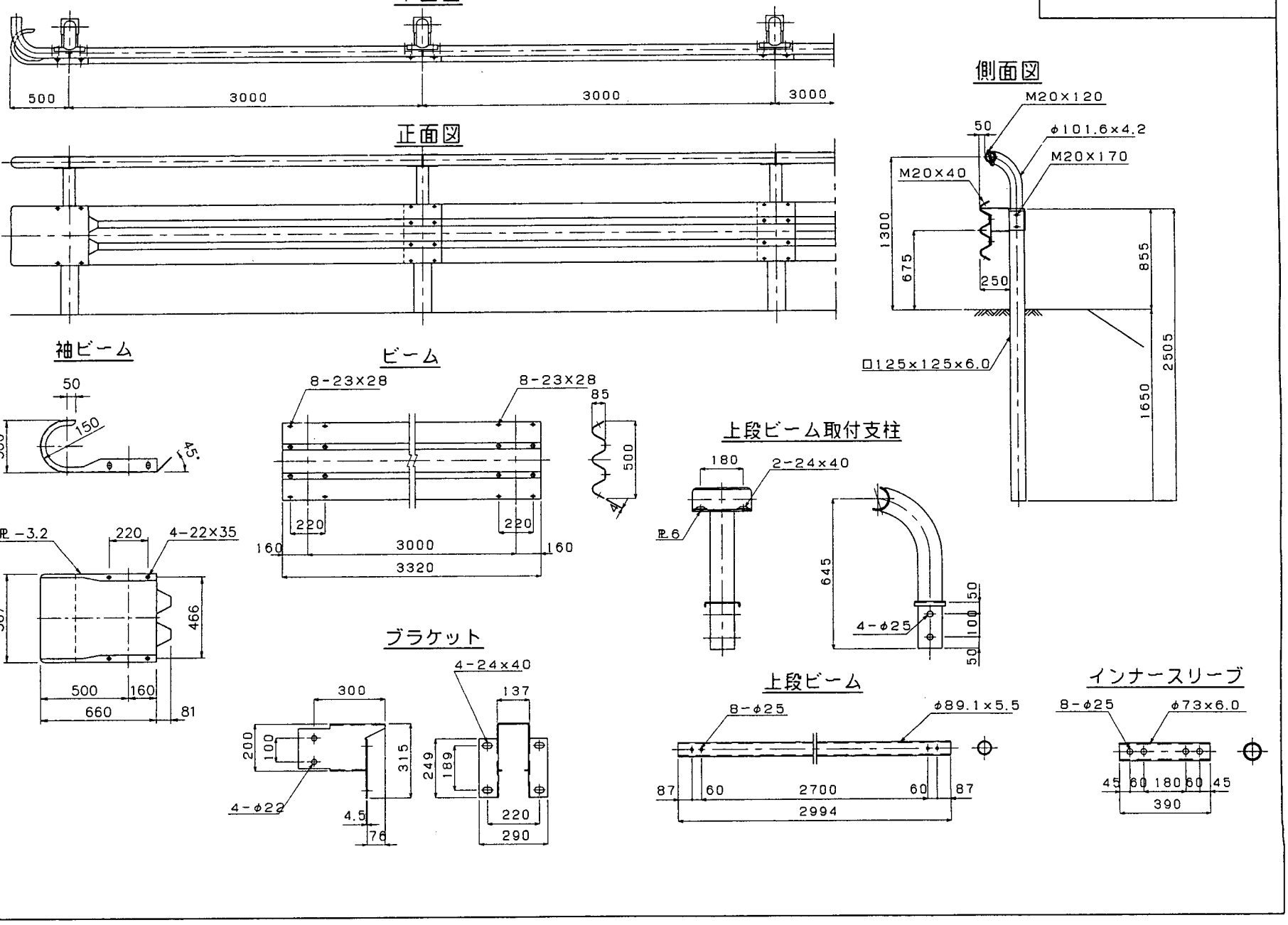


ブラケット



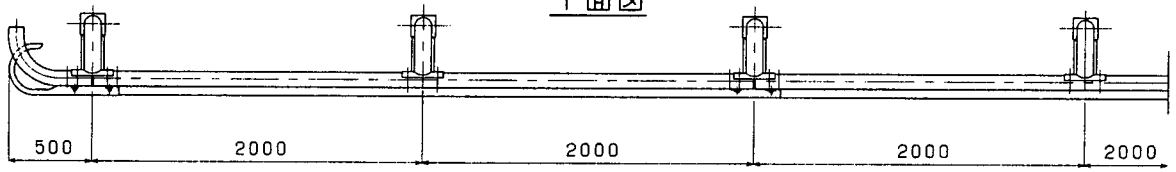
図−10・3・2（単位：mm）

Gr－SA－3E

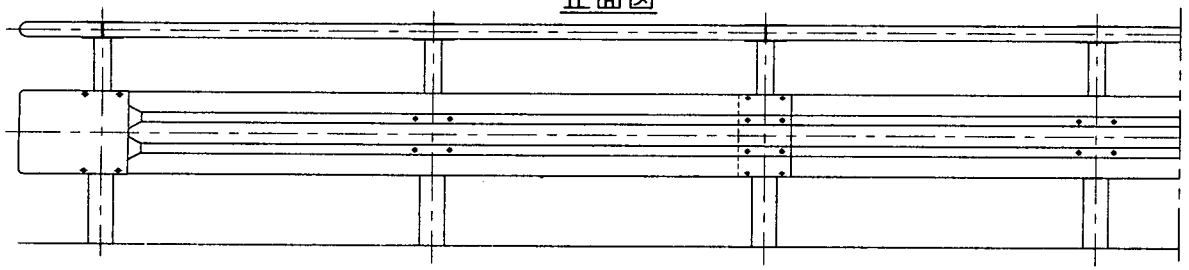

平面図
500
3000
3000
3000
正面図
側面図
M20×120
50
φ101.6×4.2
M20×170
M20×40
1300
675
250
855
2505
1650
□125×125×6.0
袖ビーム
50
150
300
45°
ビーム
8-23×28
8-23×28
85
500
220
220
160
3000
160
3320
上段ビーム取付支柱
180
2-24×40
PL-6
645
4-φ25
50
100
50
PL-3.2
220
4-22×35
507
466
500
160
660
81
ブラケット
4-24×40
137
300
200
100
315
249
189
4-φ22
4.5
76
220
290
上段ビーム
8-φ25
φ89.1×5.5
87
60
2700
60
87
2994
インナースリーブ
8-φ25
φ73×6.0
45
60
180
60
45
390

Gr－SS－2E

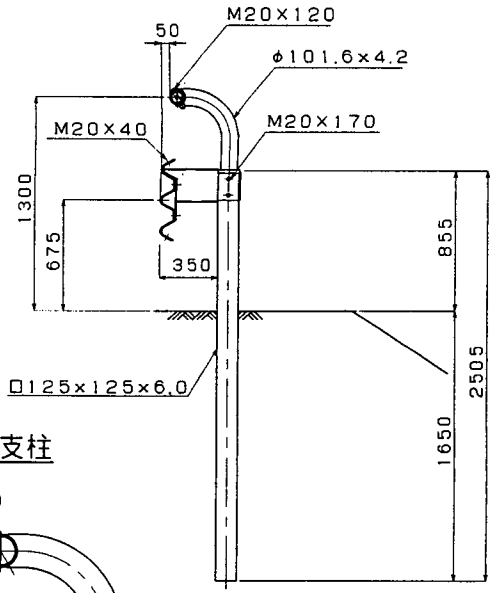
平面図



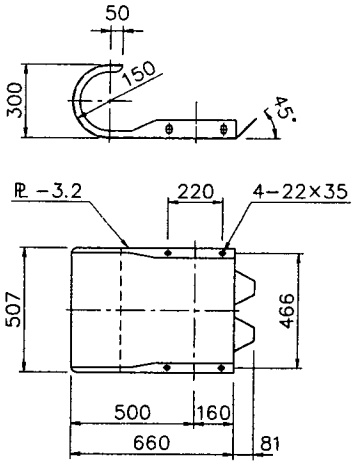
正面図



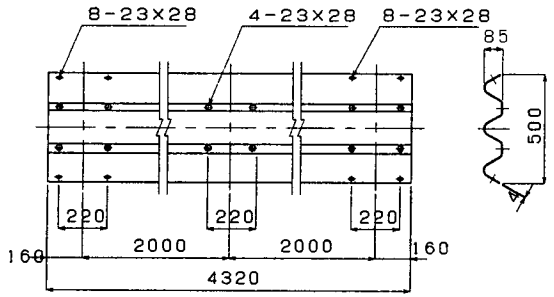
側面図



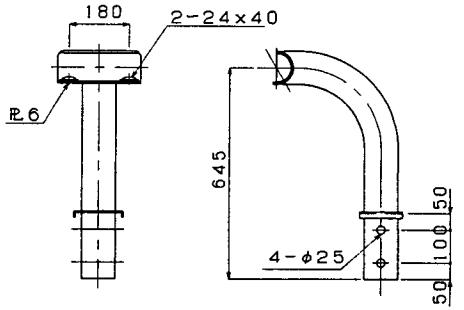
袖ビーム



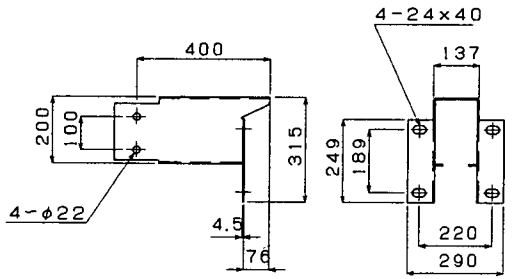
ビーム



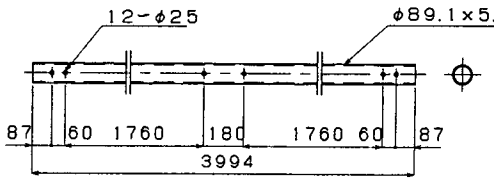
上段ビーム取付支柱



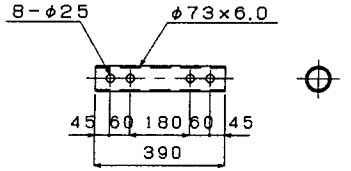
ブラケット

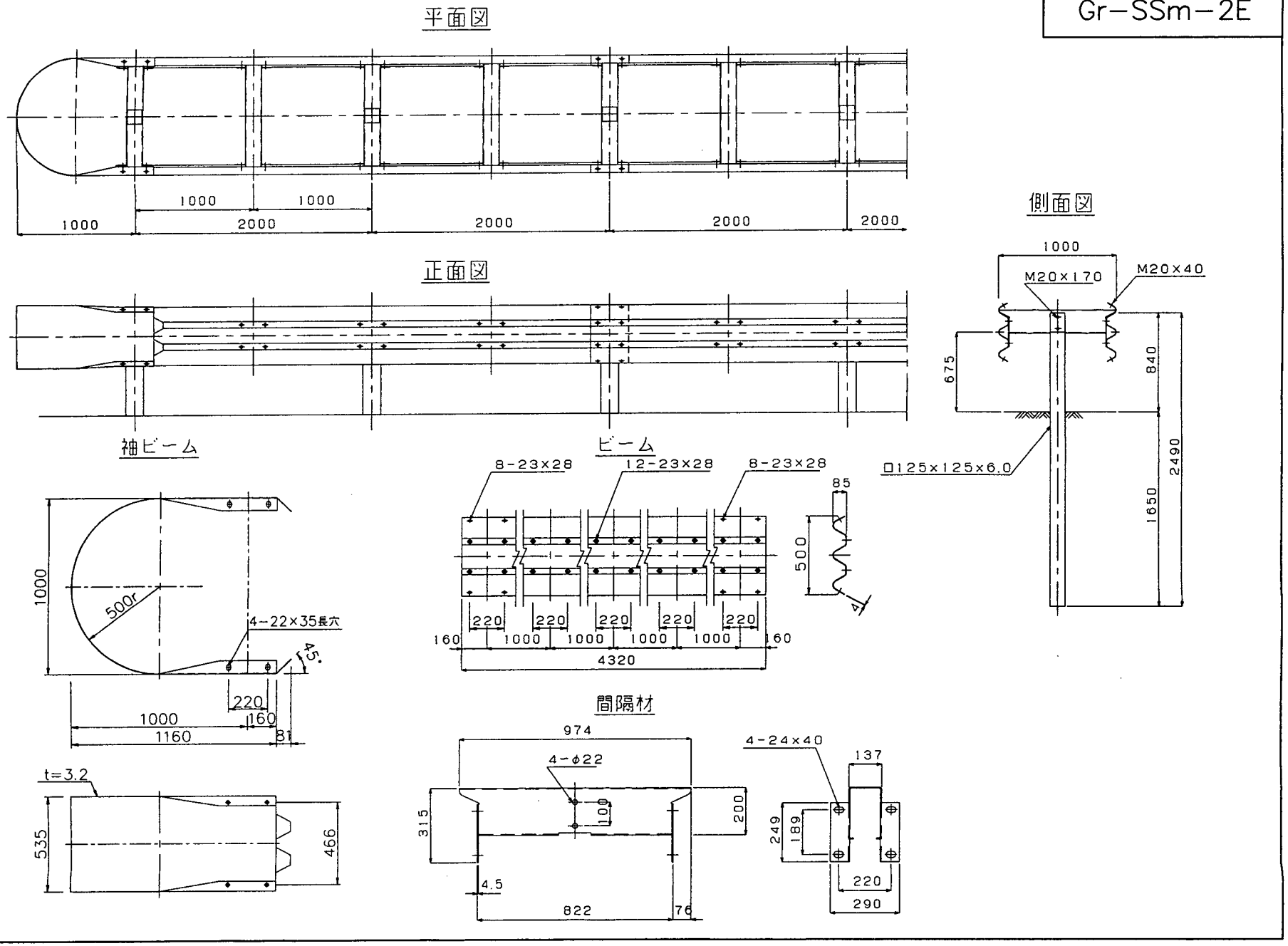


上段ビーム



インナースリーブ

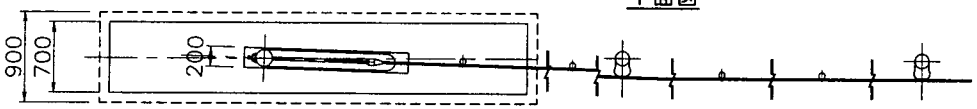



平面図
1000
1000
1000
2000
2000
2000
2000
正面図
側面図
1000
M20×170
M20×40
675
840
2490
1650
□125×125×6.0
袖ビーム
1000
500r
4−22×35長穴
45°
220
160
1000
1160
81
t=3.2
535
466
ビーム
8−23×28
12−23×28
8−23×28
85
500
4
220
220
220
220
220
160
1000
1000
1000
1000
160
4320
間隔材
974
4−φ22
100
315
200
4.5
822
76
4−24×40
137
249
189
220
290

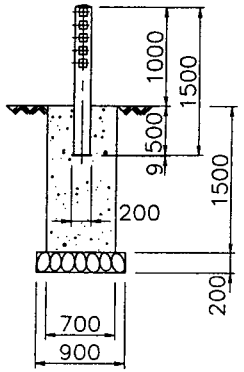
図−10・3・5（単位：mm）

Gc－A－6E

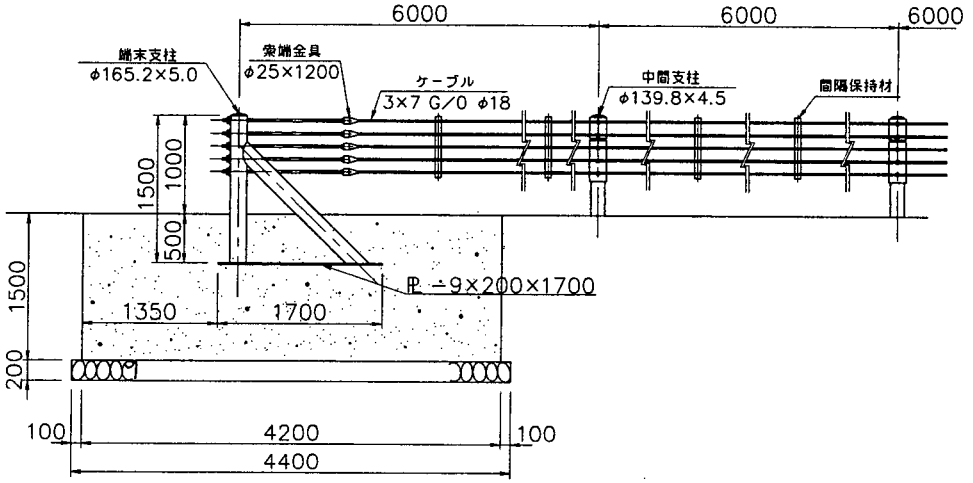
平面図



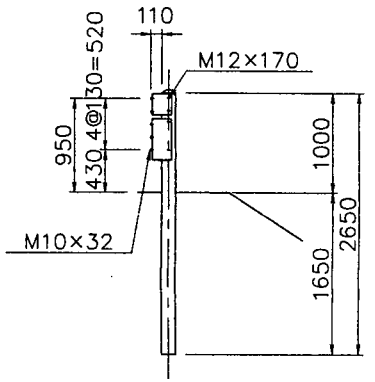
端末支柱



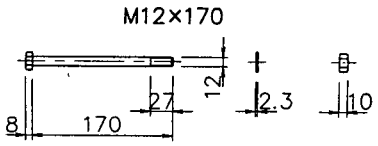
正面図



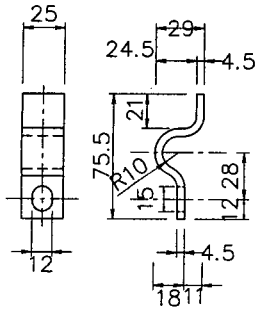
側面図



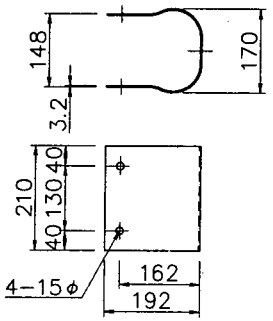
ブラケット取付用ボルト



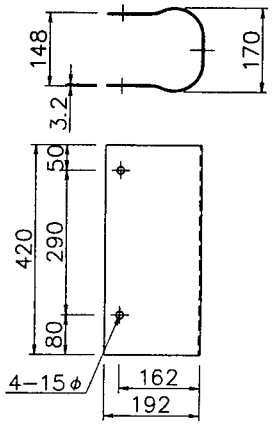
ケーブル止金具



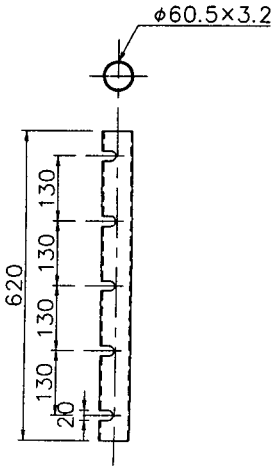
上段ブラケット



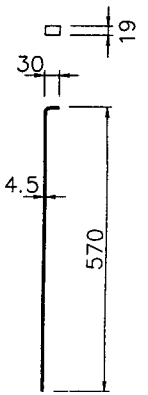
下段ブラケット



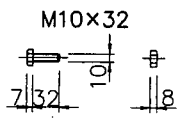
間隔保持材



ピン

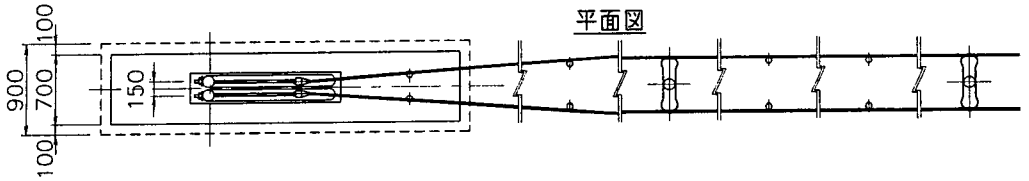


ロープ取付金具用ボルト

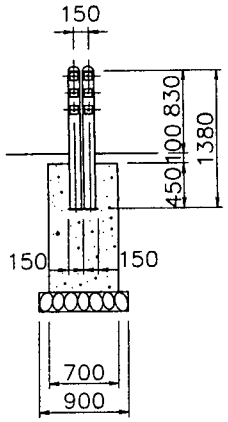


Gc－Bm－6E

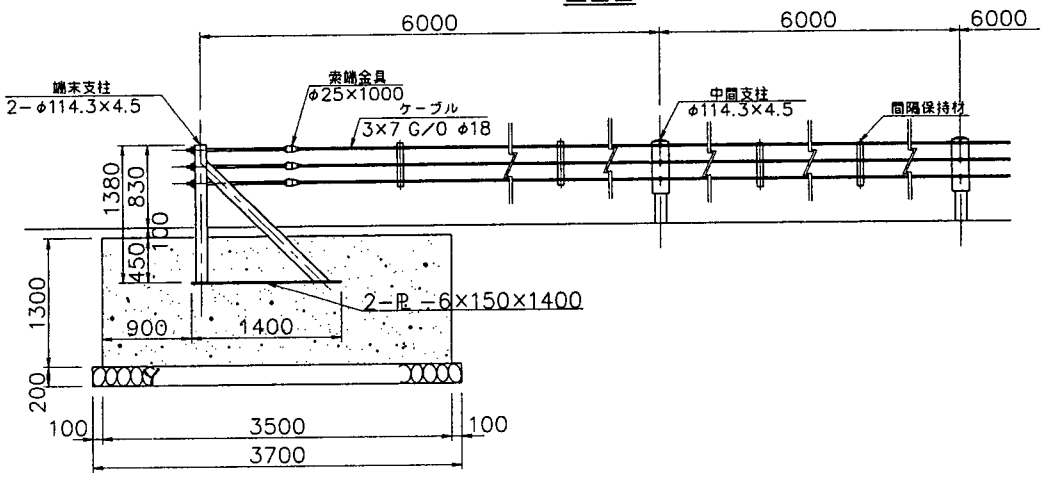
平面図



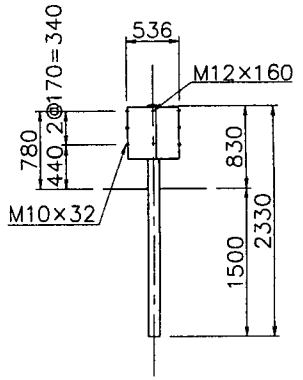
端末支柱



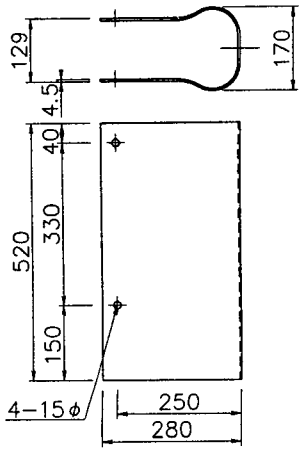
正面図



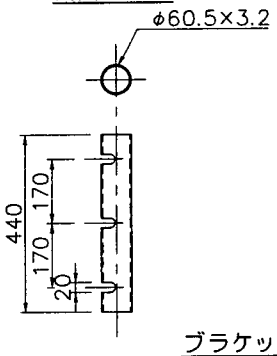
側面図



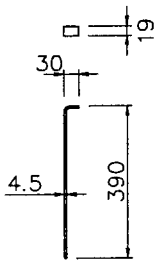
ブラケット



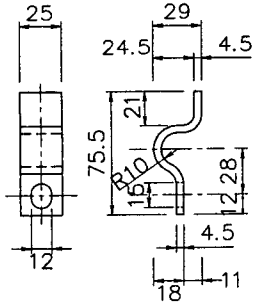
間隔保持材



ピン

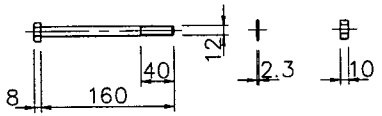


ケーブル止金具



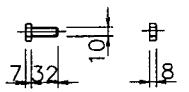
ブラケット取付用ボルト

M12×160



ロープ取付金具用ボルト

M10×32



１１．今後の検討課題

本共同研究により、高強度型防護柵の基本的な設計の考え方を明らかにすることができた。また、この設計の考え方に沿って衝突実験を重ね、実用構造を提案することができた。

今後は、本研究成果を踏まえてさらに高い機能を有する防護柵を開発するために、以下の課題を検討していくことが必要である。

①シミュレーション技術の確立

構造物上の防護柵については、シミュレーション技術が確立しつつあり、一部防護柵設計に利用されているが、土中式の防護柵については、地盤および支柱の動的な挙動をシミュレーションすることが困難なため、最終的な確認は実車衝突実験に頼らざるを得ない状況にある。衝突実験が比較的期間と費用を要し、かつ実験を行える施設が限られることから、防護柵の開発はかなり制限されている。効率的な防護柵開発のためにはシミュレーション技術の確立が不可欠である。

②地盤、支柱変形特性の把握

①のシミュレーションの開発には、地盤および支柱の強度、変形特性等について十分なデータが必要となる。これらデータの蓄積が求められる。

③緩衝性の高い防護柵の開発

第二東名神高速自動車国道は設計速度が 140km/h であり、防護柵についても 140km/h での衝突を想定した構造が必要となる。特に乗用車が 140km/h の高い速度で衝突した場合の衝撃は非常に大きなものとなるので、このような状況でも乗員の被害を軽減できる緩衝構造の開発が必要である。本研究では、これについて基礎的な資料を得ているが、今後はこれを基に効果的な構造についてさらに検討を加えることが必要である。

④端部の緩衝構造の検討

これまでの研究成果により、防護柵本体の構造については把握する事ができたが、防護柵の端部については、防護柵本体のように高い誘導機能を確保することができず、車両の破損も大きくなりやすい。車両が端部に衝突した場合に乗員被害を少なくする緩衝構造を検討し、防護柵全体としての緩衝機能を高めることが必要である。

⑤現道における防護柵効果の把握

今回様々な防護柵構造を提案している。これら防護柵の機能は、現道設置後の効果を検証把握することによって、初めてその有効性が確認される。従って、本研究により提案した防護柵が、現道において実際にどの程度の効果を発揮しているか継続的に調査していくことが重要である。

あとがき

本報告書は、平成２年度から平成７年度まで５ヶ年間という長期にわたって実施した高速化対応型防護柵に関する研究の成果を、報告書（その１）に引き続きとりまとめたものである。

本研究では、従来にない高い強度の防護柵を開発するため、大型車を高速で衝突させる実験・解析を重ねた。これらにより得られた成果は、質、量ともにわが国の防護柵に関する研究開発に飛躍的な進展をもたらしたと自負できるものである。

今後は、本研究で開発された防護柵が実際の道路に設置されて、道路交通の安全性に寄与することが期待される。また、さらに高い機能を有する防護柵の研究開発を鋭意継続することが望まれる。

参考文献

1）建設省土木研究所　「高速化対応型防護柵に関する共同研究報告書－高規格幹線道路用鋼製防護柵に関する研究－」　共同研究報告書第９４号　平成５年１０月

2）日本道路協会　「防護柵の設置基準・同解説」　平成１０年１１月

3）日本道路協会　「防護柵設置要綱」　昭和４７年１０月

4）第１６回　日本道路会議　「防護柵衝突時の加速度に関する一考察」霜上、石平　昭和６０年

5）RECOMMENDED PROCEDURES FOR THE SAFETY PERFORMANCE EVALUATION OF HIGHWAY APPURTENANCE.
NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM REPORT 230.
TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. 1981

6）LOCATION SELECTION, AND MAINTENANCE OF HIGHWAY TRAFFIC BARRIERS.
NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM REPORT 118.
HIGHWAY RESEARCH BOARD. 1971

7）RECOMMENDED PROCEDURES FOR THE SAFETY PERFORMANCE EVALUATION OF HIGHWAY FEATURES.
NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM REPORT 350.
TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. 1993

8）建設省土木研究所　「防護柵衝突実験時の乗員安全性評価」　土木研究所資料３３８０号
瀬尾卓也、安藤和彦、梶聡　1995年

9）FEDERAL MORTOR VEHICLE SAFETY STANDARD NO.208.
NATIONAL HIGHWAY SAFETY ADMINISTRATION. SEPTEMBER 1986

１０）建設省土木研究所　「急カーブ用防護柵の構造形式及び支柱補強に関する共同研究報告書」
共同研究報告書第４１号　平成２年３月

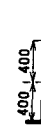
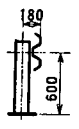
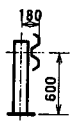
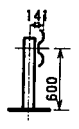
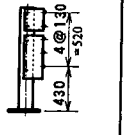
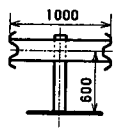
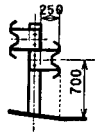
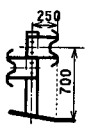
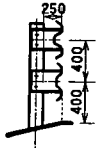
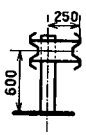
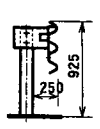
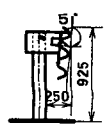
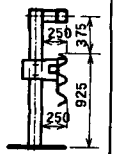
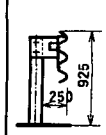
１１）日本道路協会　「中央分離帯用防護柵に関する研究報告書」　昭和６０年６月

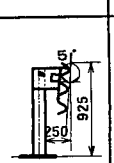
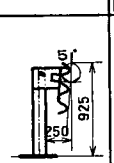
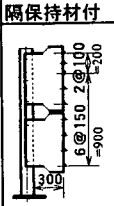
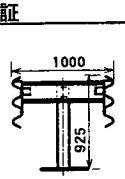
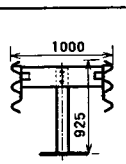
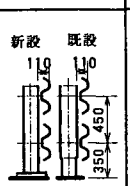
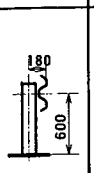
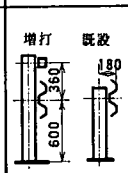
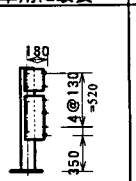
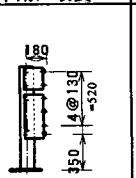
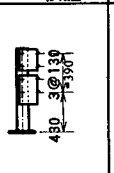
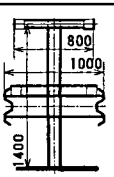
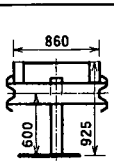
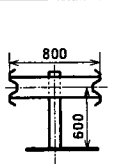
１２）日本道路協会　「車両用防護柵標準仕様・同解説」　平成１１年３月

付　録

1．衝突実験結果一覧表
2．衝突シミュレーション入力データ
3．衝突実験データ
　3．1　路側用ガードケーブルＧｃ－Ａ－１９
　3．2　実験に使用した車両の諸元
　3．3　実験場の簡易貫入試験結果

1. 衝突実験一覧表

実験目的		現行防護柵の機能限界								高強度型防護柵の構造検討と性能評価				
防護柵の型式		Gr				Gc	Grm			Gr				Gr
		S	A	A	C	A	S	S(D)		S(S)	40				20
実験概要		現行衝撃度による機能確認	230kJレベルによる機能限界把握	現行衝撃度による機能確認	57kJレベルによる機能限界把握	230kJレベルの機能限界把握	516kJレベルの機能限界把握	乗用車の潜り込み防止機能等確認	現行衝撃度による機能確認	現行衝撃度による機能確認	路側両面型構造	柵高さ引上げ	回転ブラケット機能検証	上段ビーム機能検証	3山ビーム機能検証
構造図															
ビーム形状		4.0×350 2.3×350	4.0×350	4.0×350	2.3×350	間隔保持材なし ケーブル φ18×5本	分離帯勾配i=0° 4.0×350	勾配i=20° 4.0×350	勾配i=20° 4.0×350	勾配i=40° 4.0×350	4.0×350	4.0×500	4.0×500	4.0×500 □-100×4.5	4.0×500
支柱間隔(m) 支柱径		2 φ139.8×4.5	4 φ139.8×4.5	4 φ139.8×4.5	4 φ114.3×4.5	6 φ139.8×4.5	2 φ114.3×4.5	2 φ114.3×4.5	2 φ114.3×4.5	2 φ139.8×4.5	2 φ139.8×4.5	2 □-125×6	3 □-125×6	3 □-125×6	4 □-125×6
衝突条件	車両質量(t)	14	20	20	8	20	20	1.1	14	14	20	20	20	20	8
	衝突速度(km/h)	80	50	40	39.6	50.3	100	100	80	80	66.9	90.5	80.4	81.3	100.6
	衝突角度(度)	15	20	20	20	20	15	20	15	15	20	15	17	17	15
	衝撃度(kJ)	232	225	144	56.6	228	516	50	231	231	404	423	426	435	210
離脱後挙動	離脱速度(km/h)	65.1	柵上停止	28.3	柵上停止	24.3	69.3	82.7	計測不能	計測不能	計測不能	計測不能	計測不能	66.9	計測不能
	離脱角度(度)	6.7		6		-	7.2	3.8	8.2	10.9	計測不能	10.6	5	4.6	8.9
接触長(m)	主ビーム	22.46	19.75	13.72	6.84	41.7	30.12	7.2	24.5	26.44	24.5	37.62	21	一次24.58, 二次5.9	22.88
	上段ビーム・背面ビーム	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
防護柵最大変位(mm)	支柱動的変位(Y)	1,172	1,002	930	-	718	1,320	385	934	1,130	881	842	733	-	1,020
	残留変位(Y)	1,068	1,197	950	980	667	1,343	100	1,336	1,878	1,050	878	596	1,400	1,118
	残留変位(X)	108	1,050	100	235	1,460	390	-	515	144	81	97	-	67	74
	主ビーム残留変位(Y)	1,040	977	880	799	-	1,364	-	1,585	1,788	1,114	784	666	998	1,139
	上段ビーム残留変位(X)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	835	-
最大進入行程(mm)		850	1,530	730	1,023	950	1,425	413	1,185	1,146	950	765	420	635	890
車両最大傾斜角(度)		30.2	6.5	計測なし	0	12.5	44.8	0	23.9	34.6	計測なし	67	計測なし	計測なし	計測なし
ビーム計測最大値(kN)	支柱水平力	48.8	56.8	47	-	37	42.2	-	-	333	41	134.4	156.8	-	154
	主ビーム張力	232	288	86.2	-	20.3 (1本当たり最大)	209	-	461	535	290	1,057	141.1	-	221
	上段ビーム張力	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	備考					45.6 (索端部合計)							ブラケット回転角32.1°		
車両重心加速度	進行方向(X)(m/s2)	29.4	105	-	136	-	30.4	57.8	28.4	17.6	24.5	51.9	50	16.7	118
	直角方向(Y)(m/s2)	51.9	65.7	-	150	-	61.7	136.2	33.3	30.4	70.5	49	96	78.4	157
	垂直方向(Z)(m/s2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.4	24.5	26.5	38.2	57
	合成 (m/s2)	-	-	-	162	-	-	103.9	35.3	32.3	70.6	63.7	96	78.4	164
	備考	高速度写真から解析	高速度写真から解析		10ms		電気計測による原波形	電気計測による原波形	高速度写真から解析	高速度写真から解析	50ms	50ms	50ms	50ms	50ms
HIC値	運転席ダミー	-	-	-	-	-	-	21.4	-	-	-	-	-	-	-
	助手席ダミー	-	-	-	-	-	-	28.5	-	-	-	-	-	-	-
実験の評価	防護柵強度・機能	ほぼ限界	強度不足	変形大	強度不足	ケーブルの一体機能せず	ほぼ限界 車両傾斜角大	乗用車の潜り込みなし	ブロックアウト量の適正、肘付き効果確認	ほぼ限界	柵高さが低い	柵高さが低い	柵高さが低い	上段ビーム取り付けにより誘導	支柱間隔が広すぎたため
	車両挙動	誘導	柵上停止	誘導	柵上停止	柵上停止	誘導	誘導	誘導	誘導	横転	横転	横転	誘導	横転
	乗員の安全性	-	-	-	-	-	-	良	-	-	-	-	-	-	-
総合評価		○	×	○	×	×	○	○	○	○	×	×	×	○	×

実験目的	高強度型防護柵の構造検討と性能評価					既設防護柵の強化改良構造の検討と性能評価								
防護柵の形式	Gr		Gc	Grm		Gr	Gr	Gc	Gc		Gc	Grm		Grm
	20		90	60	70	23	20	20	A-20		B	S70-1	S70-2	A-20
実験概要	支柱短縮2mで検証	支柱短縮3mで検証	高強度型7本掛け、誘導板、間隔保持材付	2山から3山ビームに代え機能検証	□支柱の効果検証	橋梁部A種からS種へ強化改良	A種支柱短縮L=2m	支柱短縮＋上段ビーム	支間3.5m、間隔保持材付で乗用車用に改良	支間3.5m、間隔保持材付で乗用車用に改良	支間3m、間隔保持材付きで130kJ検証	既設構造に付加部品取り付け	既設構造に付加部品取り付け	支柱短縮により衝撃度200kJレベル検証
構造図														
ビーム種類(mm)	4.0×500	4.0×500	ケーブル φ18×9本	4.0×500	4.0×500	4.0×350	4.0×350	4.0×350	ケーブル φ18×6本	ケーブル φ18×6本	ケーブル φ18×4本	4.0×500	4.0×500	4.0×350
支柱間隔(m) 支柱径(mm)	2 □-125×6	3 □-125×6	2 □-125×6	2 φ114.3×4.5	2 □-125×6	1 φ139.8×4.5	2 φ139.8×4.5	2 φ139.8×4.5	3.5 φ139.8×4.5	3.5 φ139.8×4.5	3 φ114.3×4.5	1 □-125, φ139.8	2 φ114.3×4.5	2 φ114.3×4.5
衝突条件	車両質量(t)	8	8	20	20	20	14	8	8	1	1	8	20	20	8
	衝突速度(km/h)	102.9	101.1	92.3	80.4	88.9	79.1	100.2	100.7	100.8	120.4	59	90.5	100.6	101.7
	衝突角度(度)	15	15	20	20	20	15	15	15	16.8	15	20	20	17	15
	衝撃度(kJ)	219	212	770	583	713	226	214	214	32.7	37.4	126	739	668	214
挙動 離脱後	離脱速度(km/h)	90.4	74.7	計測不能	61.6	66.66	59.1	計測不能	計測不能	57.6	計測不能	31.4	計測不能	計測不能	87.1
	離脱角度(度)	5.08	7.75	9.2	13.3	8.81	3.6	12.1	4.57	10.8	9.5	-	8	計測不能	7.1
接触長(m)	主ビーム	10.7	15.63	28.2	21.1	20.75	18.28	16.7	16.01	5.815	9.205	35.91	16.73	44.7	16.35
	上段ビーム・背面ビーム	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	15.71	28.7	-
防護柵最大変位(mm)	支柱動的変位(Y)	275	計測なし	860	971	959	250	-	-	-	-	679	740	1,003	-
	残留変位(Y)	294	689	1,050	1,146	1,004	332	981	831	197	560	521	575	867	845
	残留変位(X)	17	61	745	40	44	54	-	245	100	1,259	840	36	273	42
	主ビーム残留変位(Y)	297	681	-	1,106	1,009	283	801	572	-	-	-	545	991	845
	上段ビーム残留変位(X)	-	-	-	-	-	-	-	835	-	-	-	計測なし	1,025	-
最大進入行程(mm)		150	550	655	773	830	0	400	440	280	250	540	460	743	590
車両最大傾斜角(度)		計測なし	計測なし	54.8	35	36	21.2	計測なし	計測なし	11.7	計測なし	22.7	計測なし	計測なし	-
ビーム計測最大値(kN)	支柱水平力	103	計測なし	161	59.4	112	209	-	54.9	-	-	44.7	82.8	80.8	-
	主ビーム張力	199	計測なし	75 (1本当たり最大)	288	642	39.15	-	-	22.8 (1本当たり最大)	19.2 (1本当たり最大)	39 1本当たり最大	83.5	77.5	-
	上段ビーム張力	-	-		-	-	-	-	112.2				104	120	-
	備考			416 (索端部合計)						100.9 (索端部合計)	92 (索端部合計)	101.1 (索端部合計)			
車両重心加速度	進行方向(X) (m/s2)	39.2	106	26	11.8	32	52.9	-	-	153	269	30	93.1	129	-
	直角方向(Y) (m/s2)	11.8	78	35	33.3	51	106	-	-	96	88	44	138	587	-
	垂直方向(Z) (m/s2)	12.7	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.2	57	-
	合成 (m/s2)	40.2	125	44	33.3	56	-	-	-	162	273	45	139	589	-
	備考	50ms	50ms	50ms	50ms	高速度写真から解析	高速度写真から解析	- -	- -	10ms	10ms	10ms	50ms	50ms	- -
HIC値	運転席ダミー	-	-	10.7	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	助手席ダミー	-	-	74.1	15.4	-	-	-	-	32.3	105.2	-	-	-	-
実験の評価	防護柵強度・機能	余裕あり。回転ブラケットは有効機能	限界強度	強度に余裕あり誘導板の効果は確認出来ず。間隔保持材有効	肘付き現象による誘導効果確認	車両の傾斜角大、ビーム局部変形あるも誘導	防護柵強度、誘導性ともに良好	柵高不足および柵高低下	増設支柱、補助ビーム機能確認	車両誘導性、安全性向上確認	支柱衝突	間隔保持材の有効性確認	付加部材が車両誘導に有効に機能	支柱強度不足	離脱速度、角度ともに良好
	車両挙動	誘導	誘導	誘導	誘導	誘導	誘導	横転	誘導	誘導	停止	誘導	誘導	横転	誘導
	乗員の安全性	-	-	-	-	-	-	-	-	良	不良	-	-	-	-
総合評価		○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○	×	○

2．衝突シミュレーション入力データ

2．1 支柱

付表－2．1に土中用各支柱形状のシミュレーションに用いる標準的な力学的特性値を示す。

付表－2．1　支柱（土中埋めみの場合）

支柱の形状	荷重作用高さ H(m)	根入長 L(m)	粘性土地盤（1.6tf/m³）		砂質土地盤(1.8tf/m³)	
			平均支持力 Pw(kN)	ばね常数 Pk(kN/m)	平均支持力 Pw(kN)	ばね常数 Pk(kN/m)
φ-139.8×4.5	0.6	1.65	20	440	40	440
		1.65	-	-	35	440
		1.50	15	440	-	-
		1.40	12	440	-	-
		1.10	-	-	28	440
		1.05	-	-	24	440
		0.95	-	-	18	440
φ-114.3×4.5	0.6	1.50	15	440	35	440
		1.40	12	440	32	440
□-125×125 ×6	0.76	1.65	-	-	60	440
			-	-	45	440
			-	-	35	440
H125×60×6×8	0.6	1.50	-	-	40	440
H100×50×5×7	0.6	1.50	-	-	35	440

付表－２．２に構造物用各支柱形状のシミュレーションに用いる標準的な力学的特性値を示す。

付表－２．２　支柱（構造物設置の場合）

支柱の形状	荷重作用高さ H(m)	砂詰固定した場合			モルタル固定した場合		
		根入長 L (m)	平均支持力 Pw(kN)	ばね常数 Pk(kN/m)	根入長 L (m)	平均支持力 Pw(kN)	ばね常数 Pk(kN/m)
φ-139.8×4.5	0.6	0.40	56	490	0.25	58	2450
φ-114.3×4.5	0.6	0.40	37	490	0.25	40	2450
□-125×125×6	0.76	0.40	64	490	0.25	70	2450
2-□75×75×3.2	0.6	0.40	37	490	0.25	40	2450
H125×60×6×8	0.6	0.40	40	490	0.25	53	2450
H100×50×5×7	0.6	0.40	22	490	0.25	28	2450

２．２　ビーム

付表－２．３にビーム、付表－２．４にケーブルの入力値を一覧する。

付表－２．３　ビーム

ビーム形状	断面積 A(cm²)	極限曲げモーメント Mo(kN•m)	曲げ剛性 EI(kN•m²)	ばね常数 Bk(kN/m)	許容引張力 Ta(kN)
4.0×350 ×75	18.68	11.2	260	1665	375.5
3.2×350 ×50	12.98	5.9	85	1165	263.5
2.3×350 ×50	9.37	3.6	60	825	189.0
4.0×500 ×85	29.76	13.5	490	2745	598.0
2.8×350 ×90	12.0	3.3	150	1070	251.0
□-200×200 ×4.5	34.67	53.7	4500	3085	269.0
□-200×150 ×4.5	30.17	43.1	3615	2685	605.5
φ-89.1 ×5.5	14.39	7.0	260	1275	289.0
φ-60.5 ×3.8	6.769	2.2	56	605	130.5
φ-48.6 ×3.2	4.564	1.2	25	405	91.5
φ-48.6 ×2.4	3.483	1.0	20	310	70.0
楕円-120×50×3.2	8.22	4.5	225	730	165.5
楕円-120×50×2.8	7.23	4.0	200	645	145.0

付表－２．４　ケーブル関係

ケーブル構成	断面積 A（ cm² ）	ばね常数 CF（ kN/m ）	初期張力 （ kN ）	破断荷重 （ kN ）
φ18-3×7	1.29	175	20.0（9.8）	157

・表中の数値はケーブル１本当たり

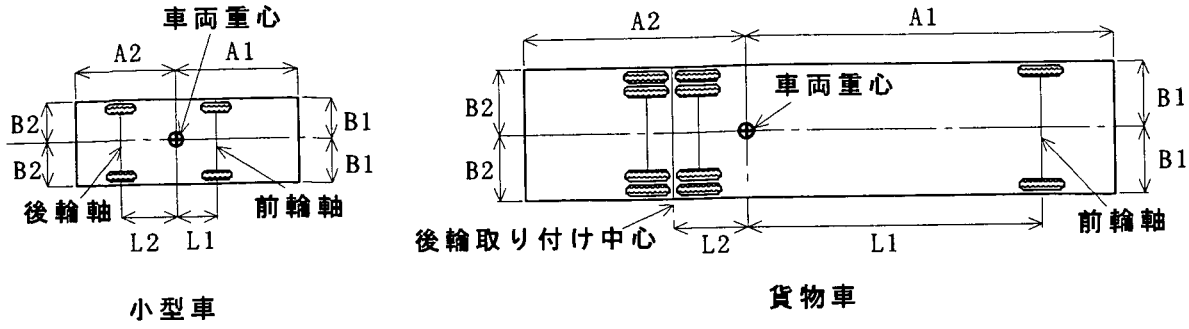
・初張力の（　）内は種別Ｂ、Ｃに適用

２．３　車両諸元

車両諸元の入力設定項目を表－２．５に設定位置項目を付図－２．１に示す。

付表－２．５　　車両諸元設定項目

項　　目	記 号	貨　物　車		乗用車
車両車両質量（ｔ）	CW	25	8	1
車両の前輪軸の重心からの隔たり(m)	L１	4.625	3.21	1.074
車両の後輪軸の重心からの隔たり(m)	L２	1.340	1.62	1.291
車両の前端の重心からの隔たり(m)	A１	6.035	4.41	1.768
車両の後端の重心からの隔たり(m)	A２	4.89	4.41	2.227
車両の前端の幅の半分(m)	B１	1.245	1.04	0.785
車両の後端の幅の半分(m)	B２	1.245	1.11	0.785
車両の前輪の輪距の半分(m)	W１	1.000	0.89	0.65
車両の後輪の輪距の半分(m)	W２	0.935	0.84	0.643
車両の車輪の半径(m)	WR	0.462	0.40	0.292
車両の運転席の重心からの隔たり(m)	DU	4.562	3.446	0.420
車両の慣性半径の２乗(m²)	R２	12.604	6.629	1.701
衝突車各部の１m当たりのバネ常数(kN/m²)	CK１	500	500	500
	CK２	1000	1000	1000
	CK３	500	500	500
	CK４	500	500	500
衝突車と防護柵との間の摩擦係数	FWC	0.1	0.1	0.1
路面の最大横滑り摩擦係数	FM	0.7	0.7	0.7
衝突車側面のガードレールとの接触位置(m)	C１	6.035	4.41	1.768
	C２	5.573	2.81	0.768
	C３	0.242	1.22	0.997
	C４	2.437	2.02	1.584



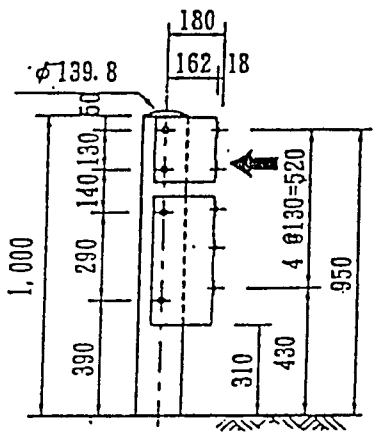
付図－２．１　車両諸元設定位置

３．衝突実験データ

３．１　路側用ガードケーブル　Ｇｃ－Ａ－１９

現行Ｇｃ種別Ａの構造に間隔保持材を付加し、衝撃度190kJレベルでの路側用防護柵の実車衝突実験が1989年に行われた。この実験概要について以下述べる。

（１）防護柵の断面図及び諸元を図－付３－１に示す。



（単位：mm）

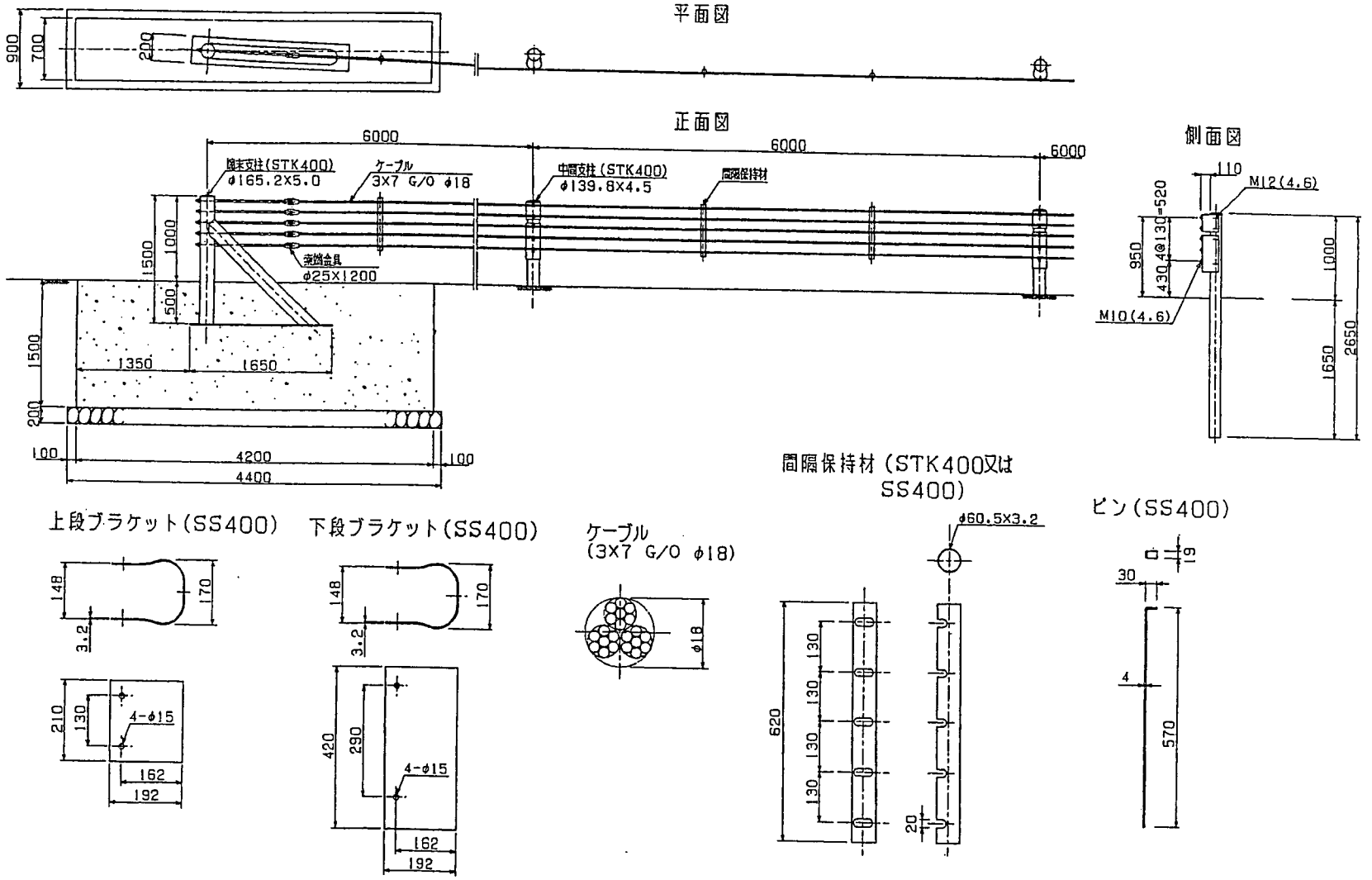
支柱間隔	6.0m
ケーブル	3×7 G/0 φ18　5本
ケーブル最下段位置	GL ＋ 430mm
保持材間隔	3.0m
ケーブル初期張力	20kN/本

図－付３－１　防護柵の断面図及び諸元

（２）供試体構造を図－付３－２に示す。

（３）衝突条件及び実験結果

衝突条件及び実験結果を表－付３－１に示す。



図－付３－１　供試体構造（単位：mm）

表－付３－１ 衝突条件及び実験結果

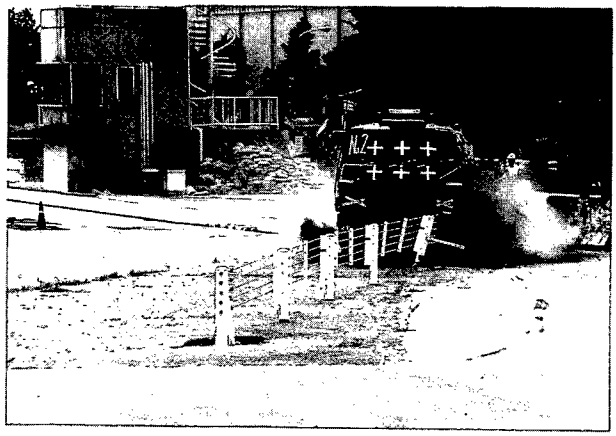
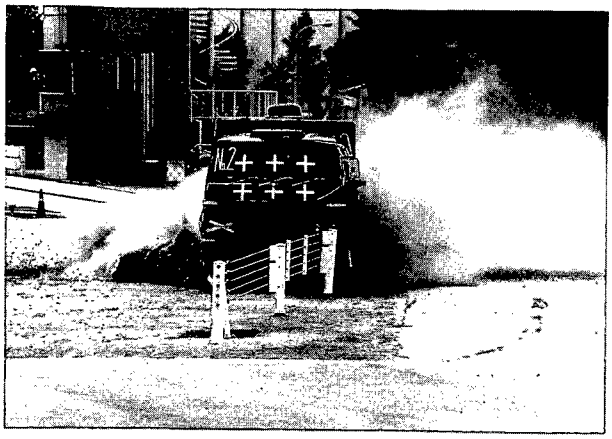
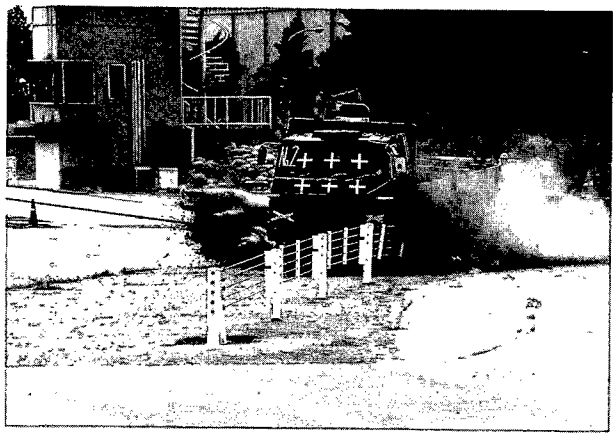
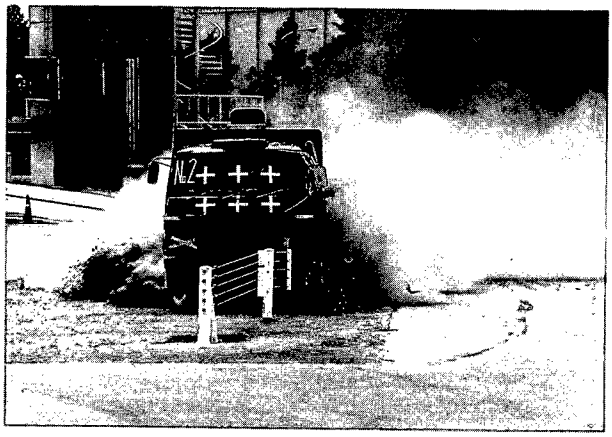
衝突条件	車両質量 （t）		14
	衝突速度 (km/h)		55
	衝突角度 （度）		20
	衝撃度 (kJ)		191
離脱速度 (km/h)			—
離脱角度 （度）			0
車両防護柵接触長 (m)			30.2
支柱最大変位	直角 (Y) 方向最大変位 (mm)		528
	残留	直角(Y)方向 (mm)	452
		延長(X)方向 (mm)	1,322
最大進入行程 (mm)			710 （車輪外側）
車両最大傾斜角 （度）		前 端	—
		後 端	7.2
支柱最大水平力 (kN)			47
ケーブル１本当り最大張力 (kN)			52
車両重心加速度 50ms	進行(X)方向 (m/s²)		—
	直角(Y)方向 (m/s²)		—
	垂直(Z)方向 (m/s²)		—
	合 成 (m/s²)		13.9
その他			衝突後の車両は、自力走行可であった。

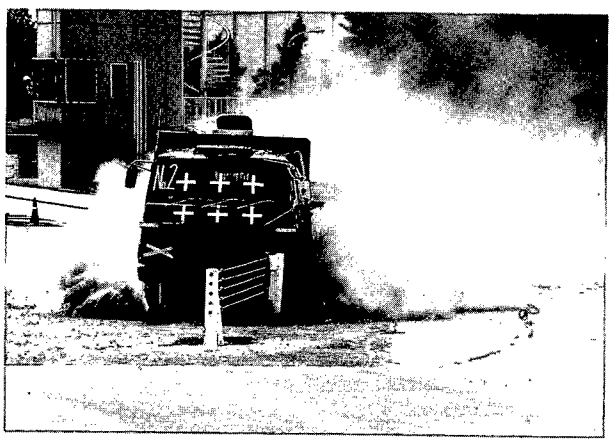
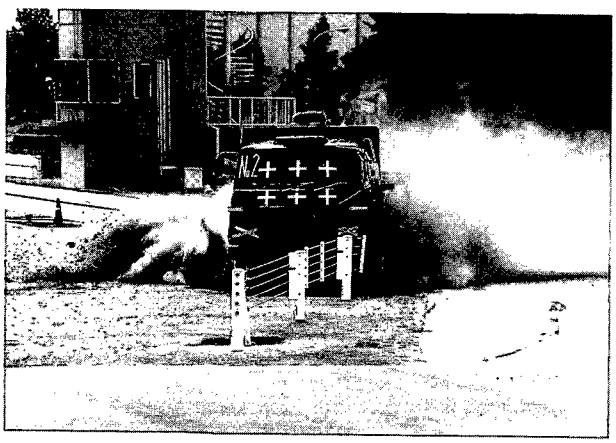
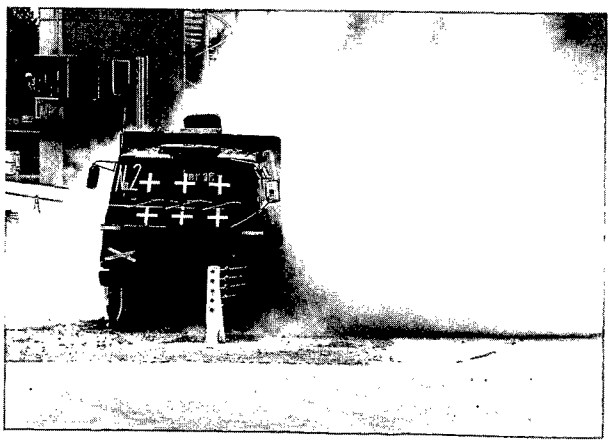
（4）考察

本実験は、現行ガードケール種別Aに間隔保持材を付加した構造であり、この保持材の取付けによって、車輪のケーブルの踏付け又間隔の広がりがなくなることが確認出来た。と同時に衝撃度190kJレベルの防護柵としての強度検証が出来たと考えられる。

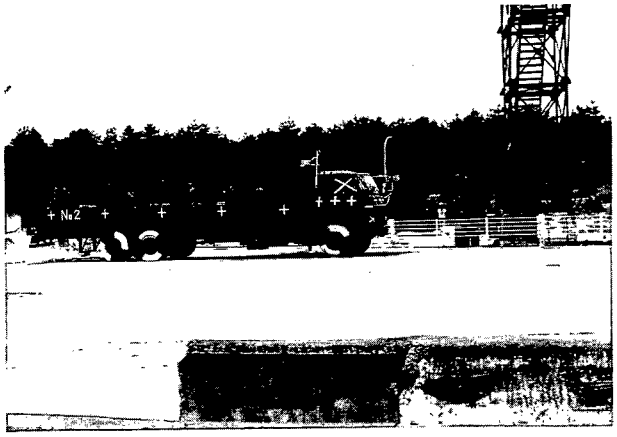
（5）参考

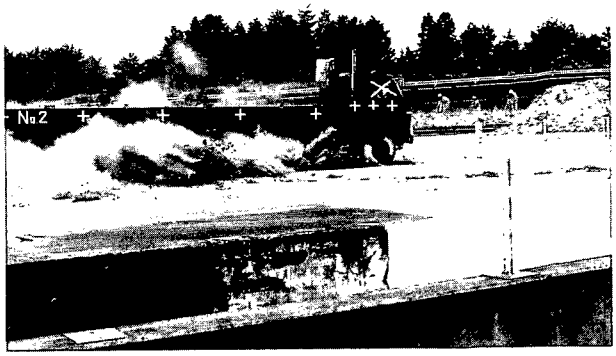
写真を別紙に示す。

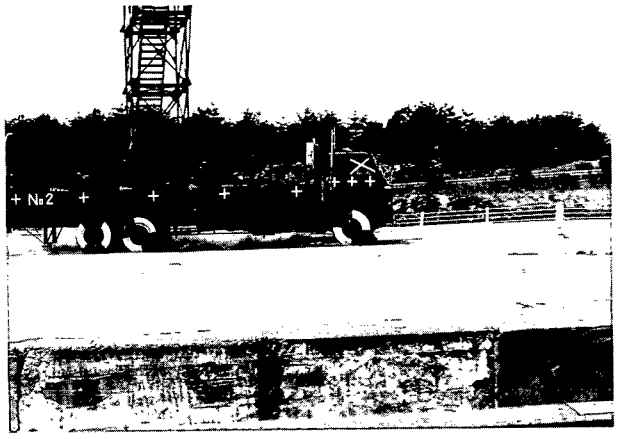





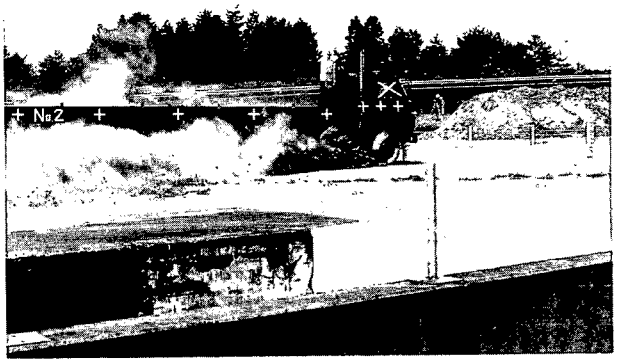




写真－付３－１　衝突状況（Ｇｃ－Ａ）

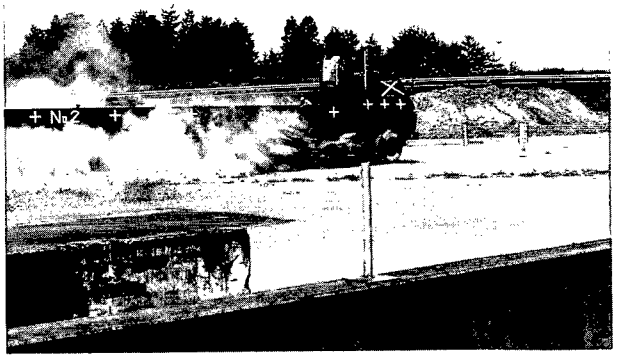


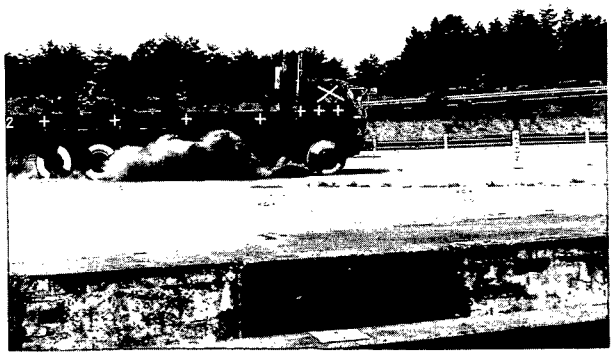


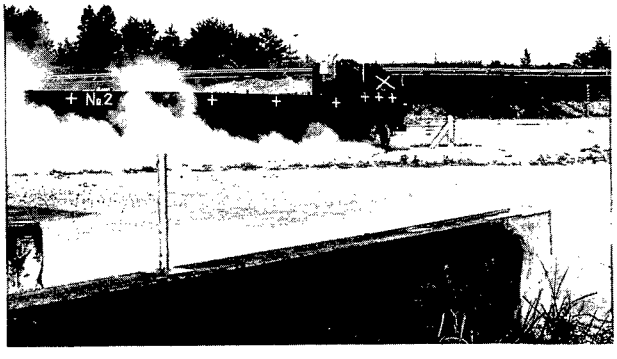












写真－付３－２　衝突状況（Ｇｃ－Ａ）

3．2　実験に使用した車両の諸元

(1)「7．1．1　路側用ガードレール種別S」の車両

抹消登録証明書

平成 4年 6月30日　関東運輸局　茨城陸運支局長

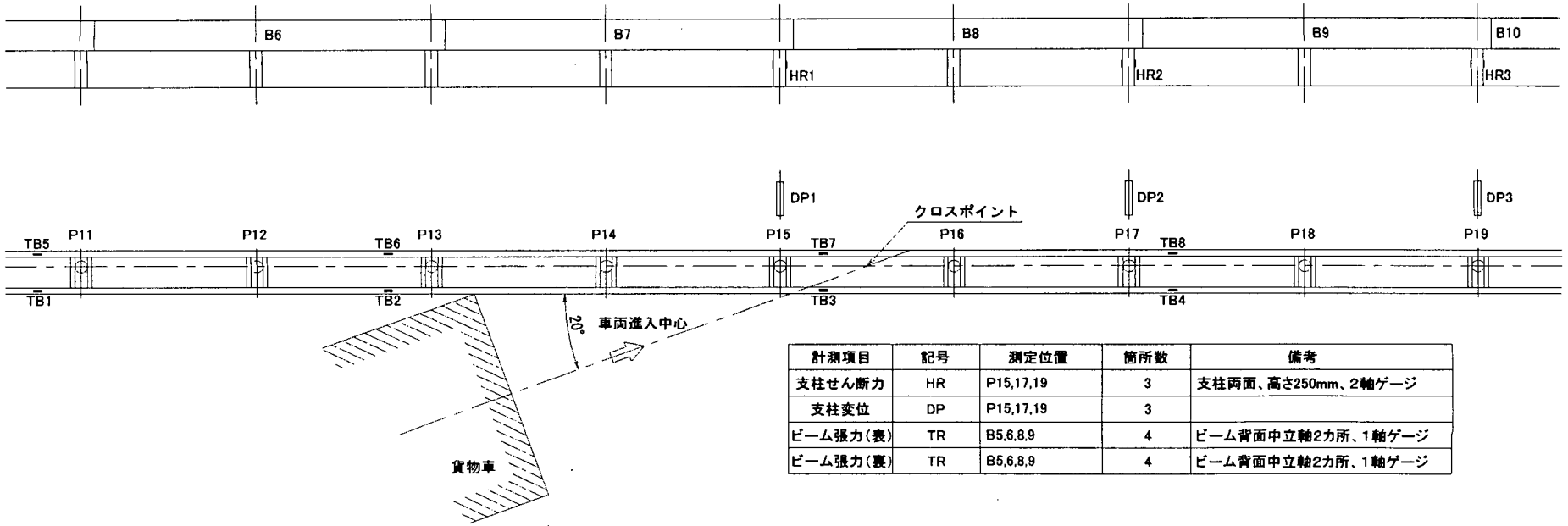
自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦　11　あ　1875	平成 4年 6月30日	昭和 57年 11月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
ニッサンディーゼル	K－CD52V	3人	10250kg	9540kg	19955kg

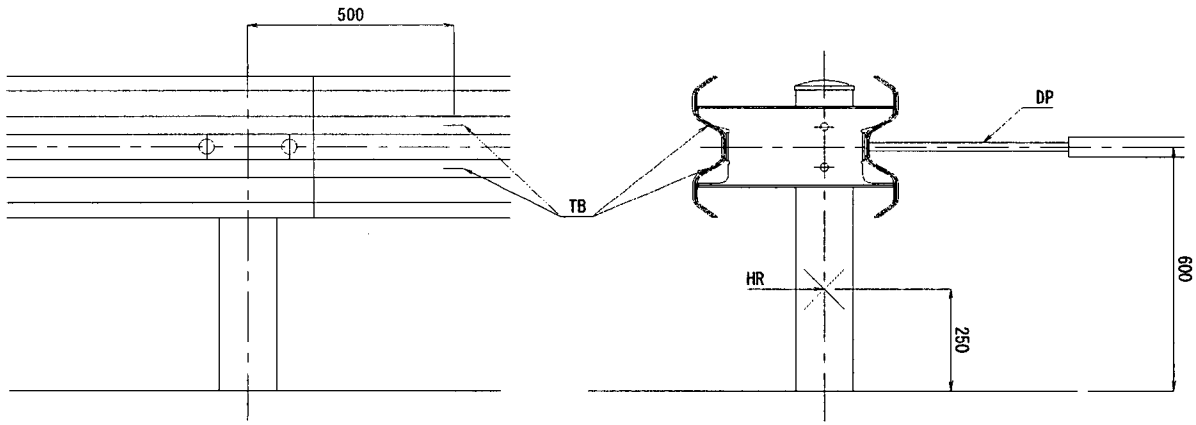
車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分
CD52V－11108	RD8	1170cm	249cm	317cm	14.31 KW/r	軽油		

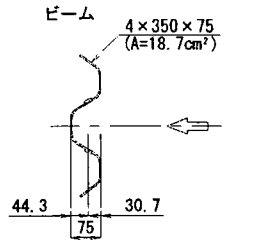
所有者の氏名又は名称	日産ディーゼル茨城販売株式会社	前前軸重 4150kg
所有者の住所	茨城県水戸市笠原町1407－1　[2404]	前後軸重 kg
使用者の氏名又は名称	ツクバ　リクウン　ユウゲンガイシヤ	後前軸重 3350kg
使用者の住所	茨城県筑波郡大穂町西高野1255－1　[0879 1927]	後後軸重 2040kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊	

有効期間の満了する日		備考
平成 4年 12月 3日		[土浦]，抹消登録
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		



計測項目	記号	測定位置	箇所数	備考
支柱せん断力	HR	P15,17,19	3	支柱両面、高さ250mm、2軸ゲージ
支柱変位	DP	P15,17,19	3	
ビーム張力(表)	TR	B5,6,8,9	4	ビーム背面中立軸2カ所、1軸ゲージ
ビーム張力(裏)	TR	B5,6,8,9	4	ビーム背面中立軸2カ所、1軸ゲージ





支柱(φ139.8×4.5)
(A=19.13cm²)



水平力較正係数
135μ/500kgf
3.703kg/μ

図－7．2．4　計測位置図　(単位：mm)

6）実験結果および考察

車両は衝突後、防護柵側に傾き、一時誘導されたが、離脱直前に車両が横転し、防護柵の機能を十分に果たせなかった。各部材の変形が大きく、構造全体が強度不足であったと考えられる。自力走行は不可能であった。

実験結果を、表－７．２．６に示す。

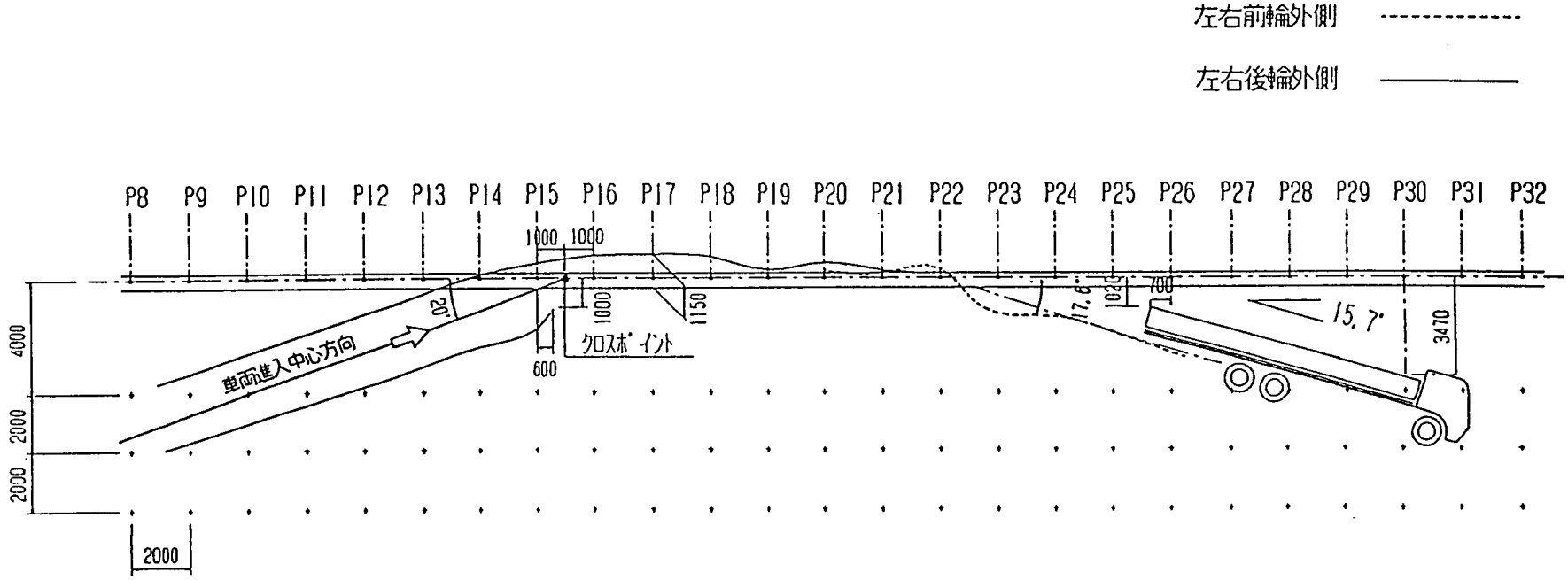
表－７．２．６　実験結果一覧表

					結　果
衝突条件	車両質量 (t)				20
	衝突速度 (km/h)				66.9
	衝突角度 (度)				20
	衝撃度 (kJ)				404
離脱速度 (km/h)					計測不能
離脱角度 (度)					計測不能
ビーム接触長 (m)					24.5
防護柵最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)			881
		残留	直角(Y)方向 (mm)		1050
			延長(X)方向 (mm)		81
	直角方向ビーム残留変位 (mm)			表ビーム	1114
				裏ビーム	797
最大進入行程 (mm)					950
車両最大傾斜角(度)	前端				―――
	後端				―――
支柱最大水平力 (kN)					41
ビーム最大張力 (kN)	表ビーム				114
	裏ビーム				290
加速度重心	50ms値	進入(X)方向 (m/s²)			24.5
		直角(Y)方向 (m/s²)			70.5
		垂直(Z)方向 (m/s²)			27.4
		合成 (m/s²)			70.6
HIC値	運転席ダミー				―――
	助手席ダミー				―――

① 車両誘導性

車両は速度66.9km/h、角度20度で防護柵に衝突した。衝突後、左側前輪が支柱に激突し、そのさいに支柱が地際部で局部座屈を起こし、著しい柵高の低下を招いた。また、後輪の支柱踏み付けも重なり、車両の支持ができず、車体は大きく傾き横転する結果となった。

車両の軌跡を図－７．２．５に示す。



図－7．2．5　車両の軌跡　（単位：mm）

② 防護柵強度

・支柱

支柱の最大変位量を表－７．２．７水平力を表－７．２．８に示す。

支柱に働いた最大水平力は、衝突から0.217秒後にP15で発生した41kNであり、その時の変位量は881mmであった。

表－７．２．７　支柱の最大変位量

支柱番号	P15	P19
変位量(mm)	881	712

表－７．２．８　支柱の水平力

支柱番号	P15	P17	P19
クロスポイントまでの距離(m)	0	＋４	＋８
発生時間(ｓ)	0.217	0.327	0.650
水平力(kN)	41.2	36.8	36

・ビーム

ビームに発生した張力を表－７．２．９に示す。

ビームに発生した最大張力は、衝突前半時に発生した表ビームB6で114kNであり、裏ビームB9では290kNの張力が発生した。コルゲーションの潰れ、変形も大きかった。

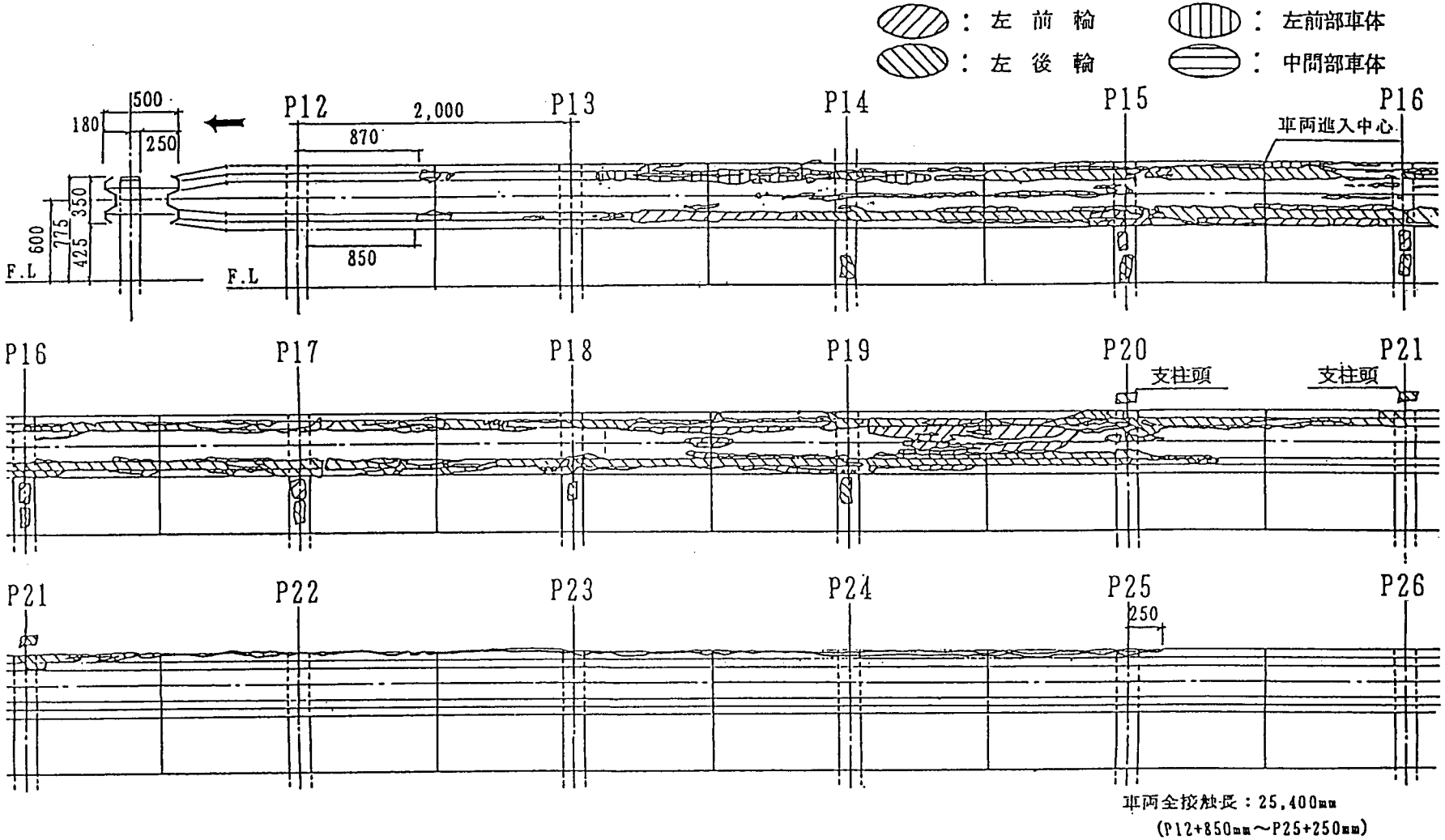
表－７．２．９　ビームの最大張力

ビーム番号	発生時間(ｓ)	ビーム張力(kN)
表　B5	1.315	101.5
表　B6	0.517	114
表　B8	0.122	32.7
表　B9	0.317	58.1
裏　B5	0.405	53.3
裏　B6	0.107	36.8
裏　B8	0.302	218
裏　B9	0.532	289.7

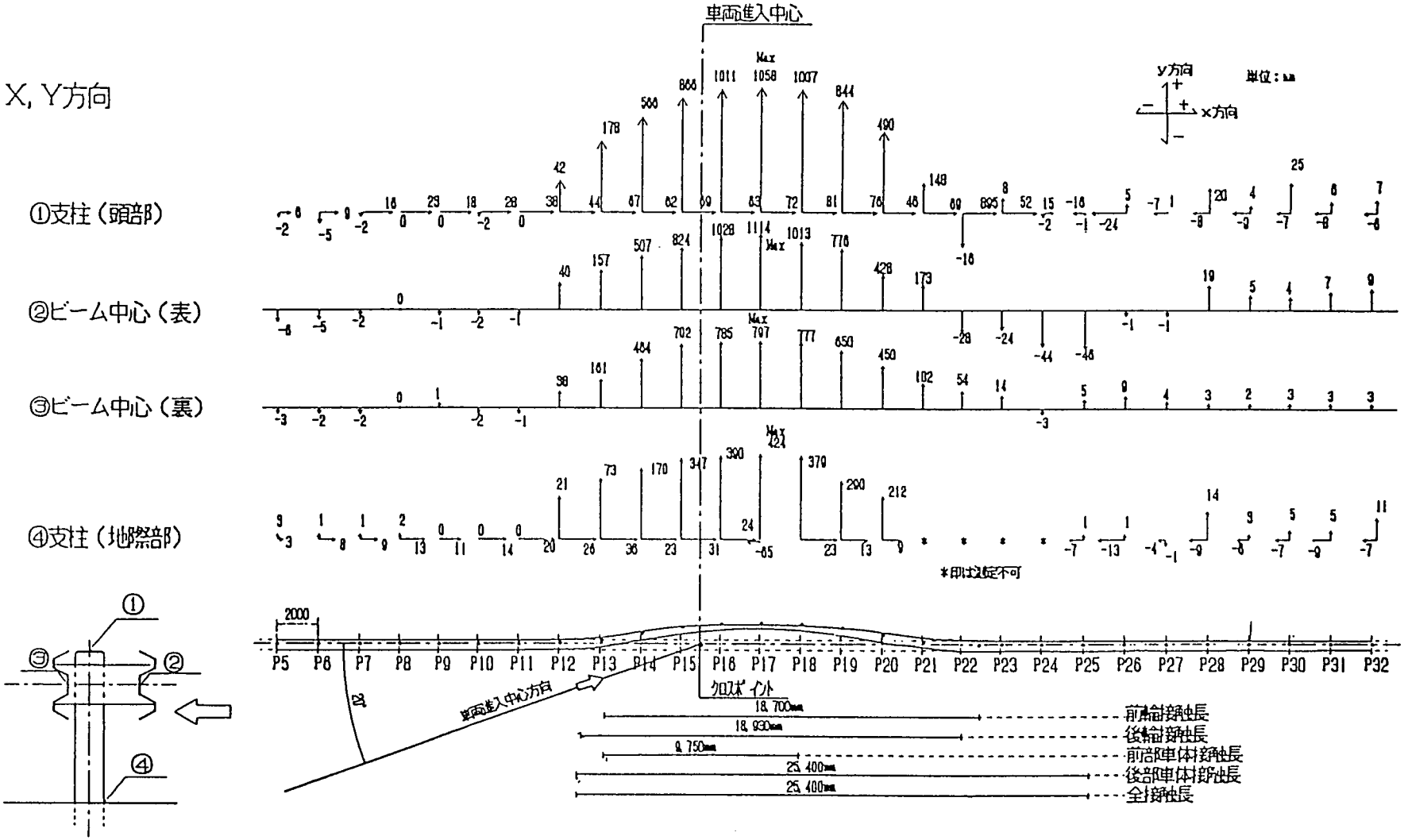
③ 防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長は、25.4m(P12～P25)であり、残留変位区間長は36mであった。

車両の接触跡を図－７．２．６、残留変位を図－７．２．７に示す。



図－７．２．６　車両の接触跡　（単位：mm）



図－7．2．7　防護柵の残留変形　（単位：mm）

・支柱

支柱と車輪接触は前輪5本(P15, 16, 17, 20, 21)，後輪6本(P14～P19)であり、支柱の折れ曲がりは9本であった。支柱の最大残留変位量はＹ方向に 1050mm (P17)、Ｘ方向に 81mm (P18)、支柱の倒れはもっとも大きいP17で67度であった。

・ビーム

コルゲーションの潰れ等で大きな変形が生じ、ブラケットによるビームの突き破りや接合ボルト部で破断箇所が見られた。接合部のずれが表ビームで25mm発生し、支柱接合部でのブラケットの捻れも全長にわたって発生していた。

表ビームの最大残留変位量はＹ方向に 1114mm(P17) であり、裏ビームの最大残留変位量はＹ方向に797mm(P17)であった。

・ブラケット

破損、変形が大きく、支柱との接合面でねじれや脱落があった。

・ボルト及び接合部

接合部での変形がかなり発生していたが、ボルトの破断はなかった。

④ 車両損傷状況

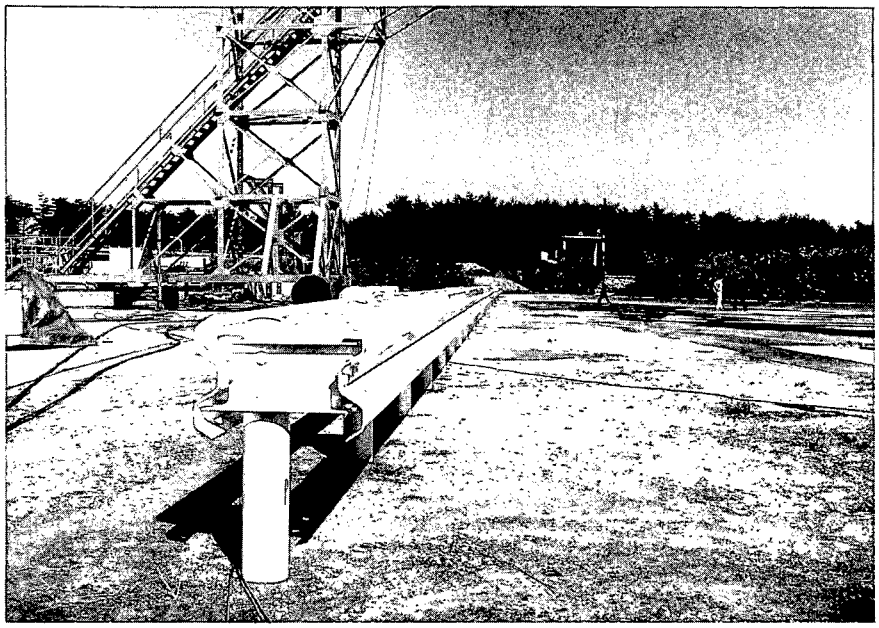
車両は横転によって大破した。左側前後輪にバーストがあり、ホイールの外縁損傷、変形が大きかった。

左側前部のバンパー、フェンダーに凹み、左側荷台の前部から後部にかけてすり傷があり、燃料タンクは後方へ脱落していた。自力走行は不可能であった。

⑤ 考察

本実験では、車両が横転する結果となった。

柵高さが低かったことに加えて、支柱への車輪接触により地際部での局部座屈が発生して柵高さが低下した事も原因と考えられる。部材の変形も大きく高衝撃度に対しては防護柵の構造全体の見直しが必要と考えられる。



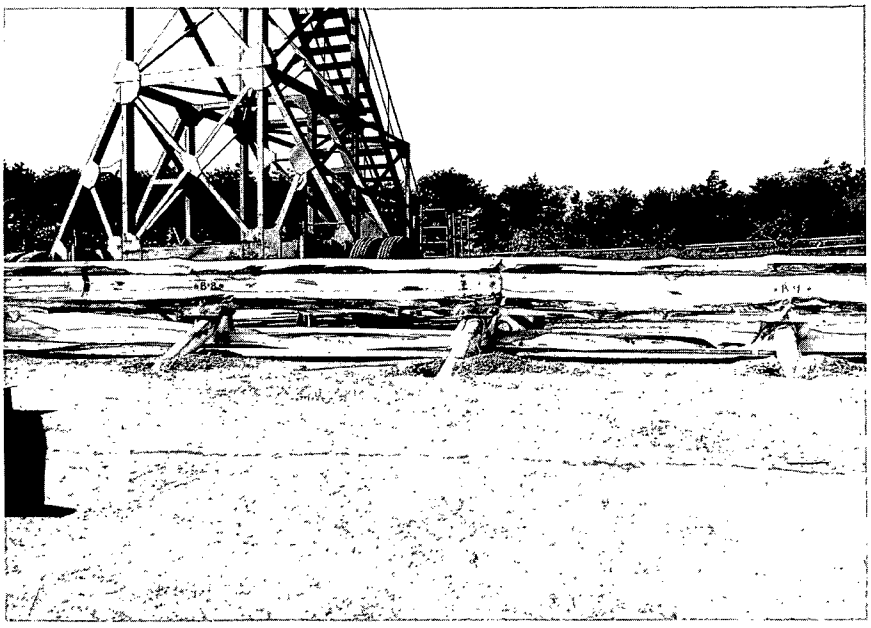
写真－7.2.2（1）　供試体（Ｇｒ－４０）実験１



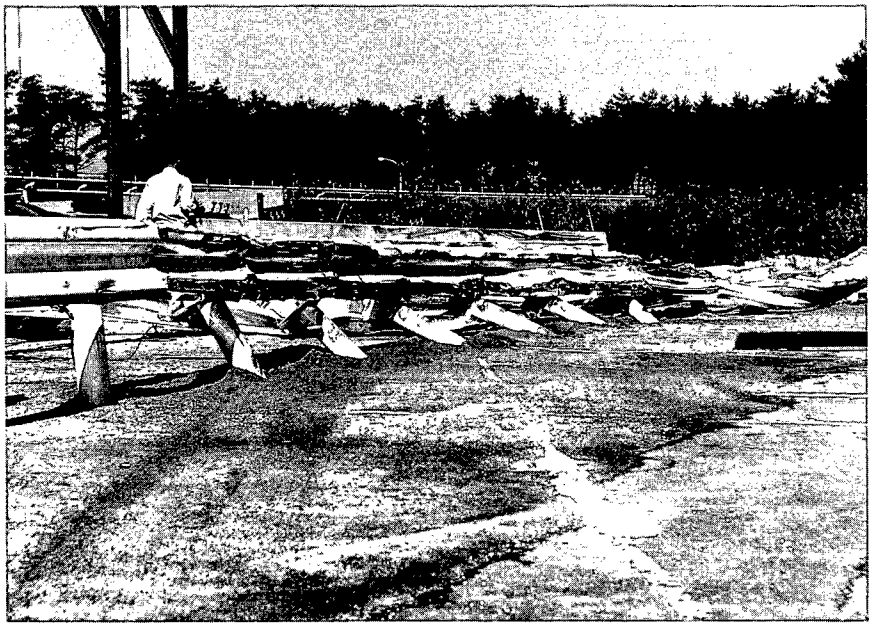
写真－7.2.2（2）　供試体（Ｇｒ－４０）実験１



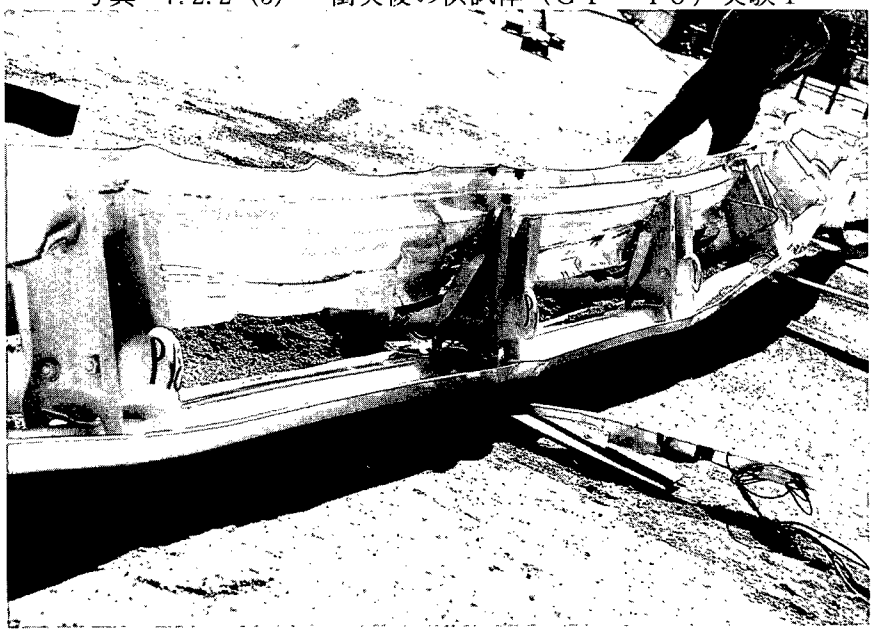
写真－7.2.2（3）　衝突車両　（貨物車 20t）実験１



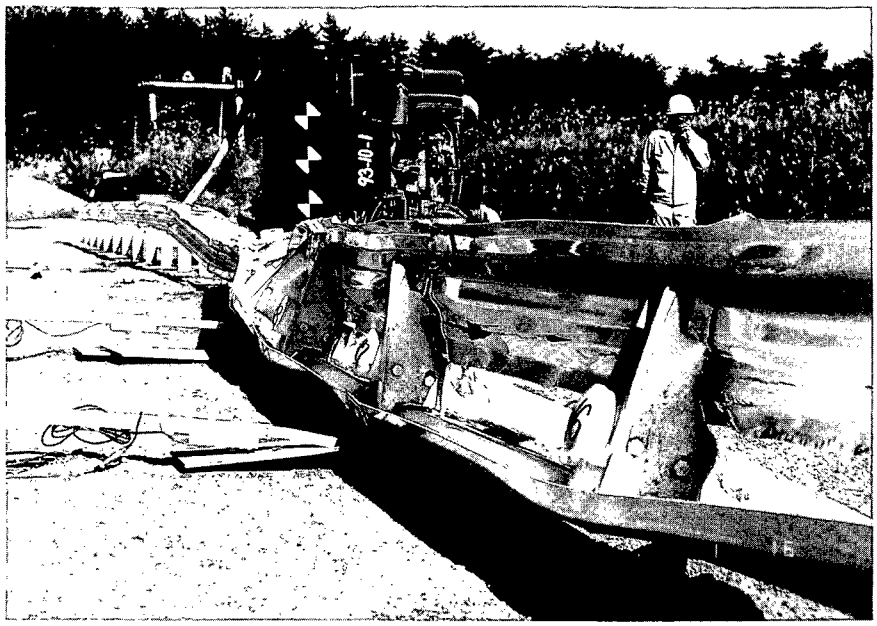
写真－7.2.2（4）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験１



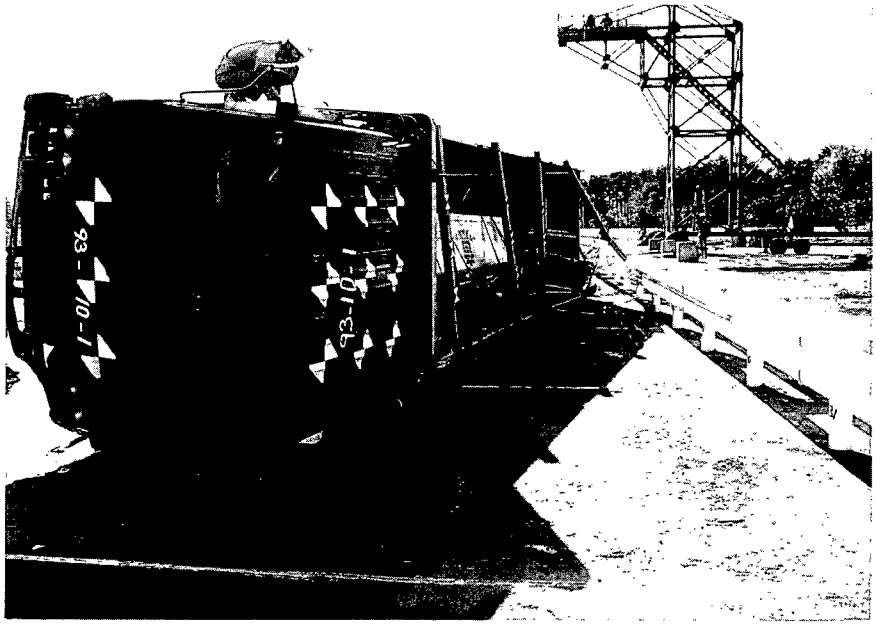
写真－7.2.2（5）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験１



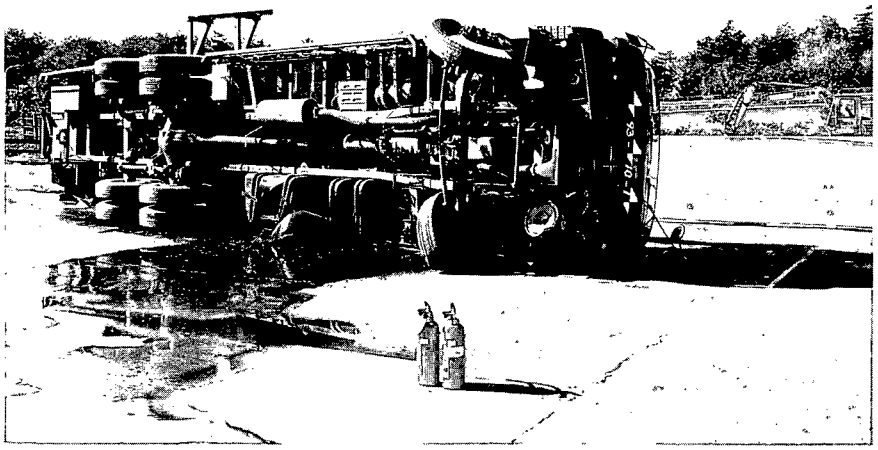
写真－7.2.2（6）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験１



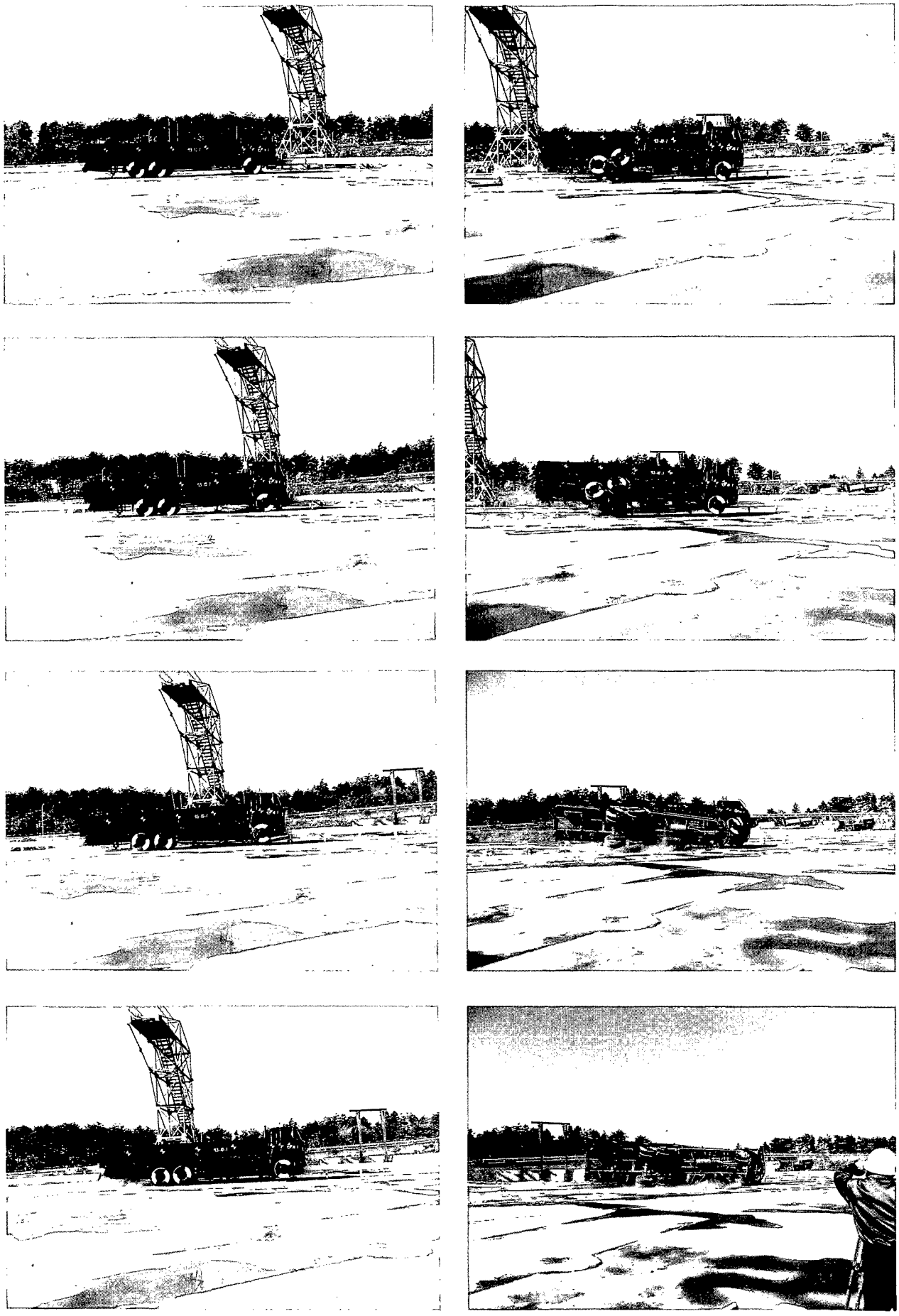
写真－7.2.2（7）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験１



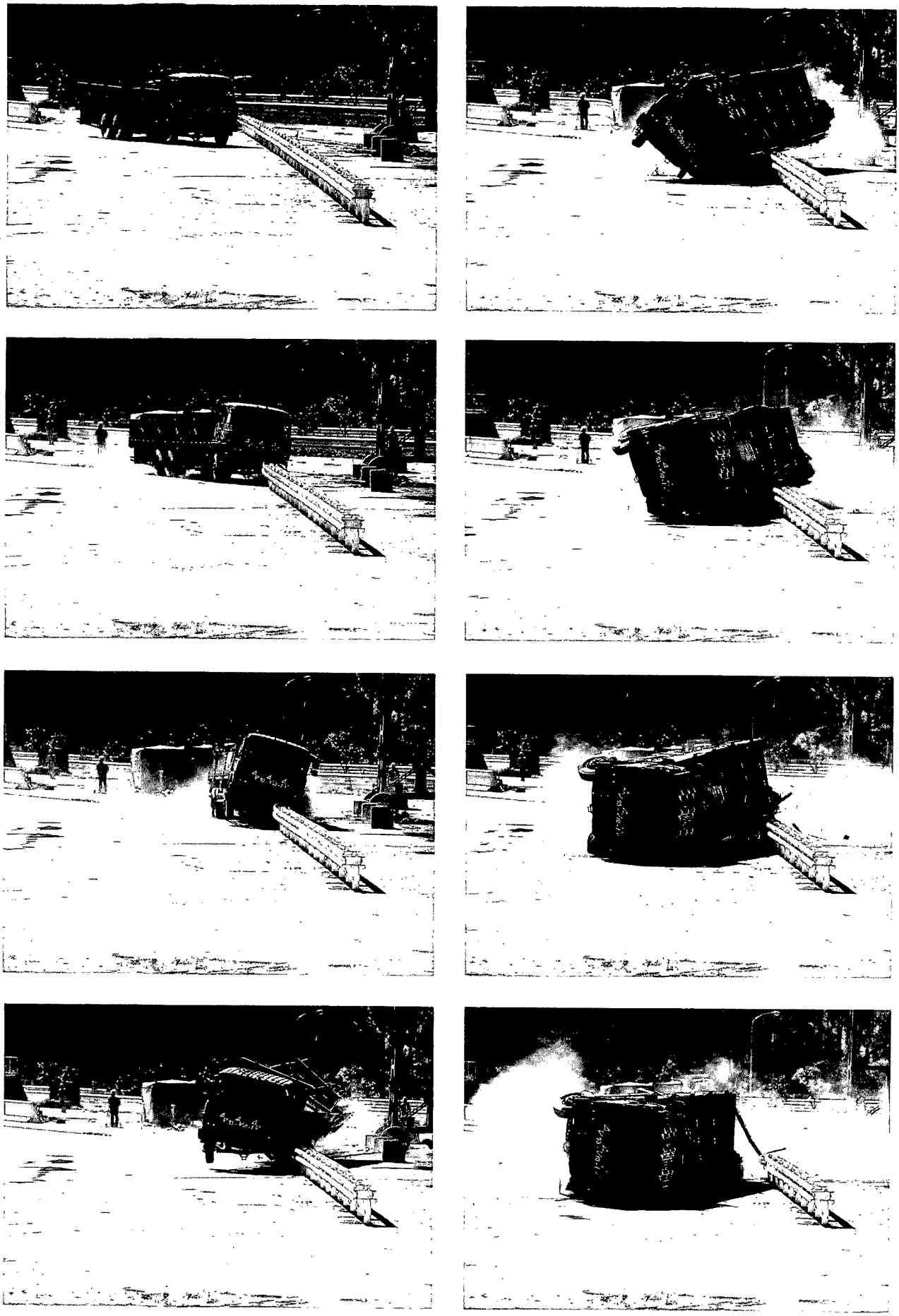
写真－7.2.2（8）　衝突後の車両　実験１



写真－7.2.2（9）　衝突後の車両　実験１



写真－7.2.2（10）　衝突状況　（Ｇｒ－４０）実験１



写真－7.2.2（11）　衝突状況　（Ｇｒ－４０）実験１

（4）実験２

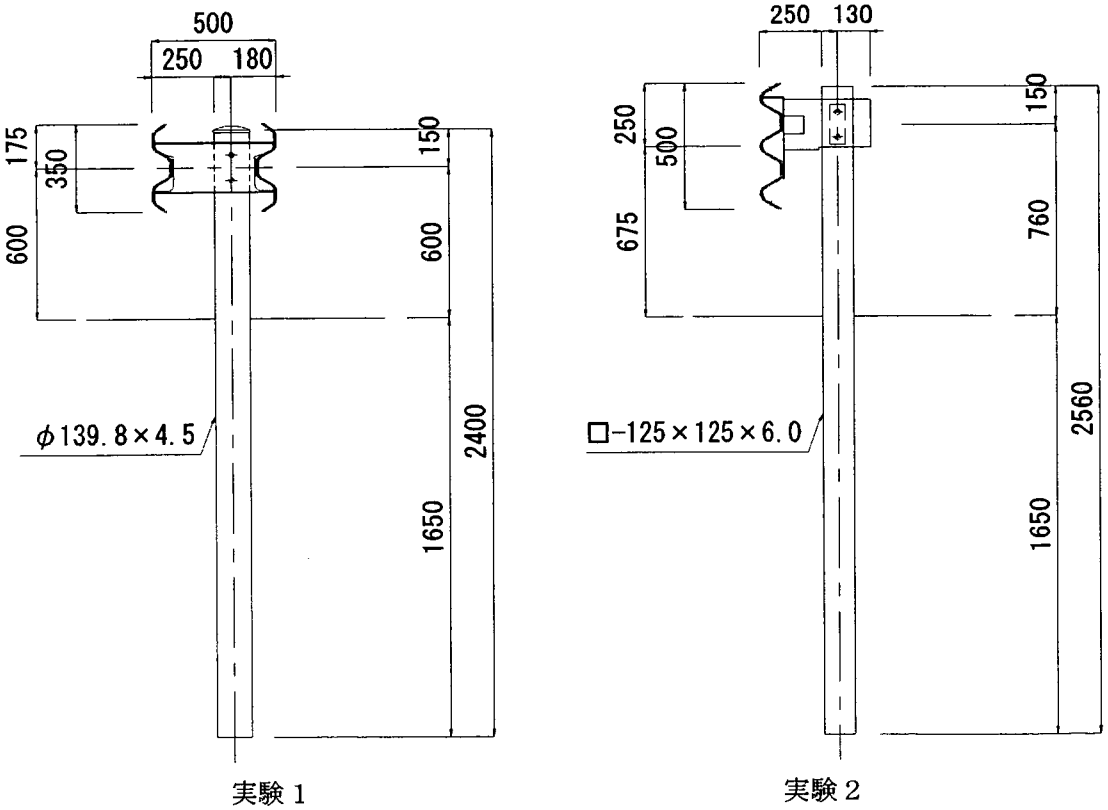
1）供試体構造

実験１の結果から、現状防護柵の部材を基本とした構造では、防護柵の強度、及び柵高さが不足していると考えられた。実験２では、各部材の強化を図り改良構造の検討を行った。支柱は φ139.8×4.5 （支持力40kN）から□-125×125×6（支持力60kN）と支持力を強化し、ビームは２枚のＡ種と等価な力学的性能を有する３山ビームを採用した。さらに、柵高さを150mm上げた構造とした。

前回の実験構造と改良内容を表－７．２．１０、改良構造の断面図を図－７．２．８に示す。

表－７．２．１０　改良内容　（単位：mm）

改良項目	実験１構造	実験２構造	改良内容
支　柱	φ139.8×4.5	□-125×125×6	支持力を40kNから60kNに強化
ブラケット	2-［200×50×4.5	□-200×150×4.5	閉断面部材に強化
ビーム	2-A種(350×75×4)	3山(500×85×4)	1枚構造とし剛性を高める
柵高さ	775	925	ﾋﾞｰﾑ上端を150mm上げる



図－７．２．８　断面図　（単位：mm）

2）衝突条件

高速走行下での適用を想定し衝突条件は表－７．２．１１のようにした。

表－７．２．１１　衝突条件

衝突車両	貨 物 車
車両質量	20 t
衝突速度	90 km/h
衝突角度	15 度
衝 撃 度	418 kJ

3）供試体

供試体を図－７．２．９に示す。

4）衝突シミュレーションの検討

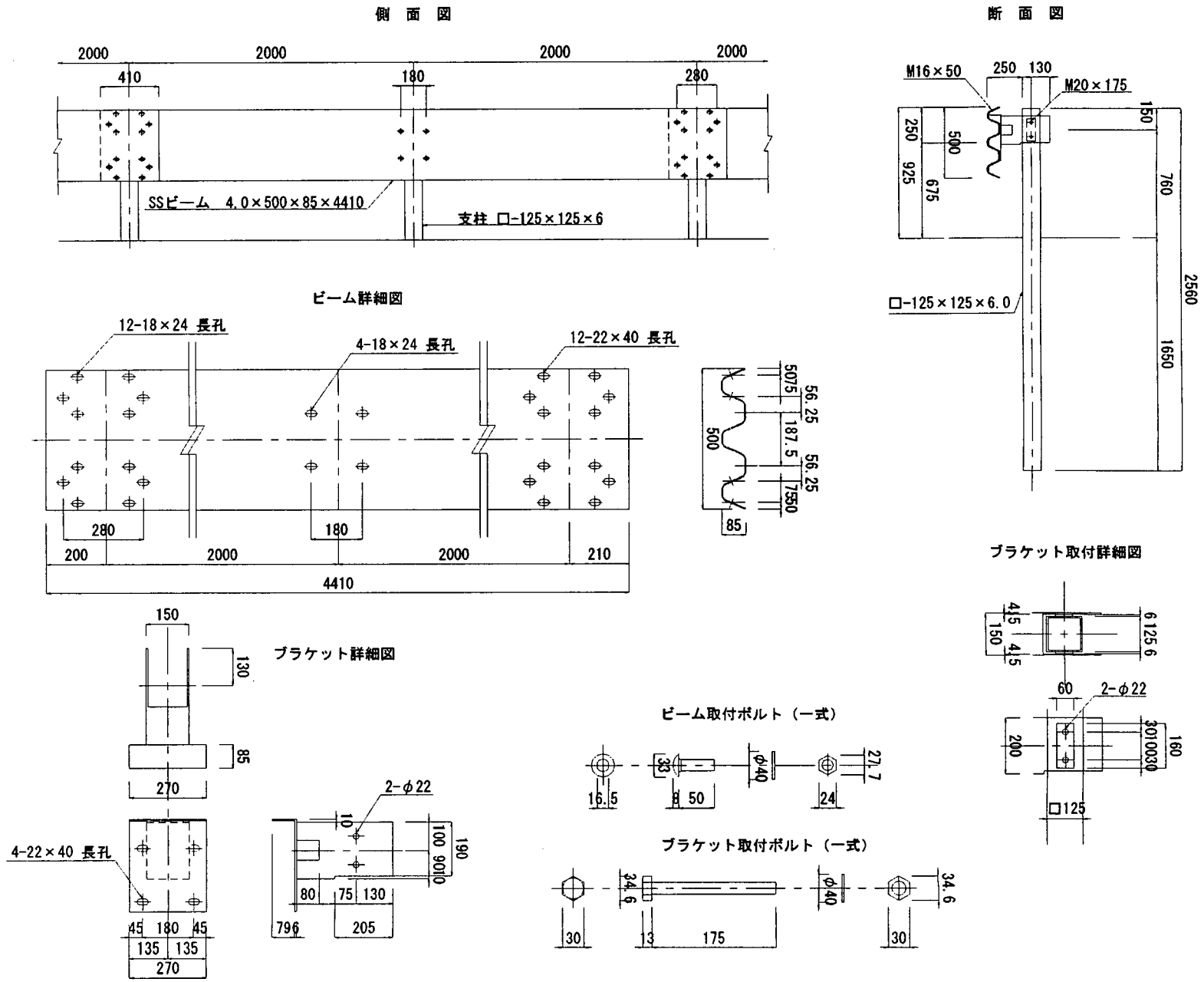
前項で設定した構造で衝突シミュレーションを実施し、その結果を表－７．２．１２に示す。

表－７．２．１２　シミュレーション結果

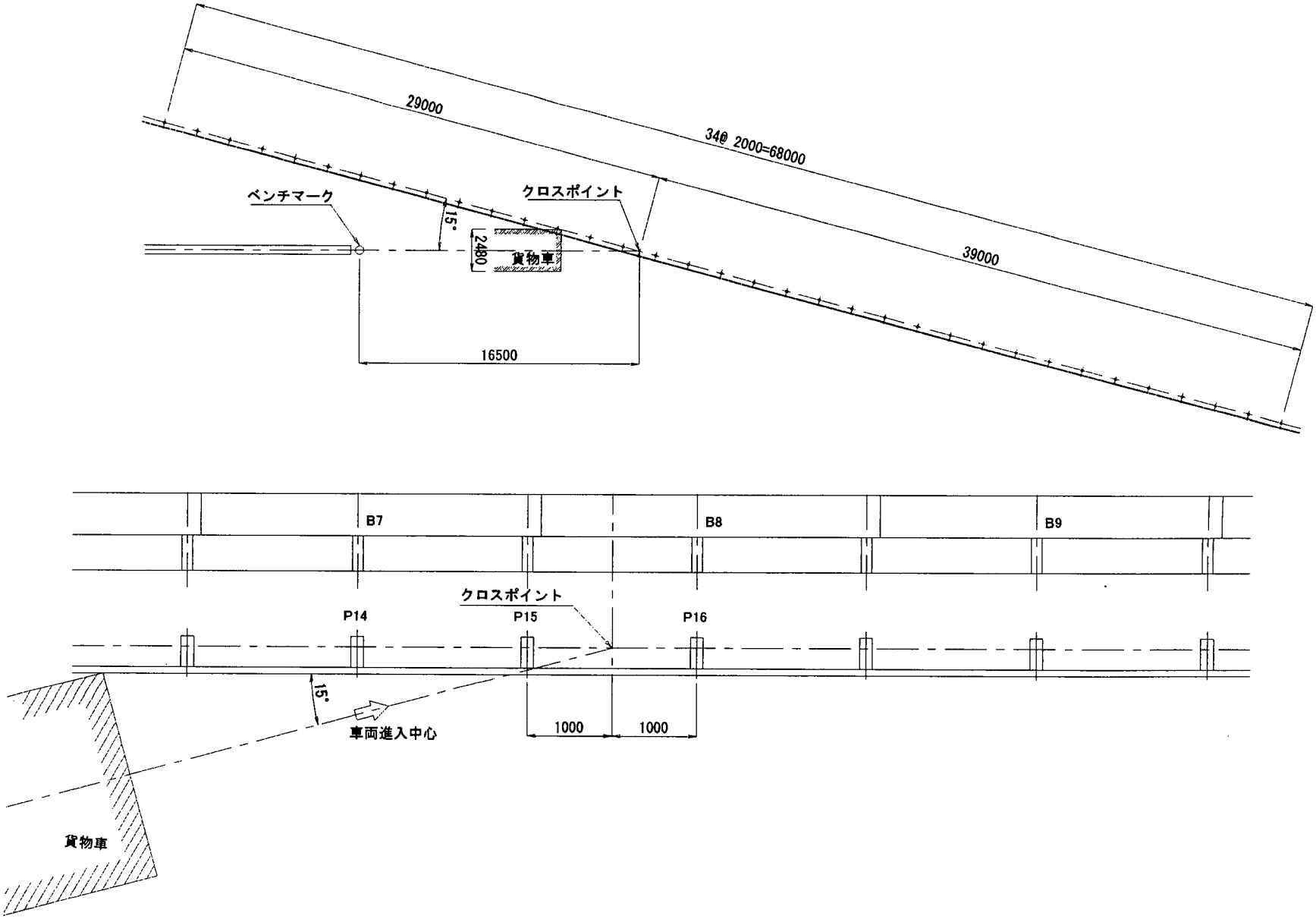
	シミュレーション値
離脱速度 (km/h)	78.6
離脱角度 (度)	11.5
最大進入行程 (mm)	550
防護柵変形範囲 (m)	24
ﾋﾞｰﾑ最大張力 (kN)	455
ﾋﾞｰﾑ最大変位量 (mm)	740
支柱最大水平力 (kN)	60
支柱最大変位量 (mm)	714
水 平 力 (kN)	251.9

5）供試体の配置および計測位置

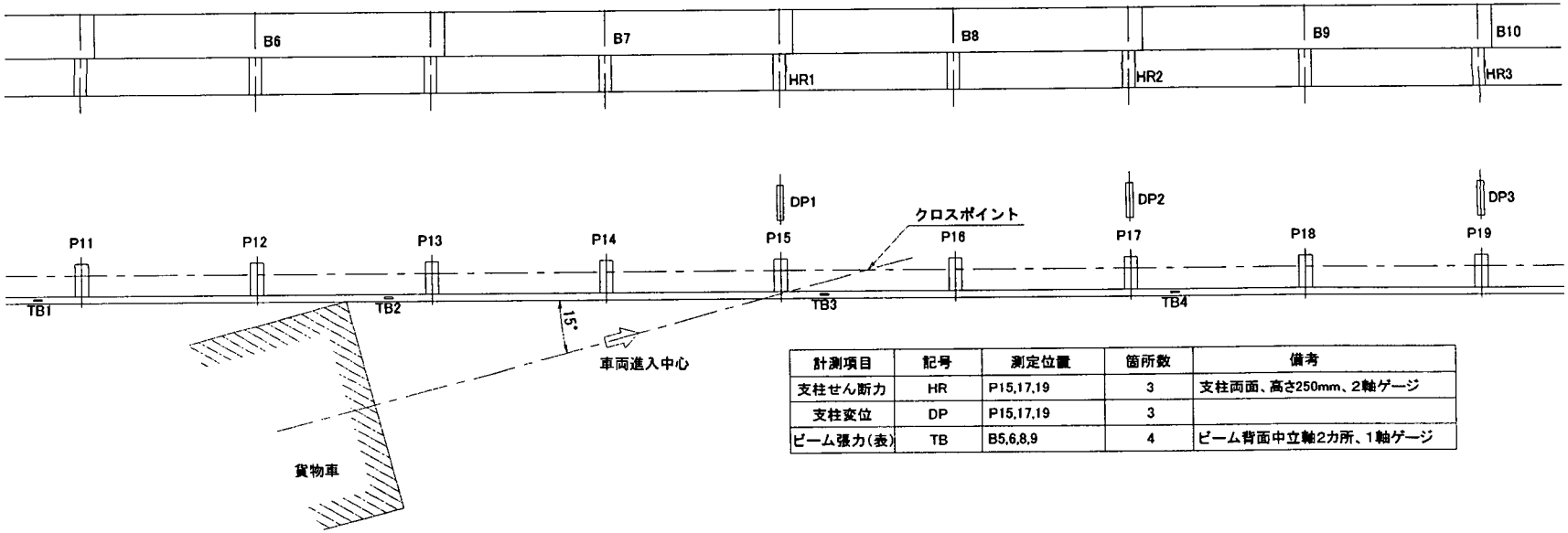
供試体の配置を図－７．２．１０、計測位置を図－７．２．１１に示す。



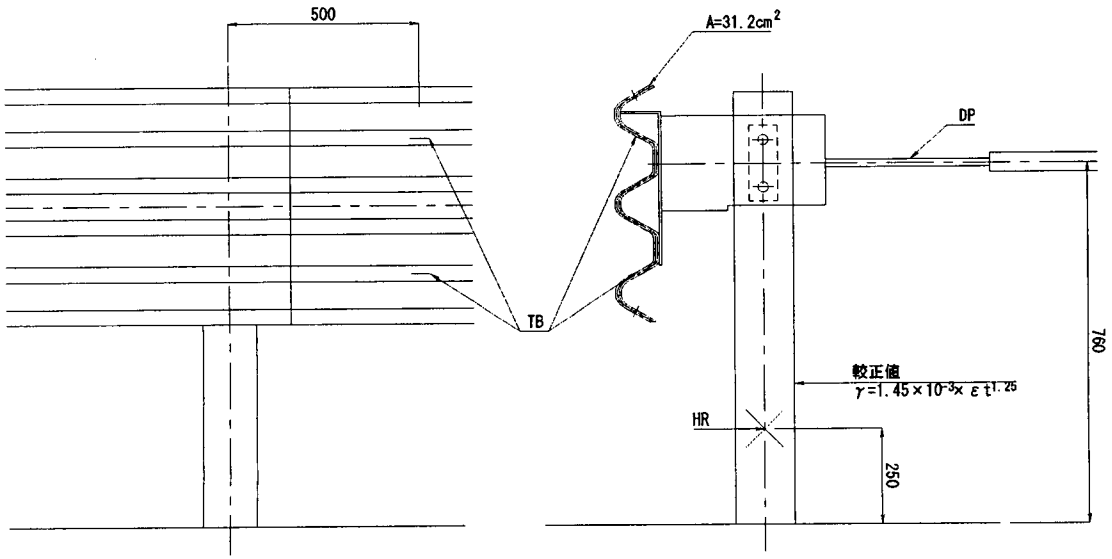
図－7．2．9　供試体構造図（単位：mm）



図－7．2．10　供試体配置図　（単位：mm）



計測項目	記号	測定位置	箇所数	備考
支柱せん断力	HR	P15,17,19	3	支柱両面、高さ250mm、2軸ゲージ
支柱変位	DP	P15,17,19	3	
ビーム張力(表)	TB	B5,6,8,9	4	ビーム背面中立軸2カ所、1軸ゲージ



図－7．2．11　計測位置図　（単位：mm）

6）実験結果および考察

実験結果のデータを、表－７．２．１３に示す。

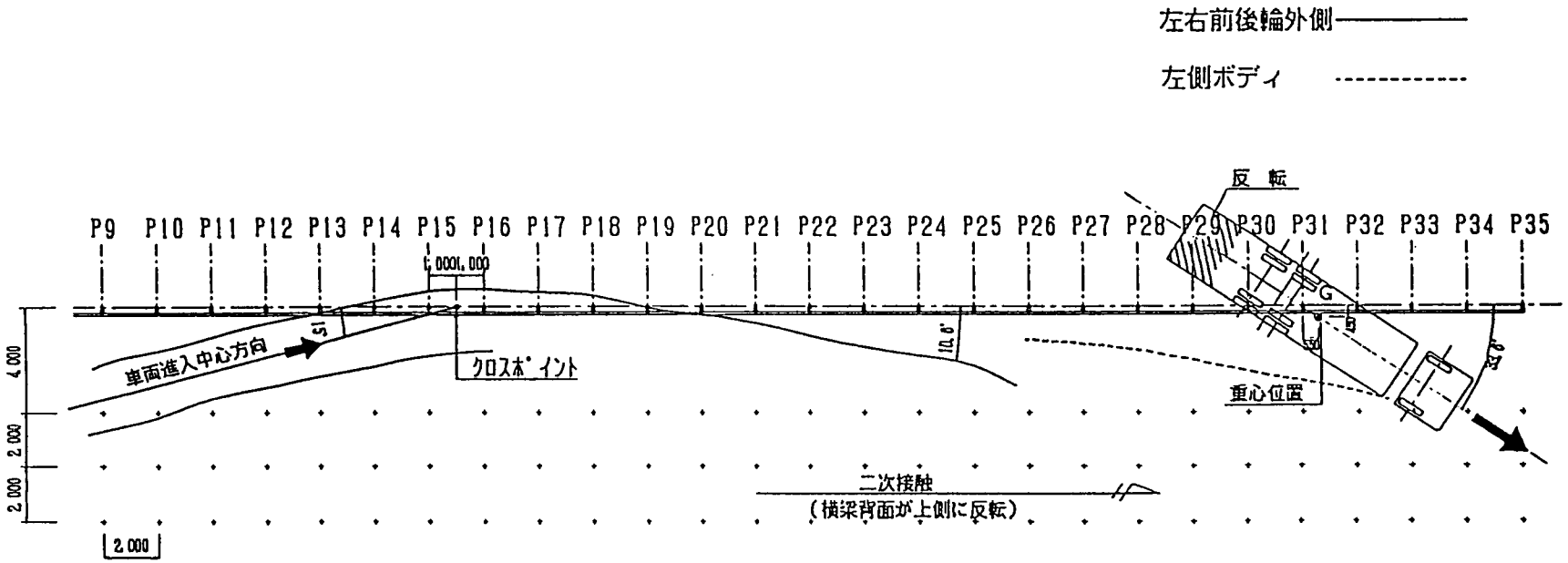
表－７．２．１３　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量 (t)			20
	衝突速度 (km/h)			90.5
	衝突角度 (度)			15
	衝撃度 (kJ)			423
離脱速度 (km/h)				計測不能
離脱角度 (度)				10.6
ビーム接触長 (m)				37.62
防護柵最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		842
		残留	直角(Y)方向 (mm)	878
			延長(X)方向 (mm)	97
	直角方向ﾋﾞｰﾑ残留変位 (mm)			784
最大進入行程 (mm)				765
車両最大傾斜角(度)	前端			40
	後端			67
支柱最大水平力 (kN)				134.4
ビーム最大張力 (kN)	ビーム			1057.2
加速度重心	50ms値	進入(X)方向 (m/s²)		51.9
		直角(Y)方向 (m/s²)		49
		垂直(Z)方向 (m/s²)		24.5
		合成		63.7
HIC値	運転席ダミー			―――
	助手席ダミー			―――

① 車両誘導性

車両は速度90.5km/h、角度15度で防護柵に衝突した。衝突後、左側ボディが支柱に衝突し、そのさいに車両前部が沈み込み、反動で右側後輪が大きく浮き上がった。車両は横向きになって荷台が防護柵に乗り上げる状態で仰向けに反転し防護柵上で停止した。

車両の軌跡を図－７．２．１２に示す。



離脱角度：10.6度（一次接触）

★衝突車は防護柵内で反転して停車、
但し重心位置は柵面より道路側にあり。

図－7．2．12　車両の軌跡　（単位：mm）

② 防護柵強度

・ 支柱

支柱の最大変位量を表－７．２．１４水平力を表－７．２．１５に示す。

支柱に働いた最大水平力は、衝突から0.34秒後にP17で発生した110kNであり、その時の変位量は842mmであった。

表－７．２．１４　支柱の最大変位量

支柱番号	P15	P17	P19
変位量(mm)	736.8	841.9	303.3

表－７．２．１５　支柱の水平力

支柱番号	P15	P17	P19
クロスポイントまでの距離(m)	0	＋４	＋８
発生時間(ｓ)	0.172	0.340	0.532
水平力(kN)	106.8	110.3	89.9

・ビーム

ビームに発生した張力を表－７．２．１６に示す。

ビームに発生した最大張力は、B8で衝突前半時に生じた1057kNであり、許容耐力627kNの1.7倍の張力が発生していた。コルゲーションの潰れ、変形が大きかった。

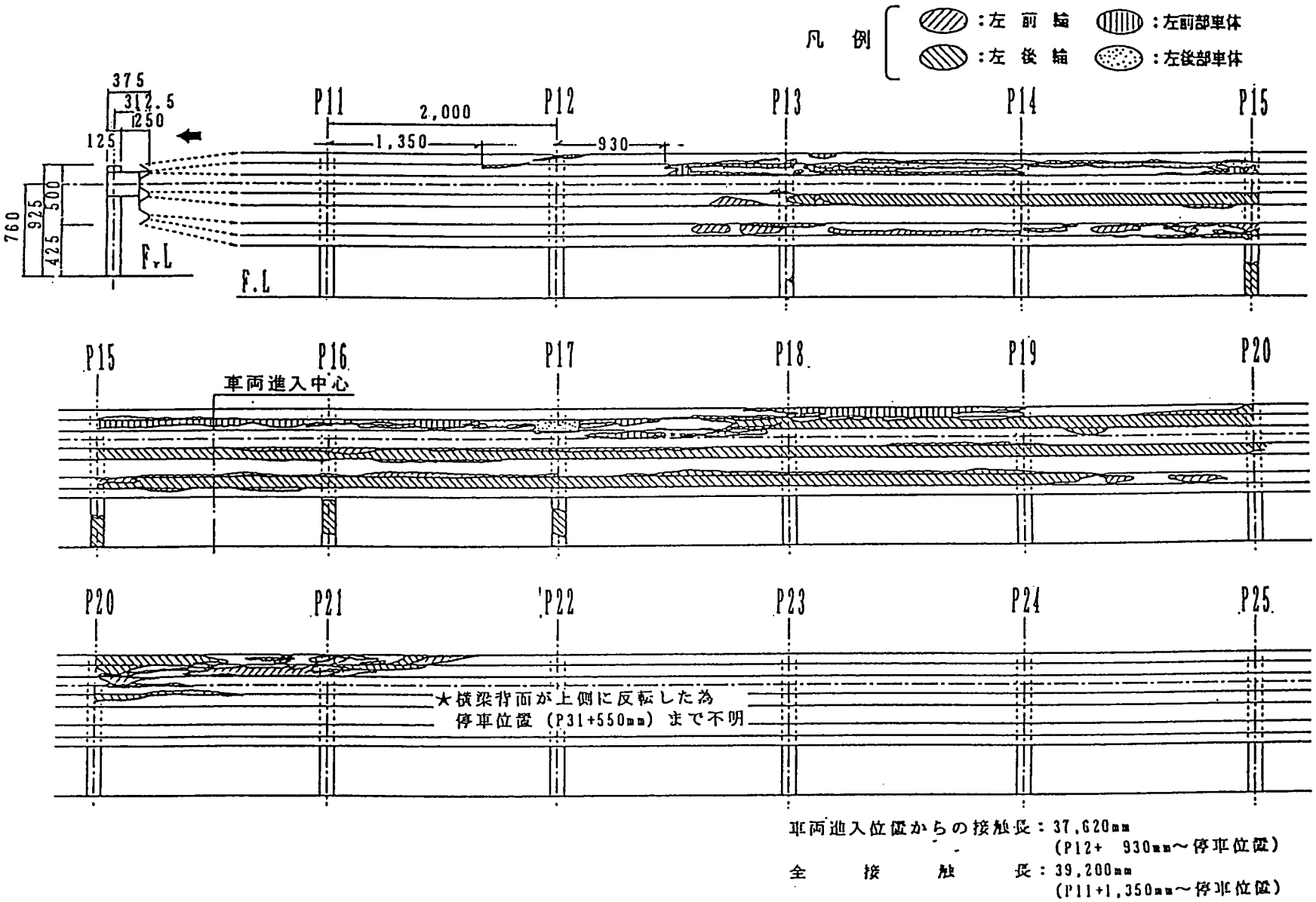
表－７．２．１６　ビーム張力

ビーム番号	発生時間(ｓ)	ビーム張力(kN)
B5	0.628	280.6
B6	0.628	450.8
B8	0.308	1057.4
B9	0.713	499.4

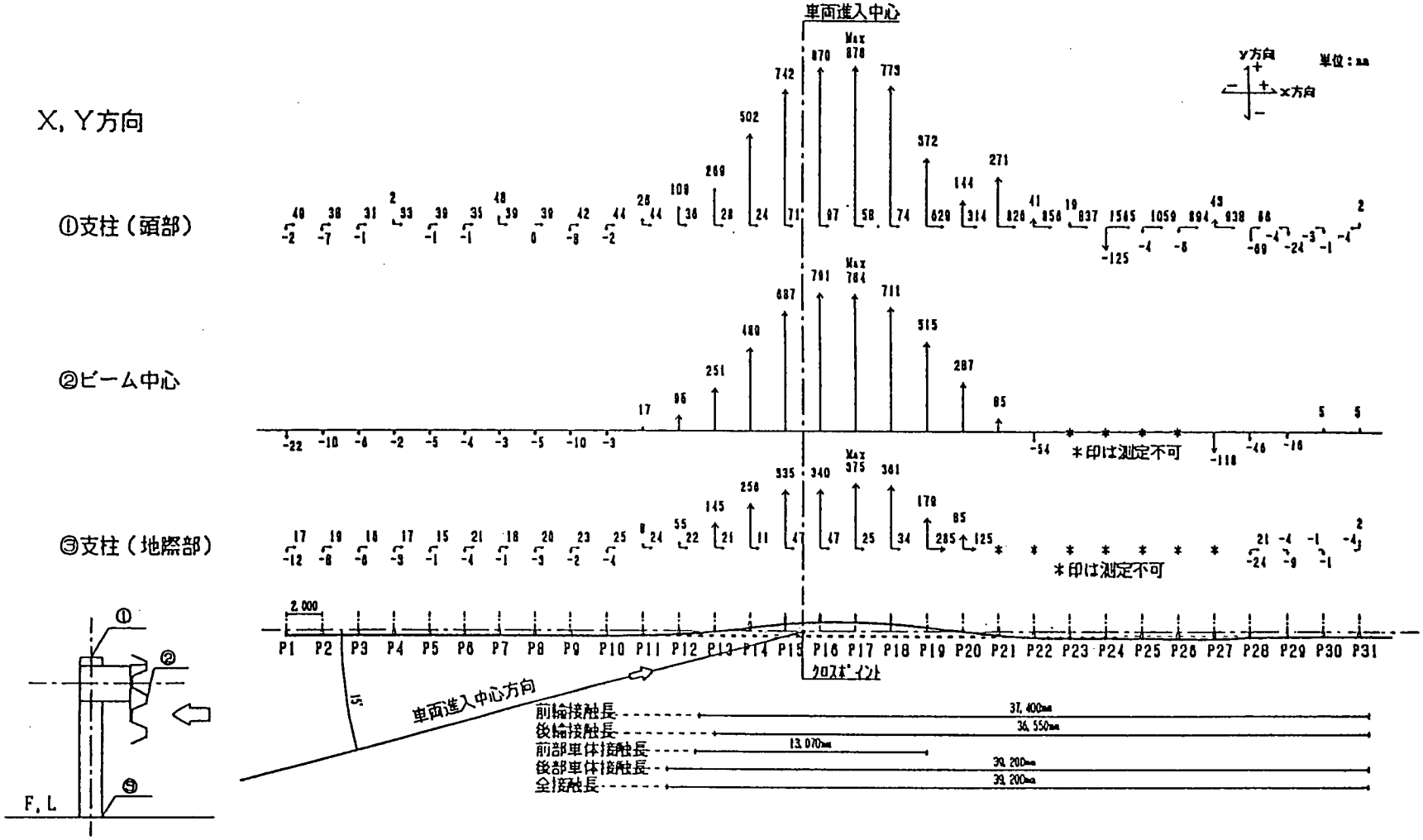
③ 防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長は、39.2m(P12～P31)であり、残留変位区間長は36mであった。

車両の接触跡を図－７．２．１３、残留変位を図－７．２．１４に示す。



図－7．2．13 車両の接触跡 （単位：mm）



図－7．2．14　防護柵の残留変位　（単位：mm）

a)支柱

車両前輪の接触はなく、後輪が４本(P14～P17)に接触した。また、支柱の折れ曲がりは16本で生じ、支柱の最大残留変位量はＹ方向で878mm(P17)、Ｘ方向で97mm(P16)であり、支柱の倒れはもっとも大きいP16で35度であった。

b)ビーム

コルゲーションの潰れが大きく、最大残留変位量はＹ方向に784mm(P17)であった。

c)ブラケット

溶接部の破断が4箇所(P19,20,22,24)にあり、ボルト孔の破損があった。

d)ボルト及び接合部

ブラケットの取り付けボルトの破断が7箇所(P21～P27)にあった。

④ 車両損傷状況

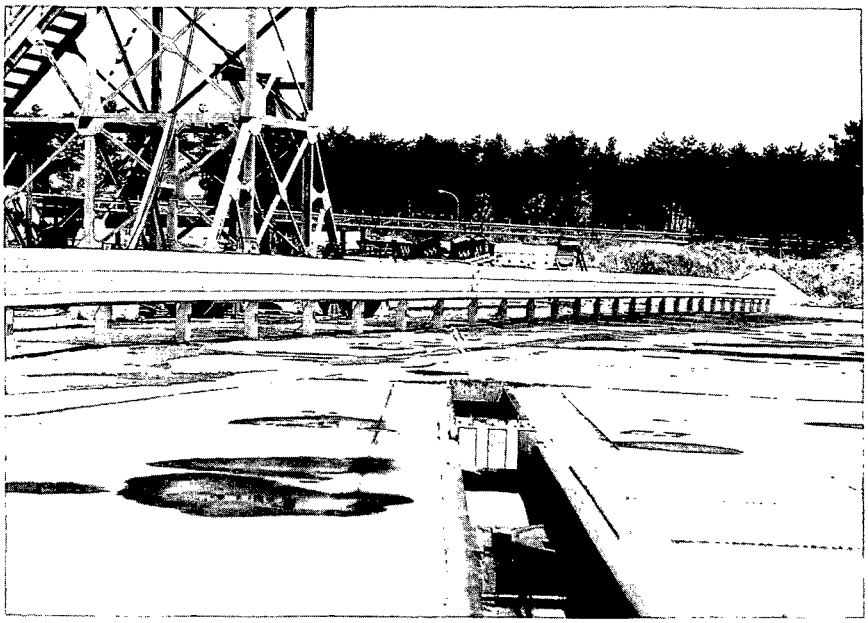
車両損傷状況は、左側前輪タイヤがずれ、板バネ１枚が外れていた。バーストは無し。左側前部に変形があり、左側前部突起金具の脱落があった。

自力走行は不可能であった。

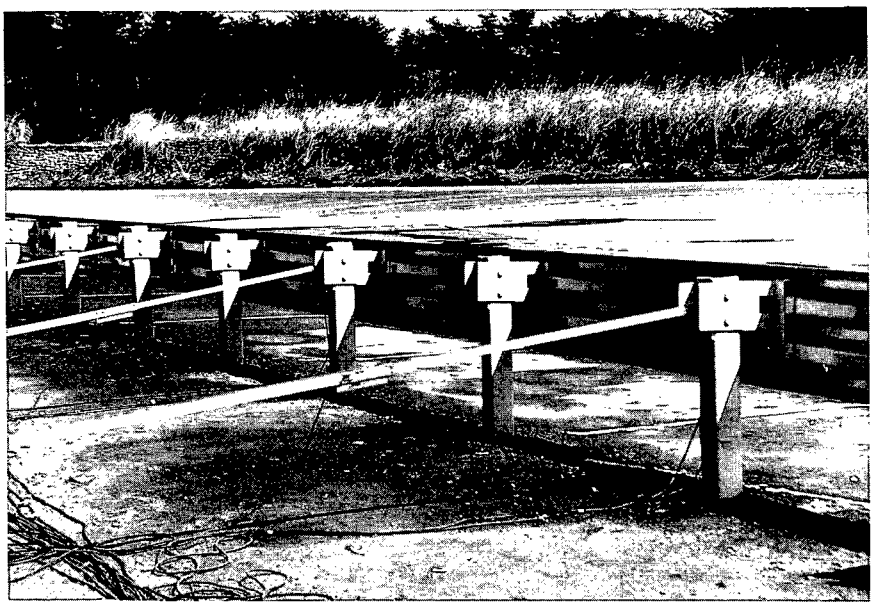
⑤ 考察

防護柵の構造を強化し、防護柵高さを925mmに上げて実施したが、車両は横転する結果となった。

その原因として、車両が支柱に衝突したことにより、支柱の変位が増大し、柵高さが低下し車両荷台の支持ができなかったためと考えられる。したがって、貨物車の誘導性を高めるためには柵高さの見直しが必要と考えられる。



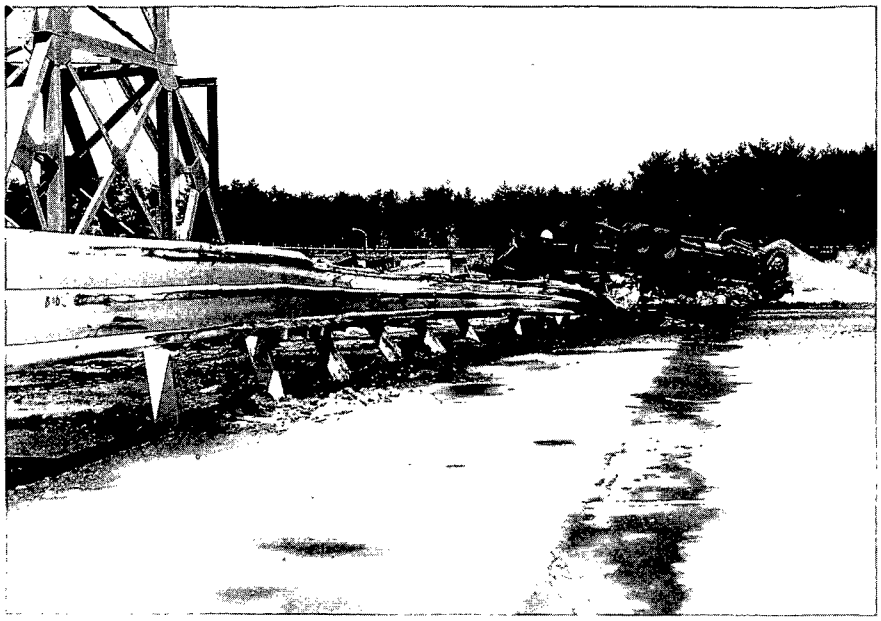
写真－7.2.2（12）　供試体（Ｇｒ－４０）実験２



写真－7.2.2（13）　供試体（Ｇｒ－４０）実験２



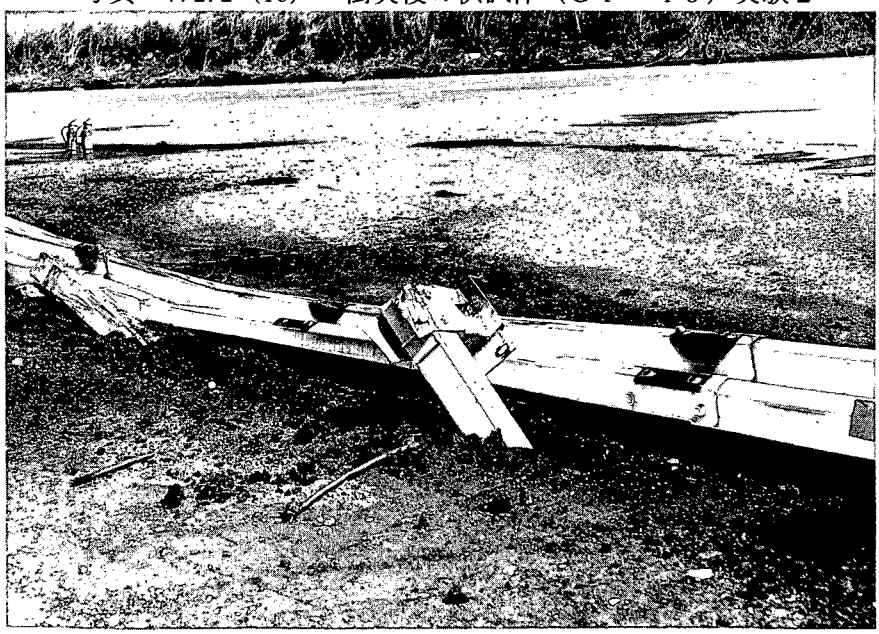
写真－7.2.2（14）　衝突車両　（貨物車 20t）実験２



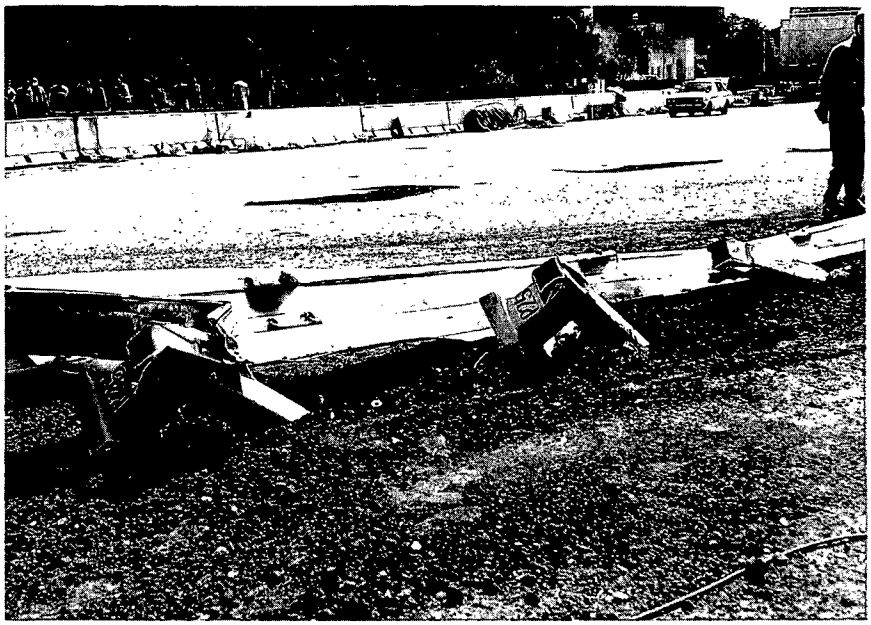
写真－7.2.2（15）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験２



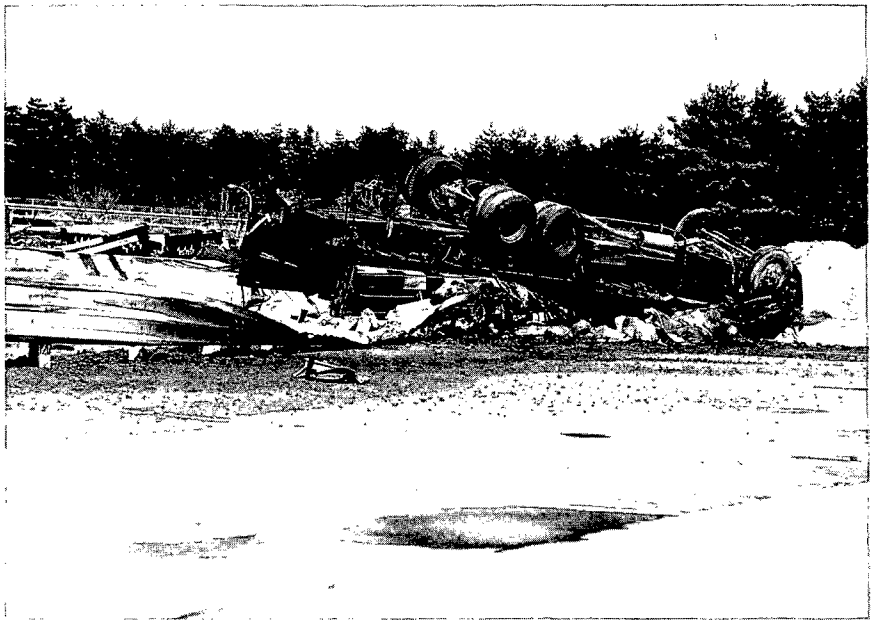
写真－7.2.2（16）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験２



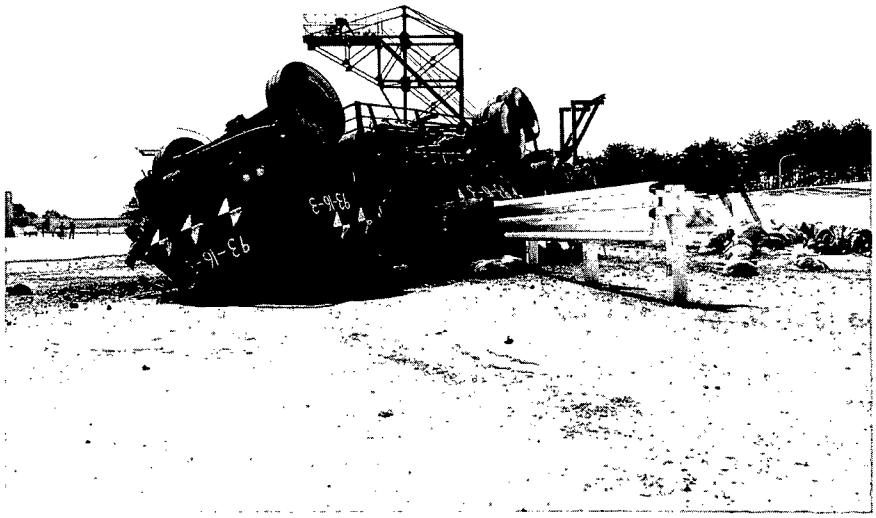
写真－7.2.2（17）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験２



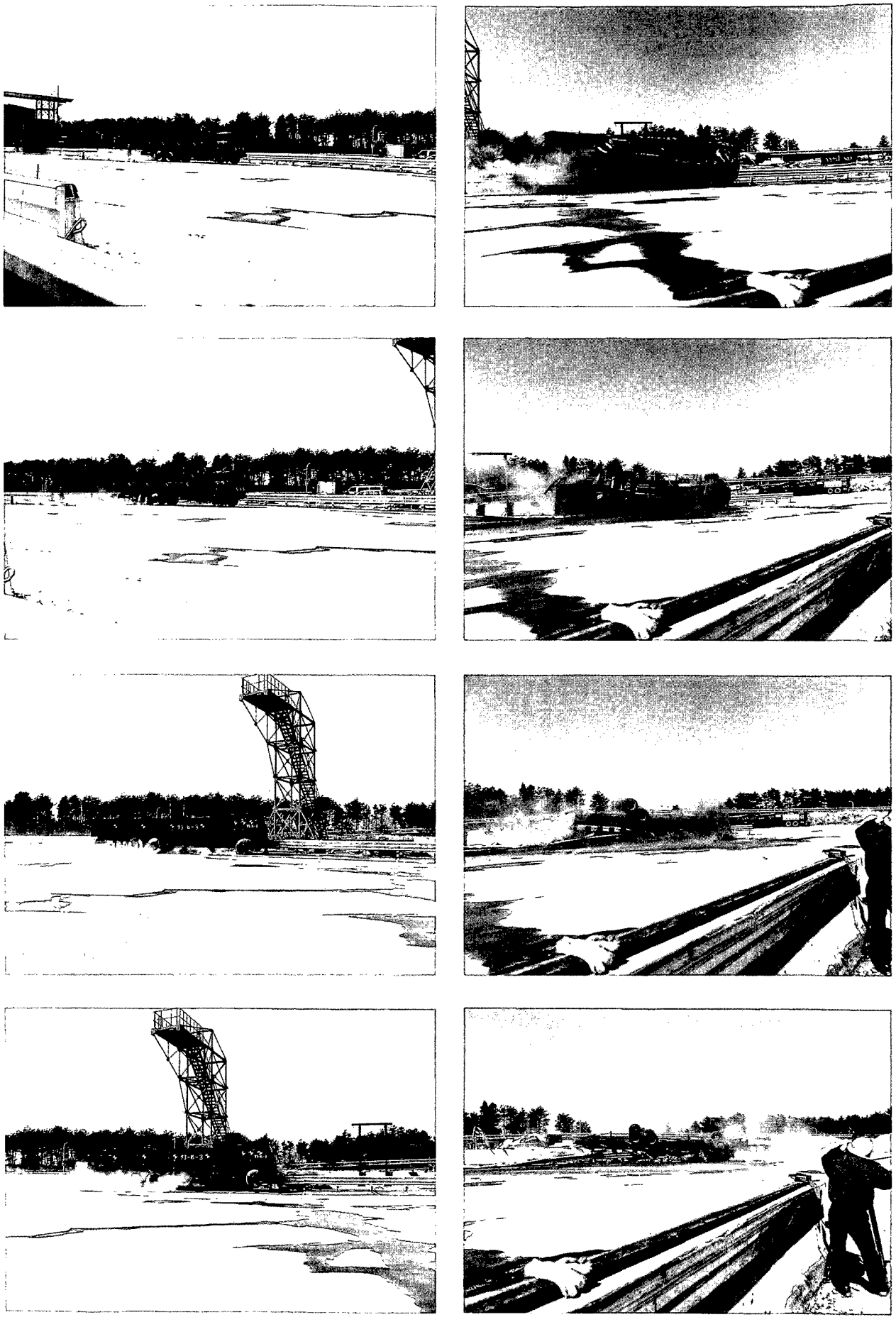
写真－7.2.2（18）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験２



写真－7.2.2（19）　衝突後の車両　実験２



写真－7.2.2（20）　衝突後の車両　実験２



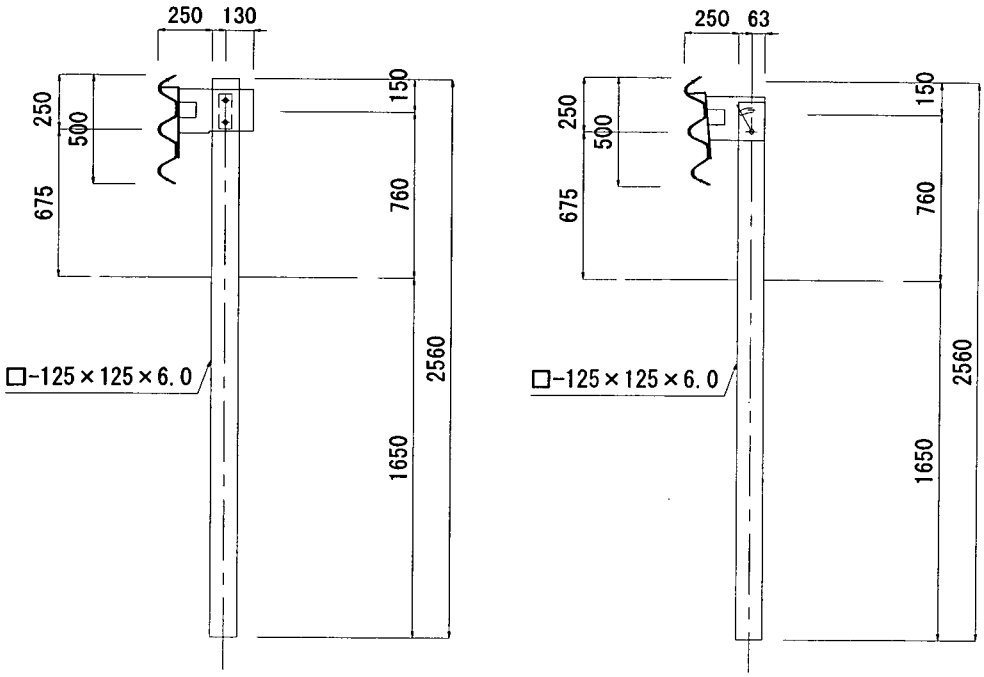
写真－7.2.2（21）　衝突状況　（Ｇｒ－４０）実験２

（5）実験３

1）供試体構造

実験３では、最大変形時の柵高低下を防止するために、ビームを５度前傾させるとともに車両衝突時にブラケットを回転させて柵高さを上げる事が出来る回転式ブラケットを考案した。回転式ブラケットは、ビームに荷重がかかると支柱接合ボルトを支点にして回転する機構となっている。静的試験の結果、この機構の妥当性が認められたので供試体のブラケットとして採用した。ビームと支柱の構造は実験２と同様とした。

改良構造の断面図を図－７．２．１５に示す。



実験２　　実験３

図－７．２．１５　断面図　（単位：mm）

2）衝突条件

衝突条件は表－７．２．１７のようにした。

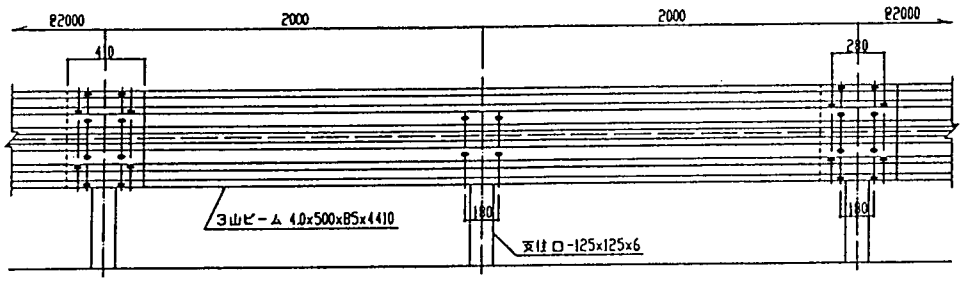
表－７．２．１７　衝突条件

衝突車両	貨 物 車
車両質量	20 t
衝突速度	80 km/h
衝突角度	17 度
衝撃度	421 kJ

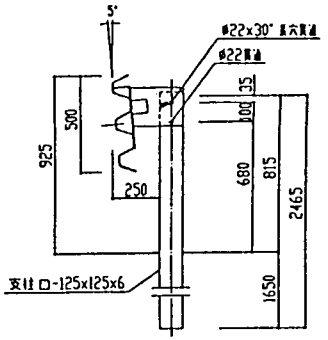
3）供試体

供試体を図－７．２．１６に示す。

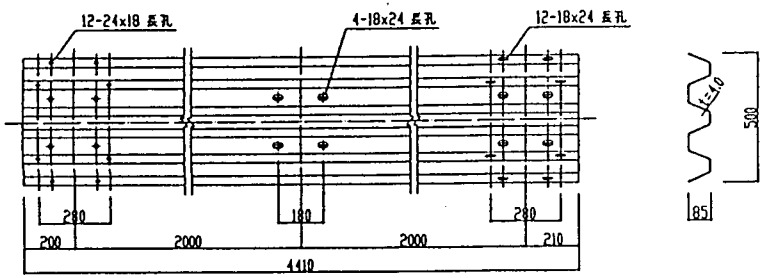
正面図



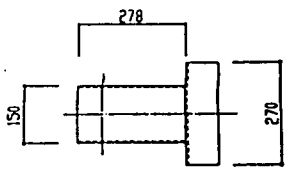
断面図



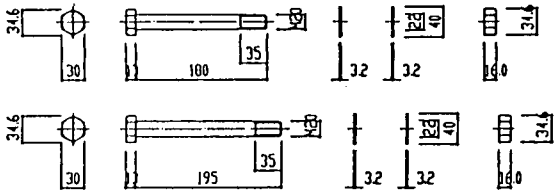
ヘリビーム



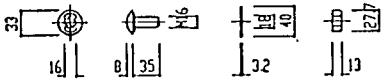
ブラケット

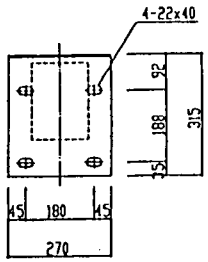


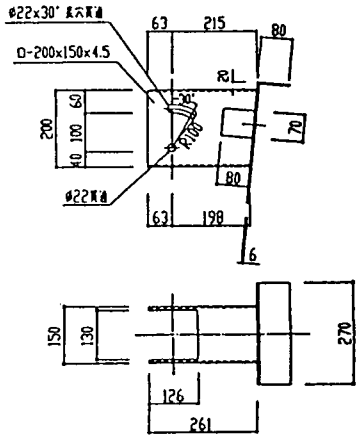
支柱取付用ボルト　ナット 6T



ビーム取付用ボルト　ナット 6T







部材表

（68 m一連）

名　称	寸　法	単　重（kg）	数量	重　量（kg）	備　考
支　柱	□-125x125x6.0x2465	53.5	35	1872.5	
ビーム	4.0x500x85x4410	108.0	17	1836.0	
ブラケット	□-200x150x4.5x278	10.4	35	364.0	
ボルト・ナット	M16x35 (6T)	0.12	268	32.2	
ボルト・ナット	M20x180 (6T)	0.601	35	21.0	
ボルト・ナット	M20x195	0.693	35	24.3	
合　計	4150.0 kg			（61.0 kg／m）	

図－7．2．16　供試体構造図（単位：mm）

4）衝突シミュレーションの検討

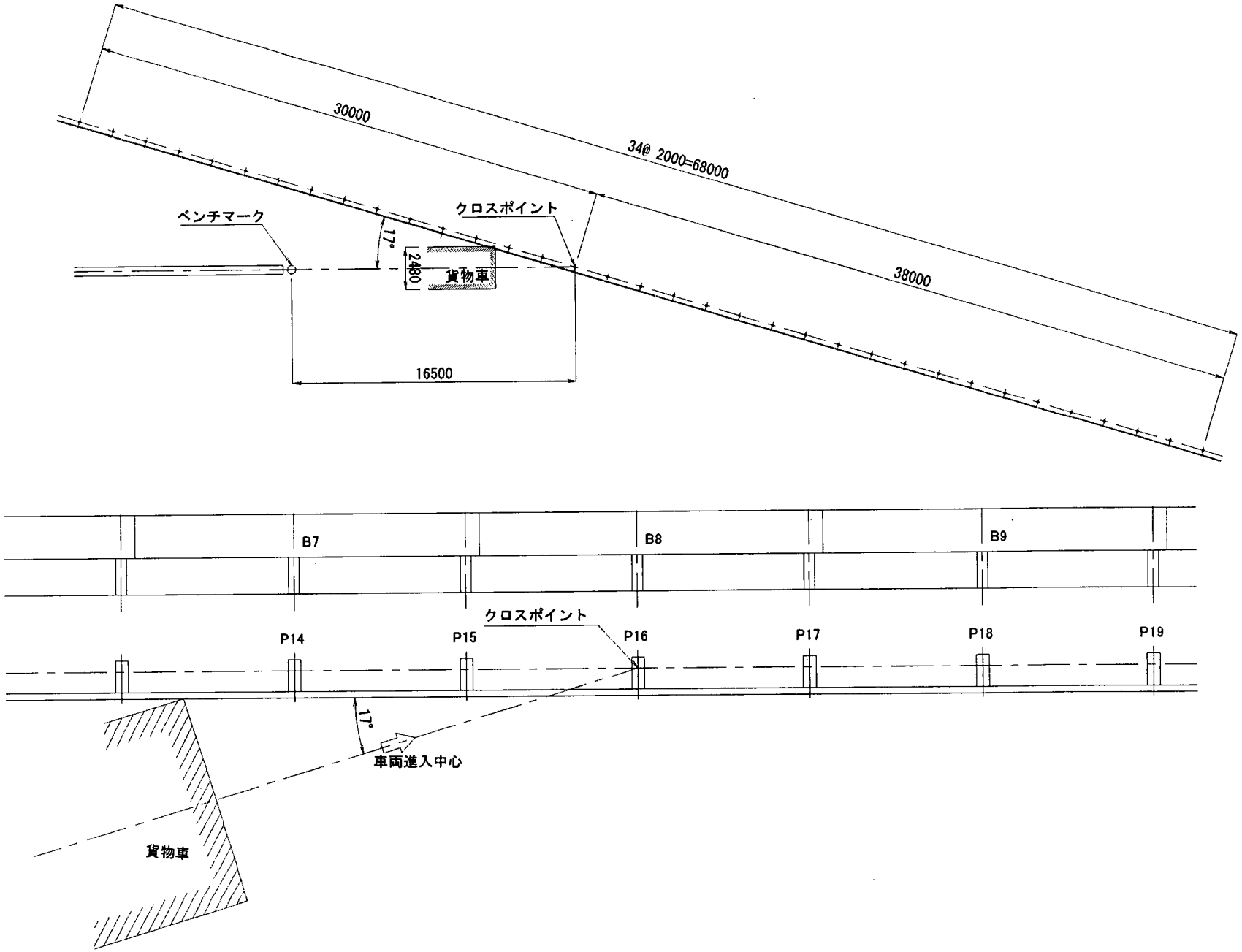
衝突シミュレーションの結果を表－７．２．１８に示す。

表－７．２．１８　シミュレーション結果

	ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ値
離脱速度　(km/h)	67.8
離脱角度　(度)	12.6
最大進入行程　(mm)	530
防護柵変形範囲　(m)	24
ﾋﾞｰﾑ最大張力　(kN)	475
ﾋﾞｰﾑ最大変位量　(mm)	710
支柱最大水平力　(kN)	60
支柱最大変位量　(mm)	682
水　平　力　(kN)	241

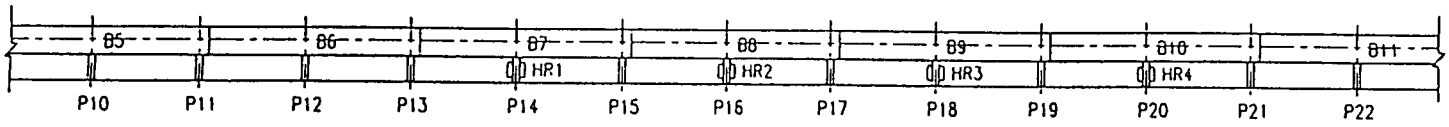
5）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－７．２．１７、計測位置を図－７．２．１８に示す。

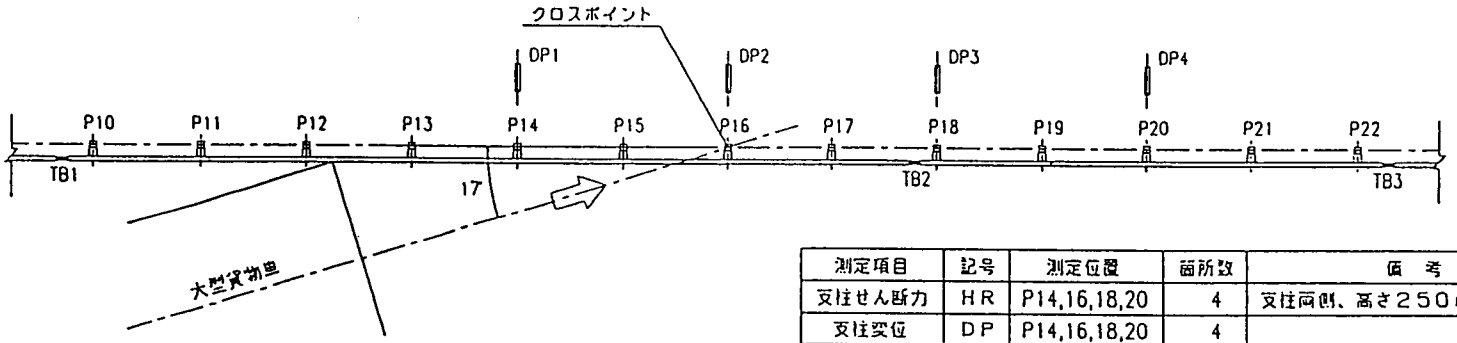


図－7．2．17　供試体配置図　（単位：mm）

支柱水平計測位置

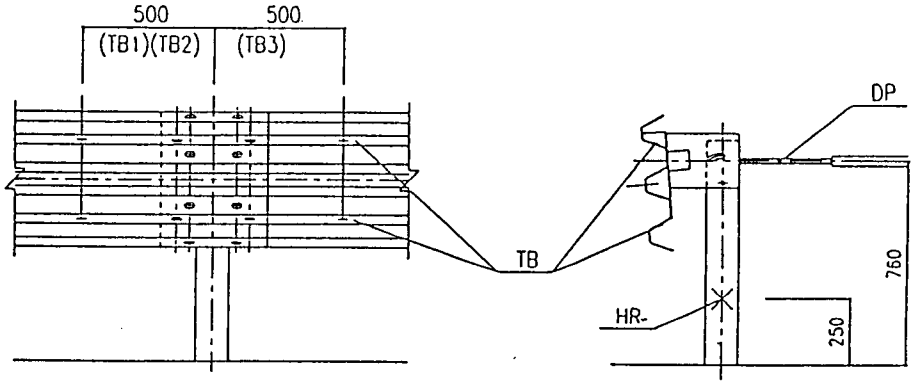


ビーム張力、支柱変位計測位置



測定項目	記号	測定位置	箇所数	備　考
支柱せん断力	HR	P14,16,18,20	4	支柱両側、高さ２５０ｍｍ、２軸ゲージ
支柱変位	DP	P14,16,18,20	4	
ビーム張力	TB	B5,9,11	3	ビーム断面中立軸２ケ所、１軸ゲージ

計測位置詳細図



図－７．２．１８　計測位置図（単位：mm）

6）実験結果および考察

実験結果を、表－７．２．１９に示す。

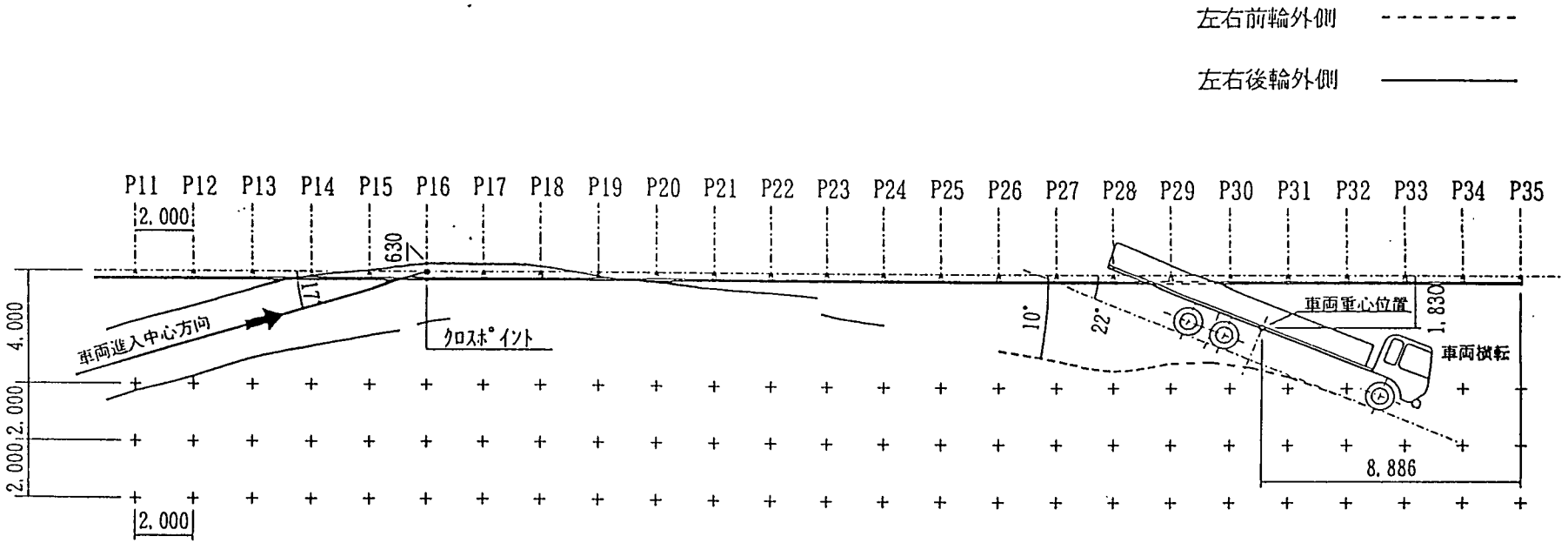
表－７．２．１９　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量 (t)			20
	衝突速度 (km/h)			80.4
	衝突角度 (度)			17
	衝撃度 (kJ)			426
離脱速度 (km/h)				計測不能
離脱角度 (度)				5
ビーム接触長 (m)				21
防護柵最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		733
		残留	直角(Y)方向 (mm)	596
			延長(X)方向 (mm)	―――
	直角方向ﾋﾞｰﾑ残留変位 (mm)			666
最大進入行程 (mm)				420
車両最大傾斜角(度)	前端			―――
	後端			―――
ブラケットの最大回転角 (度)				32.1
支柱最大水平力 (kN)				156.8
ﾋﾞｰﾑ最大張力 (kN)	ビーム			141.1
加速度重心	50msec値	進入(X)方向 (m/s²)		50
		直角(Y)方向 (m/s²)		96
		垂直(Z)方向 (m/s²)		26.5
		合成 (m/s²)		96
HIC値	運転席ダミー			―――
	助手席ダミー			―――

① 車両誘導性

離脱時に車体の前後で大きなねじれが生じて車両後部が路外へ振られ、荷台の慣性力を防護柵が支持できず防護柵上で横転した。左ボディーが支柱頭部に掛かり防護柵上に荷台をあずけた状態で90度回転し停止した。土嚢の飛散は離脱時で23個、停車時には全数であった。

車両の軌跡を図－７．２．１９に示す。



離脱角度：10度（左側前輪）

最大進入行程：630mm（P16）

★　荷台部が残った状態で左側に横転停車、姿勢角22度

図－7．2．19　車両の軌跡（単位：mm）

② 防護柵強度

・支柱

支柱の最大変位量、水平力を表－７．２．２０～２１に示す。

支柱に働いた最大水平力は、衝突から0.66秒後にP16で発生した156.8kN、その時の変位量は733mmであった。

表－７．２．２０　支柱の最大変位量

支柱番号	P14	P16	P18
変位量(mm)	270	733	463

表－７．２．２１　支柱の水平力

支柱番号	P14	P16	P18	P20
クロスポイントまでの距離(m)	-2	0	＋２	＋４
発生時間(ｓ)	0.13	0.65	0.18	1.10
水平力(kN)	119.6	156.8	115.6	101.9

・ビーム

ビームに発生した最大張力を表－７．２．２２に示す。

ビームに発生した最大張力は、B9で衝突前半時に生じた226.4kNであった。衝突時におけるコルゲーションの潰　れはあるが、破断や亀裂は無くビームの強度に問題は無いと考えられる。

表－７．２．２２　ビームの最大張力

ビーム番号	発生時間(ｓ)	ビーム張力(kN)
B5	0.655	141.1
B9	0.365	226.4
B11	0.683	118.6

・ブラケット

ブラケットの回転は P14～P19間で確認され、残留柵高さにおいては最大1m(P19)を保っていた。

ブラケットの回転とビーム天端高さを表－７．２．２３に示す。

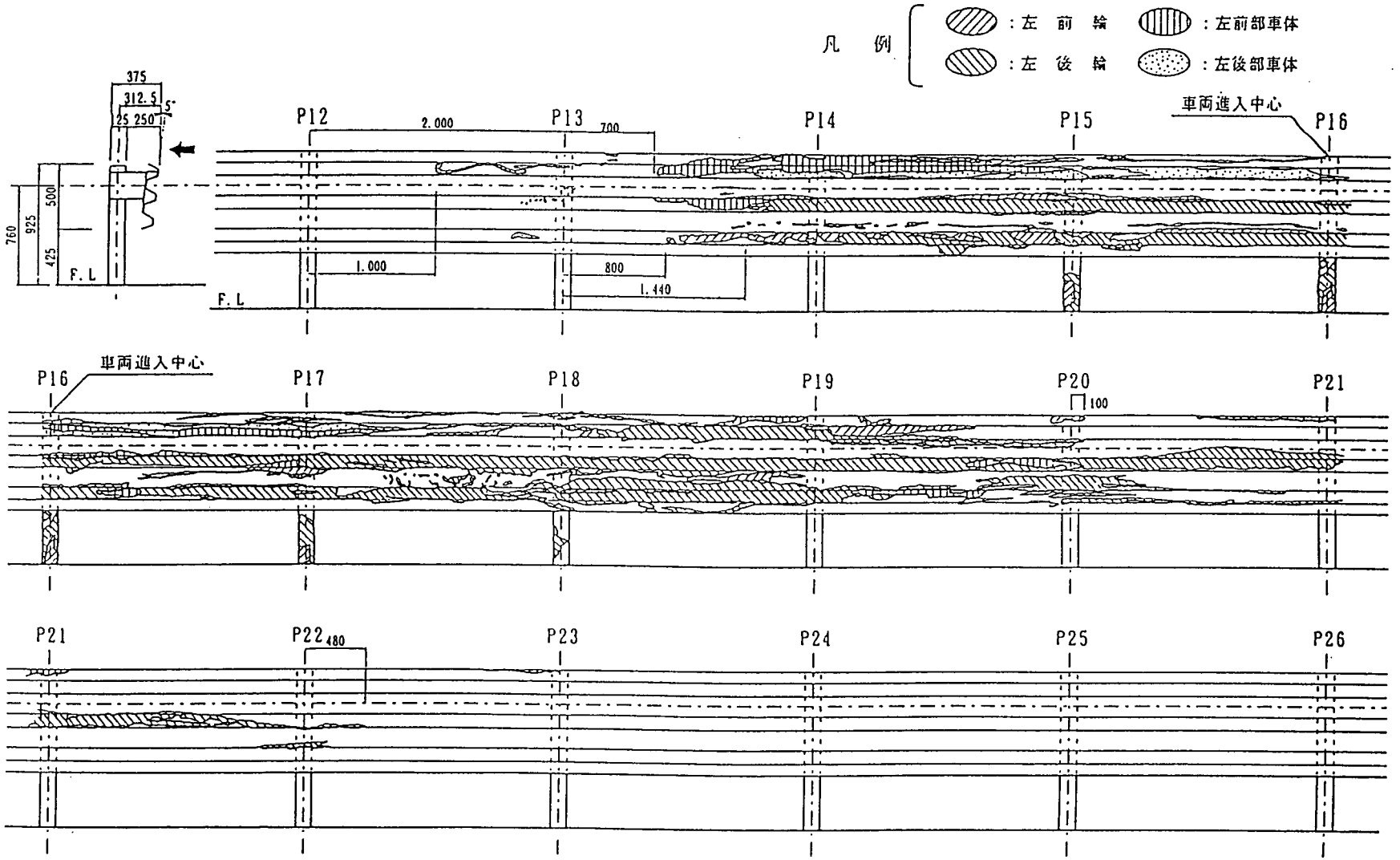
表－７．２．２３　ブラケット回転とビーム天端高さ

支柱番号	P14	P15	P16	P17	P18	P19
ﾋﾞｰﾑ天端高さ(mm)	927	953	898	904	975	1001
ﾌﾞﾗｹｯﾄ回転　(度)	10	25	20	22.5	20	30
支柱傾斜角　(度)	10	25	35	34	22	18
支柱曲がり(GL下)	435	260	195	215	275	385

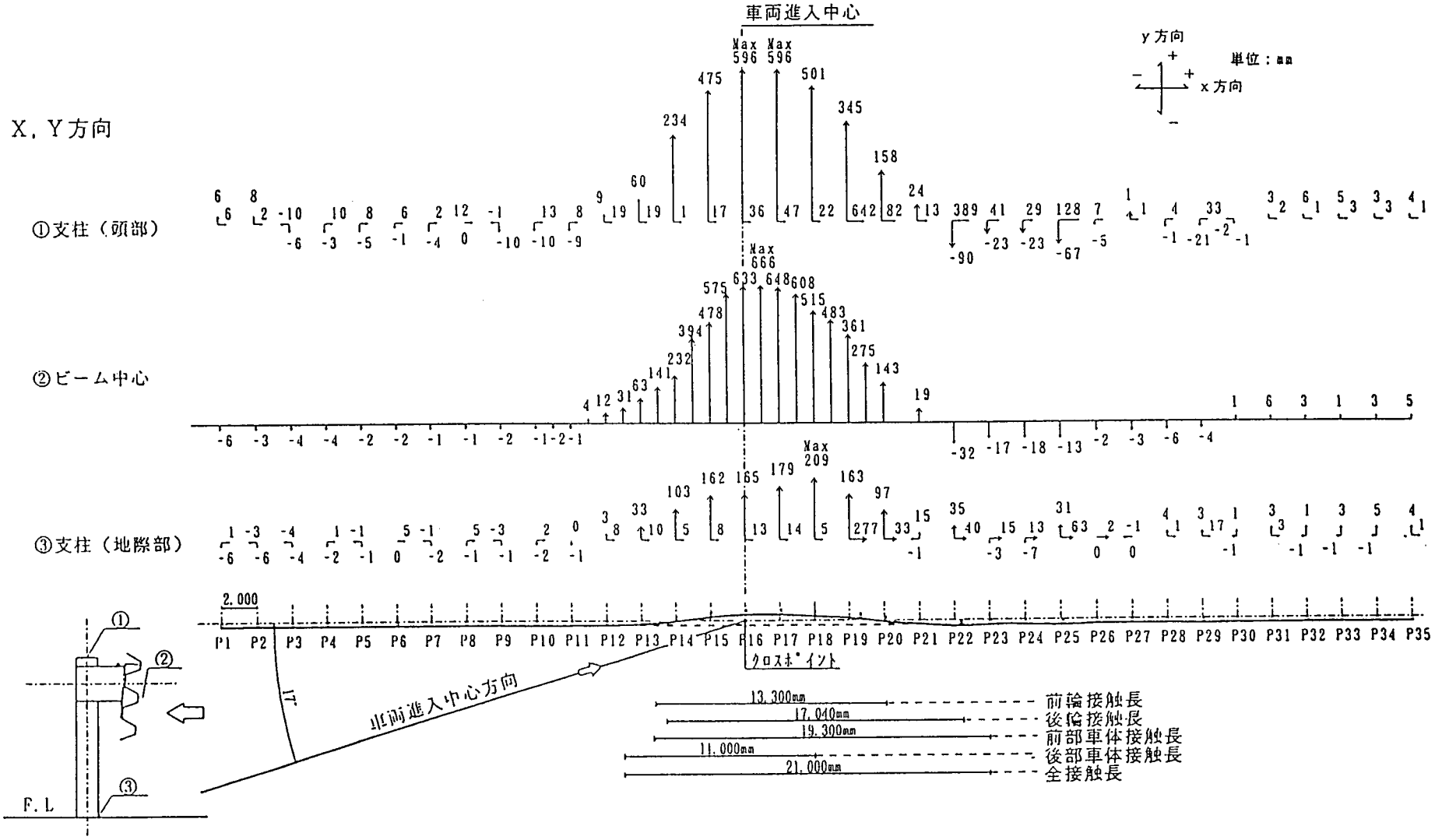
③ 防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長は、P12～P23の21mであり、残留変位区間長は28ｍであった。

車両の接触跡を図－７．２．２０、残留変位を図－７．２．２１に示す。



図－7.2.20　車両の接触跡　(単位：mm)



図－7．2．21　残留変位（単位：mm）

・支柱

支柱と車輪との接触は前輪で３本（P15～P17）、後輪で４本（P15～P18）であった。支柱の折れ曲がりは８本（内1本進行方向）、支柱の最大残留変位量はＹ方向に596mm(P16, 17)、Ｘ方向に642mm(P19)であった。

・ビーム

ビームはコルゲーションの潰れが8m(P14～P18)で、孔あきや破断等は無かった。

最大残留変位量はＹ方向に666mm(P16, 17間)であった。

・ブラケット

ブラケットの側面や頂部損傷が４箇所(P20～P23)にあった。

ビームから脱落したブラケットが１箇所（P19）あった。これは、車両の荷台による支柱頭部の引っかけによるものと考えられる。

・ボルト及び接合部

ブラケットとビームの取り付けボルトの脱落がP19で４本あった。

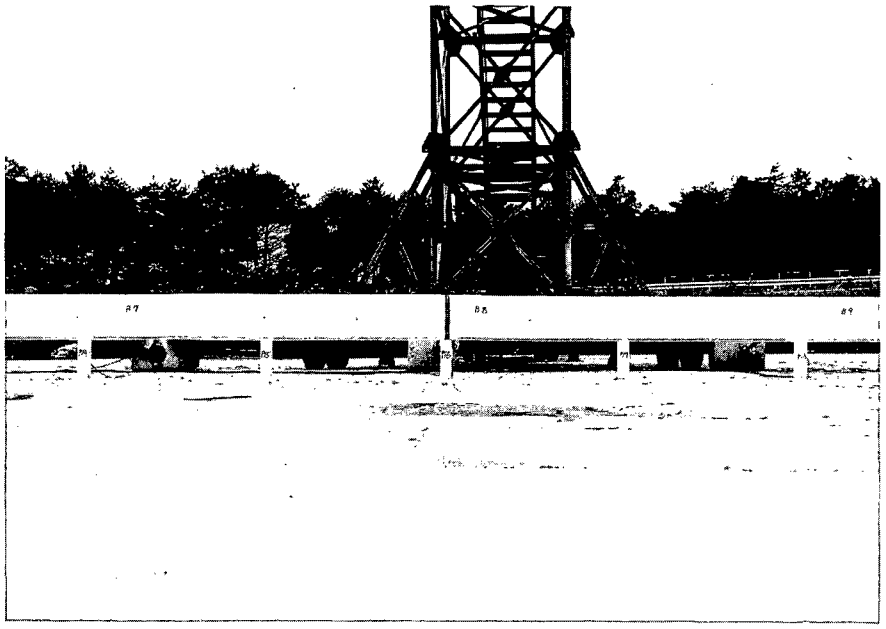
④ 車両損傷状況

車両の損傷状況は、車輪のバーストは無く、左側前後輪のホイール外縁の損傷、前部バンパーの脱落、左側前輪ステアリングの変形、左側板バネの後方への移動、左側後部あおりの脱落があった。

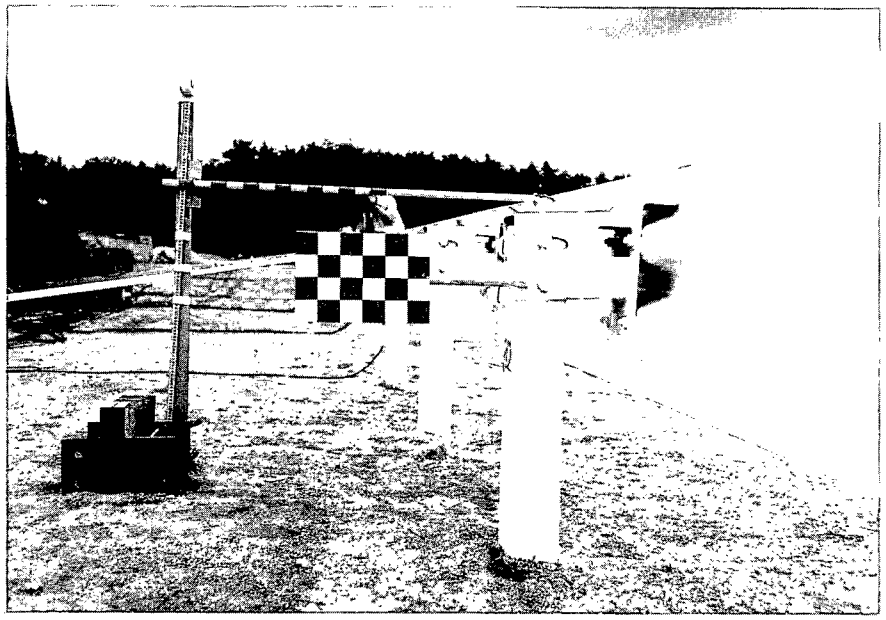
自力走行は不可能であった。

⑤ 考察

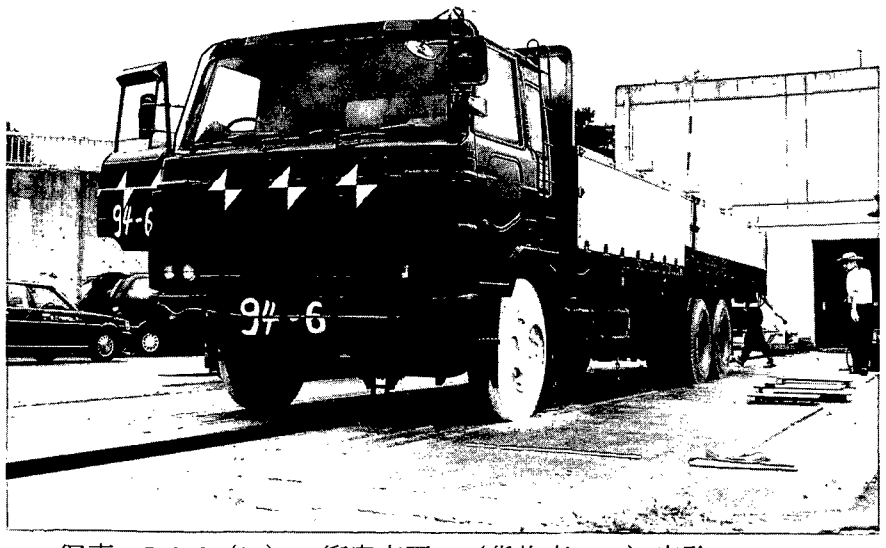
残留柵高さは最大1mを示していたことから、ブラケットの回転機能は確認された。しかし、車両の荷台を支持するには不十分であり車両が横転する結果となった。貨物車の高速度衝突において車両を良好に誘導するには、荷台を支持できる部材の配置が必要と考えられる。



写真－7.2.2（22）　供試体（Ｇｒ－４０）実験３



写真－7.2.2（23）　供試体（Ｇｒ－４０）実験３



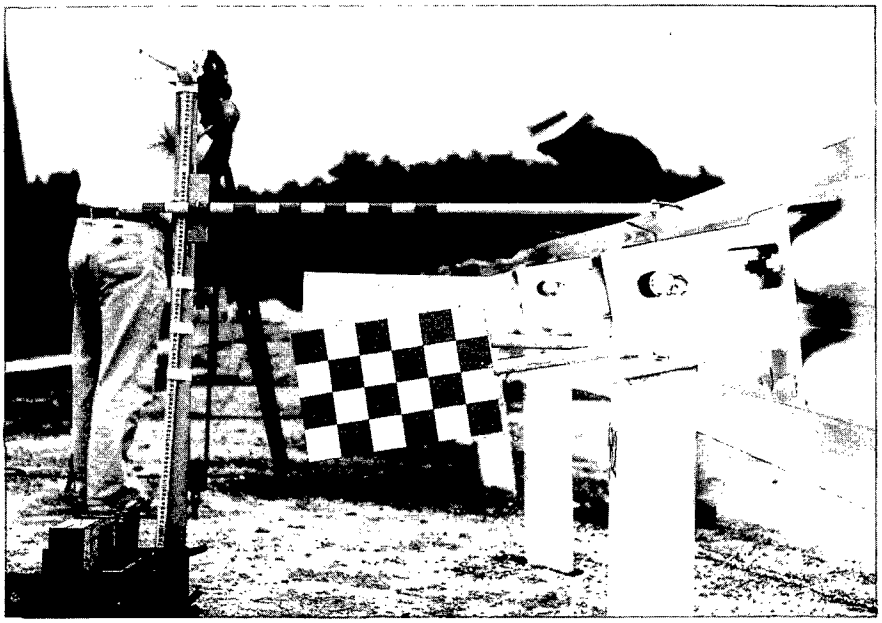
写真－7.2.2（24）　衝突車両　（貨物車 20t）実験３



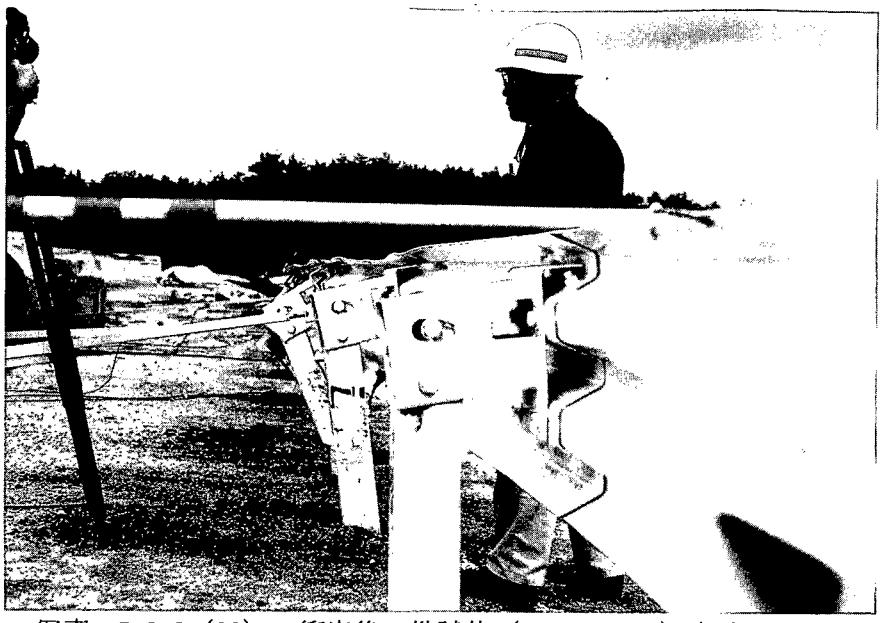
写真－7.2.2（25）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験３



写真－7.2.2（26）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験３



写真－7.2.2（27）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験３



写真－7.2.2（28）　衝突後の供試体（Ｇｒ－４０）実験３



写真－7.2.2（29）　衝突後の車両　実験３



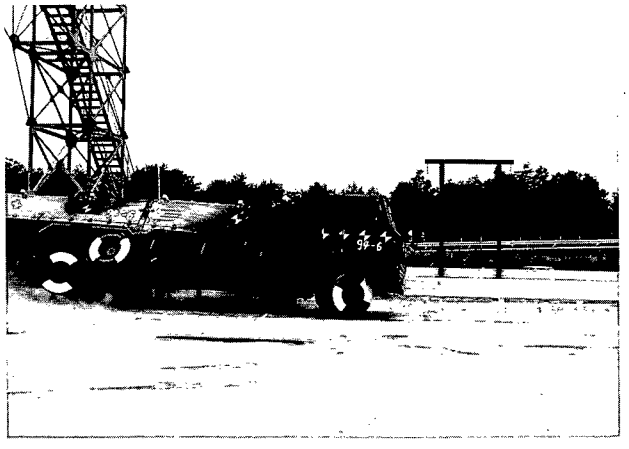
写真－7.2.2（30）　衝突後の車両　実験３



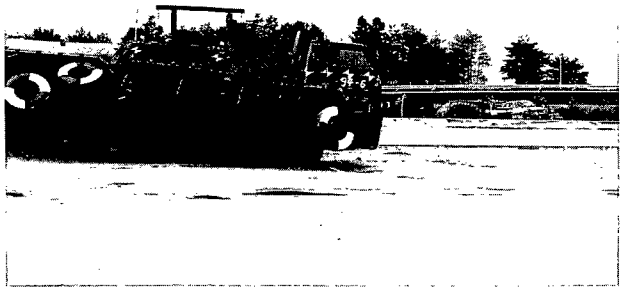






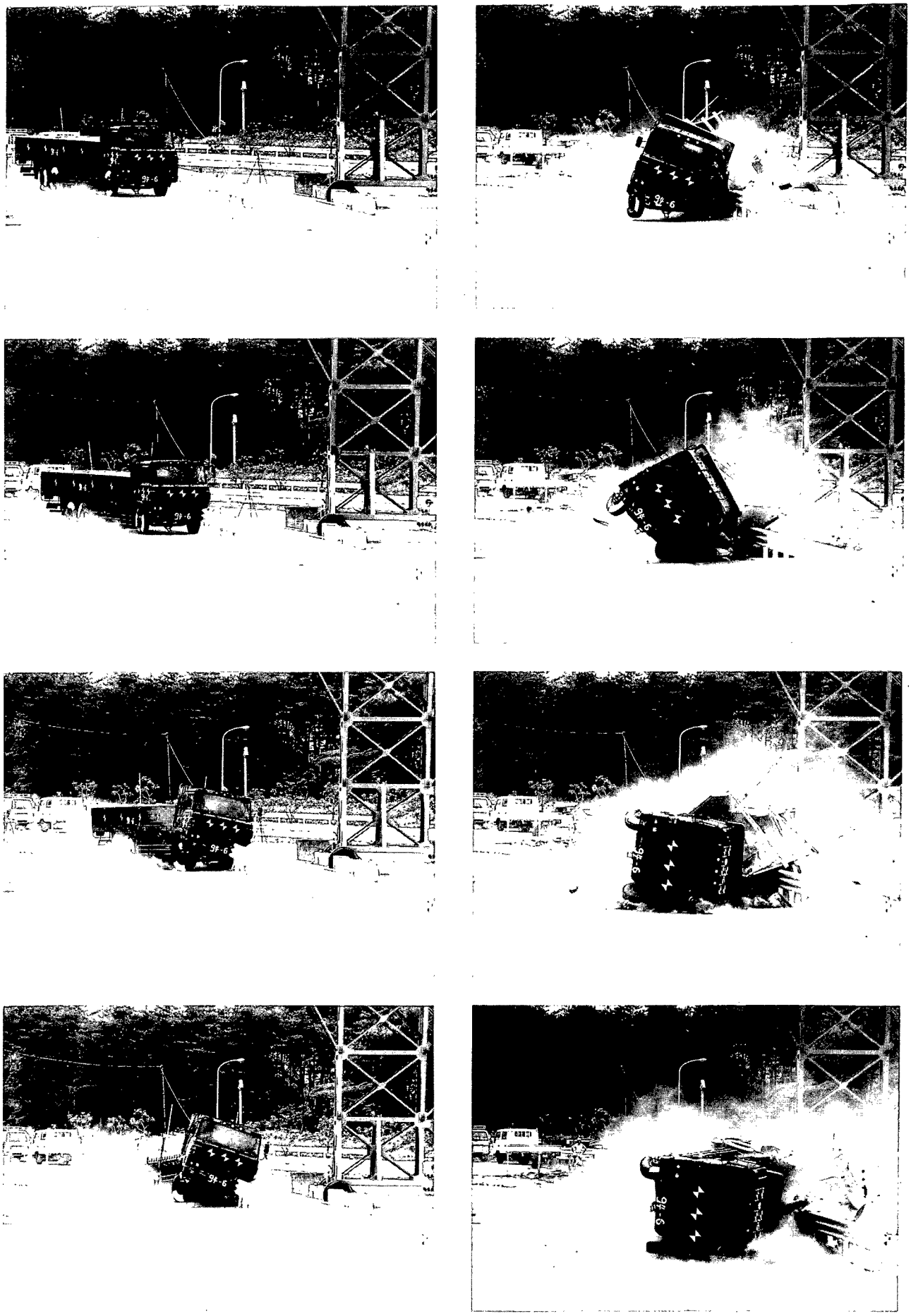








写真－7.2.2（31）　衝突状況　（Ｇｒ－４０）実験３



写真－7.2.2（32）　衝突状況　（Ｇｒ－４０）実験３

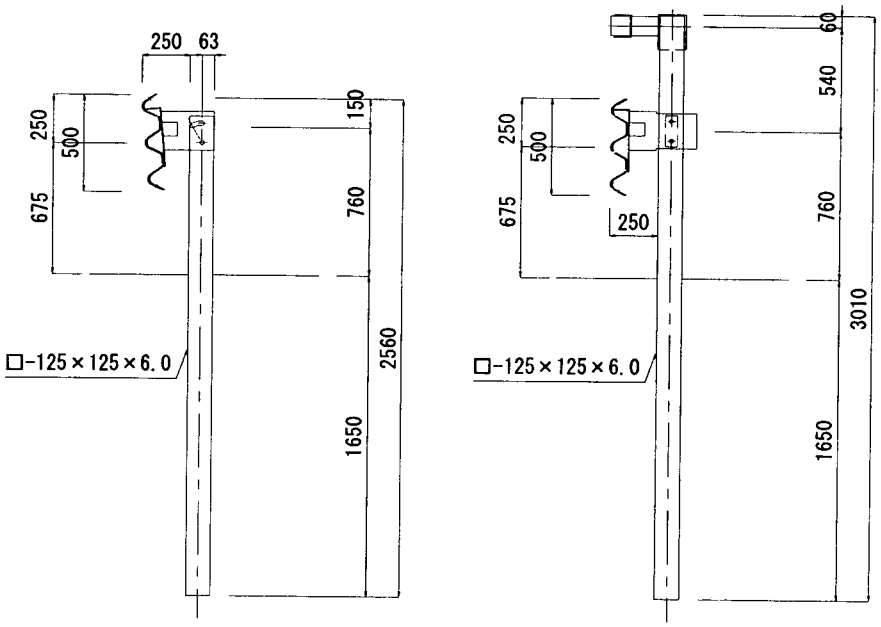
（6）実験４

1）供試体構造

これまでの３回の実験に使用した供試体構造は、柵高さを現道での適用を考慮して極力低く押さえるように意図した。このことはある意味で柵高さの極限に近い状態に設定していたのではないかと考えられた。しかし、高衝撃度下で車両を良好に誘導するには、防護柵の強度面だけではなく、適正な柵高さの設定が必要であることがわかった。

実験４では、第８章で述べているような車両横転が阻止できる適正柵高さの検討を行い、その結果を基にして新たな横梁２段型構造とした。（以下、下段の３山ビームを「ビーム」と称し、上段ビームを「上段ビーム」と称する。）

改良構造の断面図を図－７．２．２２に示す。



実験３　　実験４

図－７．２．２２　断面図　（単位：mm）

2）衝突条件

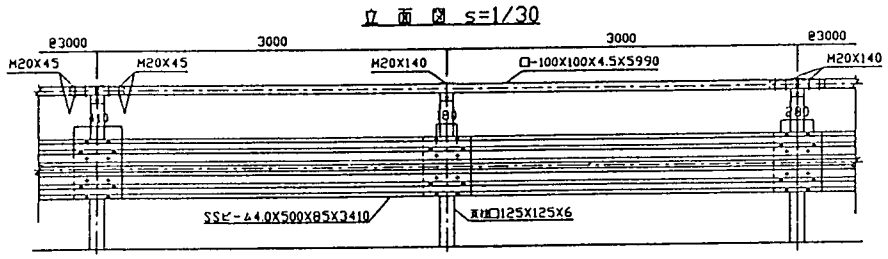
衝突条件を表－７．２．２４に示す。

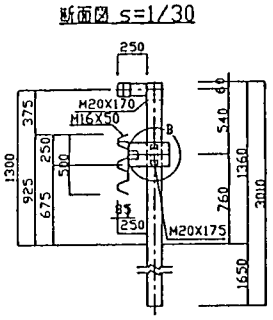
表－７．２．２４　衝突条件

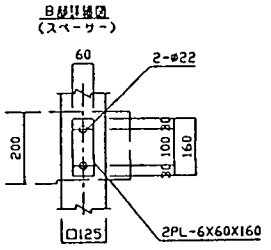
衝突車両	貨 物 車
車両質量	20 t
衝突速度	80 km/h
衝突角度	17 度
衝撃度	421 kJ

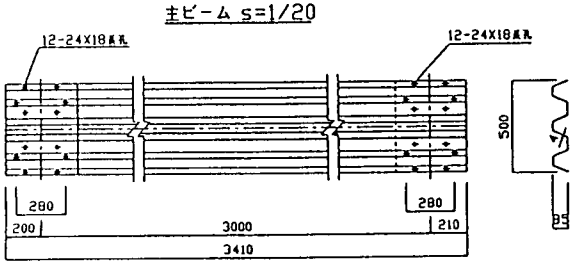
3）供試体

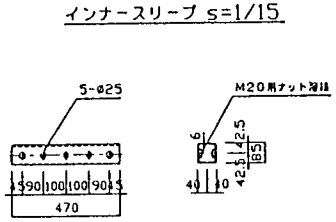
供試体を図－７．２．２３をに示す。

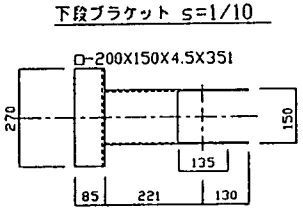


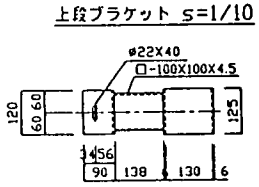


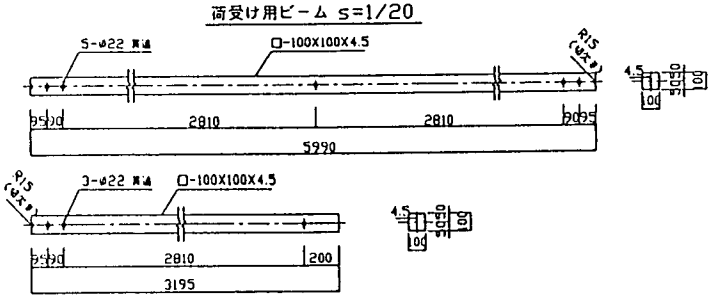


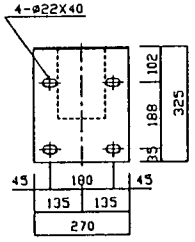


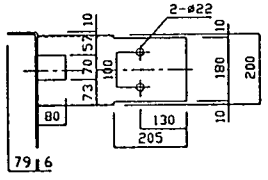


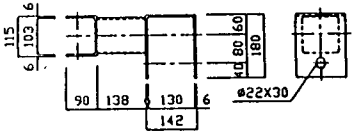






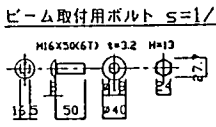


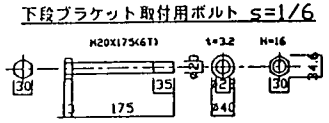


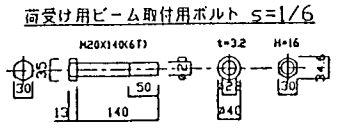


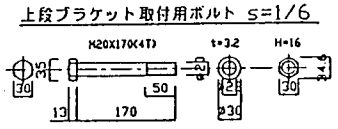
(69m一連)

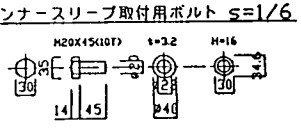
部 品 名	寸 法(mm)	単位重量(Kg)	数 量	重 量(Kg)
主ビーム	500X85X4X3410	83.5	23	1920.5
両受けビーム	□-100X100X4.5X5990	78.4	11	862.4
両受けビーム	□-100X100X4.5X3195	41.8	1	41.8
支柱	□-125X125X6.0X3005	66.1	24	1586.4
主ビーム用ブラケット	□-200X150X4.5X351	13.5	24	324
両受けビーム用ブラケット	□-100X100X4.5X138	6.3	24	151.2
インナースリーブ	[-85X40X6.0X470	3.5	24	84
ボルト・ナット	M16X50	0.14	272	38.1
	M20X175	0.582	48	27.9
	M20X170	0.579	24	13.9
	M20X45	0.27	46	12.4
	M20X140	0.505	47	23.7
合 計	5086.3Kg		(73.7Kg/m)	











図－7．2．23 供試体構造図 (単位：mm)

4）衝突シミュレーションの検討

① 衝突シミュレーション結果

衝突シミュレーションの結果を表－７．２．２５に示す。

ビームの最大張力は許容値の960kNに対して629kNであった。車両の最大進人行程、最大変位量の許容値については、既往実験の２段型構造であるＧｒ－ＳＳ改良２型の計算結果を目安に設定を行った。

② 柵高さ

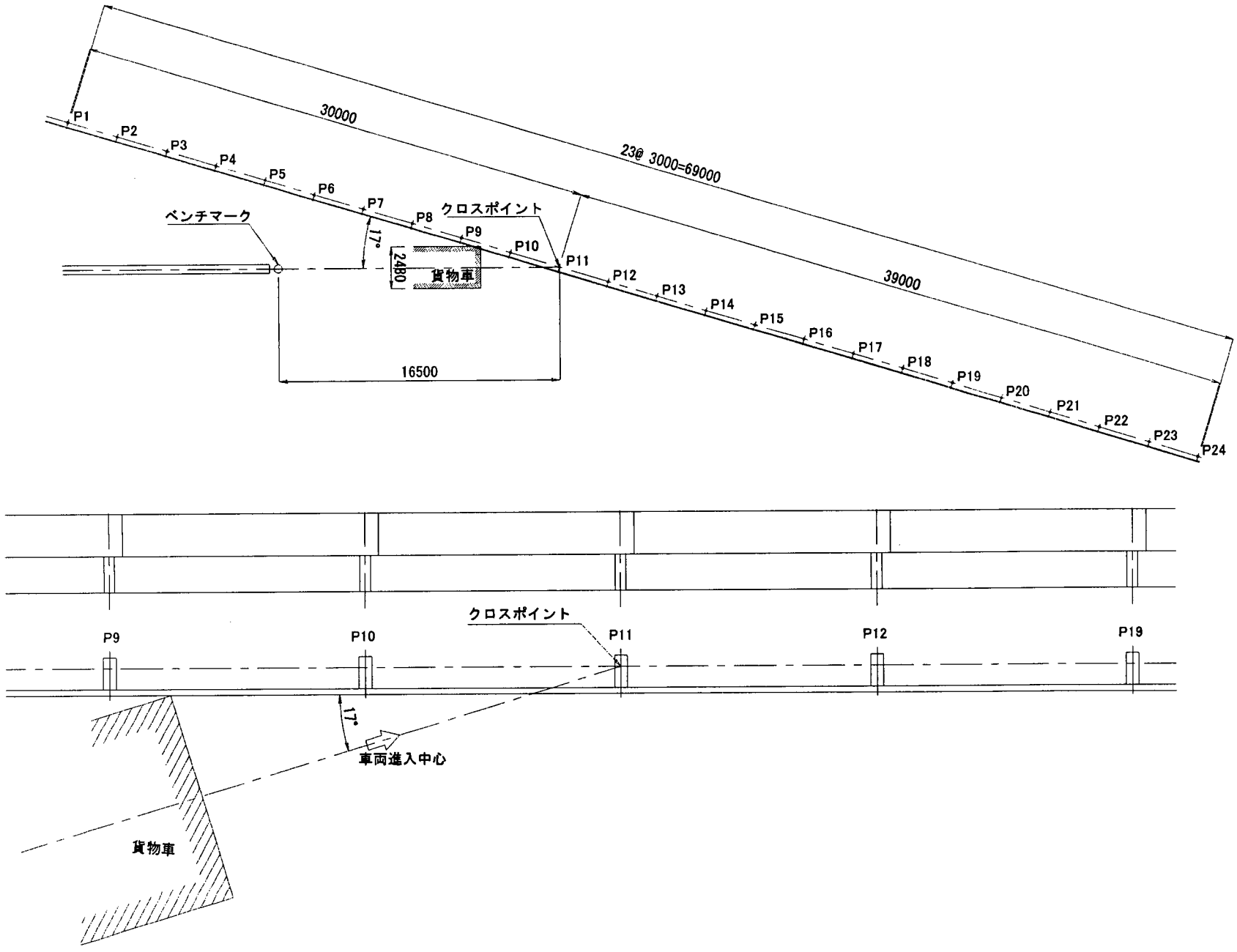
車両衝突時に起こる横転現象については、第８章で述べる、Ａ、Ｂ、Ｃの３式を用いて検討した結果、柵高さは 1200mm以上必要であることが判明した。400kJの上位構造では、柵高さ1300mmで検証済みであり、視線誘導や上位構造との設置高さの連続性を考慮して柵高さを1300mmに設定した。

表－７．２．２５　シミュレーション結果

	ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ値
離脱速度　(km/h)	68
離脱角度　(度)	12.6
最大進入行程　(mm)	570
防護柵変形範囲　(m)	33
ﾋﾞｰﾑ最大張力　(kN)	629
ﾋﾞｰﾑ最大変位量 (mm)	760
支柱最大水平力 (kN)	60
支柱最大変位量 (mm)	712
水 平 力　(kN)	228

5）供試体の配置

供試体の配置を図－７．２．２４に示す。



図－7．2．24　供試体の配置図　（単位：mm）

6）実験結果および考察

実験結果を、表－７．２．２６示す。

表－７．２．２６　実験結果一覧表

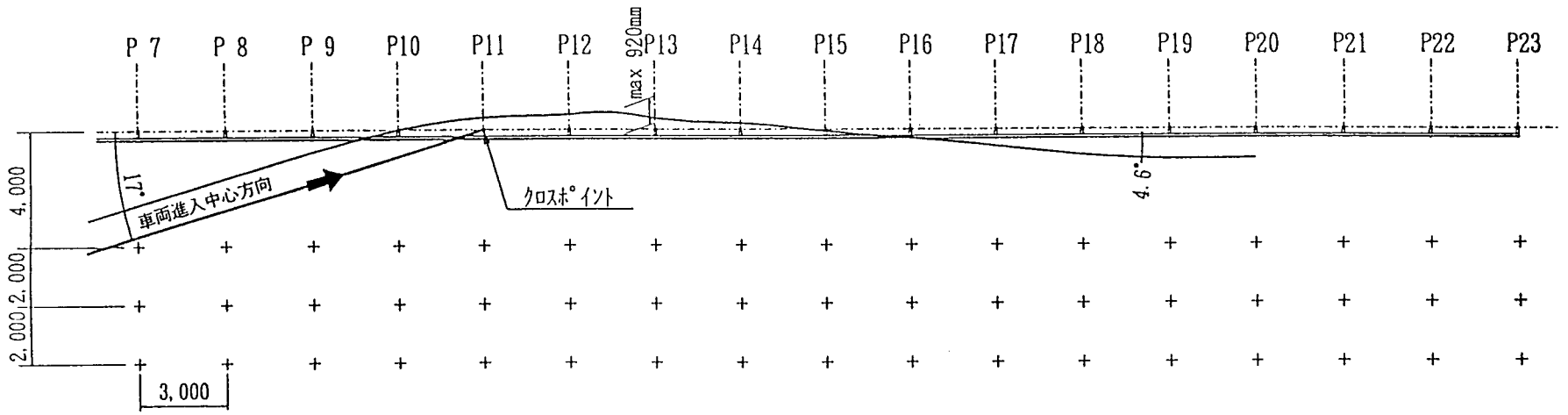
				結　果
衝突条件	車両質量 (t)			20
	衝突速度 (km/h)			81.3
	衝突角度 (度)			17
	衝撃度 (kJ)			435
離脱速度 (km/h)				66.9
離脱角度 (度)				4.6
ビーム接触長 (m)				一次 24.58, 二次 5.9
防護柵最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		―――
		残留	直角(Y)方向 (mm)	1400
			延長(X)方向 (mm)	67
	直角方向ﾋﾞｰﾑ残留変位 (mm)		ﾋﾞｰﾑ	998
			上段ﾋﾞｰﾑ	835
最大進入行程 (mm)				635
車両最大傾斜角(度)	前端			―――
	後端			―――
支柱最大水平力 (kN)				―――
ビーム最大張力 (kN)	ビーム			―――
	上段ビーム			―――
加速度重心	50ms値	進入(X)方向 (m/s²)		16.7
		直角(Y)方向 (m/s²)		78.4
		垂直(Z)方向 (m/s²)		38.2
		合成 (m/s²)		78.4
HIC値	運転席ダミー			―――
	助手席ダミー			―――

①車両誘導性

車両は速度81.3km/h、角度17度で防護柵に衝突した。衝突後車両の前後輪が支柱を踏みつけて、防護柵を大きく変形させた。そのことで車両右側の後輪が大きく浮き上がり荷台が傾いたが、上段ビームが支持したことで車両は姿勢を復元し浅い角度で誘導された。土嚢の飛散も無かった。

衝突速度81.3km/hに対して、離脱速度は66.9km/hで減速率は18%であり、一方離脱角度は4.6度で衝突角度の27%で、いずれも許容値以内であった。以上の結果より、車両の誘導性は良好であったと考えられる。

車両の軌跡を図－７．２．２５に示す。



離 脱 角 度 ： 4.6 度

最大進入行程： 920mm (P12～P13) 後輪外側

図－7．2．25 車両の軌跡 (単位：mm)

② 防護柵の構造

車両の前後輪による支柱の踏みつけが4本確認され、支柱の曲がりは7本で、GL-270mm（平均）の位置に発生していた。支柱の傾斜角が最大で54度と大きく変形したが、上段ビームは車両荷台の慣性力を受け止めたと判断できる。各構成部材の変形は大きいものの、破断や亀裂はなく問題はないと考えられる。

・柵高さ

衝突初期では、車両前部をビームと上段ビームで受け止めて、車両後部は防護柵側へ大きく傾いた。

上段ビームに車両の接触跡が13.5m確認されたことから、荷台の大半を支持していることがわかった。柵高さ1.3mに対して、車両の荷台接触高さは1.5m付近で、荷台前部より約6.5mの位置にあることから、車両が大きく傾き荷台が沈んだためと思われる。車両荷台下端より0.28m高い位置での接触であった。

③ 防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長は一次接触で24.56m(P8～P17)、二次接触で6.11m(P22～P24)であり、残留変位区間長は48mであった。

車両の接触跡を図－７．２．２６、残留変位を図－７．２．２７に示す。

・支柱

支柱と車輪接触は、前輪で3本(P11～P13)，後輪で4本(P11～P14)あり、支柱は7本（P9～P15）が〝く〟の字に変形し、GL－170～520mm（平均270mm）の深さで折れ曲がっていた。支柱の最大残留変位量は　Ｙ方向に1400mm(P12)、Ｘ方向に67mm(P7)であり、支柱の傾きは倒れがもっとも大きいP12で54度であった。

・ビームおよび上段ビーム

ビームは、荷台の引掛けによるコルゲーションの潰れが9m(P14～P17)で、亀裂、支圧破壊は無かった。

上段ビームは大きく変形はしたが、亀裂や破断はなっかた。

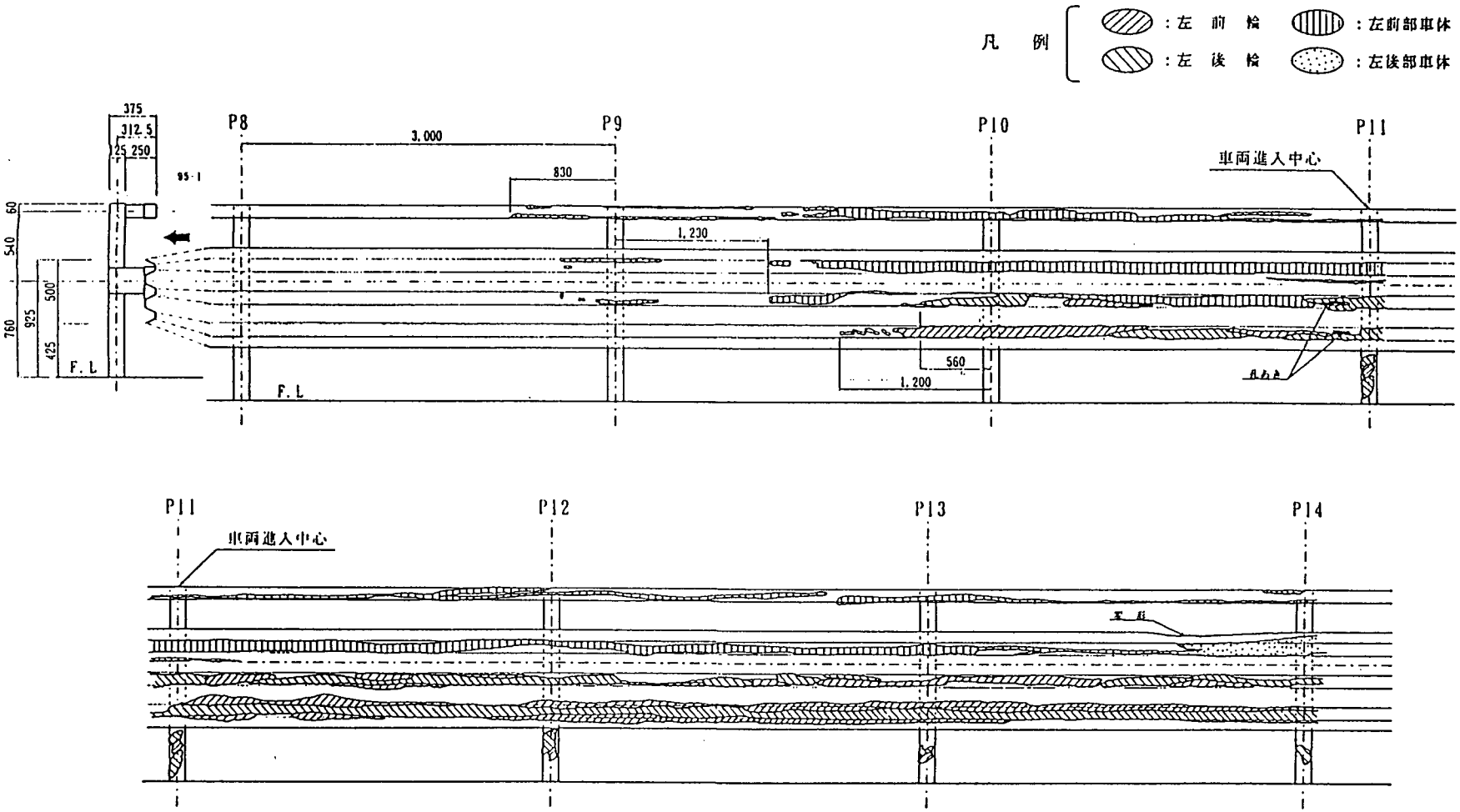
ビームの最大残留変位量はＹ方向に998mm(P11,12間)であり、上段ビームの最大残留変位量は、Ｙ方向に1479mm(P11,P12)であった。

・ブラケット

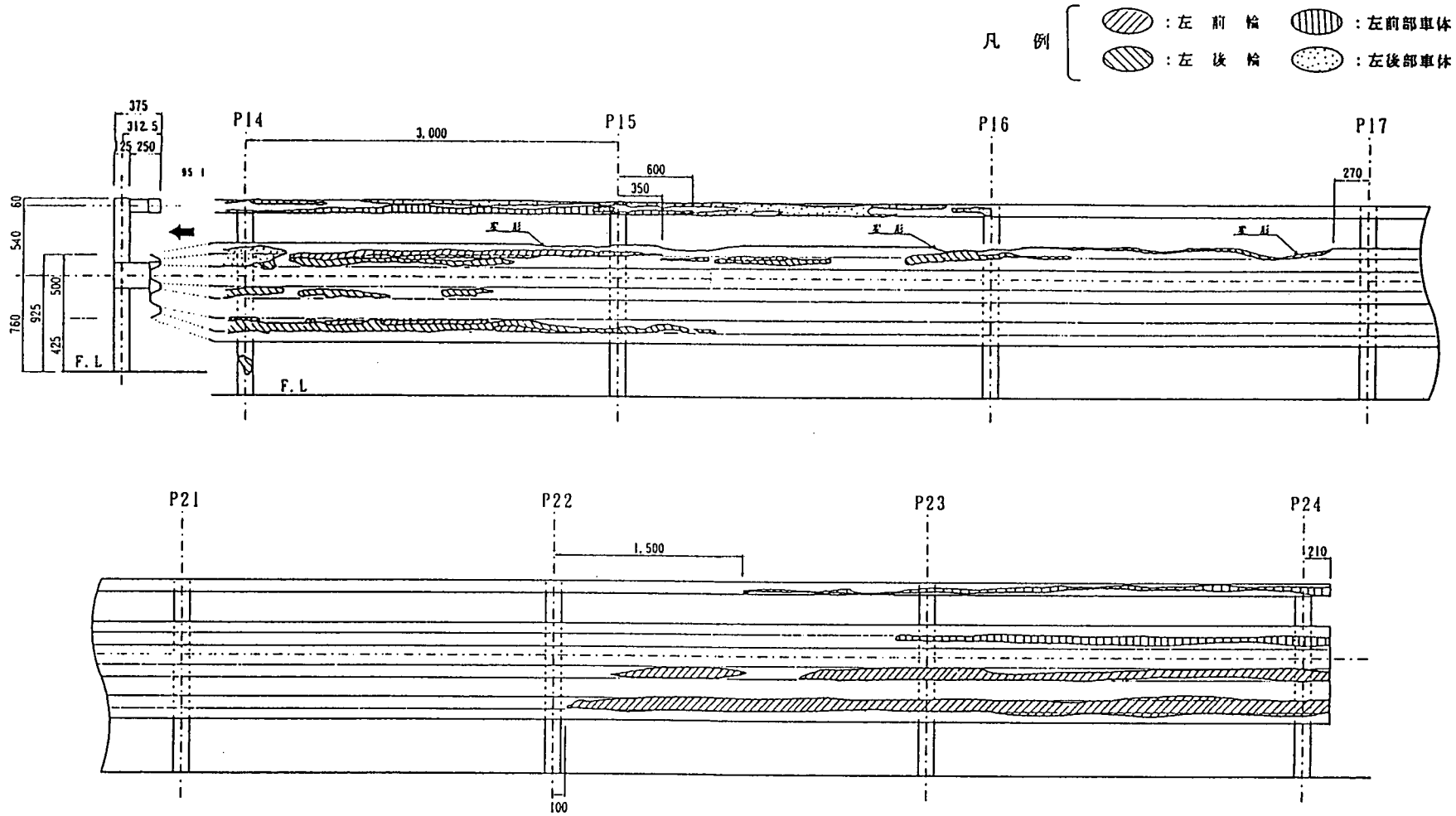
ビーム、上段ビーム用共に、ブラケットの変形はほとんど見られなかった。

・ボルト及び接合部

ボルトの破断、脱落はなかった。



図－7．2．26　車両の接触跡　（単位：mm）



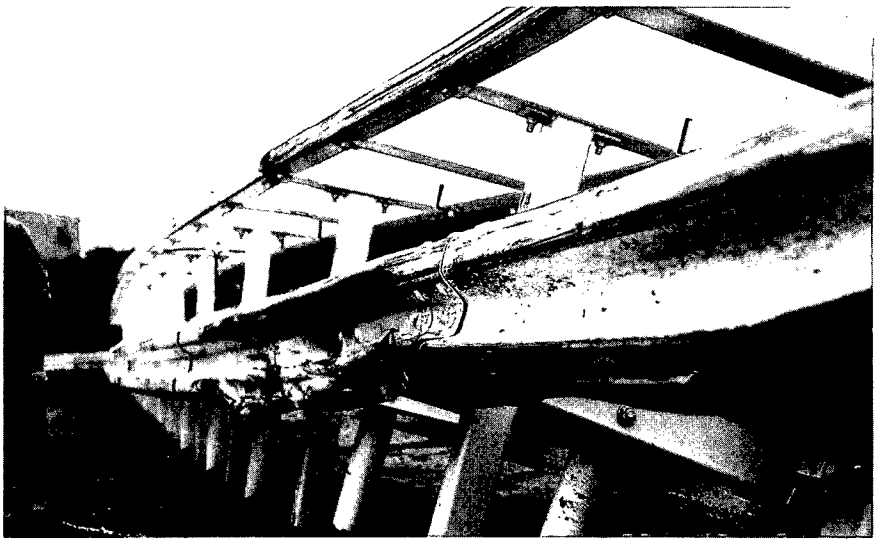
図－7．2．27　車両の接触跡　（単位：mm）

一　次　接　触

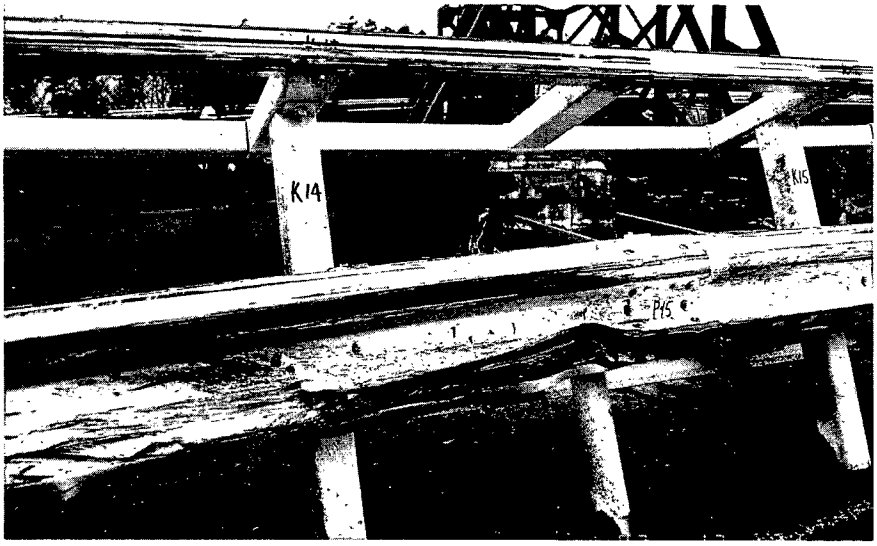
左前輪接触長　：16,550 mm　(P9+1,800～P15+350)
左後輪接触長　：21,290 mm　(P9+2,440～P16+2,730)
左前部車体接触長：17,370 mm　(P9+1,230～P15+600)
左後部車体接触長：21,830 mm　(P8+2,170～P16)
全　接　触　長　：24,560 mm　(P8+2,170～P16+2,730)

二　次　接　触

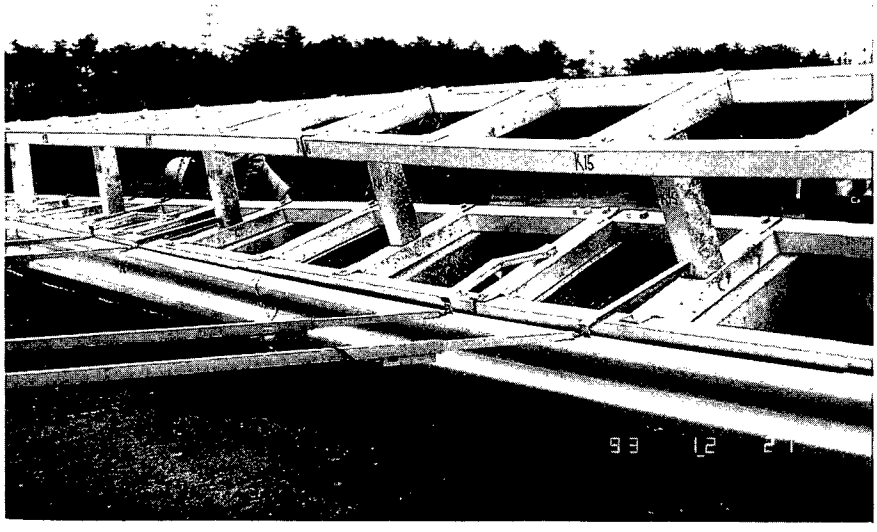
左前輪接触長　：6,110 mm　(P22+100～END(P24+210))
左前部車体接触長：4,710 mm　(P22+1,500～END(P24+210))
全　接　触　長　：6,110 mm　(P22+100～END(P24+210))



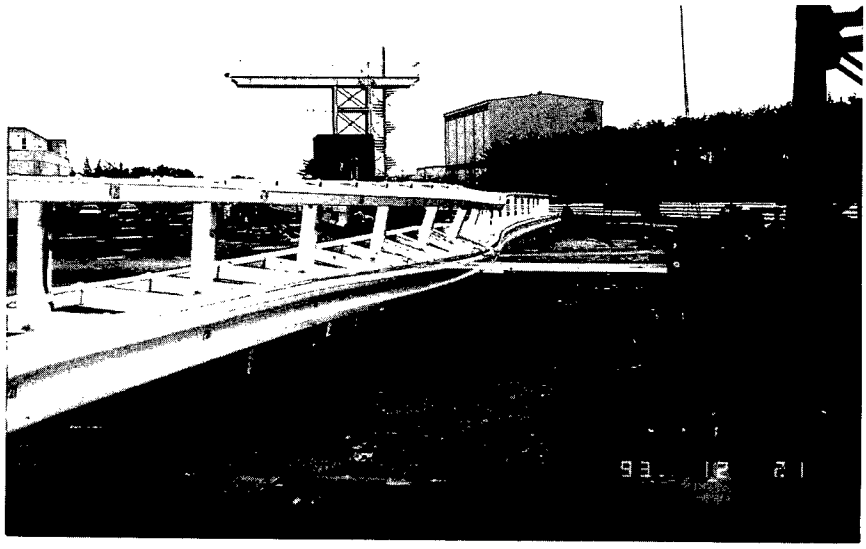
写真－7.3.5(4)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



写真－7.3.5(5)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



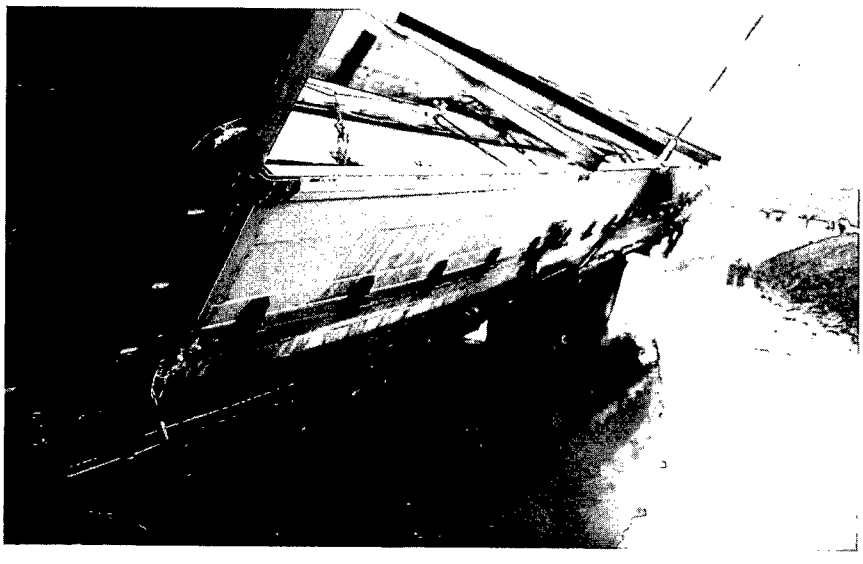
写真－7.3.5(6)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



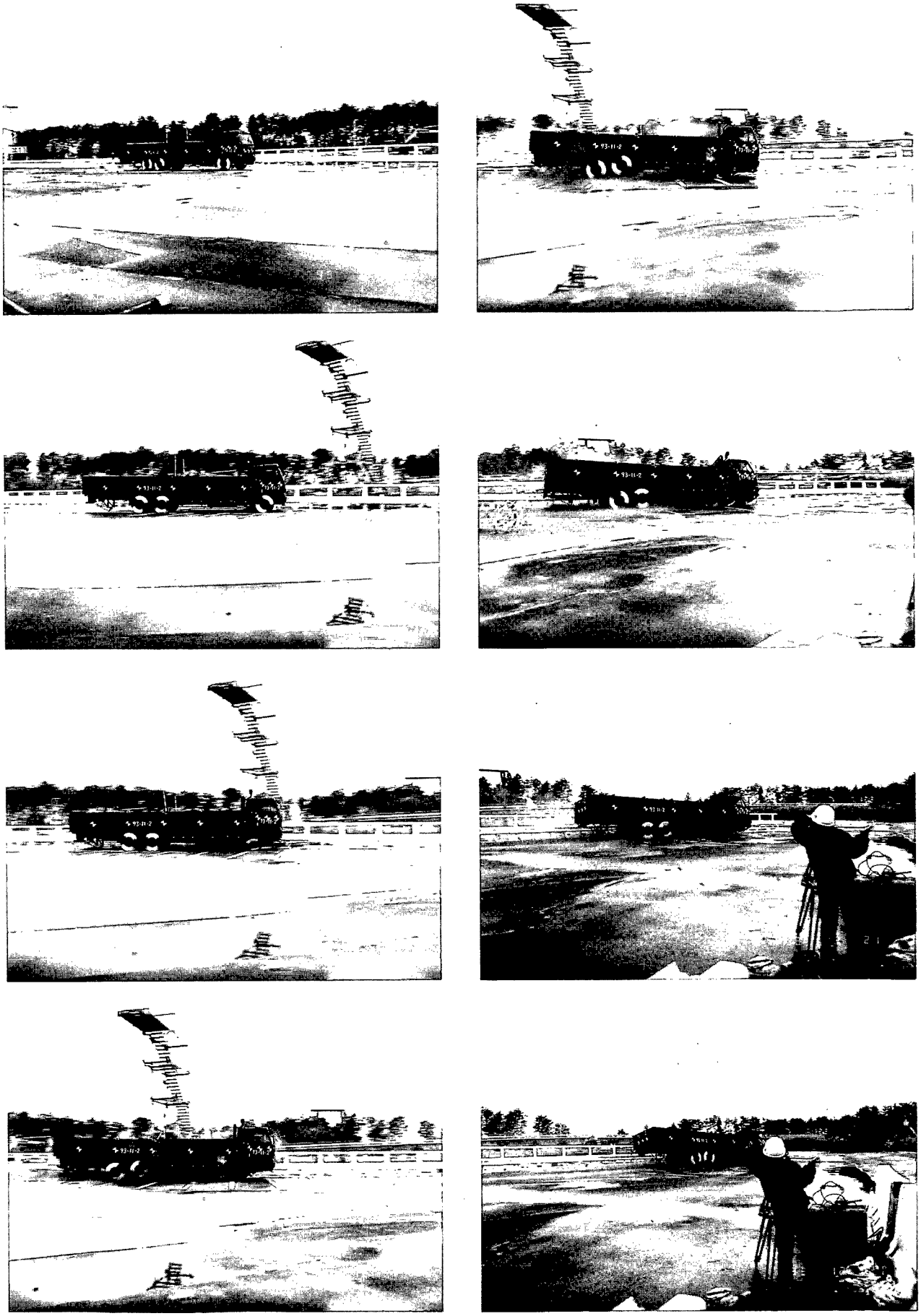
写真－7.3.5(7)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



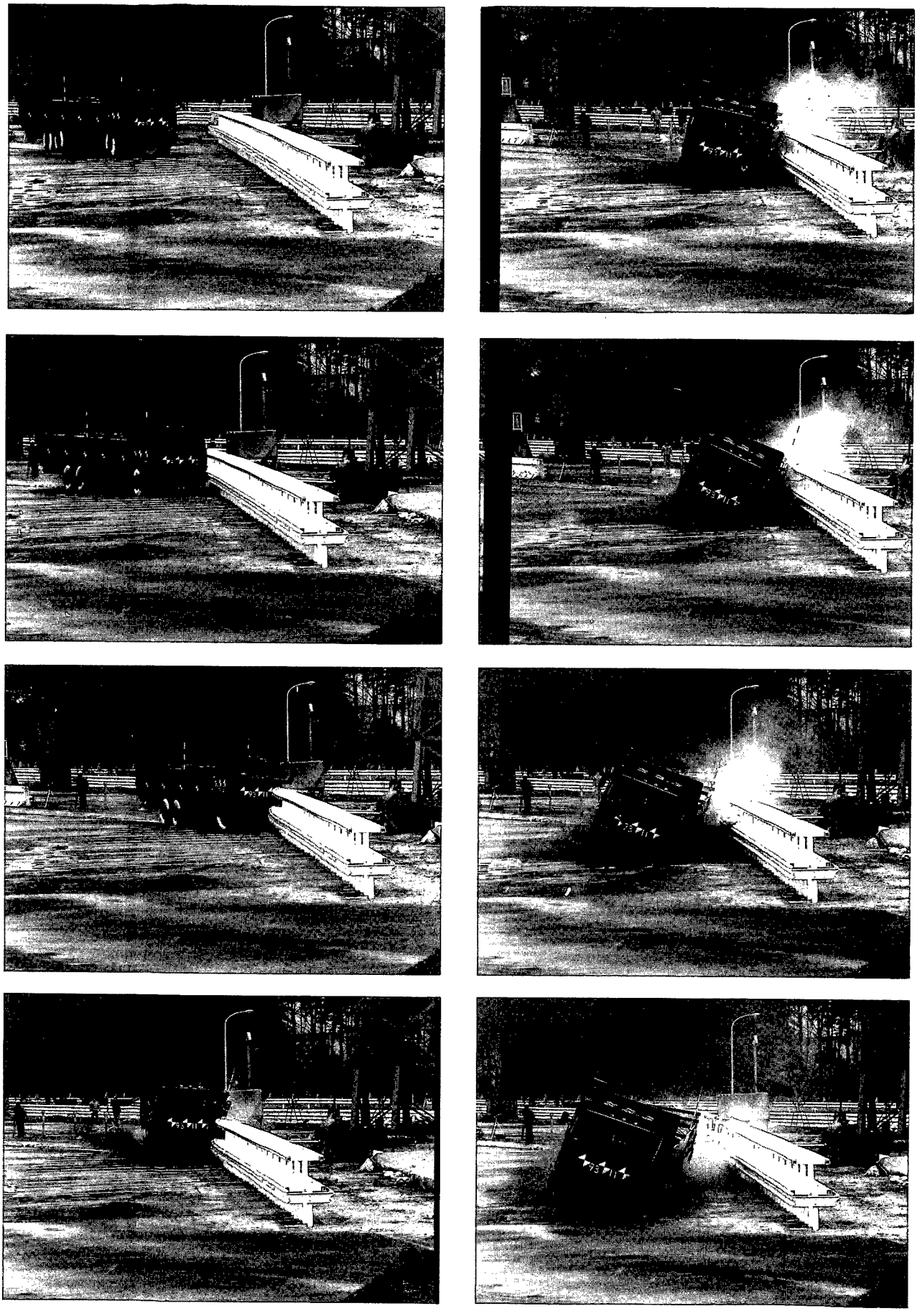
写真－7.3.5(8)　衝突後の車両（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



写真－7.3.5(9)　衝突後の車両（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



写真－7.3.5(10)　衝突状況（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）



写真－7.3.5(11)　衝突状況（Ｇｒｍ－Ｓ７０－１）

7.3.6分離帯用ガードレール　Grm－S70－2

（1）実験目的

本実験は既設の中央分離帯用ガードレールGrm－Sを強化改良した衝撃度660kJ対応の構造について、実車衝突実験により防護柵機能及び強度検証を行う。

（2）衝突条件

衝突条件を表－7.3.38に示す。

表－7.3.38　衝突条件

衝突車両	貨物車
車両質量	20t
衝突速度	100km/h
衝突角度	17度
衝撃度	660kJ

（3）供試体構造

供試体は既設のGrm－S構造は加工することなく、付加部材の取付けによる強化構造とした。

供試体構造及び部材表を図－7.3.39に示す。

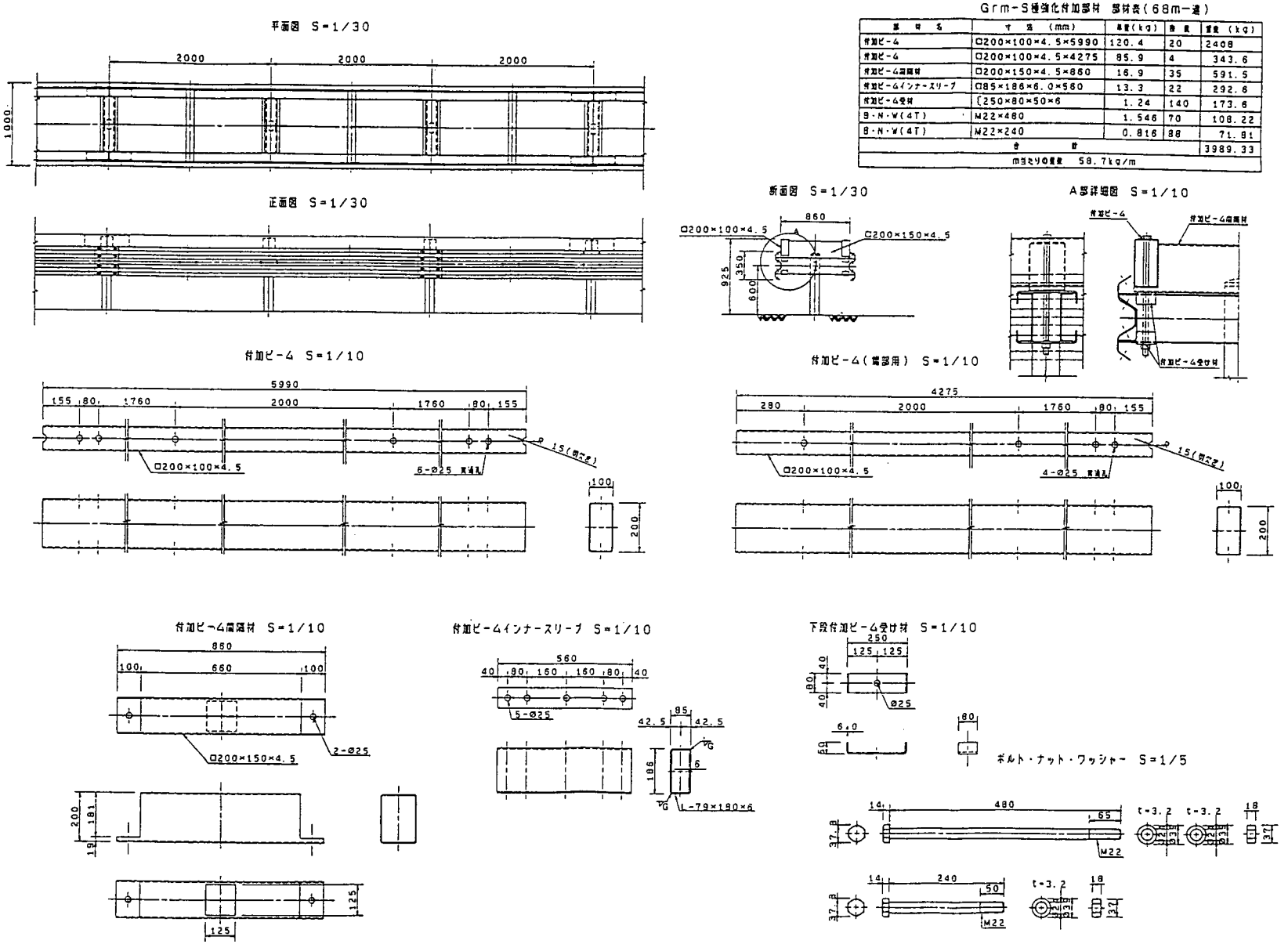
（4）供試体の配置および計測位置

供試体の配置を図－7.3.40に、計測位置を図－7.3.41に示す。

（5）実験結果および考察

車両は防護柵に前部が衝突した後、後部が衝突すると荷台後部がガードレールに乗った状態で天端を横滑りしながら進行し離脱後横転した。

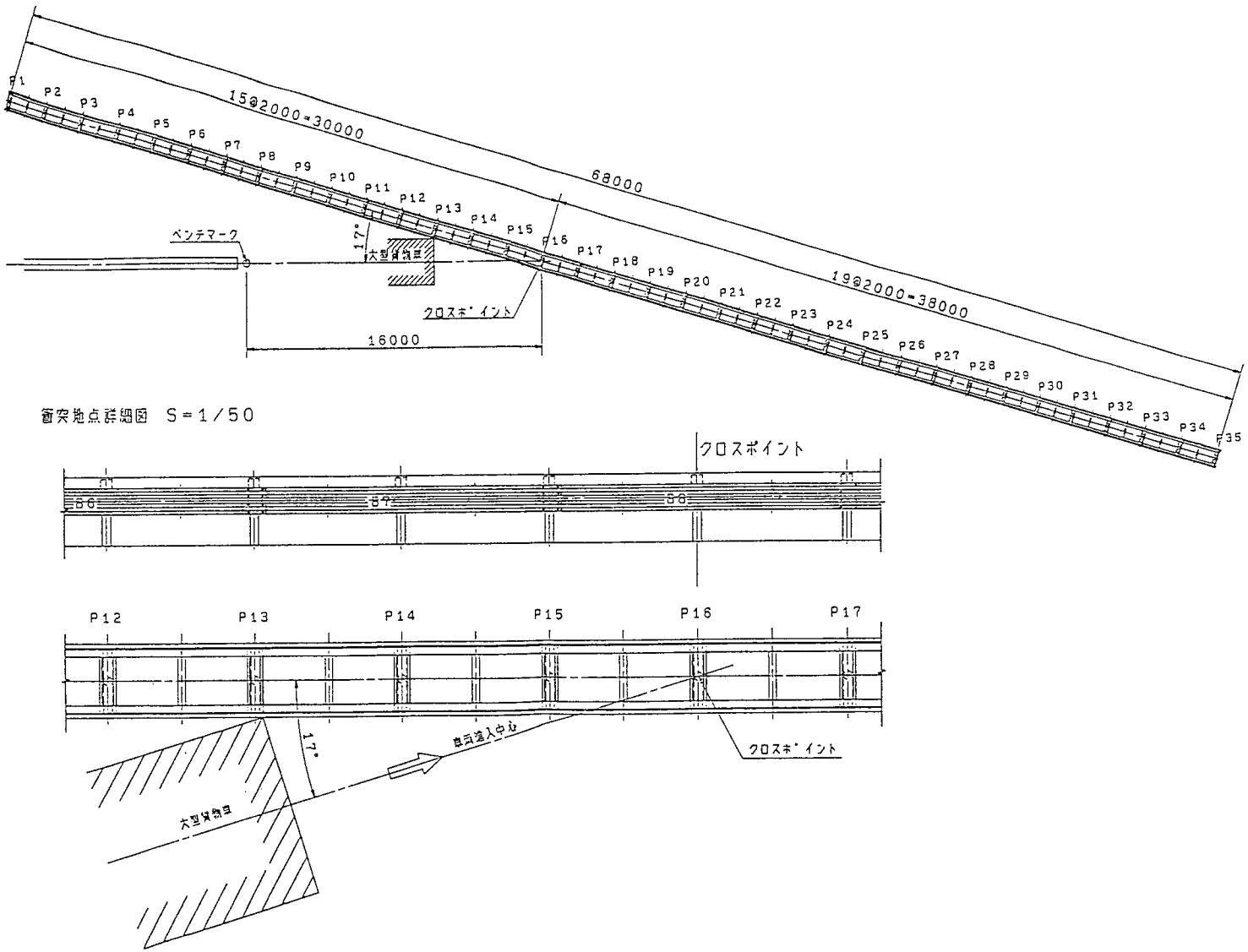
実験結果を表－7.3.39に示す。



Grm-S種強化付加部材 部材表(68m一連)

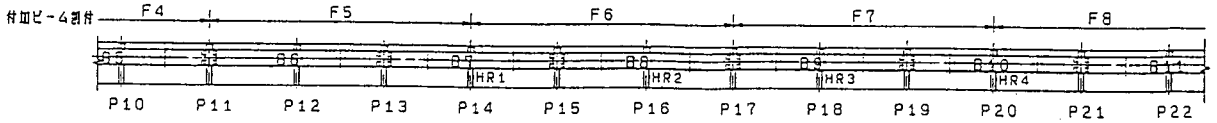
部 材 名	寸 法 (mm)	単重(kg)	数 量	重量 (kg)
付加ビ-4	□200×100×4.5×5990	120.4	20	2408
付加ビ-4	□200×100×4.5×4275	85.9	4	343.6
付加ビ-4端部材	□200×150×4.5×860	16.9	35	591.5
付加ビ-4インナースリーブ	□85×186×6.0×560	13.3	22	292.6
付加ビ-4受材	[250×80×50×6	1.24	140	173.6
B・N・W(4T)	M22×480	1.546	70	108.22
B・N・W(4T)	M22×240	0.816	88	71.81
合 計				3989.33
mまたりの重量 58.7kg/m				

図－7.3.39 供試体構造（単位：mm）

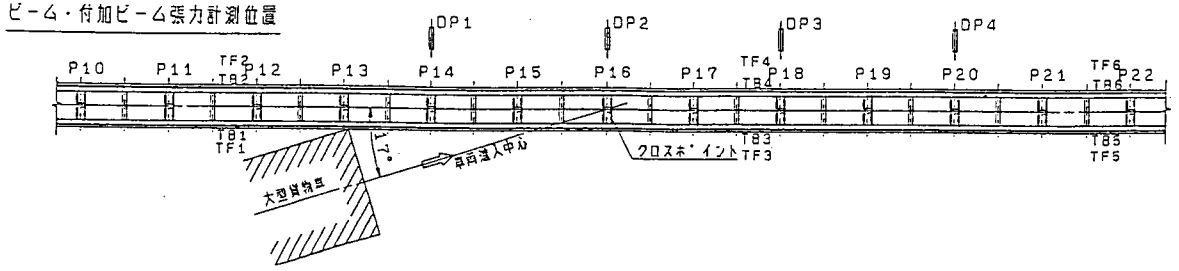


図－7.3.40　供試体の配置図（単位：mm）

支柱水平力計測位置

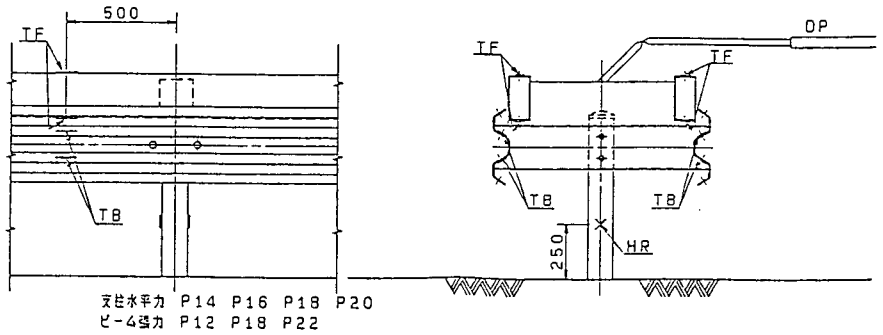


ビーム・付加ビーム張力計測位置



測定項目	記号	測定位置	箇所数	備考
支柱水平力	HR	P14 16 18 20	4	支柱両面、高さ250mm、2軸ゲージ
支柱変位	DP	P14 16 18 20	4	
ビーム張力(表・裏)	TB	B6 9 11	6	ビーム裏面中立軸2ケ所、1軸ゲージ
付加ビーム張力(表・裏)	TF	F5 7 8	6	ビーム裏面中立軸2ケ所、1軸ゲージ
加速度		車両中心	1	XYZ

計測位置詳細図



図－7.3.41　計測位置図（単位：mm）

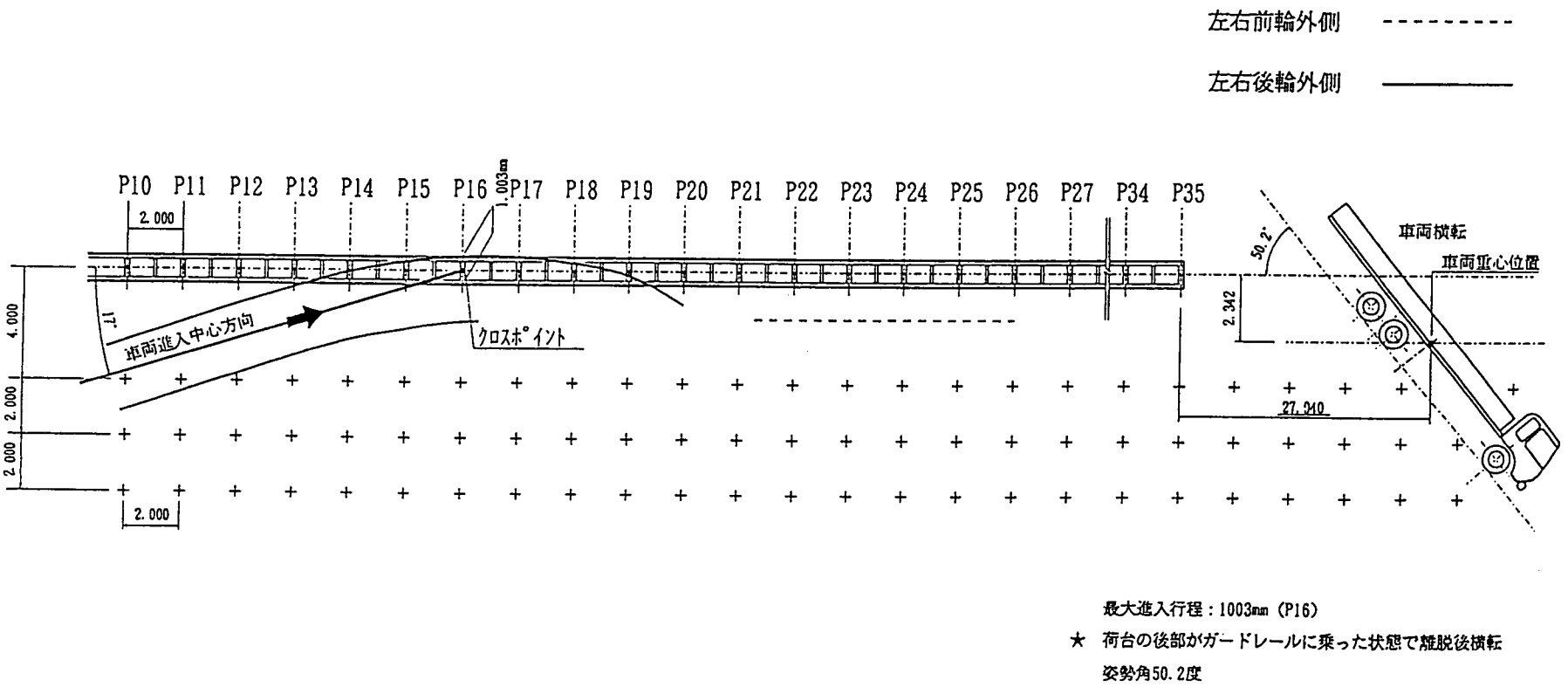
表－7.3.39　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量(t)			20
	衝突速度(km/h)			100.6
	衝突角度(度)			17
	衝撃度(kJ)			668
離脱速度(km/h)				計測不能
離脱角度(度)				計測不能
接触長(m)				44.7
防護柵最大変位	支柱	直角方向最大変位(mm)		1003
		残留	直角方向(mm)	867
			延長方向(mm)	273
	Y方向ビーム残留変位(mm)			991
最大進入行程(mm)				743
車両最大傾斜角(度)	前端			－
	後端			－
支柱最大水平力(kN)				80.8
ビーム最大張力(kN)	表ビーム			77.5
	裏ビーム			17.8
	表付加ビーム			120
	裏付加ビーム			85.4
車両重心加速度	50ms値	進行方向(m/s^2)		129
		直角方向(m/s^2)		587
		垂直方向(m/s^2)		57
		合成(m/s^2)		589
HIC値	運転席ダミー			－
	助手席ダミー			－

1）車両誘導性

車両は車両前部が衝突速度100.6km/h、衝突角度17度で防護柵に衝突後、後部が衝突すると荷台後部が防護柵に乗った状態で天端を横滑りしながら進行し離脱後横転した。車輪外側最大進入行程はＰ16で1003mm、車輪中心では743mmであった。前輪及び後輪の車軸が外れ、自力走行は不可能であった。

車両の軌跡図を図－7.3.42に示す。



図－7.3.42　車両の軌跡（単位：mm）

2）防護柵強度

①支柱

支柱の最大変位量を表－7.3.40に示す。支柱の防護柵直角方向最大変位量はＰ16の1003mmであった。

支柱に働いた最大水平力はＰ14で80.8kNであった。

②ビーム

ビームに発生した最大張力を表－7.3.41に示す。ビーム最大張力は表側付加ビームのＢ6で120kN発生した。

表－7.3.40　支柱の最大変位量（GL＋675mm）

支柱番号	Ｐ14	Ｐ16	Ｐ18	Ｐ20
変位量（mm）	802	1003	953	570

表－7.3.41　ビームの最大張力

			Ｂ6	Ｂ9
最大張力（ｋＮ）	表	ビーム	77.5	－
		付加ビーム	120	－
	裏	ビーム	－	17.8
		付加ビーム	－	85.4

3）防護柵損傷状況

車両と防護柵の全接触長は44.7mであったが、支柱Ｐ21～Ｐ35間の28mは車両が防護柵に乗った状態だった。

最大残留変位量は支柱頭部867mm（Ｐ17）、表ビーム991mm（Ｐ17）、表付加ビーム1025mm（Ｐ17）であった。

車両の接触跡を図－7.3.43(1)、7.3.43(2)、防護柵残留変位を図－7.3.44に示す。

①支柱

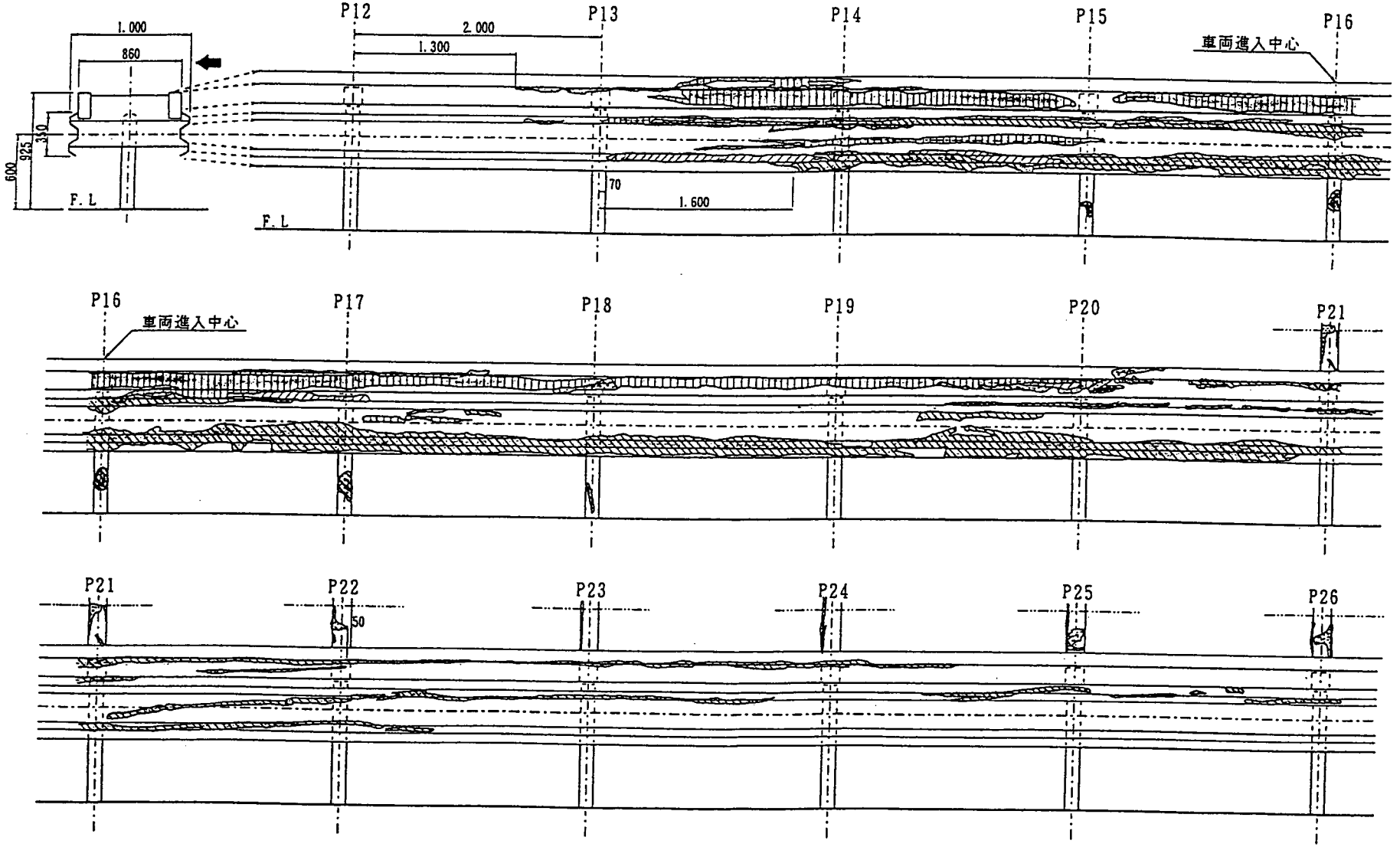
支柱の折れ曲り位置はＧＬ－400～－500で、完全な抜け出しはなかった。Ｐ13～Ｐ21の9本が「く」の字に曲がっており、車輪と支柱の接触はＰ15～Ｐ18の４本に認められ、内２本が座屈していた。

②ビーム

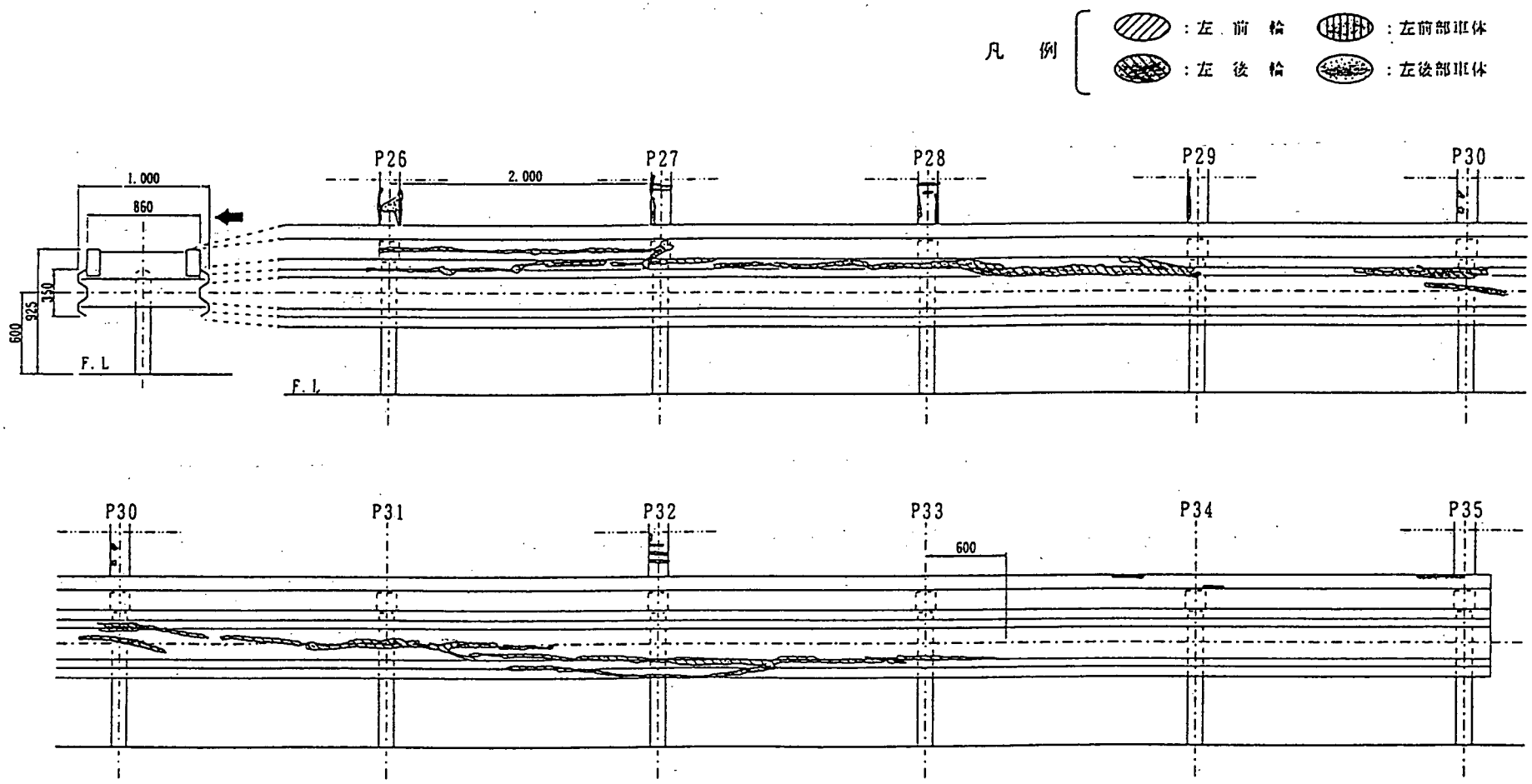
ビームはＰ9～Ｐ23の間で残留変位を起こしており、Ｐ13～Ｐ19間でビームが潰れていた。Ｐ14～Ｐ17間で孔明きが生じており、肘付き区間はＰ14～Ｐ19であった。

③間隔材

間隔材はＰ16の箇所で変形していた。

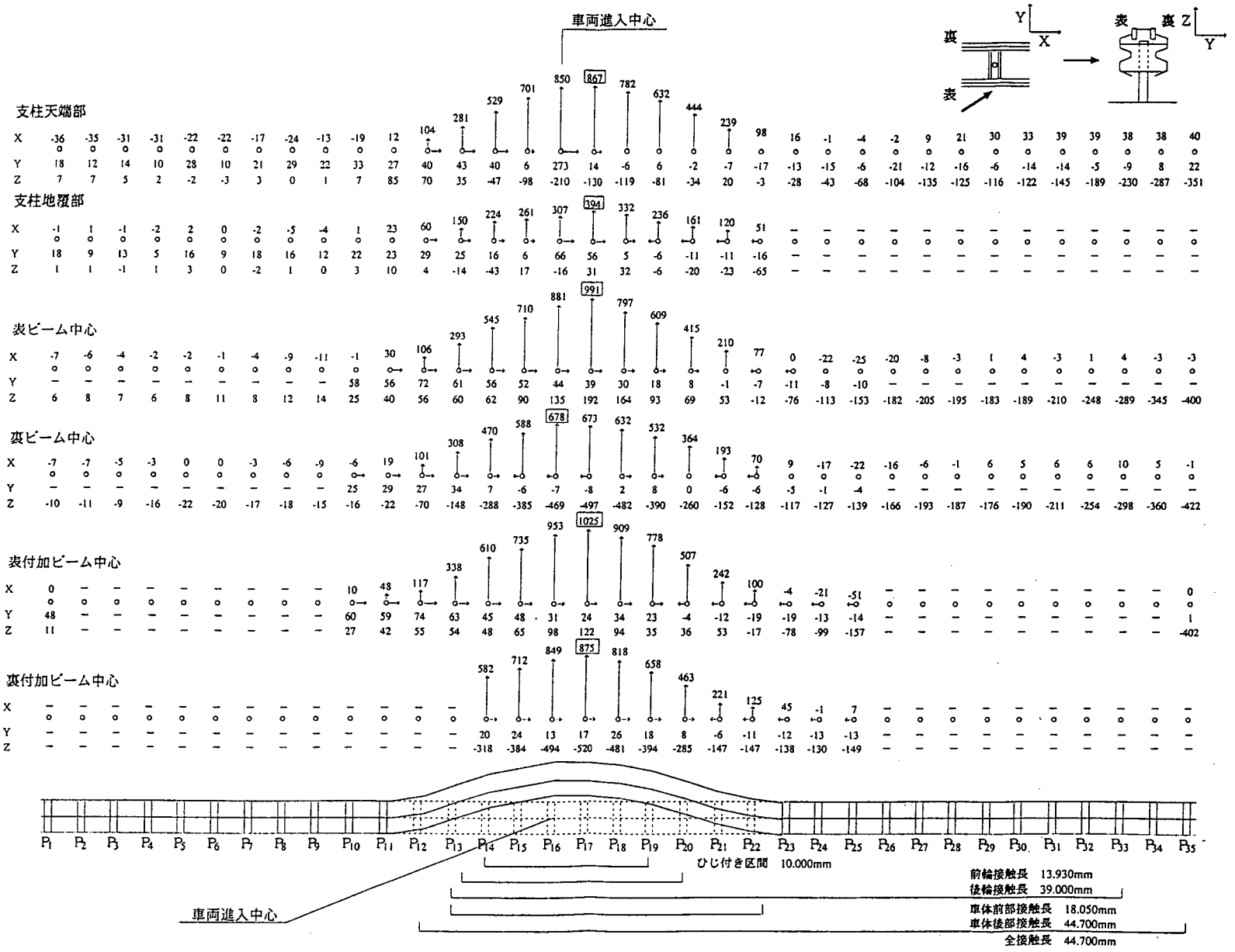


図－7.3.43(1)　車両の接触跡（単位：mm）



左前輪接触長　　：　13.930mm　(P13+70～P20)
左後輪接触長　　：　39.000mm　(P13+1.600～P33+600)
左前部車体接触長：　18.050mm　(P13～P22+50)
左後部車体接触長：　44.700mm　(P12+1.300～P35 END)
全 接 触 長　　：　44.700mm　(P12+1.300～P35 END)

図－7.3.43(2)　車両の接触跡（単位：mm）



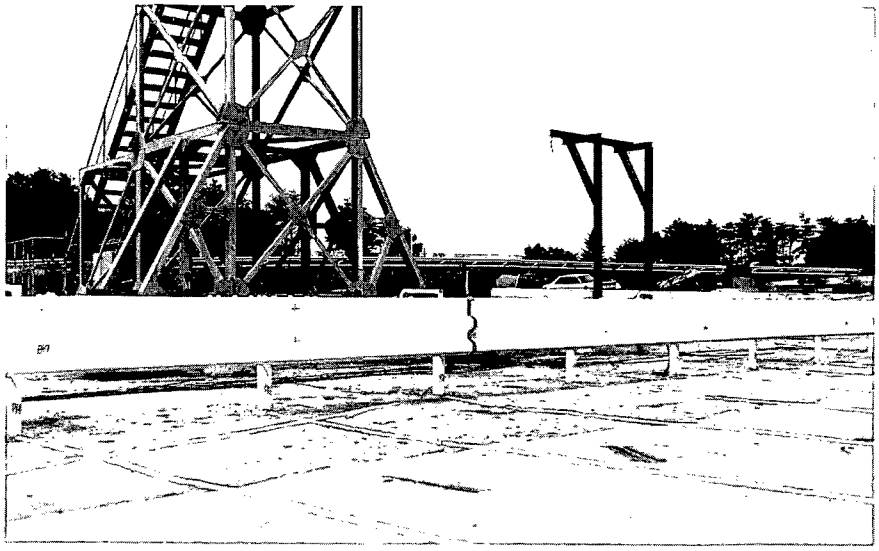
図－7.3.44　防護柵残留変形（単位：mm）

4）車両損傷

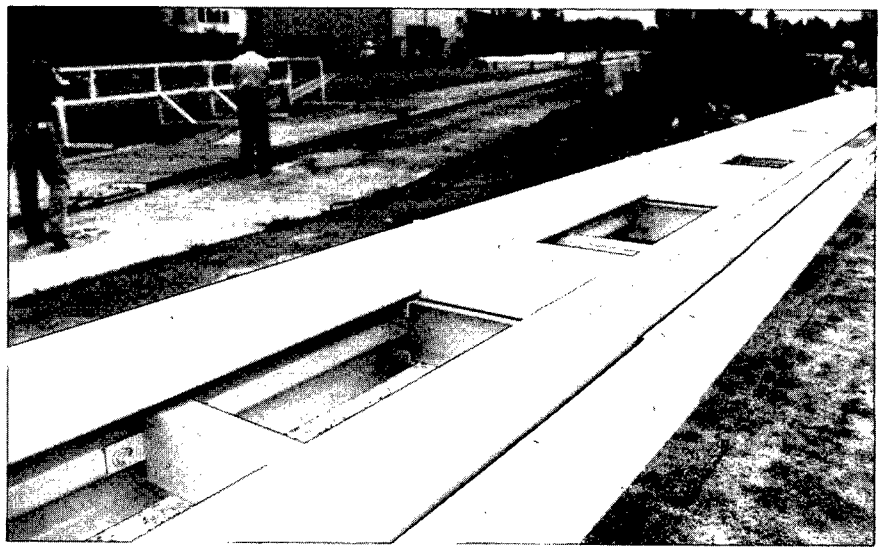
車両は左バンパー、フェンダーに300㎜の凹みがあり、荷台中間付近から後部までのあおりが壊れ、前部から中間付近まで線状接触跡があった。前輪軸のUボルトが１本破断し板バネ３枚が外れた。ホイルは左側の前輪及び後輪がめくれ、前輪軸は後方に215㎜移動し、後輪軸は外れた。タイヤは鉄片が刺さりバーストしており自力走行は不可能であった。

5）考察

支柱は車両が衝突した時に車輪に踏みつけられて局部座屈を起こし、この時支柱に発生したと思われる最大水平力は80.8kNと支柱の平均支持力35kNを大きく上回った。角型鋼管支柱（支持力60kN）を用いたＧｒｍ－７０の実験では今回と同じ柵高925㎜で車両誘導しており、ビーム、付加ビーム共に発生した張力は許容値以下であった事から支柱の強度不足が車両横転の主要因であったと推測される。



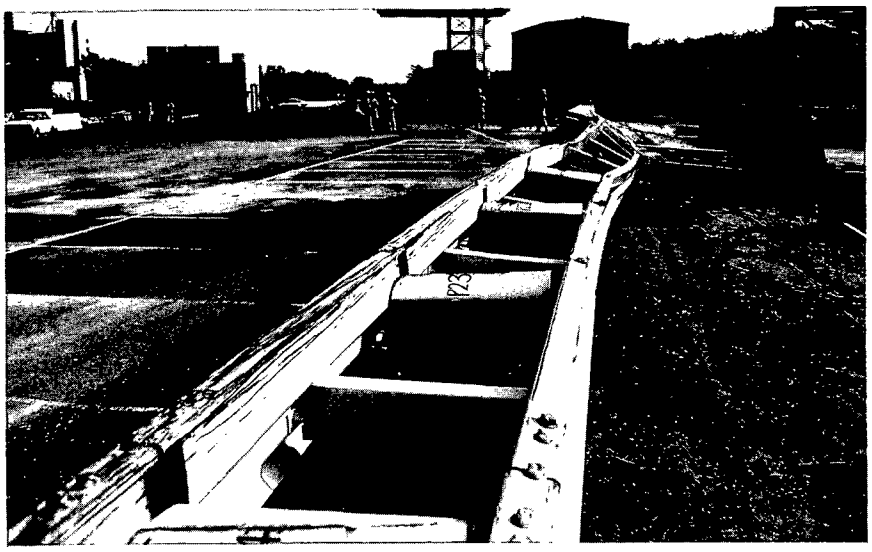
写真－7.3.6(1)　供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



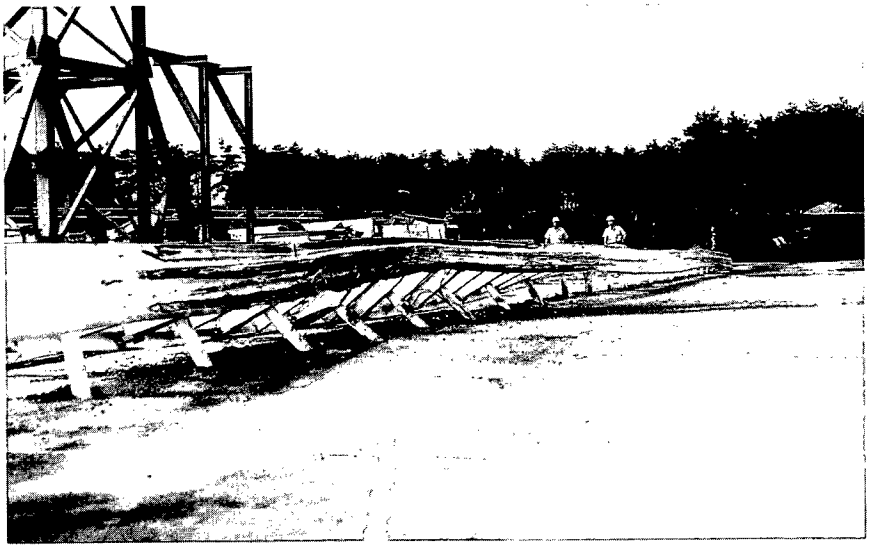
写真－7.3.6(2)　供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



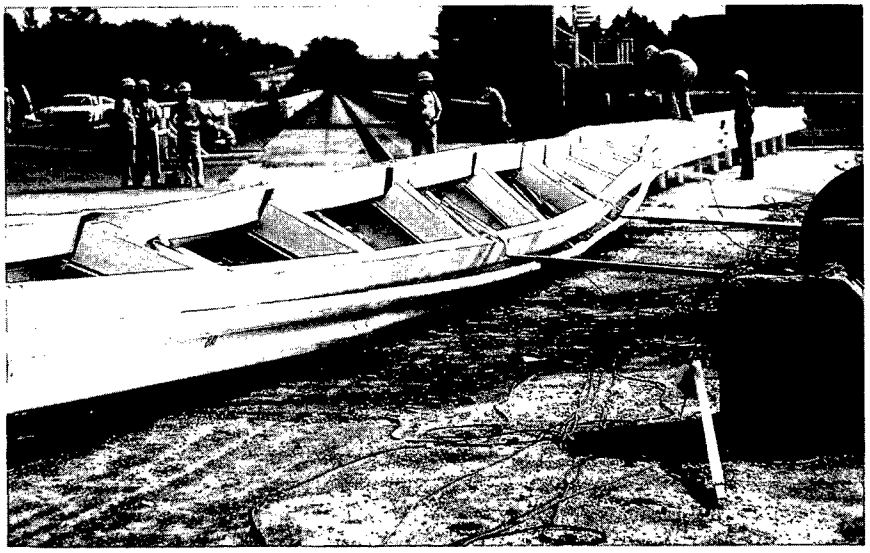
写真－7.3.6(3)　衝突車両（貨物車　２０ｔ）



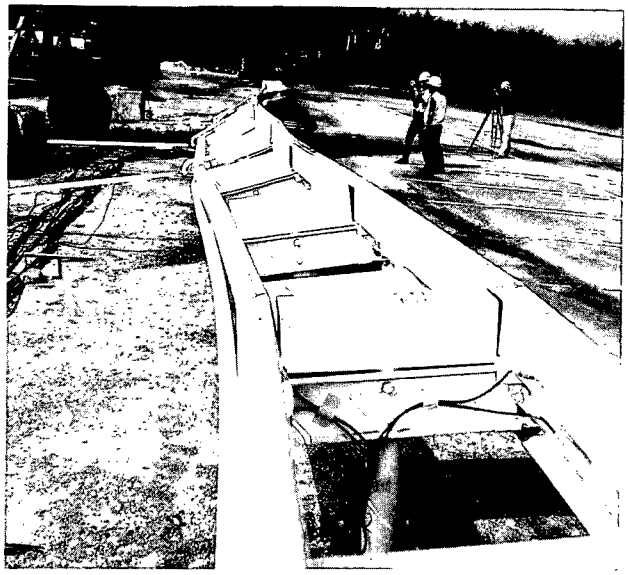
写真－7.3.6(4)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



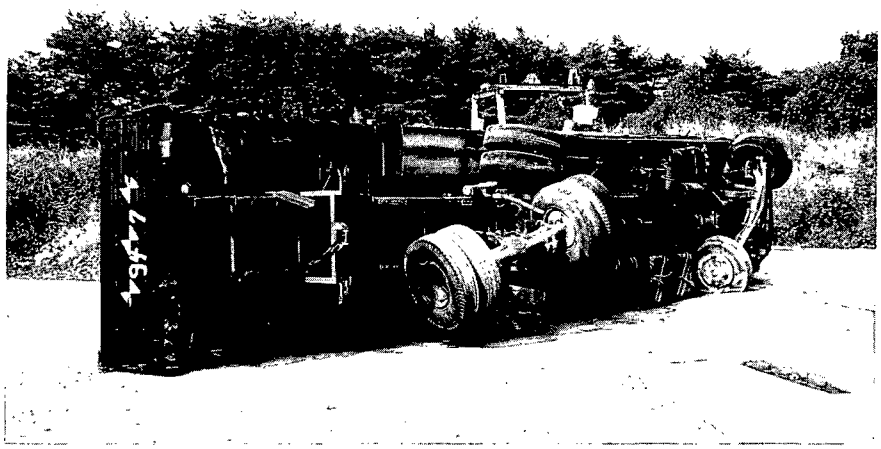
写真－7.3.6(5)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



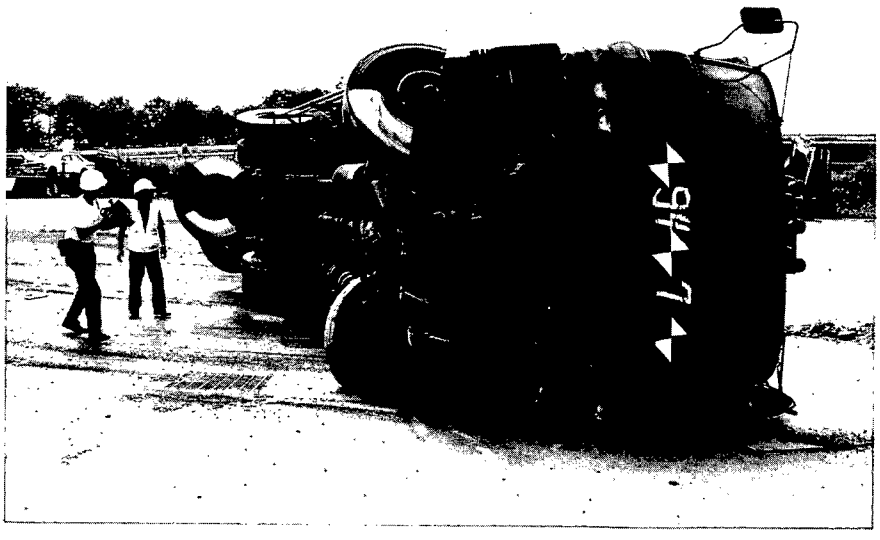
写真－7.3.6(6)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



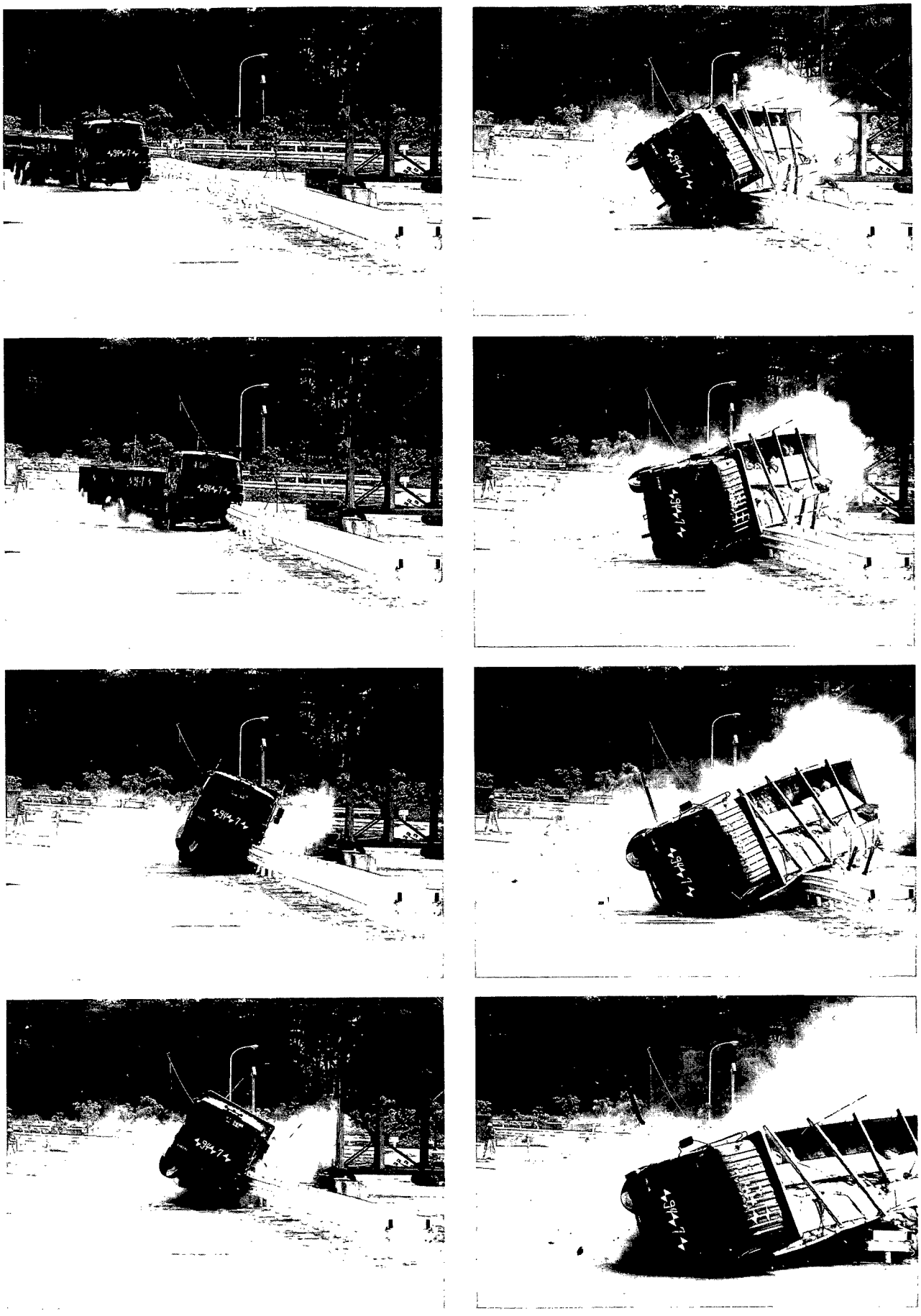
写真－7.3.6(7)　衝突後の供試体（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



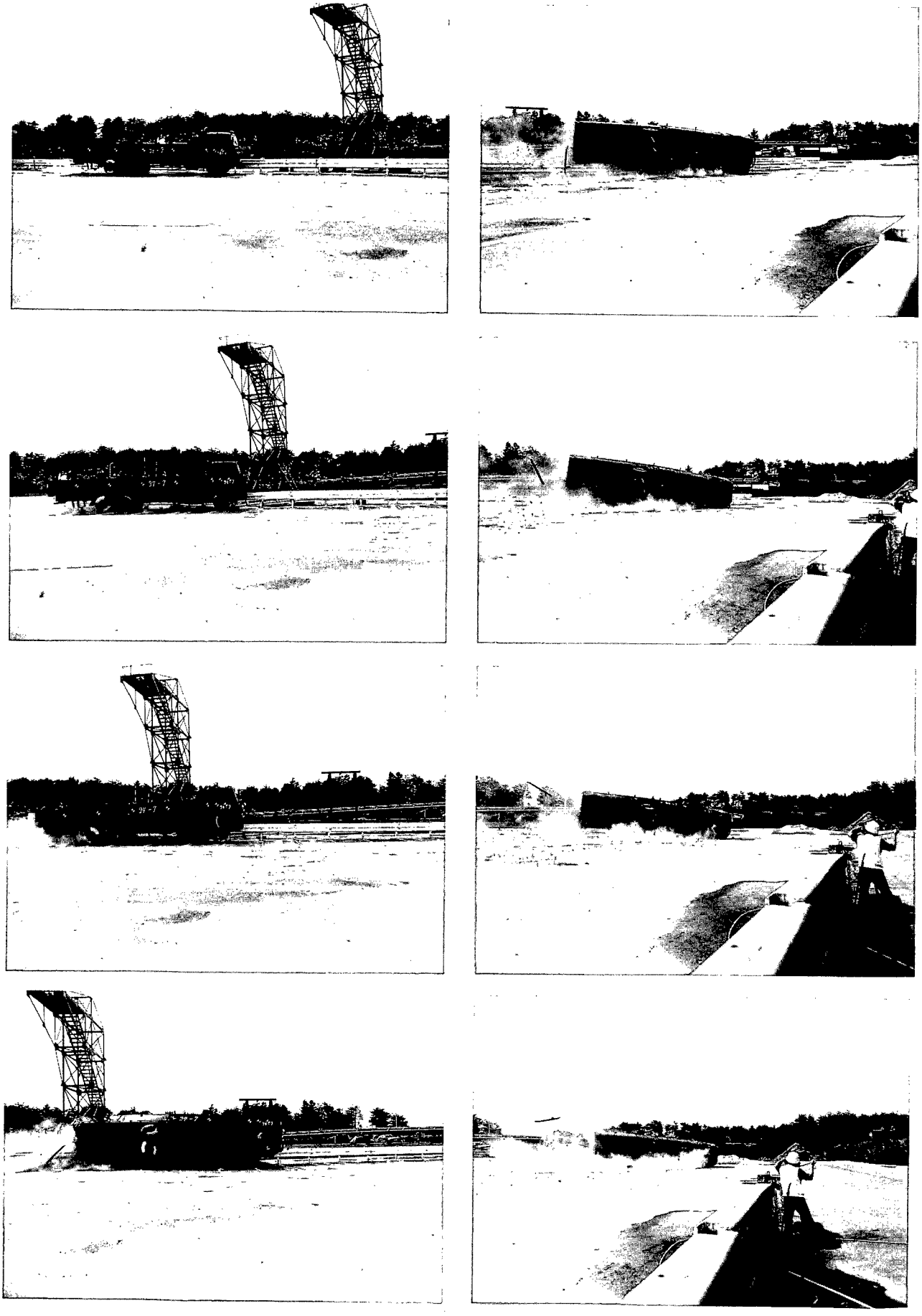
写真－7.3.6(8)　衝突後の車両（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



写真－7.3.6(9)　衝突後の車両（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



写真－7.3.6(10)　衝突状況（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）



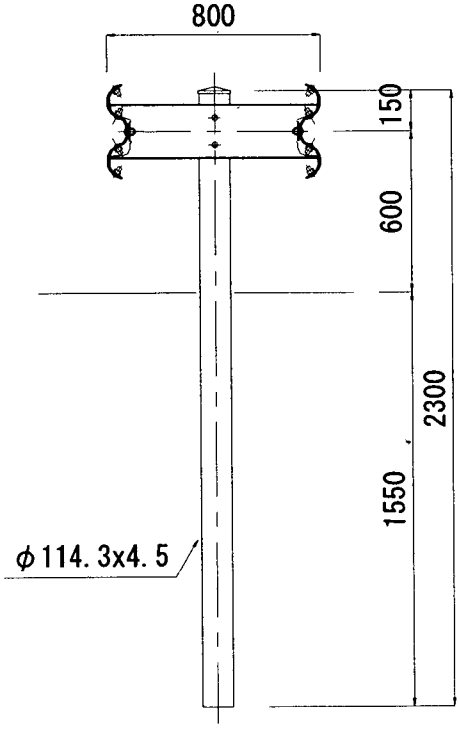
写真－7.3.6(11)　衝突状況（Ｇｒｍ－Ｓ７０－２）

7．3．7　分離帯用ガードレール Ｇｒｍ－Ａ－２０

（1）実験目的

本実験では、既設分離帯用防護柵の強化補強をして、衝撃度200kJに対応する分離帯用防護柵を検討し、その機能および挙動を検証する事を目的とする。

改良構造の断面図を図－７．３．４５に示す。



図－７．３．４５　断面図　（単位：mm）

（2）衝突条件

衝突条件を表－７．３．４２に示す。

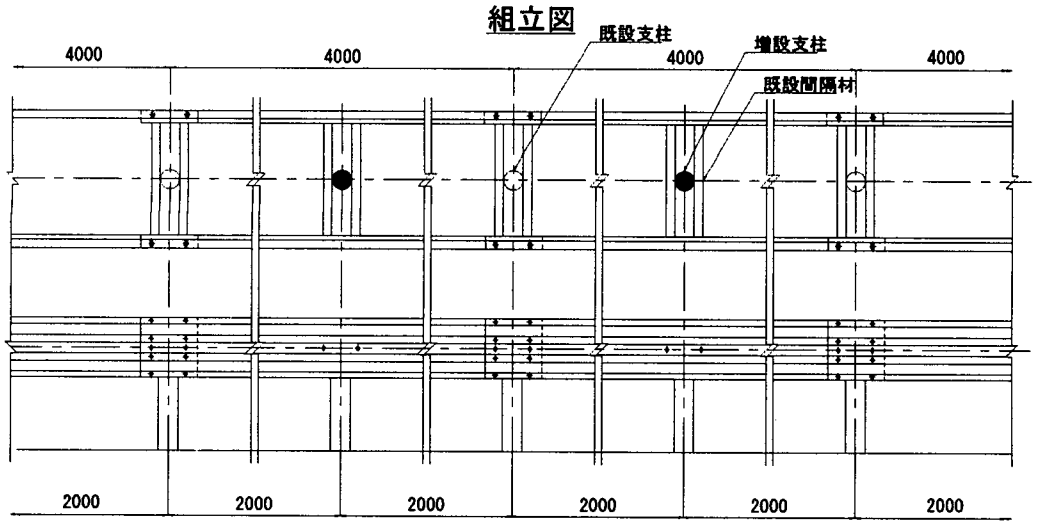
表－7.3.42　衝突条件

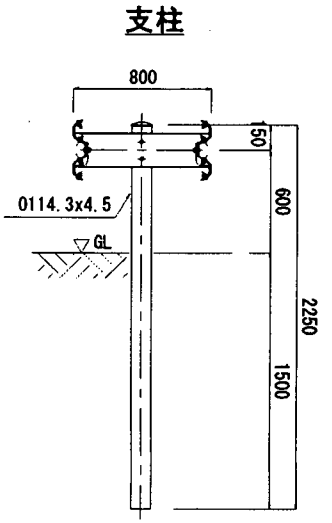
衝突車両	貨 物 車
車両質量	8 t
衝突速度	100 km/h
衝突角度	15 度
衝撃度	207 kJ

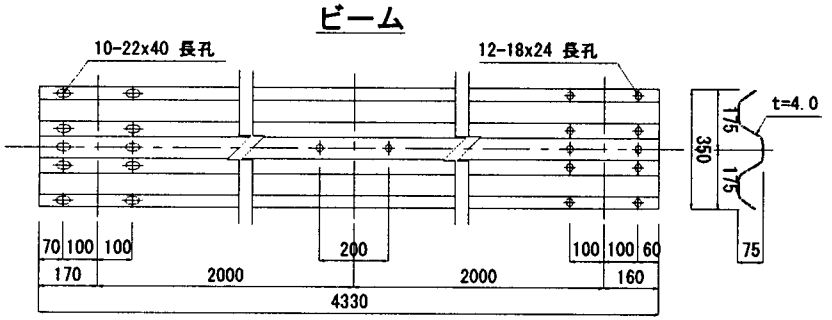
（3）供試体構造

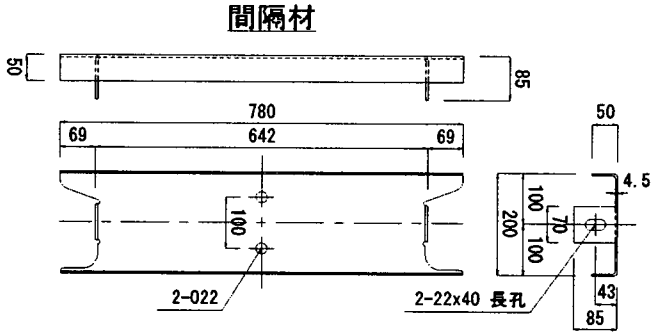
既設分離帯用Ｇｒｍ－Ａの支柱間隔4mの中間部に、既設支柱と同じφ114.3×4.5の鋼管を増し打ちし支柱間隔を2mの強化構造とした。

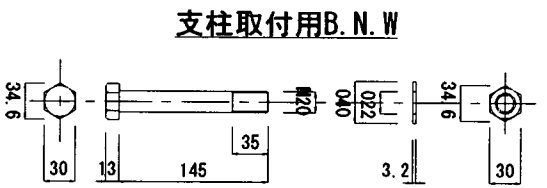
供試体構造を図－７．３．４６に示す。

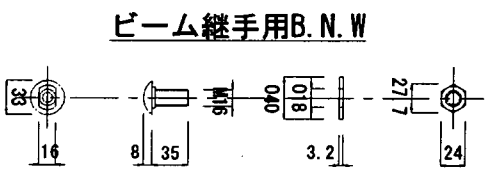












図－7．3．46　供試体構造図　（単位：mm）

（4）衝突シミュレーションの検討

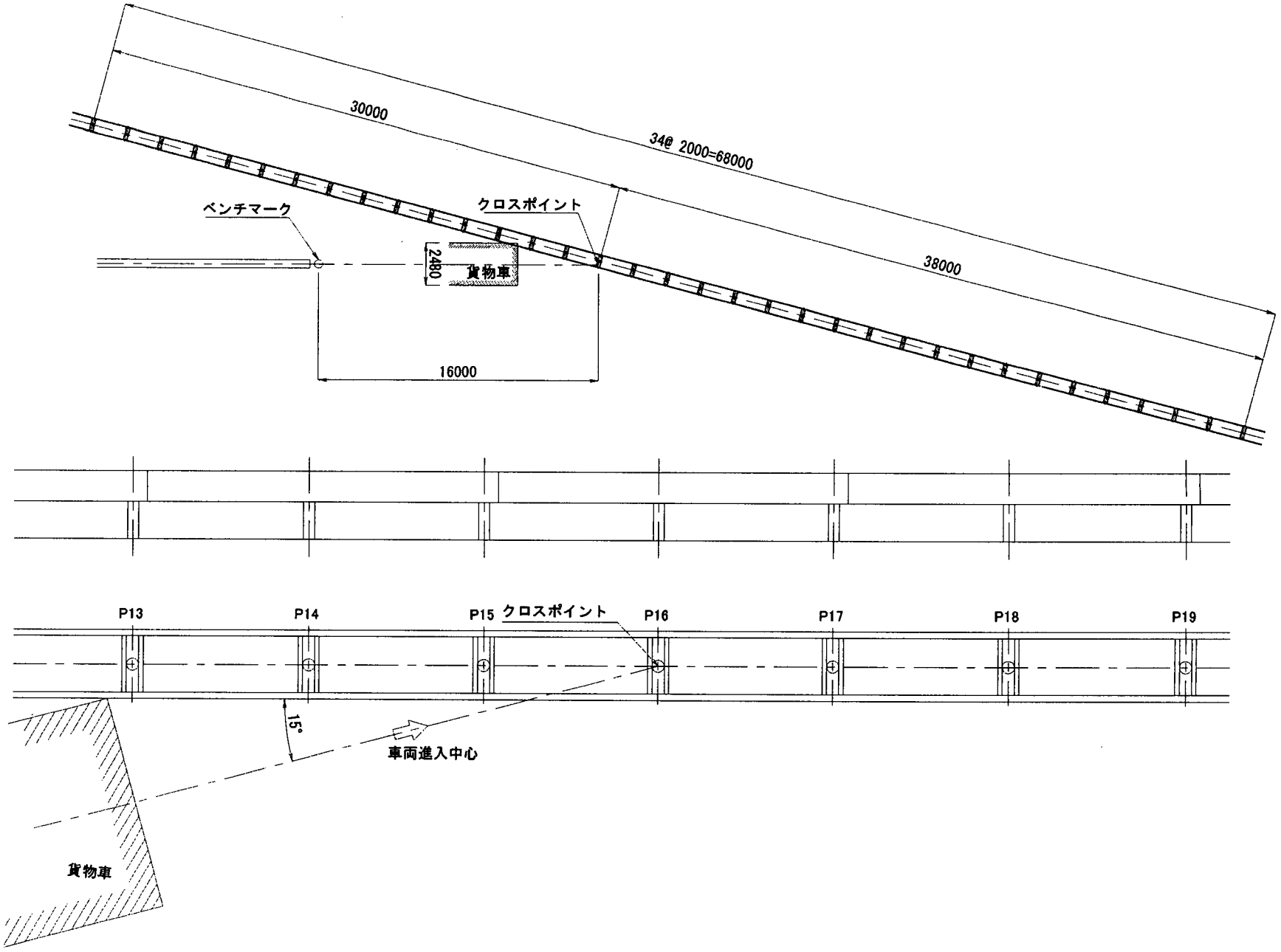
衝突シミュレーションの結果を表－７．３．４３に示す。

表－７．３．４３　シミュレーション結果

	シミュレーション値
離脱速度　(km/h)	87.8
離脱角度　(度)	12.2
最大進入行程　(mm)	610
防護柵変形範囲　(m)	22
ﾋﾞｰﾑ最大張力　(kN)	176.4
ﾋﾞｰﾑ最大変位量　(mm)	640
支柱最大水平力　(kN)	35
支柱最大変位量　(mm)	615
水 平 力　(kN)	168.6

（5）供試体の配置

供試体の配置を図－７．３．４７に示す。



図－7．3．47　供試体配置図　（単位：mm）

（6）実験結果および考察

実験結果を表－７．３．４４に示す。

表－７．３．４４　実験結果一覧表

				結　果
衝突条件	車両質量 (t)			8
	衝突速度 (km/h)			101.7
	衝突角度 (度)			15
	衝撃度 (kJ)			214
離脱速度 (km/h)				87.1
離脱角度 (度)				7.1
ビーム接触長 (m)				16.35
防護柵最大変位	支柱	直角(Y)方向最大変位(mm)		―――
		残留	直角(Y)方向 (mm)	845
			延長(X)方向 (mm)	42
	直角方向ビーム残留変位 (mm)			845
最大進入行程 (mm)				590
車両最大傾斜角(度)	前端			―――
	後端			―――
支柱最大水平力 (kN)				―――
ビーム最大張力 (kN)	前面ビーム			―――
	背面ビーム			―――
加速度	車両重心	50ms値	進入(X)方向 (m/s²)	―――
			直角(Y)方向 (m/s²)	―――
			垂直(Z)方向 (m/s²)	―――
			合成 (m/s²)	―――
HIC値	運転席ダミー			―――
	助手席ダミー			―――

1）車両誘導性

車両は速度101.7km/h、角度15度で防護柵に衝突した。衝突後、車両は安定した挙動で誘導され離脱した。

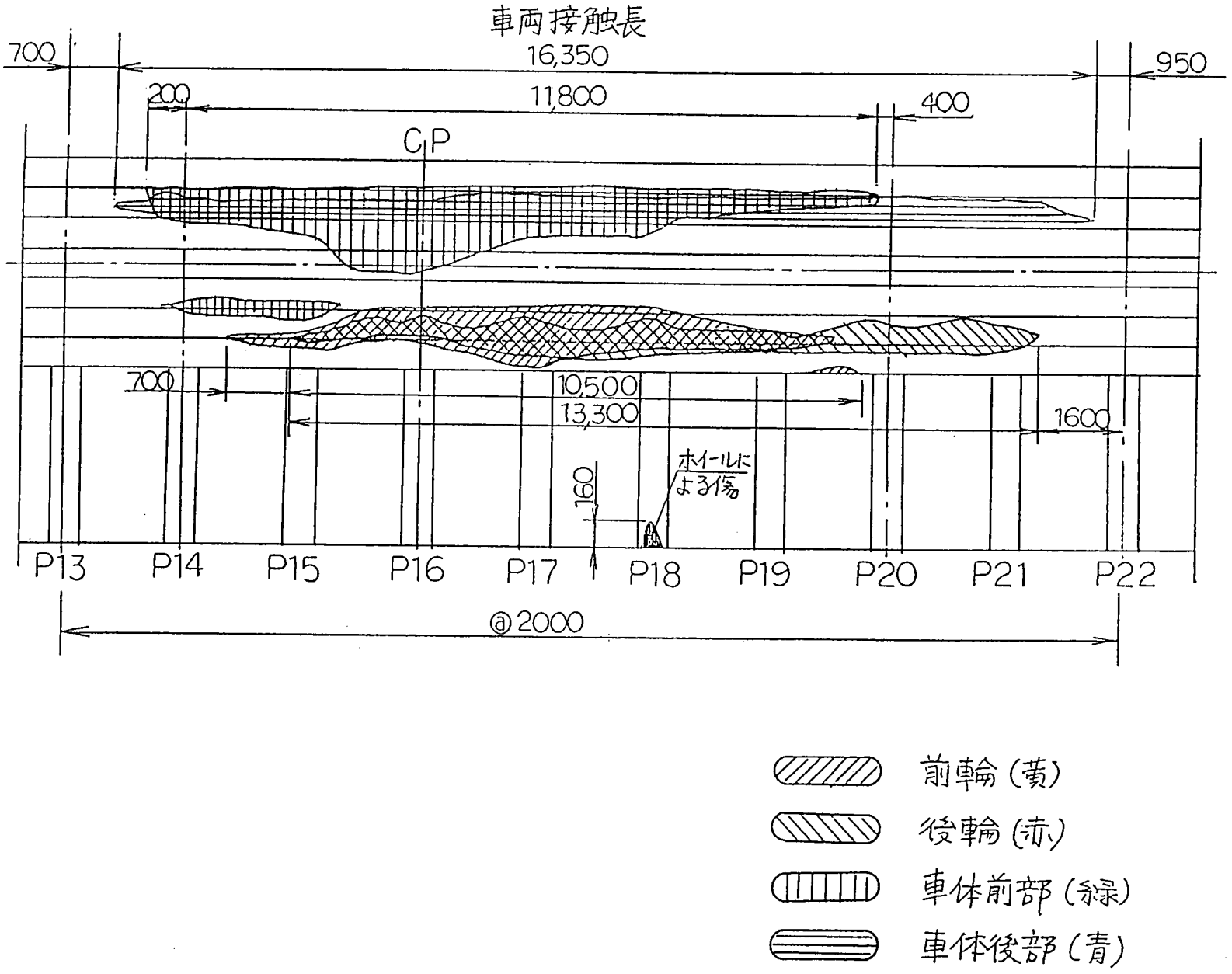
衝突速度の101.7km/hに対して、離脱速度は87.1km/hで減速率は14%であり、離脱角度は、7.1度で衝突角度の47%で、いずれも許容値以内であった。よって、車両の誘導性は良好であったと考えられる。

土嚢の飛散はなかった。

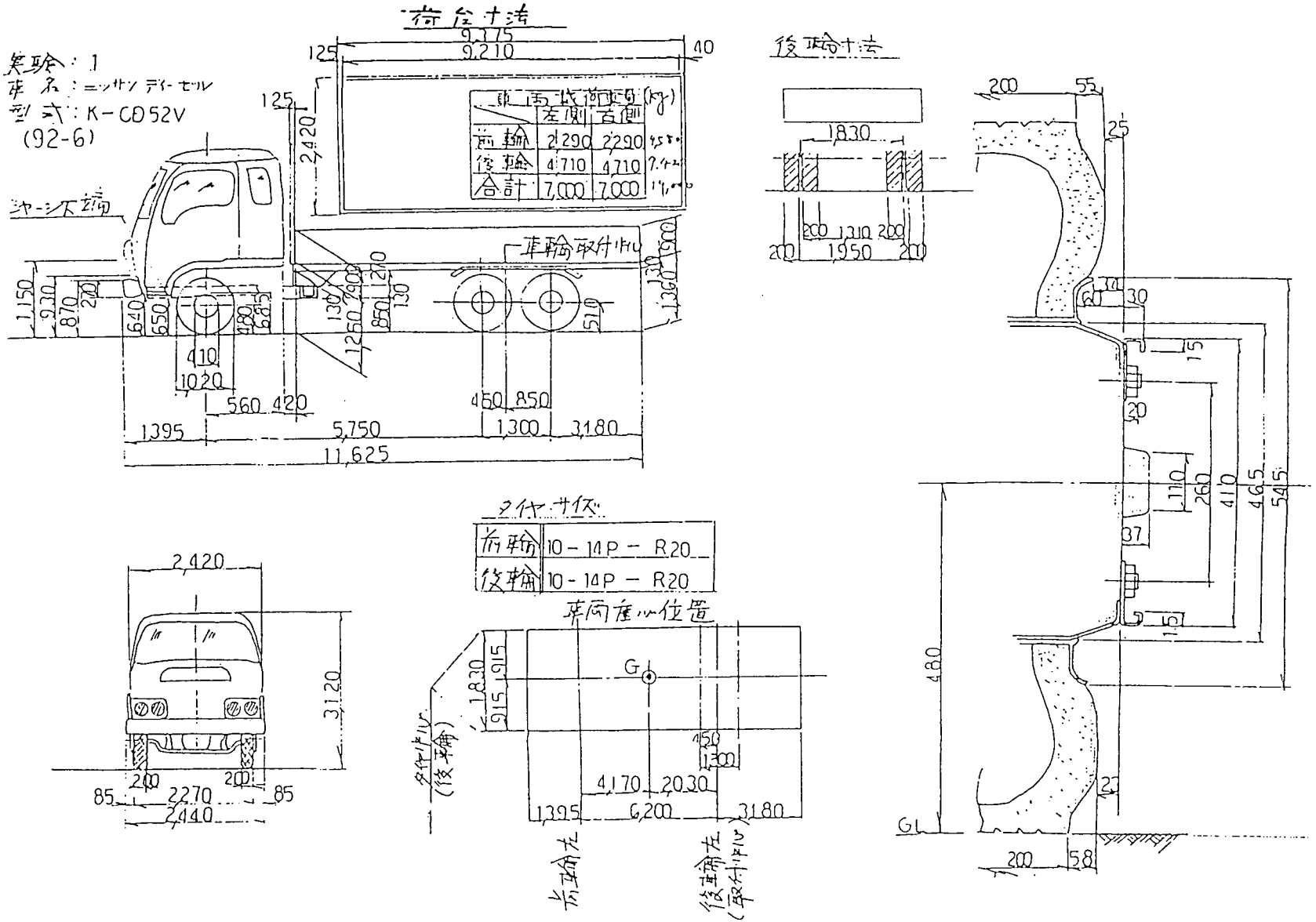
2）防護柵損傷状況

車両と防護柵の接触長は、P13～P21の16.35mであり残留変位区間長は24mであった。

車両の接触跡を図－７．３．４８、残留変位を図－７．３．４９に示す。



図－7．3．48　車両の接触跡　（単位：mm）


荷台寸法
実験：1
車名：ニッサン ディーゼル
型式：K-CD52V
(92-6)
車両重量(kg)
左側 右側
前輪 2,290 2,290
後輪 4,710 4,710
合計 7,000 7,000
シャシ下端
車輪取付中心
9,175
9,210
2,420
11,625
5,750
1,300
3,180
1,395
タイヤサイズ
前車輪 10-14P-R20
後車輪 10-14P-R20
車両重心位置
G
後車輪左(取付中心)
前車輪左
後輪寸法
1,830
1,950
480
545
465
410
260
110
GL

(2)「7．1．2　路側用ガードレール種別A」の車両

①実験1

自　動　車　検　査　証　　平成 4年 3月25日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦　11　あ　1297	昭和 56年 3月27日	昭和 56年 3月	普　通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
三菱	K－FU313S	2人	11500kg	8350kg	19960kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	四輪車又は三輪車の総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FU313S50573	8DC8	1110cm	249cm	305cm	14.88kW/l	軽油		

		前前軸重
所有者の氏名又は名称	茨城三菱ふそう自動車販売株式会社	3900kg
所有者の住所	茨城県東茨城郡茨城町長岡3548　[2435]	前後軸重 －kg
使用者の氏名又は名称	メムラ　ウンソウ　ユウゲンガイシヤ	後前軸重 2870kg
使用者の住所	茨城県筑波郡谷田部町谷田部3029－1　[0879 0017]	後後軸重 1580kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	〃　〃　〃	

有効期間の満了する日		備考
平成 5年 3月 27日		[土浦]　継続検査．B〒56，000
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

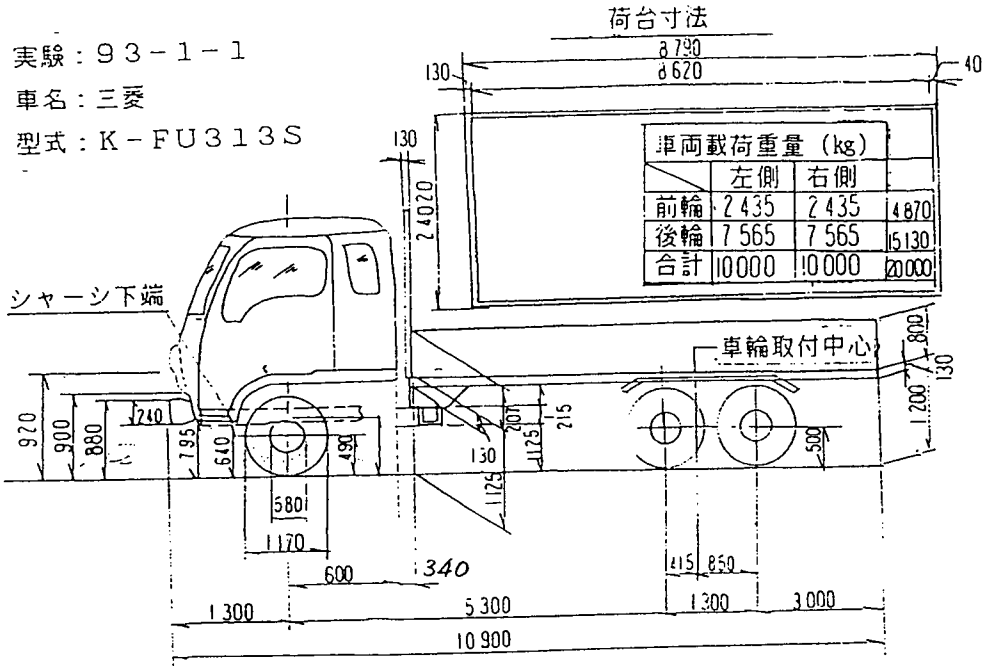
実験車の寸法と車検証

実験：９３－１－１

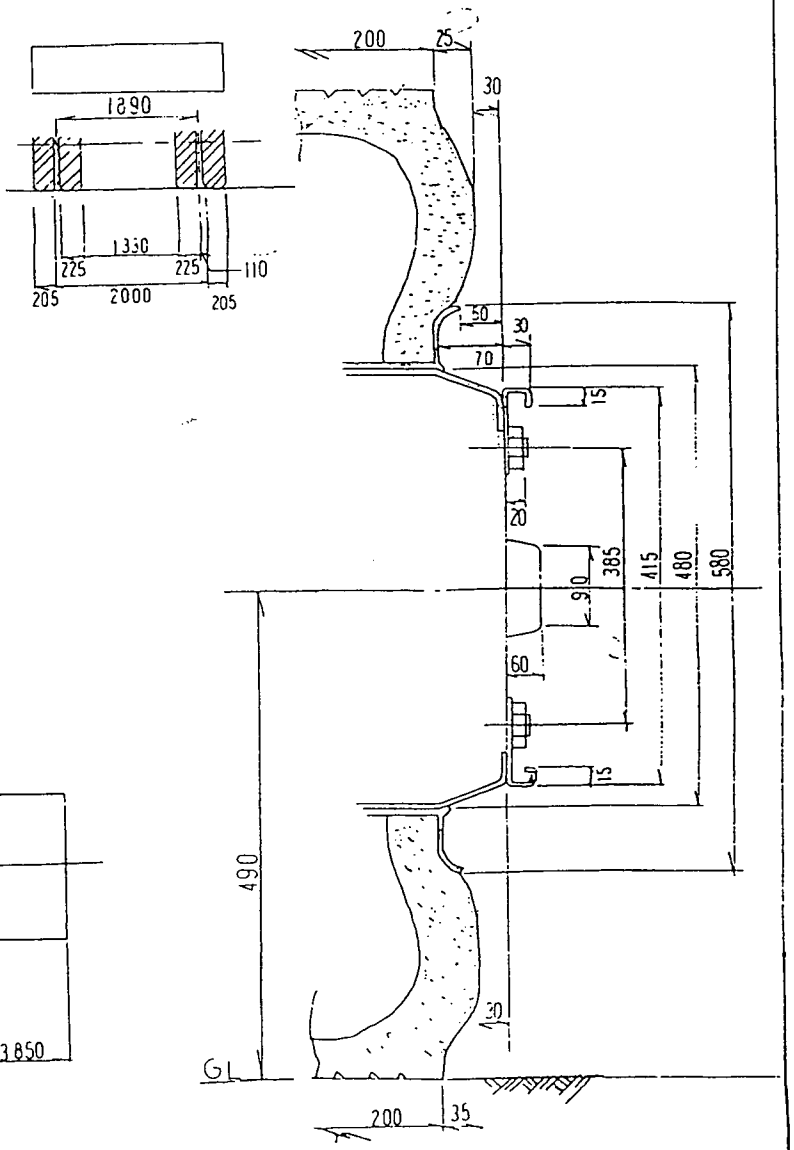
車名：三菱

型式：Ｋ－ＦＵ３１３Ｓ

荷台寸法

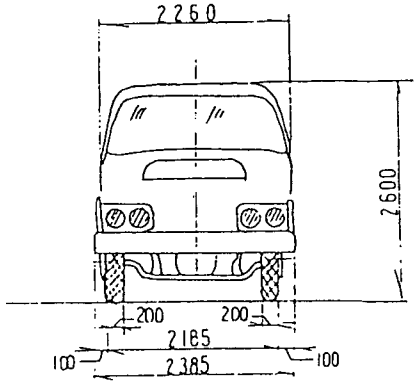


後輪寸法

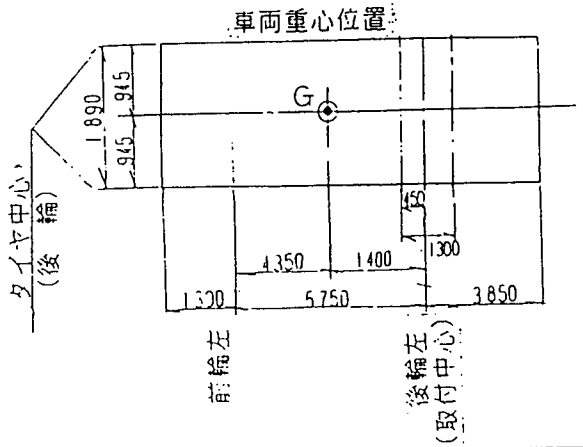


タイヤ・サイズ

前輪	10.0－20－14PR
後輪	10.0－20－14PR



車両重心位置



②実験２

抹消登録証明書

平成 4年 2月 18日　関東運輸局 茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦 11 あ 1707	平成 4年 2月 18日	昭和 57年 6月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
ニッサンディーゼル	K－CD45U	3人	10250kg	9550kg	19965kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
CD45U－11188	PE6	1146cm	249cm	320cm	11.67L/kW	軽油		

所有者の氏名又は名称	日産ディーゼル茨城販売株式会社	前前軸重 4010kg
所有者の住所	茨城県水戸市笠原町１４０７－１ [2404]	前後軸重 kg
使用者の氏名又は名称	クルスウンソウ ユウゲンガイシヤ	後前軸重 3450kg
使用者の住所	茨城県新治郡新治村藤沢７７０－１ [0878 0985]	後後軸重 2090kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊	

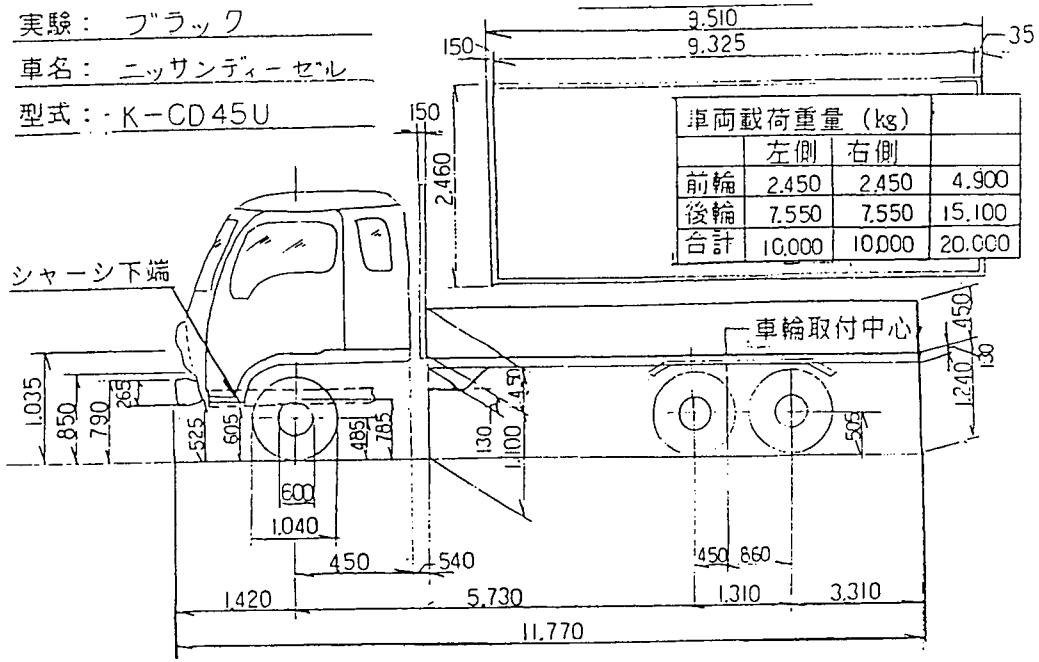
有効期間の満了する日		備考
平成 4年 6月 8日		[土浦]，抹消登録
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

実験： ブラック

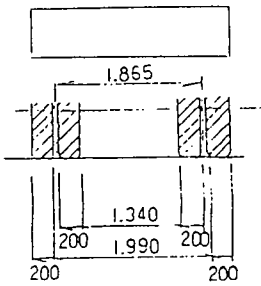
車名： ニッサンディーゼル

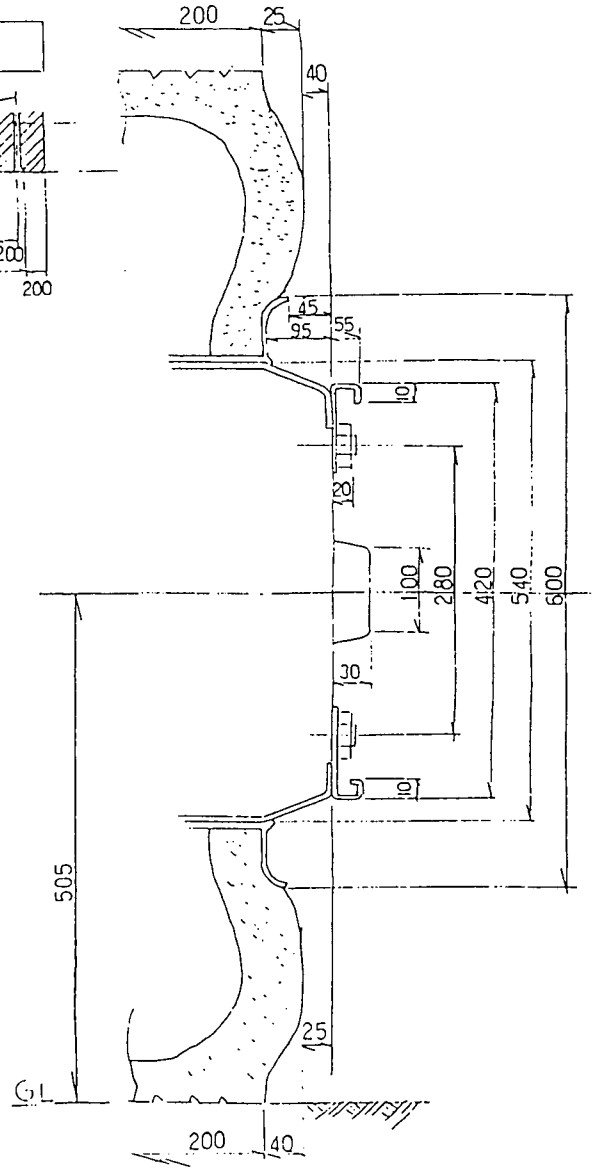
型式： K-CD45U

荷台寸法



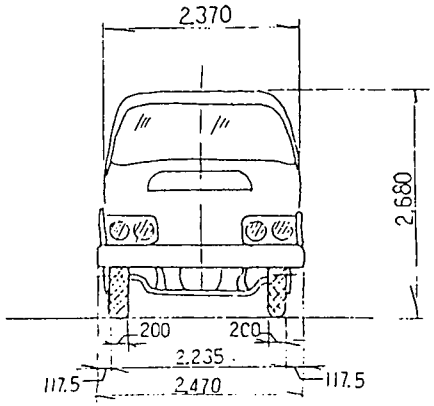
後輪寸法



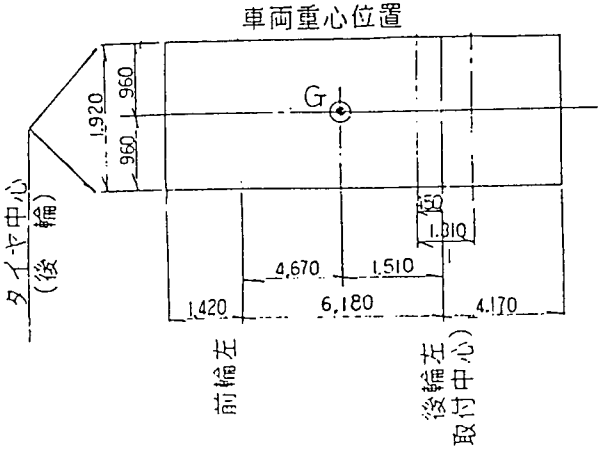


タイヤ・サイズ

前輪	10 − 20 − 14 PR
後輪	10 − 20 − 14 PR



車両重心位置



(3)「７．１．３　路側用ガードレール種別Ｃ」の車両

自　動　車　検　査　証

平成 6年 3月18日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号／自動車検査証記入欄	初度検査年月／登録年月日	初度検査年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別／通称	車体の形状
水戸 11 ゆ 18	平成 6年 3月18日	昭和 59年 7月	普通	貨物	自家用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
ニッサンディーゼル	P－CM86K	3人	4000kg	3760kg	7925kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
CM86K－031044	FD6	839cm	226cm	247cm	5.65PS/r	軽油		

所有者の氏名又は名称	斉藤　盛啓
所有者の住所	茨城県水戸市住吉町３１７－２　[0830 1263]
使用者の氏名又は名称	＊＊＊
使用者の住所	＊＊＊
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊
有効期間の満了する日	平成 6年 7月 12日
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	

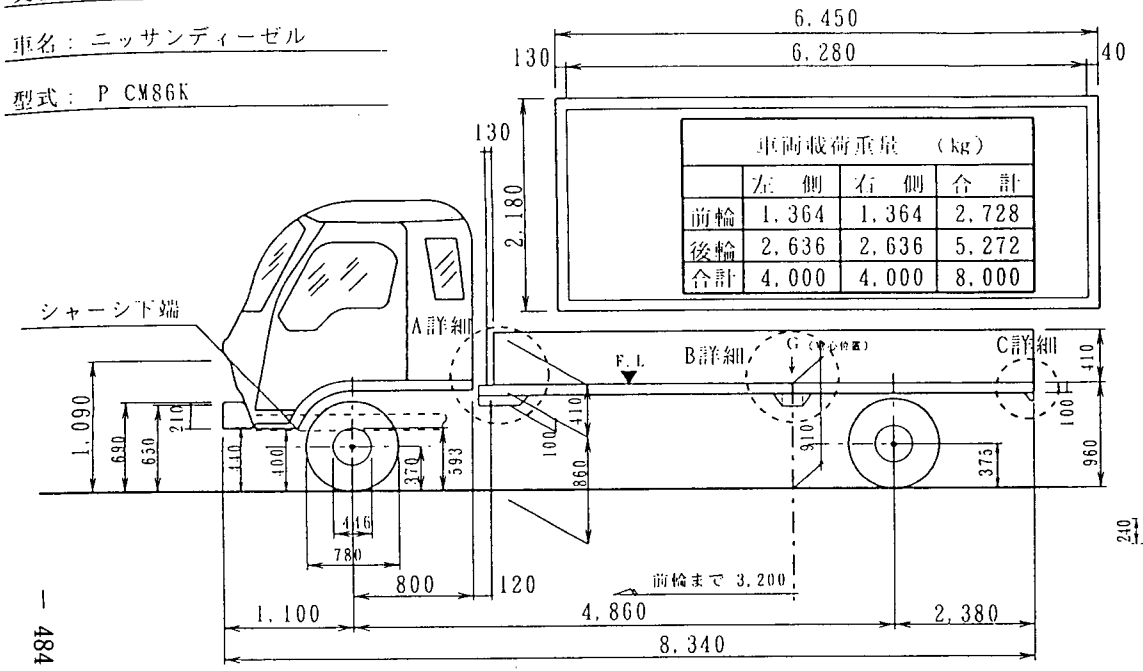
前前軸重	前後軸重	後前軸重	後後軸重
2030kg	－kg	－kg	1730kg

備考
［水戸］，移転登録，管轄変更入

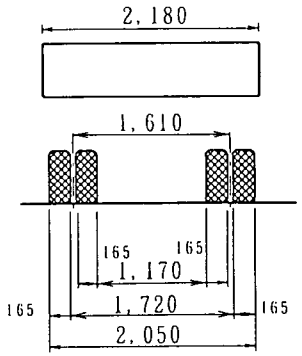
実験： 94 3

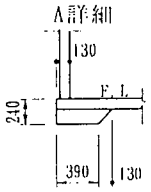
車名： ニッサンディーゼル

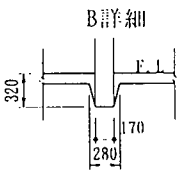
型式： P CM86K

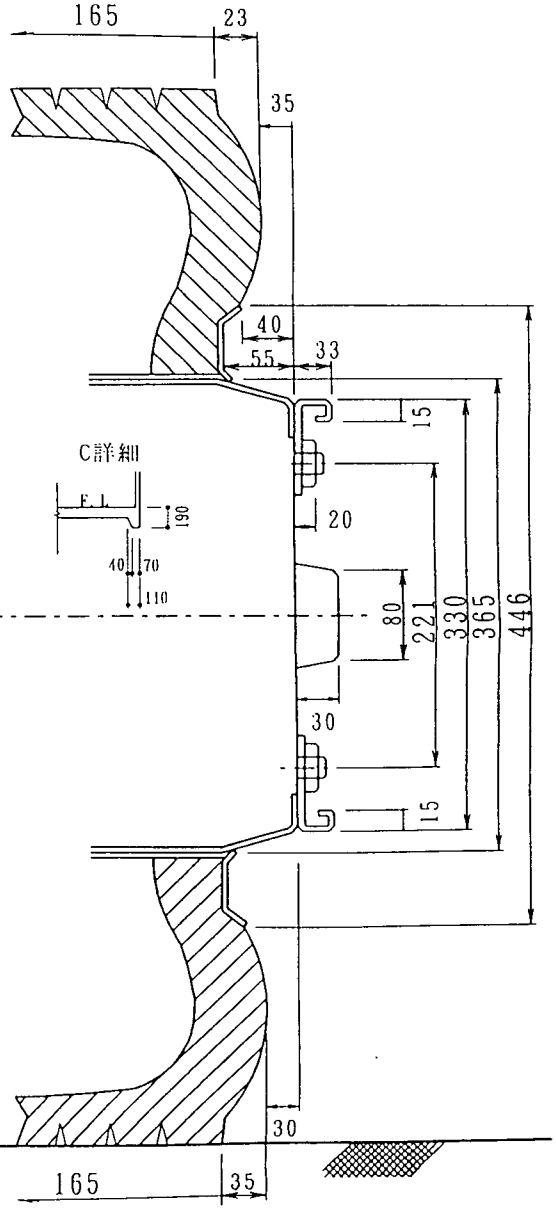


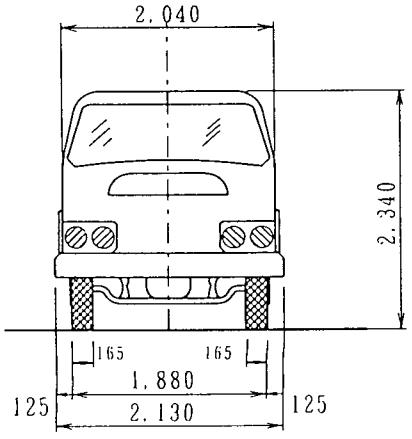
後輪寸法







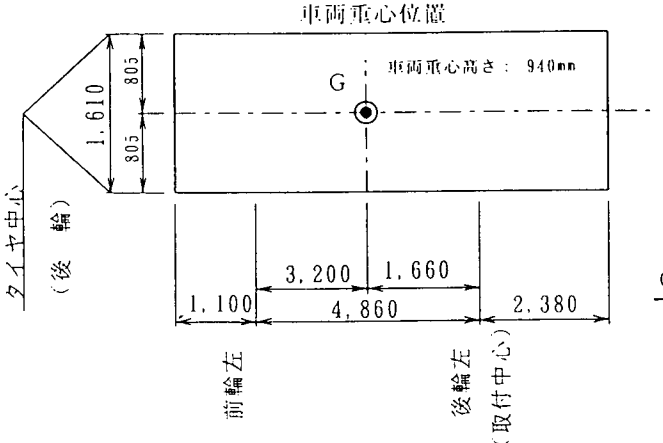




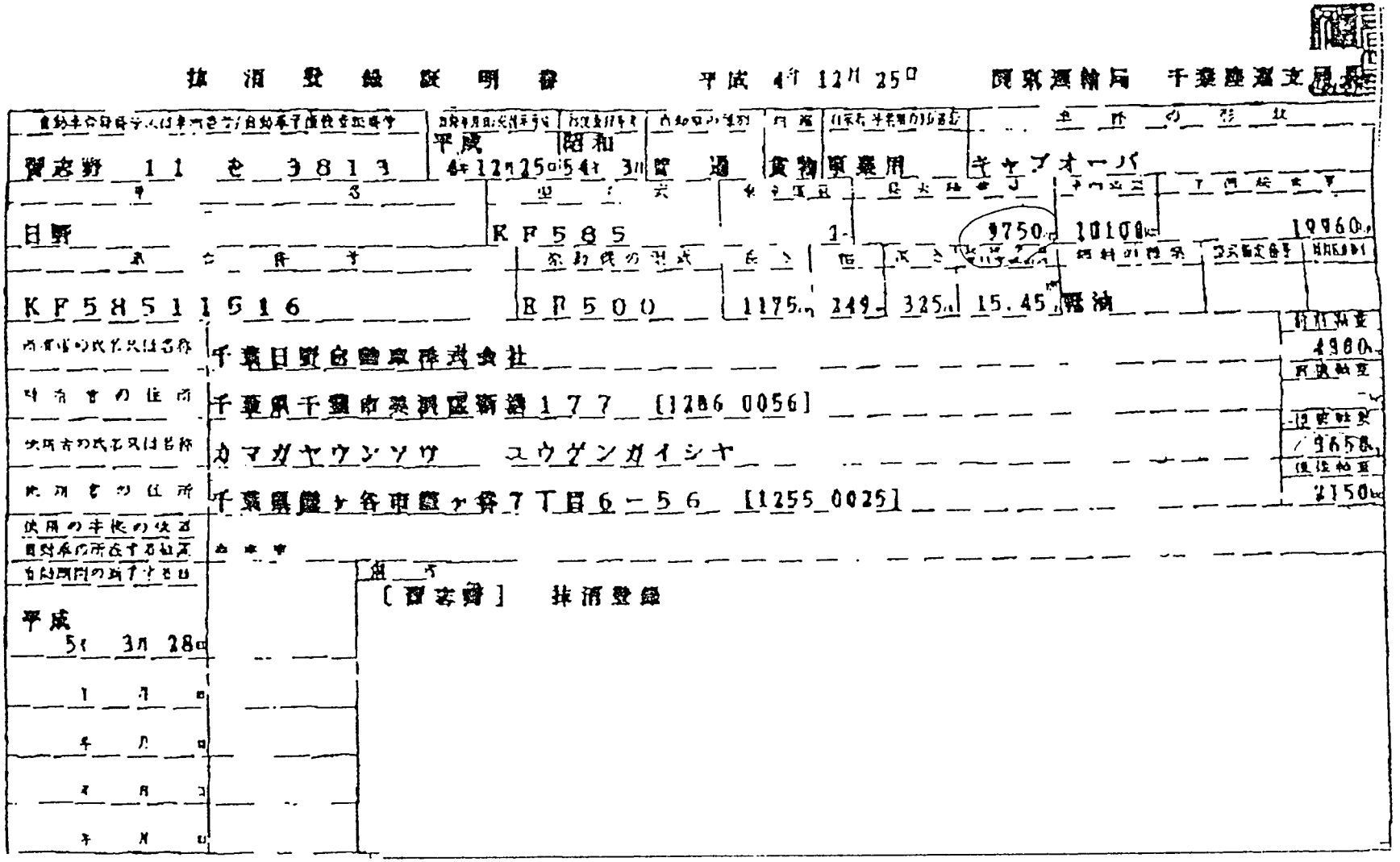
タイヤ・サイズ

前輪	7.50-R16-14PRLT
後輪	7.50-R16-14PRLT

車両重心位置



(4)「7．1．4　路側用ガードケーブル種別C」の車両

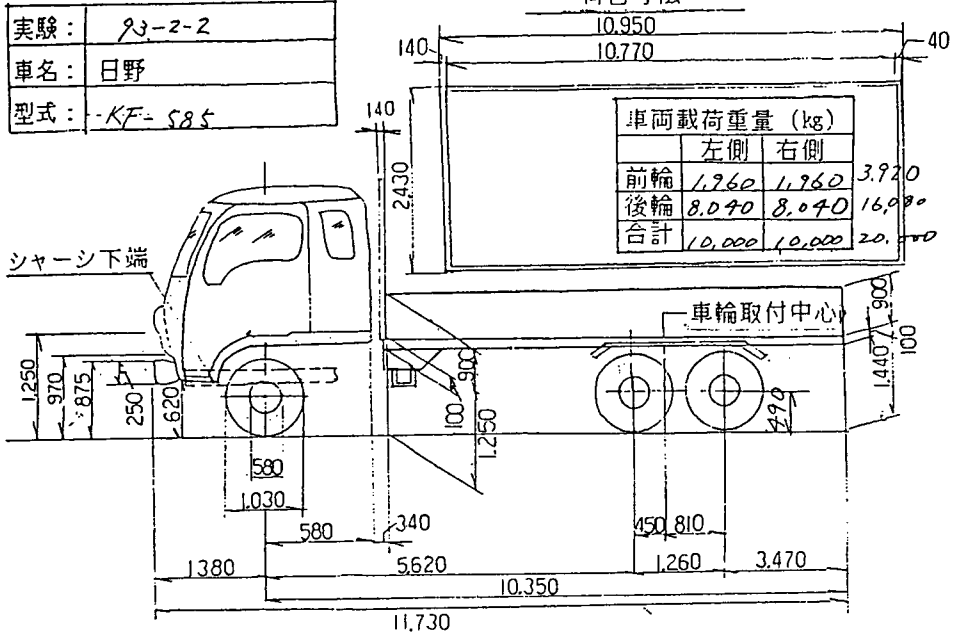


抹消登録証明書　　平成 4年 12月 25日　関東運輸局 千葉陸運支局長

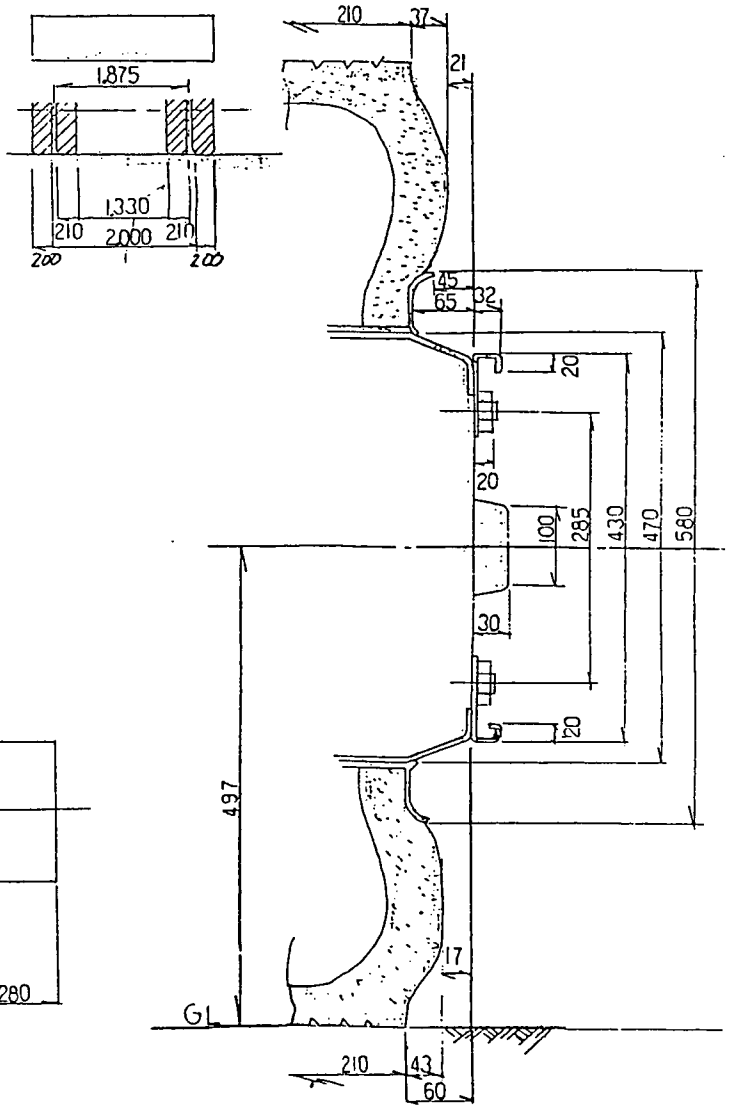
登録年月日又は車両番号又は自動車検査証番号		初度検査年月	自動車の種別	用途	自家用又は事業用の別	車体の形状					
賀志野 11 せ 3813	平成 4年12月25日 / 昭和 54年 3月		普通	貨物	事業用	キャブオーバ					
車名	型式	車台番号	原動機の型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量	長さ	幅	高さ	
日野	KF585			1-		9750kg	10100kg				10960kg
車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量	
KF585 1516	RF500	1175cm	249cm	325cm	15.45L	軽油				4980kg	
所有者の氏名又は名称	千葉日野自動車株式会社									前軸重	
所有者の住所	千葉県千葉市美浜区新港177 [1286 0056]									4980kg	
使用者の氏名又は名称	カマガヤウンソウ ユウゲンガイシャ									後軸重	
使用者の住所	千葉県鎌ヶ谷市鎌ヶ谷7丁目6－56 [1255 0025]									9650kg	
使用の本拠の位置	白井市									後軸軸重	
自動車の所在する場所										2150kg	
自動車検査証の有効期間の満了する日	備考										
平成 5年 3月 28日	[賀志野] 抹消登録										
年 月 日											
年 月 日											
年 月 日											
年 月 日											

実験：	93-2-2
車名：	日野
型式：	-KF-S85

荷台寸法

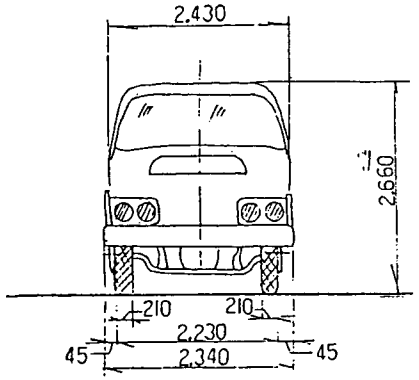


後輪寸法

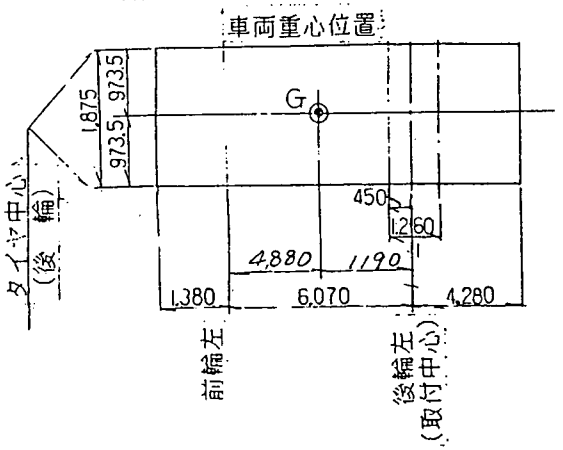


タイヤ・サイズ

前輪	10—20—14PR
後輪	10—20—14PR



車両重心位置



(5)「７．１．５　分離帯用ガードレール種別Ｓ」の車両

①Ｇｒｍ－Ｓ

自　動　車　検　査　証

平成 3年 2月 25日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号／自動車検査証番号	初度登録年月日／初度検査年月	初度検査年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別	車体の形状
土浦　１１　あ　２３０４	昭和 59年 2月 29日	昭和 59年 2月	普　通	貨物	事業用	キャブオーバ

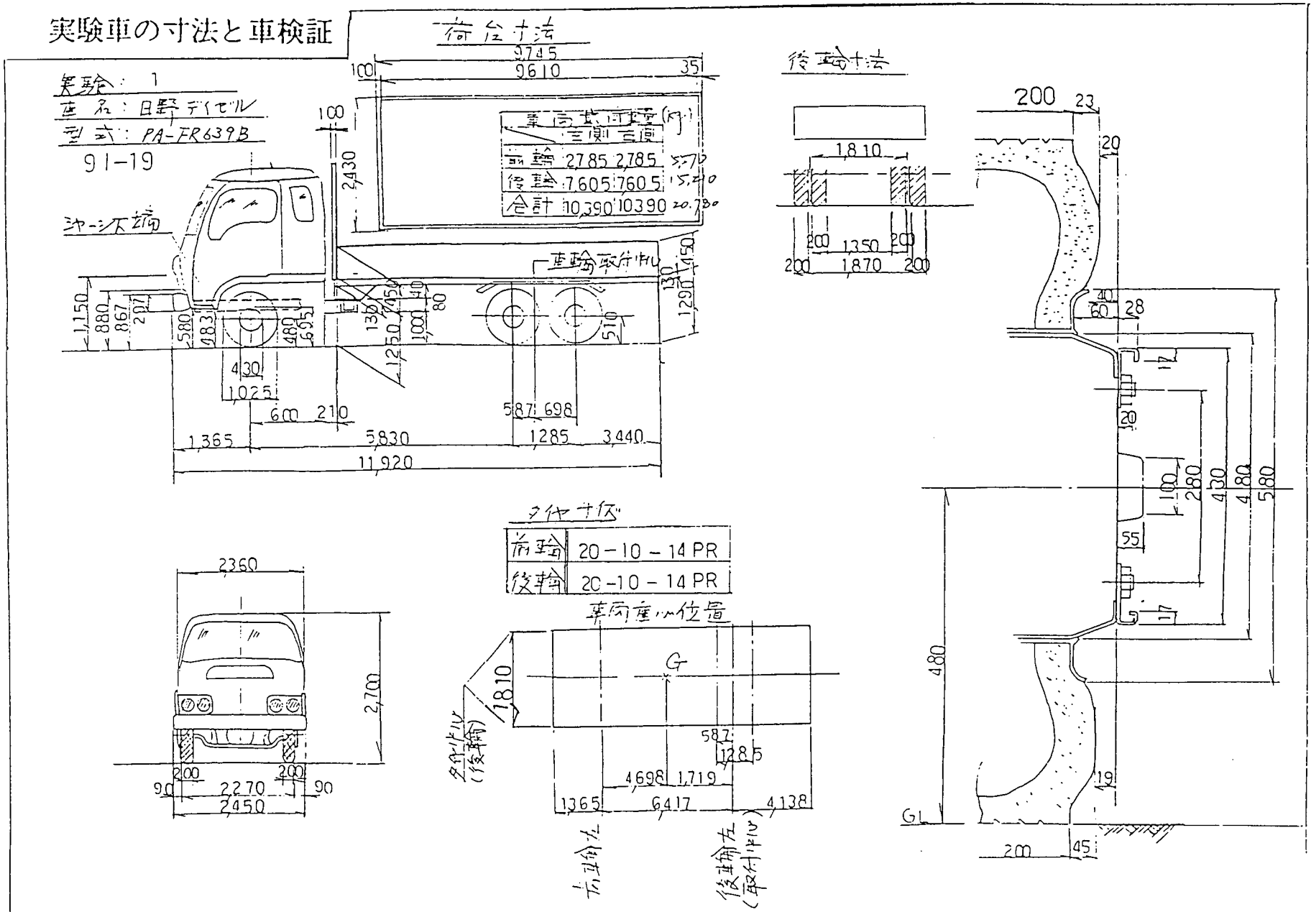
車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
日野	P－FR639B A	3人	10000kg	9710kg	19875kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分
FR639B－10179	EF750	1198cm	249cm	315cm	16.74kW	軽油		

所有者の氏名又は名称	スミシヨウ　オート　ース　カブシキガイシヤ	前前軸重 4210kg
所有者の住所	東京都新宿区[redacted]丁目６－１　[1304.1013]	前後軸重 －kg
使用者の氏名又は名称	ユウゲンガイシヤ　トツカウンユ	後前軸重 3440kg
使用者の住所	茨城県岩井市辺田１５１６－２２　[0847 0327]	後後軸重 2060kg
使用の本拠の位置／自動車の所在する位置	茨城県筑波郡谷和原村細代　[0879 1285]	

有効期間の満了する日		備考
平成 4年 2月 29日		[土浦]，継続検査，Ｂ≒５６，０００
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

実験車の寸法と車検証


荷台寸法
実験：1
車名：日野デイセル
型式：PA-FR639B
91-19
車両重量(kg)
軽量
前軸 2,785 2,785 5,570
後軸 7,605 7,605 15,210
合計 10,390 10,390 20,780
シャシ下端
車検証付帳
後輪寸法
タイヤ寸法
前輪 20-10-14 PR
後輪 20-10-14 PR
車両重心位置
G
GL

②Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）乗用車

登録事項等通知書

平成 5年 5月19日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通称	車体の形状
土浦　５６　つ　５９７	平成 5年 5月19日	昭和 59年 5月	小型	乗用	自家用	箱型

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
トヨタ	Ｅ－ＡＴ１５０	5人	－kg	970kg	1245kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
ＡＴ１５０－００２８５６７	３Ａ	435cm	167cm	136cm	1.45l/kW	ガソリン	4918	010

		前前軸重
所有者の氏名又は名称	中井　浩二	610kg
所有者の住所	茨城県つくば市並木３丁目１－５４２　[0849 1519]	前後軸重 －kg
使用者の氏名又は名称	ミナバ　ジロウ	後前軸重 －kg
使用者の住所	茨城県筑波郡豊里町高野１２１９－４　[0879 1340]	後後軸重 360kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊	
有効期間の満了する日	平成 5年 5月 9日	

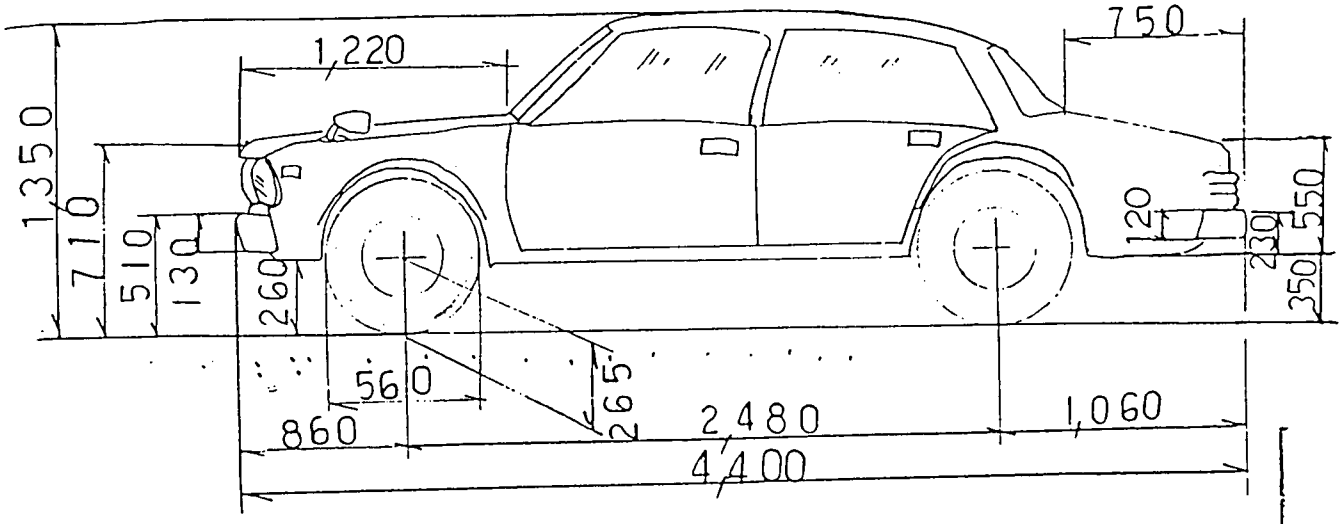
備考
［土浦］，抹消登録，５３年度排ガス適合

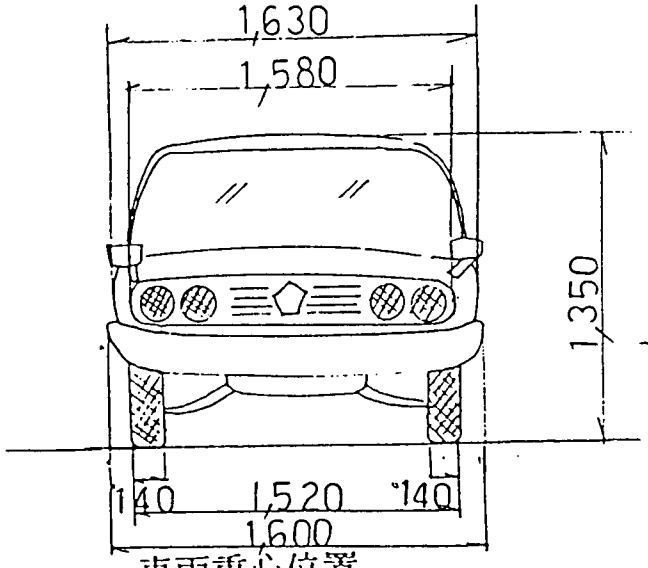
〔注意事項〕
1．申請された登録事項等と相違していないことを確認してください。もし相違しているときには、直ちに申し出てください。後日申し出られたときには更正の登録の手続きが必要となります。
2．登録年月日の欄には、新規登録の年月日又は最新の移転登録の年月日が表示されています。
3．自動車登録番号標の交付を受けられる方は、この通知書を自動車登録番号標交付代行者に提示してください。

自動車登録番号標　交付印

車 名；トヨタコロナ

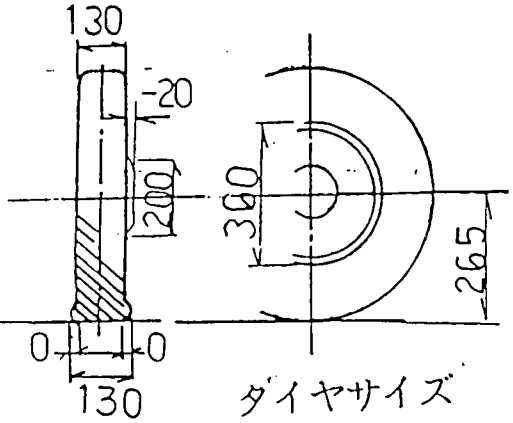
形式；E-AT150(1450 cc)　　NO 93−3−1





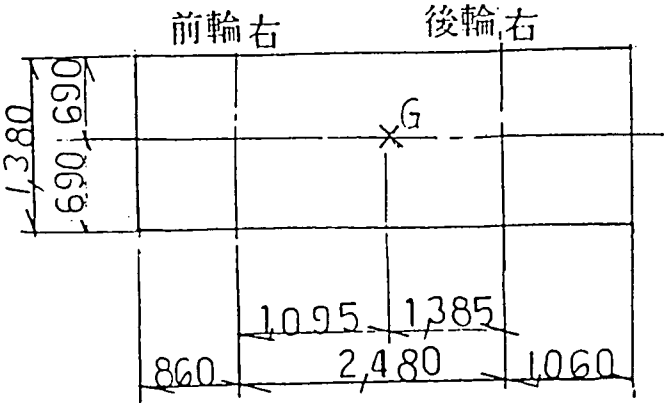
車両重心位置

（積載後）



ダイヤサイズ

前輪	165/70SR13
後輪	165/70SR13



	車両積載荷重量(kg)		
	左	右	
前輪	307	307	614
後輪	243	243	486
	550	550	1,100
合計	1,100		

実験車の寸法

③Ｇｒｍ－Ｓ（Ｄ）貨物車

抹　消　登　録　証　明　書

平成 4年 6月30日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/油否	車体の形状
土浦　11　あ　1875	平成 4年 6月30日	昭和 57年 11月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
ニッサンディーゼル	K－CD52V	3人	10250kg	9540kg	19955kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
CD52V－11108	RD8	1170cm	249cm	317cm	14.31kW/r	軽油		

所有者の氏名又は名称	日産ディーゼル茨城販売株式会社	前前軸重 4150kg
所有者の住所	茨城県水戸市笠原町1407－1　[2404]	前後軸重 kg
使用者の氏名又は名称	ツクバ　リクウン　ユウゲンガイシヤ	後前軸重 3350kg
使用者の住所	茨城県筑波郡大穂町西高野1255－1　[0879 1927]	後後軸重 2040kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊	

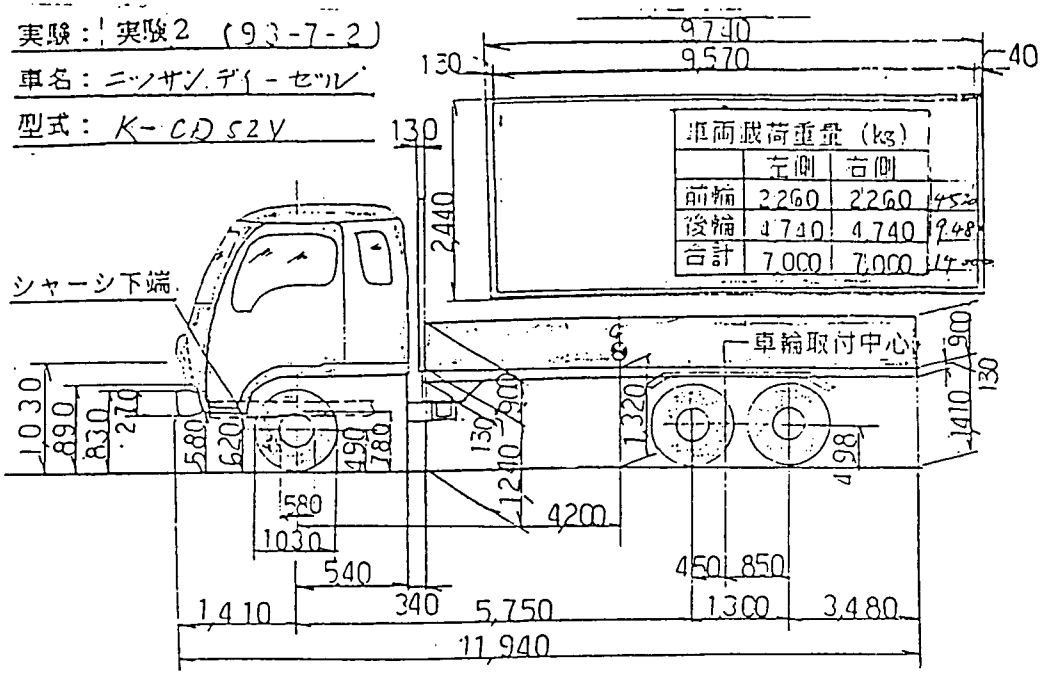
有効期間の満了する日		備考
平成 4年 12月 3日		[土浦]，抹消登録
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

実験車の寸法

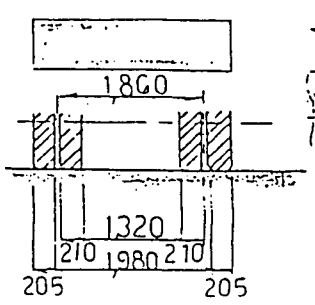
実験：実験2 (93-7-2)

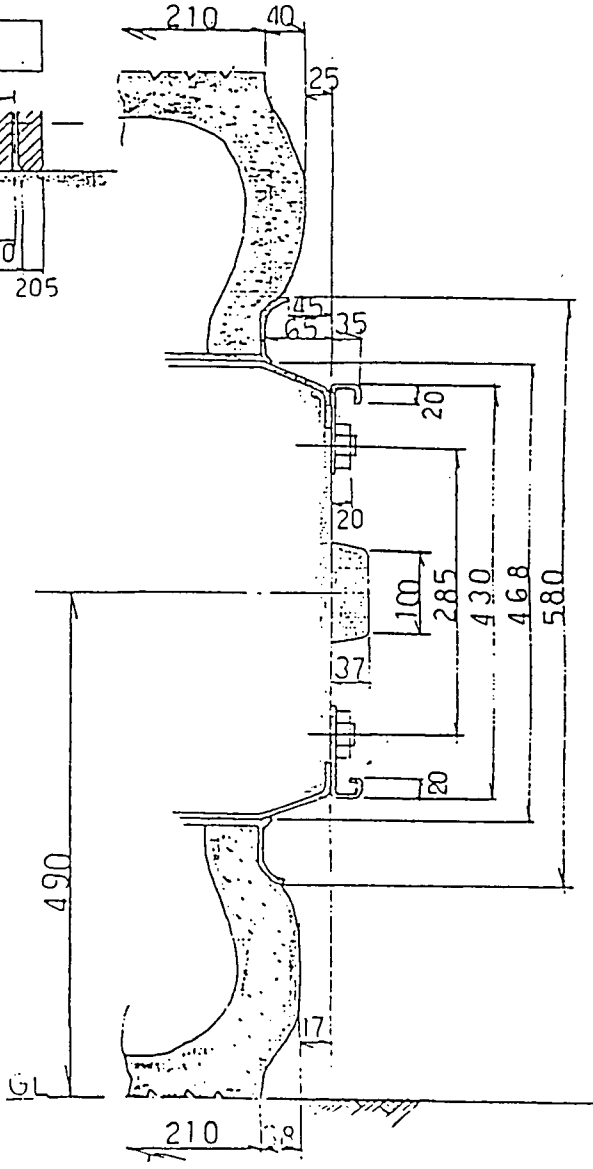
車名：ニッサン ディーゼル

型式：K-CD52V



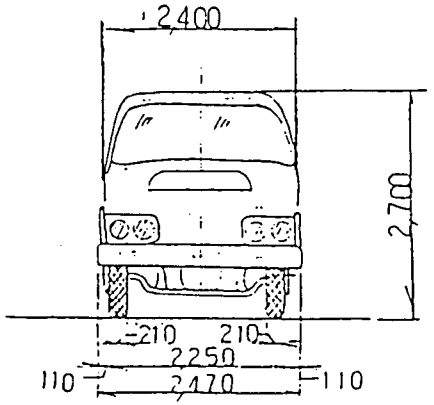
後輪寸法



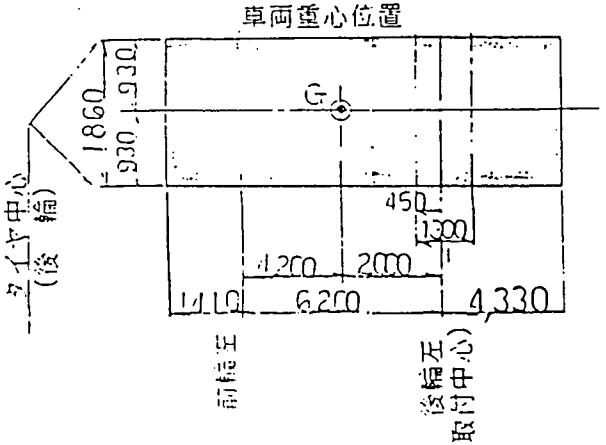


タイヤ・サイズ

前輪	10-20-14 PR
後輪	10-20-14 PR



車両重心位置



④Grm－S（S）

自動車検査証

平成 3 年 2 月 28 日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車検査証番号	初度登録年月日/交付年月日	初度検査年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦　11　あ　1623	昭和 57 年 3 月 26 日	昭和 57 年 3 月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
日野	K-FR279A	3 人	10250 kg	9570 kg	19985 kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分
FR279A－10369	EK100	1195 cm	249 cm	315 cm	13.26 L	軽油		

所有者の氏名又は名称	茨城日野自動車株式会社	乗車定員 3960 kg
所有者の住所	茨城県水戸市宮町１丁目２－７　[2421]	最大積載量 kg
使用者の氏名又は名称	マブチ　ウンユ　ユウゲンガイシヤ	車両重量 3490 kg
使用者の住所	茨城県稲敷郡阿見町大室１１１８－５　[0877 C646]	車両総重量 2120 kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	***	

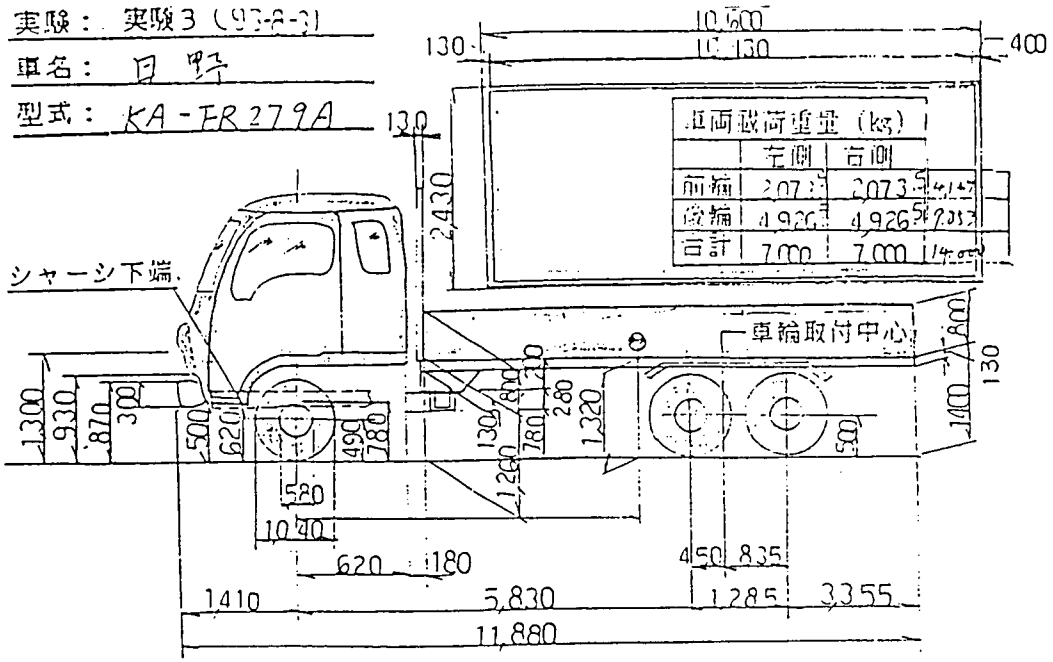
有効期間の満了する日		備考
平成 4 年 3 月 25 日		[土浦]，継続検査，Ｂ≒５６，０００
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

Gr-S(S)-E2 大型車

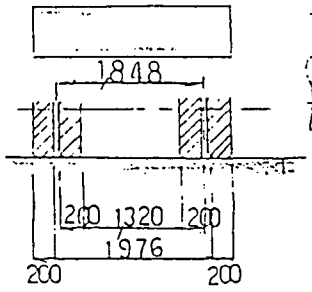
実験： 実験3 (97-8-3)

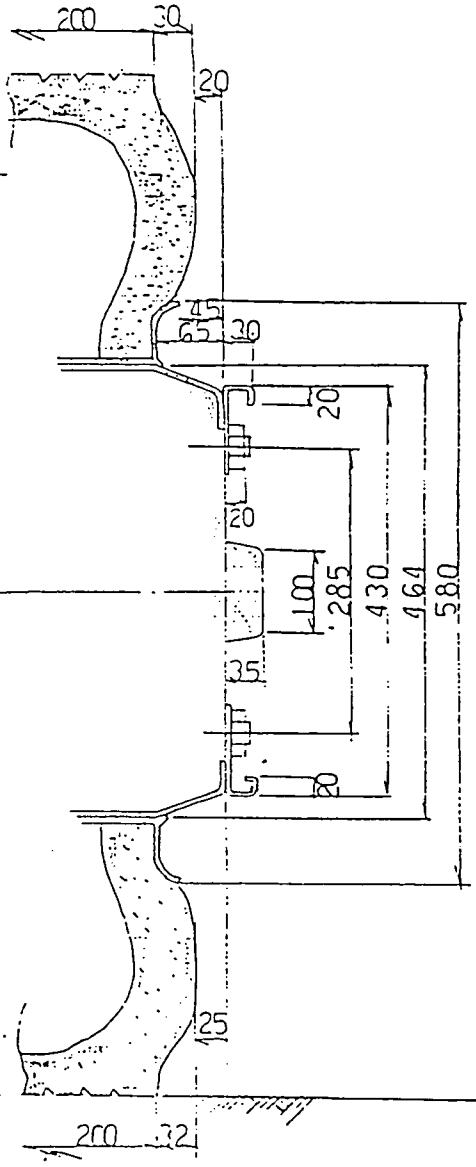
車名： 日野

型式： KA-FR279A



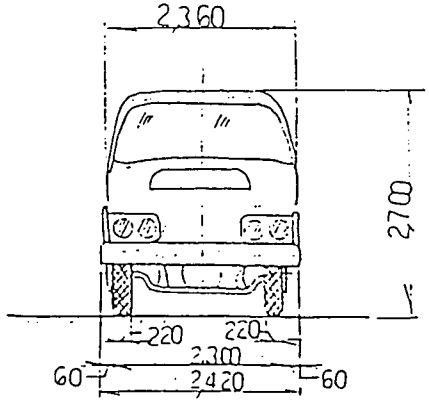
後輪寸法



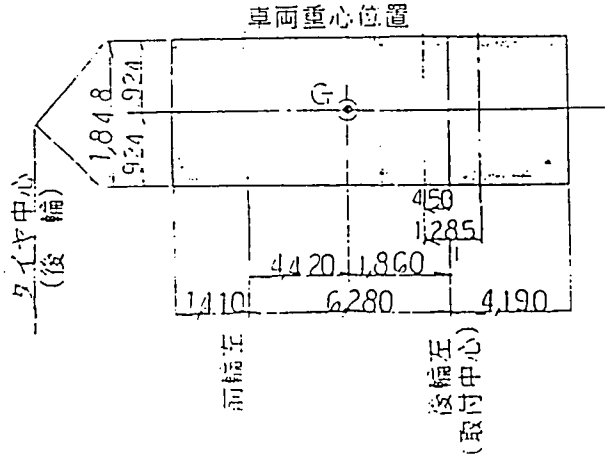


タイヤ・サイズ

前輪	10 − 20 −14 PR
後輪	10 − 20 −14 PR



車両重心位置



(6)「7．2．2　高強度型路側用ガードレールＧｒ－４０」の車両

①実験１

抹消登録証明書

平成５年３月10日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦　11　さ　6877	平成 5 3 10	昭和 59 6	普通	貨物	自家用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
日野	K－FR288A	3	10500	9320	19985

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FR288A－10185	EP100	1175	249	336	8.82 kW	軽油		

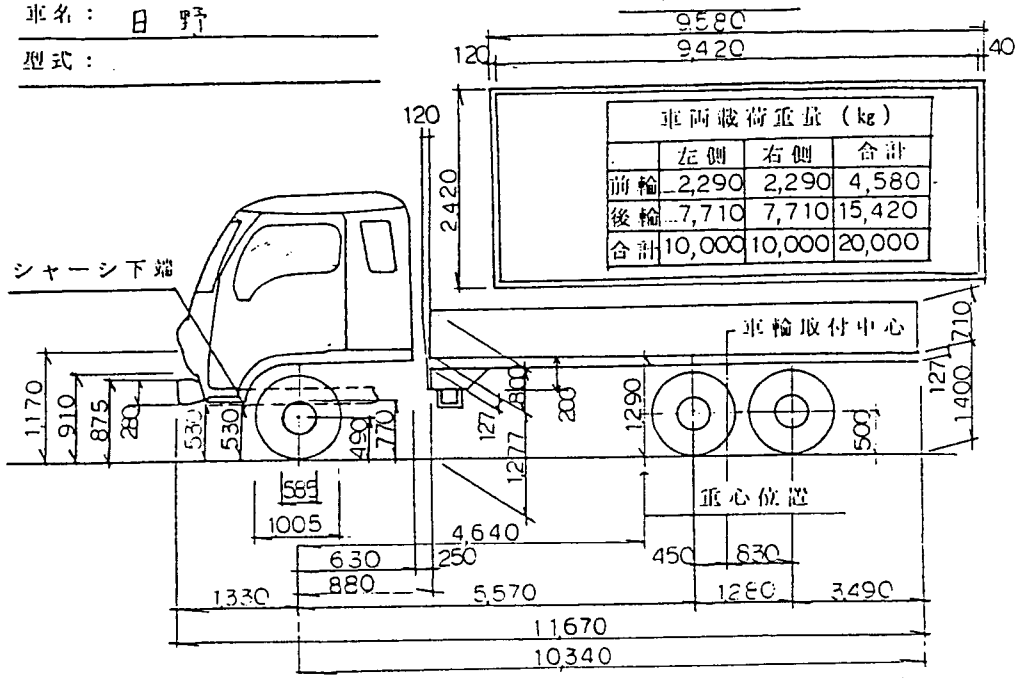
		前前軸重
所有者の氏名又は名称	有限会社　アサヒ自販	3810
所有者の住所	茨城県行方郡玉造町甲6786－4　〔0876 0757〕	前後軸重 kg
使用者の氏名又は名称	＊＊＊	後前軸重 3430
使用者の住所	＊＊＊	後後軸重 2080
使用の本拠の位置		
自動車の所在する位置	茨城県新治郡千代田町下土田80－6　〔0878 1647〕	
有効期間の満了する日		
平成 5 6 25	備考 〔土浦〕，抹消登録	
年　月　日		
年　月　日		
年　月　日		
年　月　日		

実験： 93-10-1

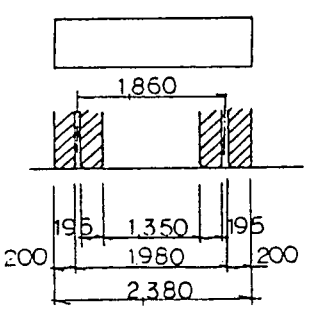
車名： 日野

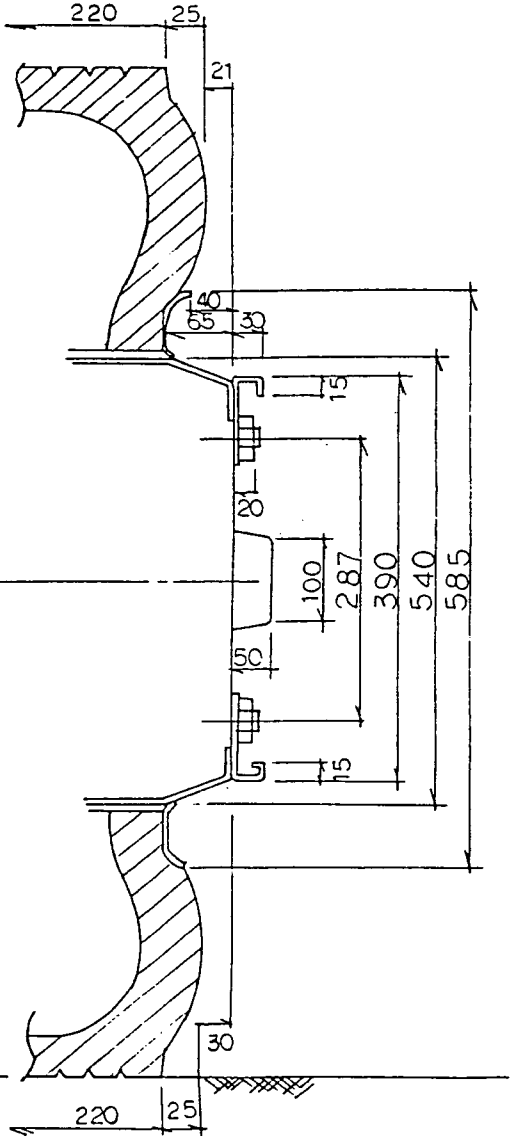
型式：

荷台寸法



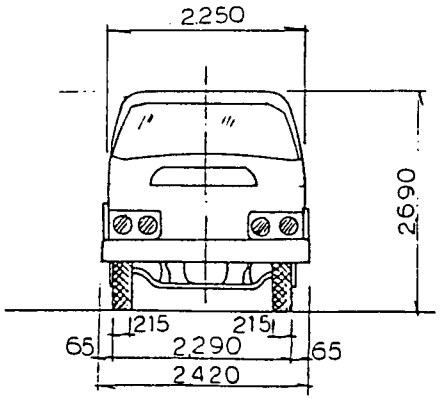
後輪寸法



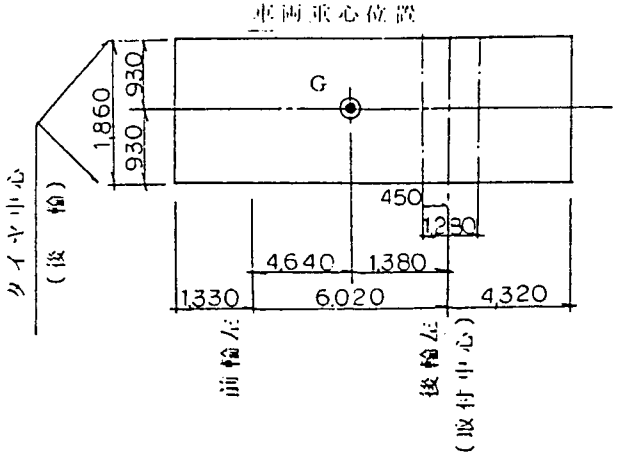


タイヤ・サイズ

前輪	10.00-R20-14PR
後輪	10.00-R20-14PR



車両重心位置



②実験２

抹　消　登　録　証　明　書

平成 5 年 11 月 30 日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/適否	車体の形状
土浦　11 て あ　2646	平成 5年11月30日	昭和 55年 9月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
三菱	K－FU315U	3人	9750kg	10070kg	19985kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FU315U50793	8DC9	1185cm	249cm	314cm	16.03KW/	軽油		

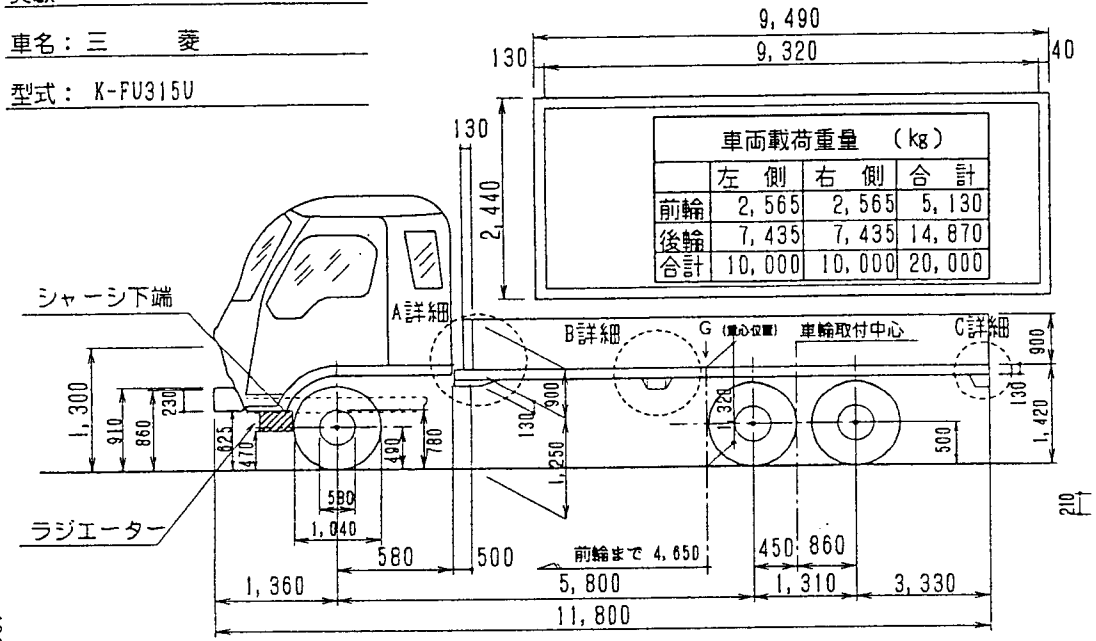
所有者の氏名又は名称	茨城三菱ふそう自動車販売株式会社	前前軸重	4320kg
所有者の住所	茨城県東茨城郡茨城町長岡３５４８　[2435]	前後軸重	－kg
使用者の氏名又は名称	オウナン　ウンユ　ユウゲンガイシヤ	後前軸重	3680kg
使用者の住所	茨城県新治郡桜村上広岡５４２－４　[0878 1230]	後後軸重	2070kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊		

有効期間の満了する日		備考
平成 5年 12月 8日		[土浦]，抹消登録 －
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

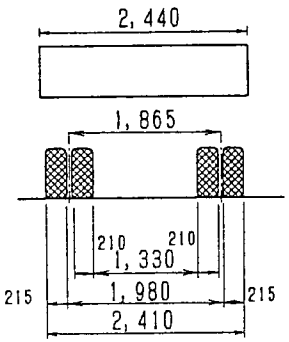
実験：３　(93-16-3)

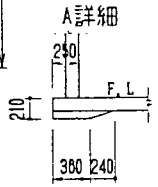
車名：三　　菱

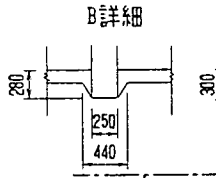
型式：K-FU315U

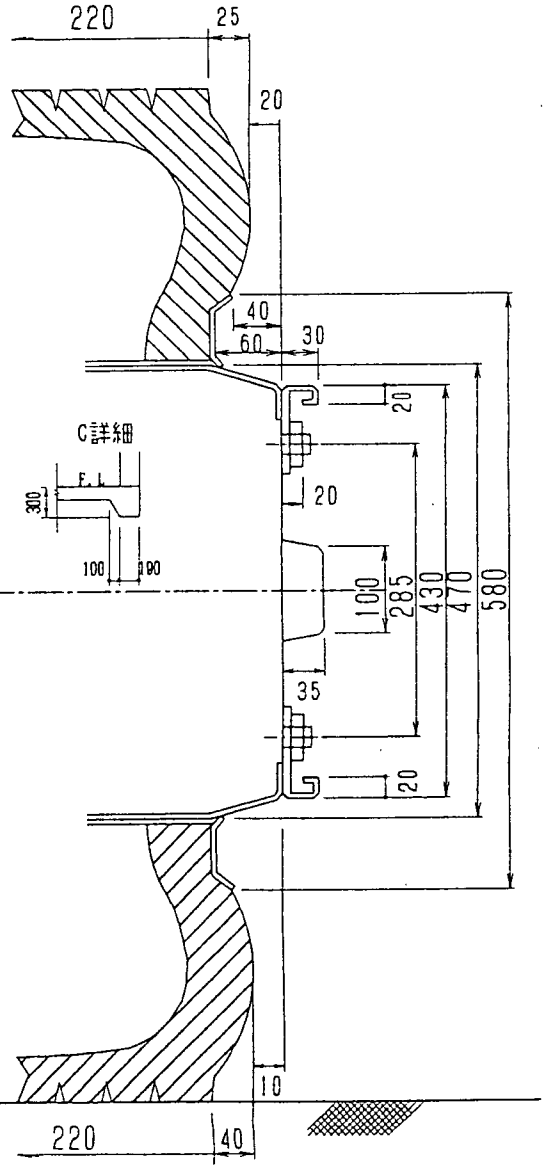


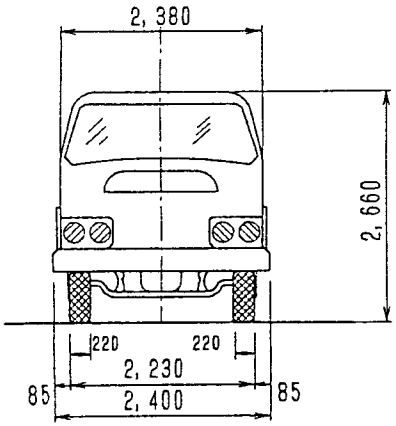
後輪寸法







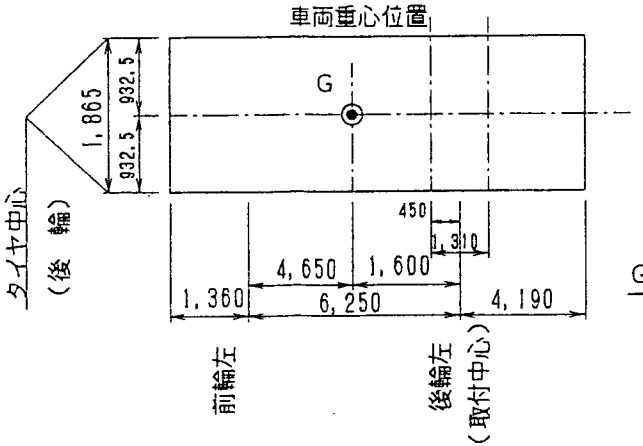




タイヤ・サイズ

前輪	10.00-R20-14PR
後輪	10.00-R20-14PR

車両重心位置



③実験３

自　動　車　検　査　証

平成 5年 3月 9日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	初度登録年月日/交付年月日	初度検査年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦　11　あ　1945	昭和 58年 3月 24日	昭和 58年 3月	普　通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
ニッサンディーゼル	K－CD45V	3人	10500kg	9210kg	19875kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
CD45V－11977	PE6	1185cm	249cm	328cm	11.67kW	軽油		

所有者の氏名又は名称	日産ディーゼル茨城販売株式会社	前前軸重	4090kg
所有者の住所	茨城県水戸市笠原町１４０７－１　[2404]	前後軸重	kg
使用者の氏名又は名称	カブシキガイシヤ　イイダシヨウウン	後前軸重	3180kg
使用者の住所	茨城県取手市井野台２丁目９－３７　[0846 0268]	後後軸重	1940kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	茨城県取手市井野　[0846 0047]		

有効期間の満了する日		備考
平成 6年 3月 23日		[土浦]，継続検査，Ｂ〒５６，０００
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

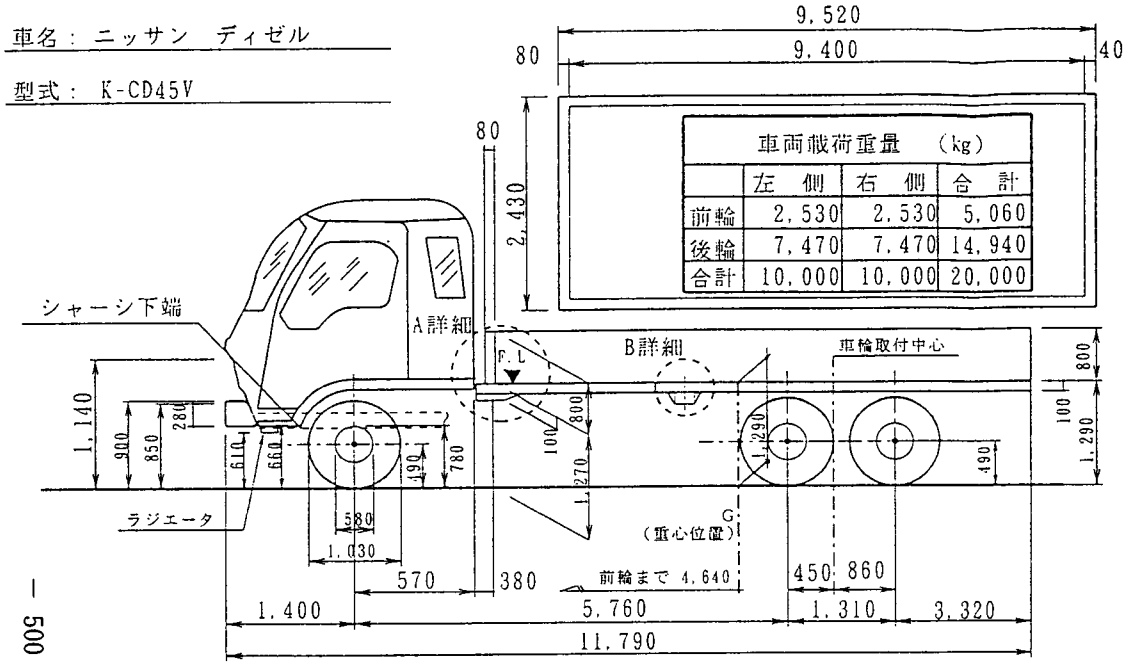
実験車

株式会社
皆葉自動車
茨城県つくば市大字高野1219-4
TEL 0298(47)２１１４㈹
FAX 0298(47)８９２８

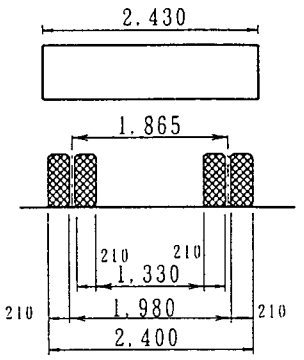
実験： 94-6

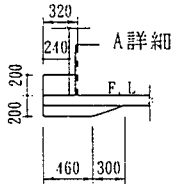
車名： ニッサン　ディゼル

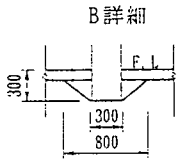
型式： K-CD45V

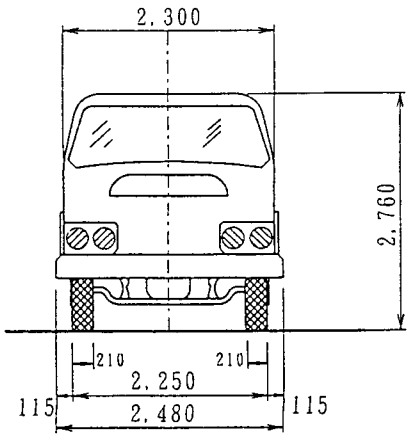


後輪寸法





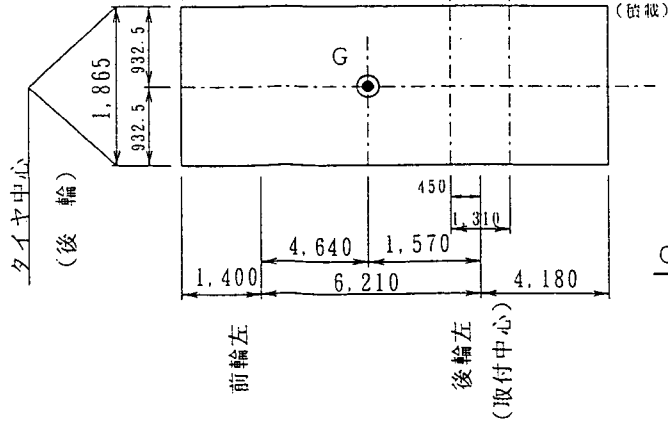




タイヤ・サイズ

前輪	10.0-20.0R-14PR
後輪	10.0-20.0R-14PR

車両重心位置　車両重心高さ：(空荷)　900mm
(積載) 1,234mm



④実験４

'94年09月03日(土) 09:43 受付 540625

自動車検査証

平成５年９月６日　関東運輸局　栃木陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	初度検査年月日/初年度登録年月	新規登録年月日	自動車の種別	用途	自家用/事業用の別	車体の形状
栃 11 あ 3424	昭和 51年3月11日	昭和 51年3月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
三菱	FU112S	3人	10000kg	9400kg	19565kg

車台番号	原動機の型式	総排気量	幅	高さ	燃料の種類	型式指定番号	類別区分
FU112S21686	8DC4	11770cc	2490mm	3800mm	13.27 軽油		

所有者の氏名又は名称	第一貨物　株式会社
所有者の住所	山形県山形市諏訪町２丁目１－２０　〔0630 0032〕
使用者の氏名又は名称	〃
使用者の住所	〃
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	栃木県宇都宮市石井町２６１１－１　〔0930 0791〕
有効期間の満了する日	平成 6年 9月 29日
〃	年 月 日
〃	年 月 日
〃	年 月 日
〃	年 月 日

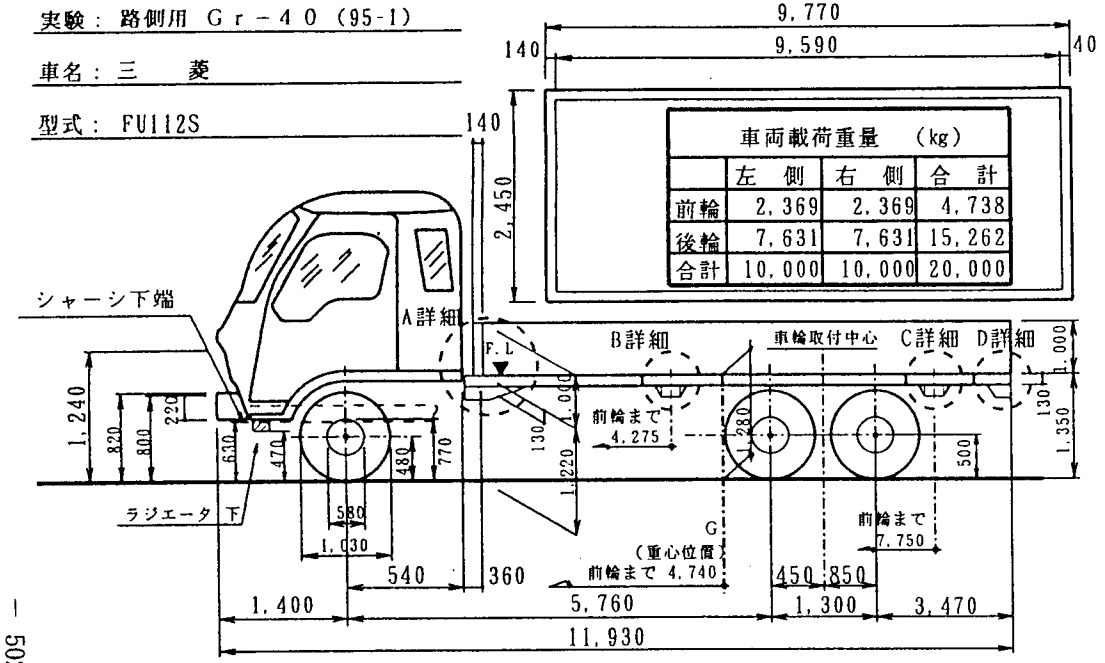
車両重量	
前前軸重	3860kg
前後軸重	—
後前軸重	3500kg
後後軸重	2040kg

備考
〔足立〕，継続検査，Ｂ¥５６，０００
95-1

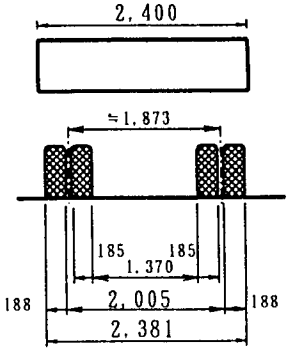
実験：路側用 Ｇｒ－４０（95-1）

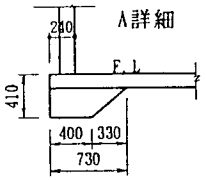
車名：三　菱

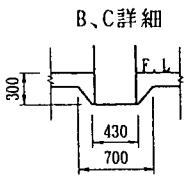
型式：FU112S

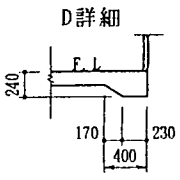


後輪寸法



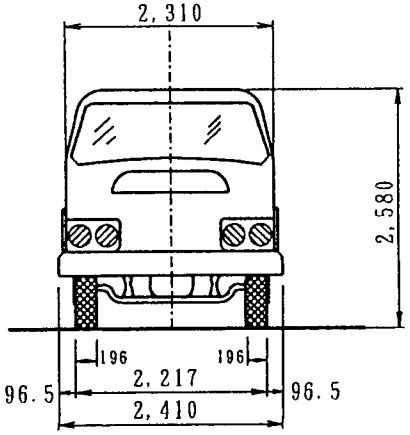




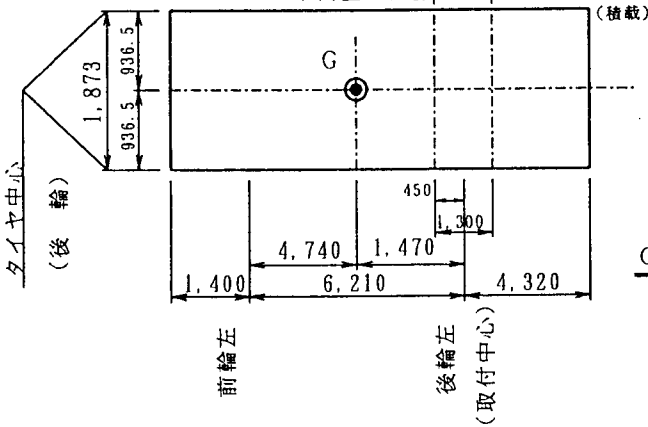


タイヤ・サイズ

前輪	10.0-20.0-14PR
後輪	10.0-20.0-14PR



車両重心位置　車両重心高さ：(空荷)　940mm
(積載) 1,239mm



(7)「７．２．３　高強度型路側用ガードレールＧｒ－２０」の車両

①実験１

抹　消　登　録　証　明　書　　平成 6年 6月 21日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/適否	車体の形状
土浦 11 い 3789	平成 6年 6月 2日	昭和 59年 6月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
ニッサンディーゼル	P－CM86H	3人	4000kg	3800kg	7965kg

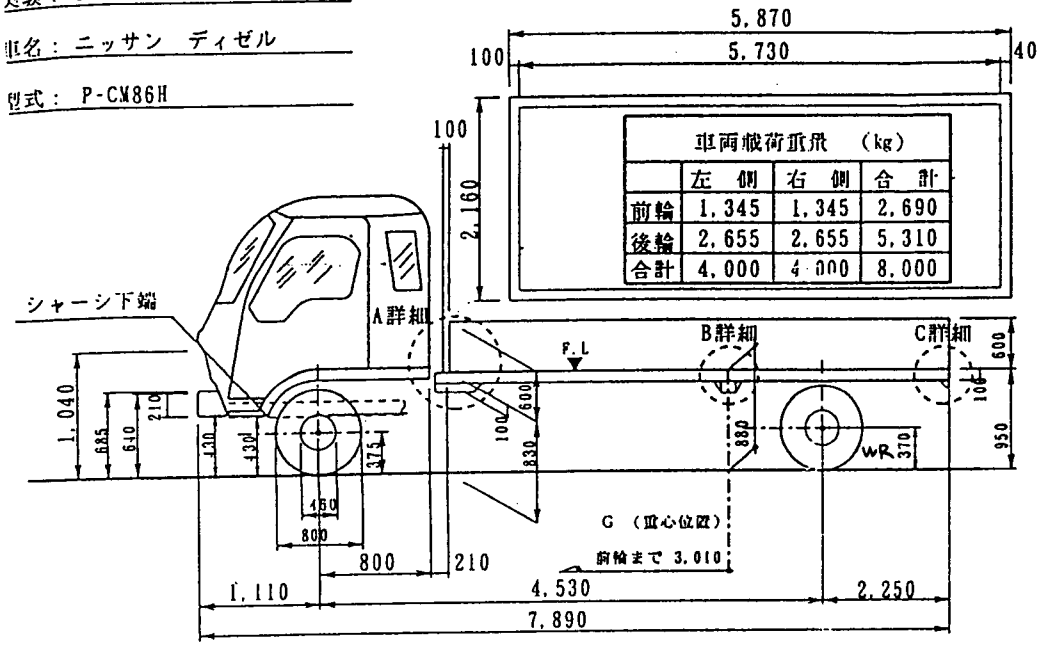
車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
CM86H－011531	FD6	797cm	219cm	246cm	5.65L	軽油		

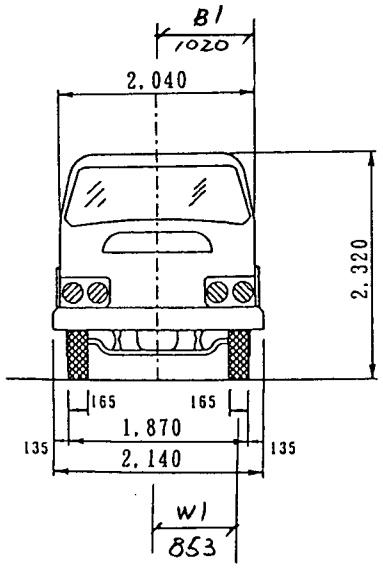
所有者の氏名又は名称	クルス　ウンソウ　ユウゲンガイシヤ	前前軸重 2080kg
所有者の住所	茨城県新治郡新治村藤沢770－1　[0878 0985]	前後軸重 kg
使用者の氏名又は名称	＊＊＊	後前軸重 kg
使用者の住所	＊＊＊	後後軸重 1720kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊	
有効期間の満了する日	備考	
平成 6年 6月 19日	[土浦]，抹消登録 94-8	
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

試験：94 8

車名：ニッサン　ディゼル

型式：P-CM86H

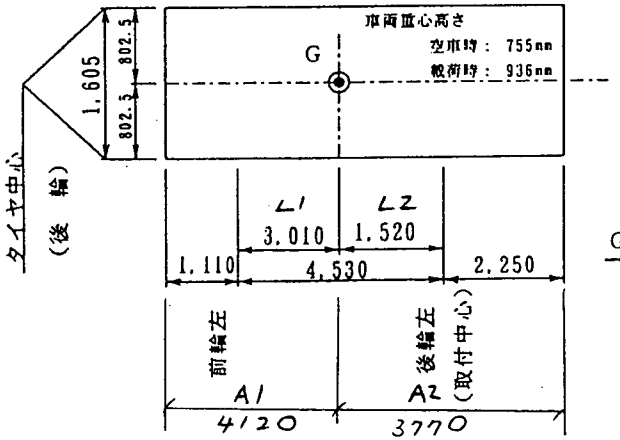


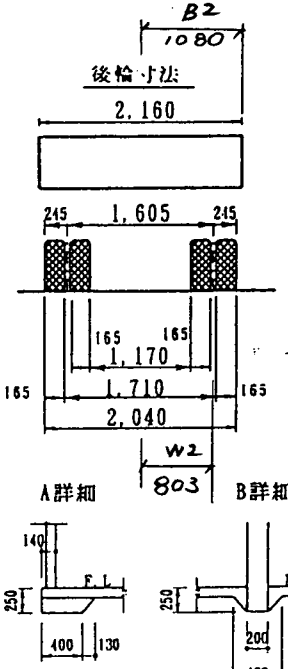


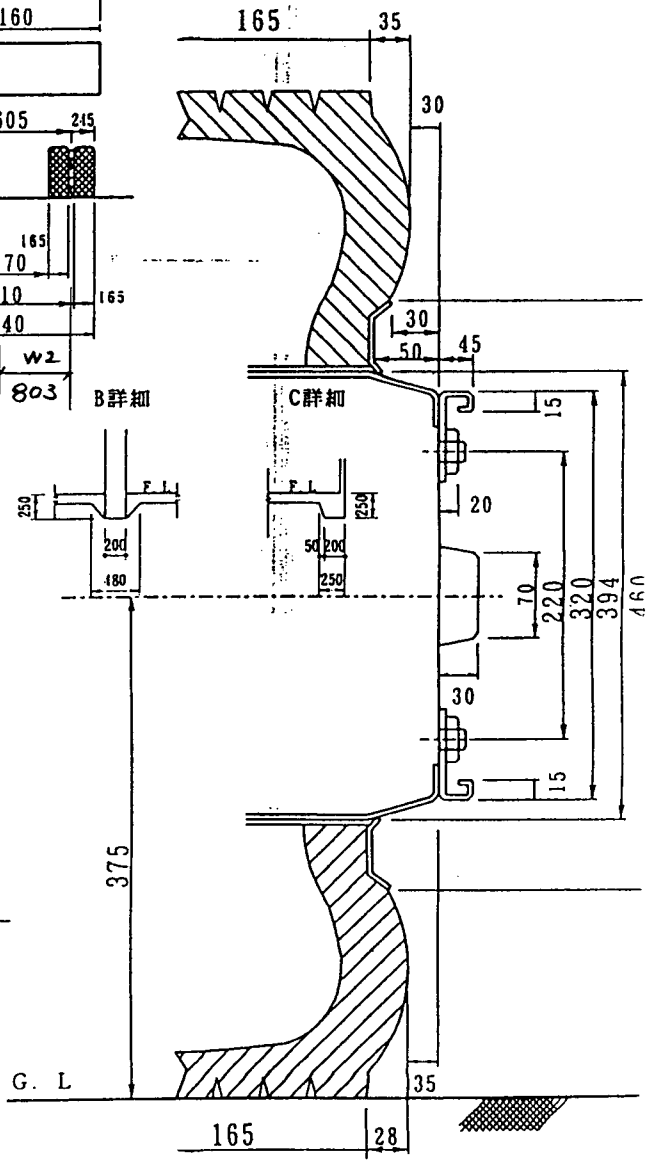
タイヤ・サイズ

前輪	7.50-R16LT
後輪	7.50-R16LT

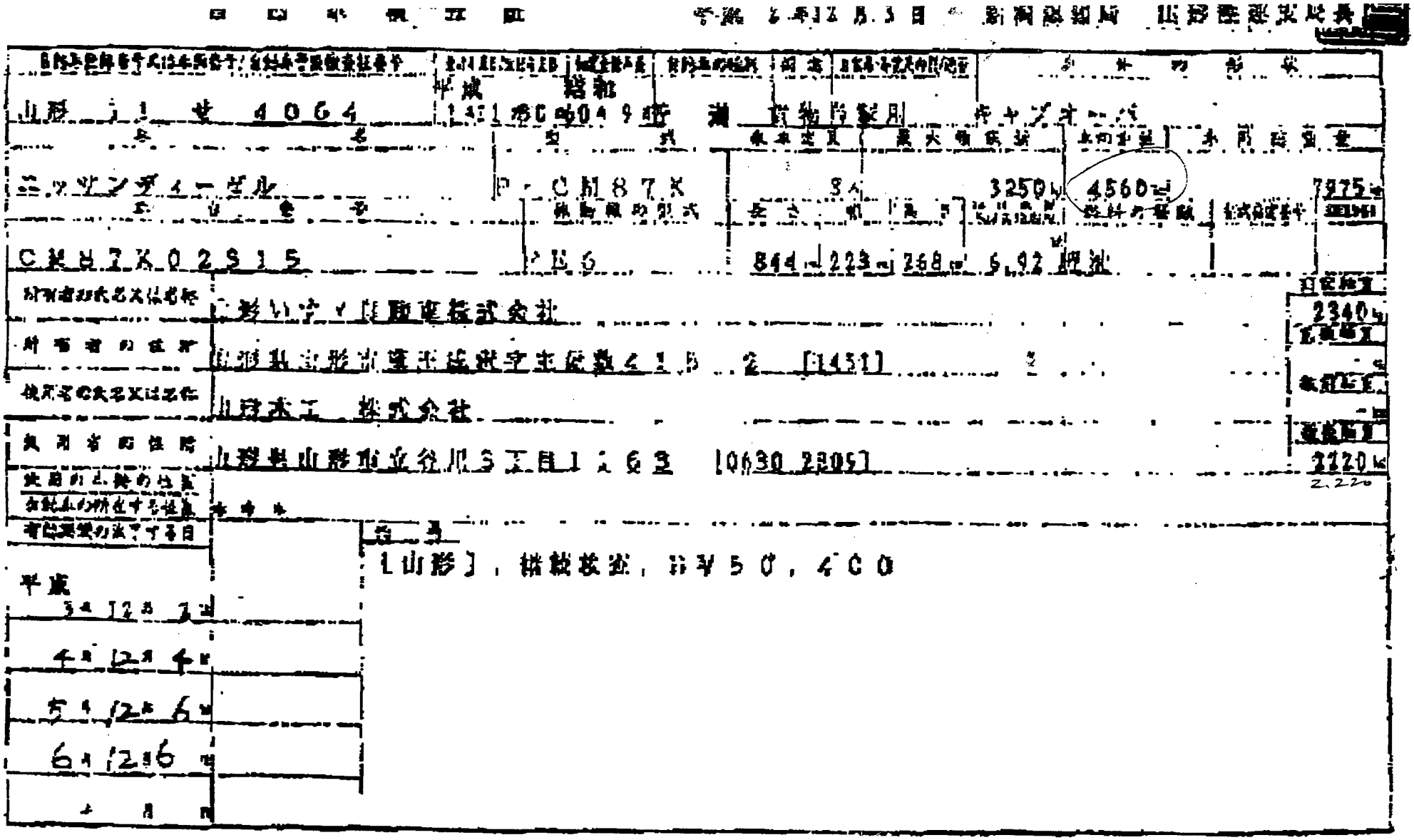
車両重心位置







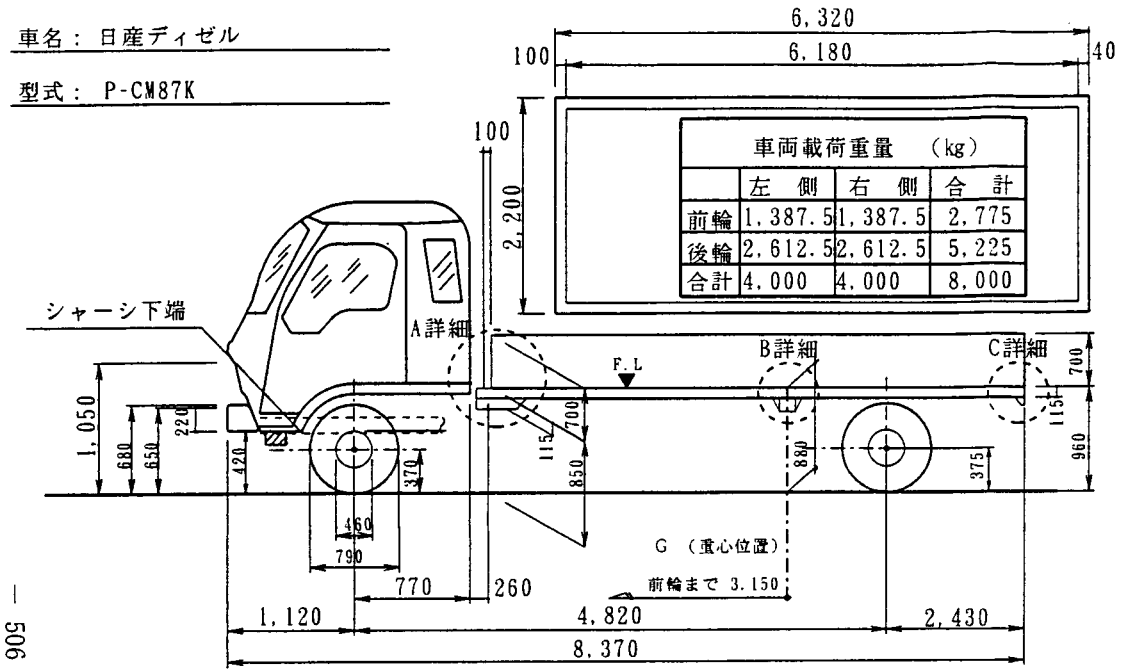
②実験２


昭和
平成
山形 ５１ せ ４０６４
ニッサンディーゼル
P-CH87K
8人
3250kg
4560kg
7375kg
CWH87K02515
PE6
844 223 268 6.92 軽油
山形トヨタ自動車株式会社
山形県山形市蔵王上野字主屋敷４１５ 〒[1431]
山形木工 株式会社
山形県山形市立谷沢５丁目１－６３ [0630 2305]
2340kg
2220kg
2,220
平成
３ 12 3
４ 12 4
５ 12 6
６ 12 6
[山形]，指令第，H３５０，４００

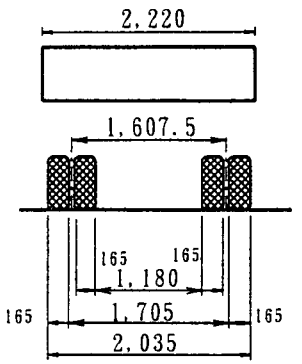
実験： Gr－20　94-14

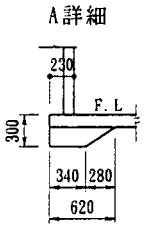
車名： 日産ディゼル

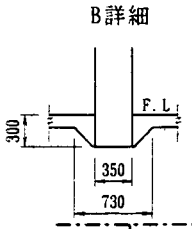
型式： P-CM87K

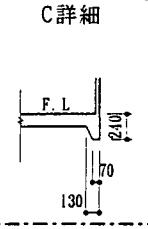


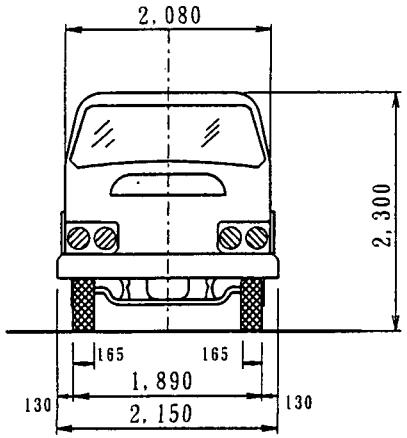
後輪寸法







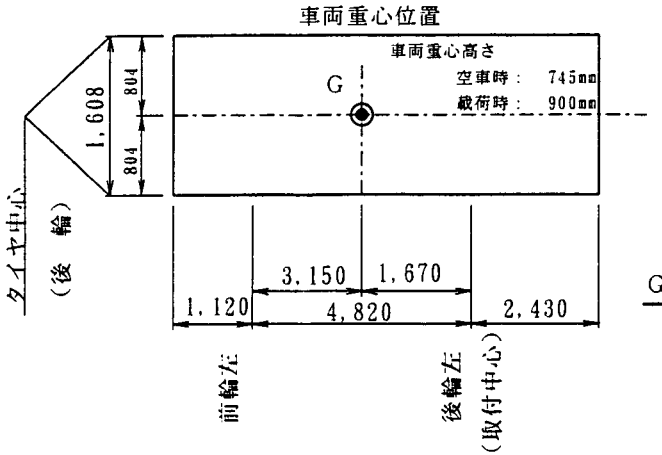




タイヤ・サイズ

前輪	7.50-R16LT
後輪	7.50-R16LT

車両重心位置



③実験３

抹消登録証明書

平成７年３月31日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/適否	車体の形状
土浦　11　に　4862	平成 7年 3月31日	昭和 60年 2月	普通	貨物	自家用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
三菱	P－FK415J	3人	3500kg	4210kg	7875kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FK415J－51268	6D14	804cm	226cm	258cm	6.91kW	軽油		

所有者の氏名又は名称	有限会社和生金属	前前軸重 2140kg
所有者の住所	東京都大田区大森中３丁目９－６　[1311 0637]	前後軸重 －kg
使用者の氏名又は名称	有限会社和生金属	後前軸重 --kg
使用者の住所	茨城県結城郡石下町本豊田１３１３－４　[0881 0812]	後後軸重 2070kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊	

有効期間の満了する日	
平成 7年 3月 8日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	

備考

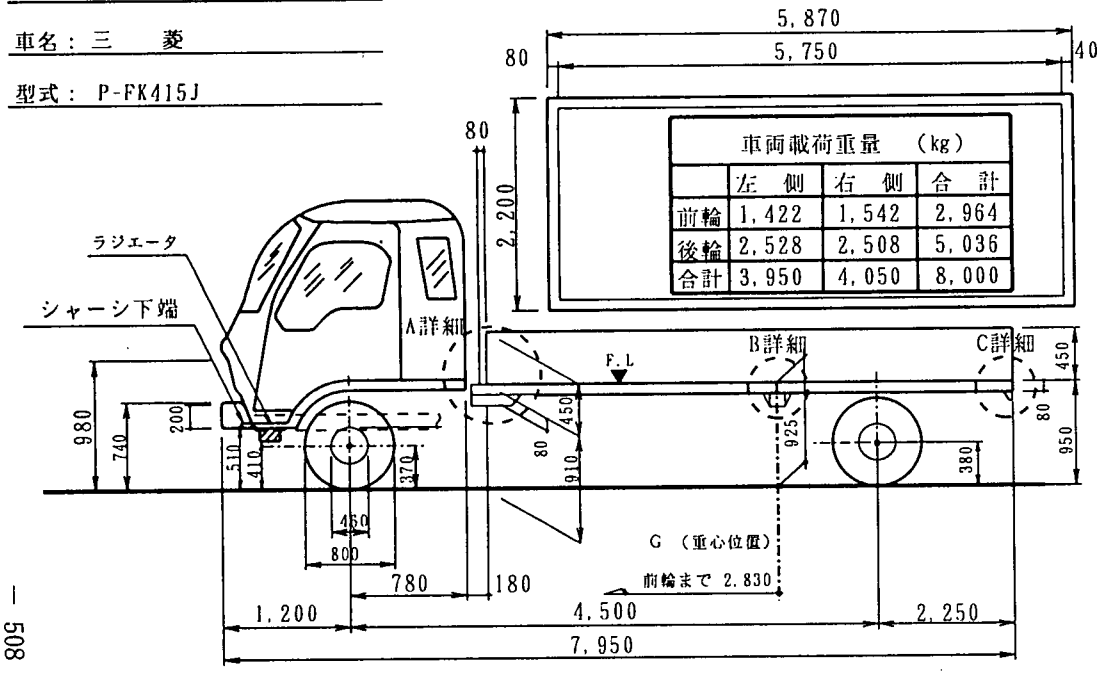
[土浦]，抹消登録，この自動車は平成７年１１月３０日以降の有効期間満了日を超えて特定地域内に使用の本拠を置くことができません。

95－2

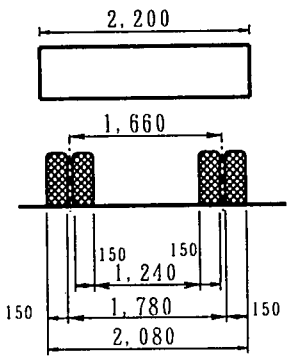
実験： Gr－20対応型　95-2

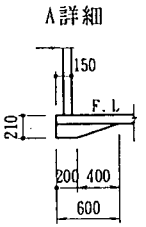
車名： 三　　菱

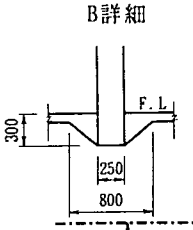
型式： P-FK415J

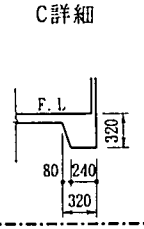


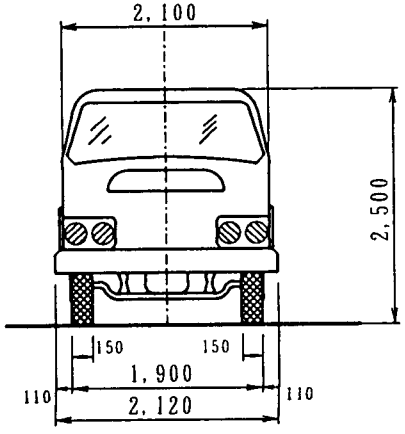
後輪寸法







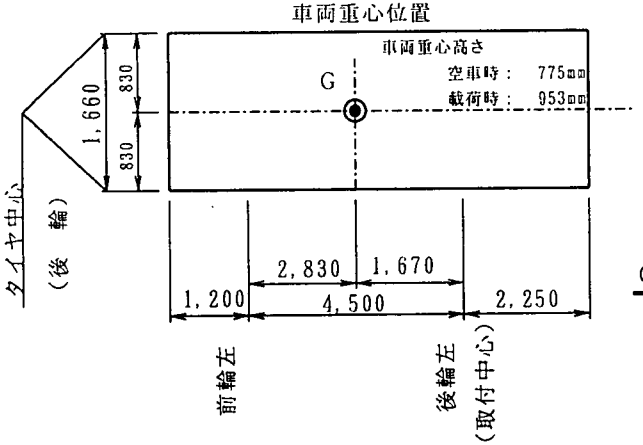




タイヤ・サイズ

前輪	7.50-R16-14PR
後輪	7.50-R16-14PR

車両重心位置



(8)「７．２．４　高強度型路側用ガードケーブルＧｃ－ＳＳ改良１型」の車両

抹消登録証明書

平成 3 年 12 月 26 日　関東運輸局・茨城陸運支局長

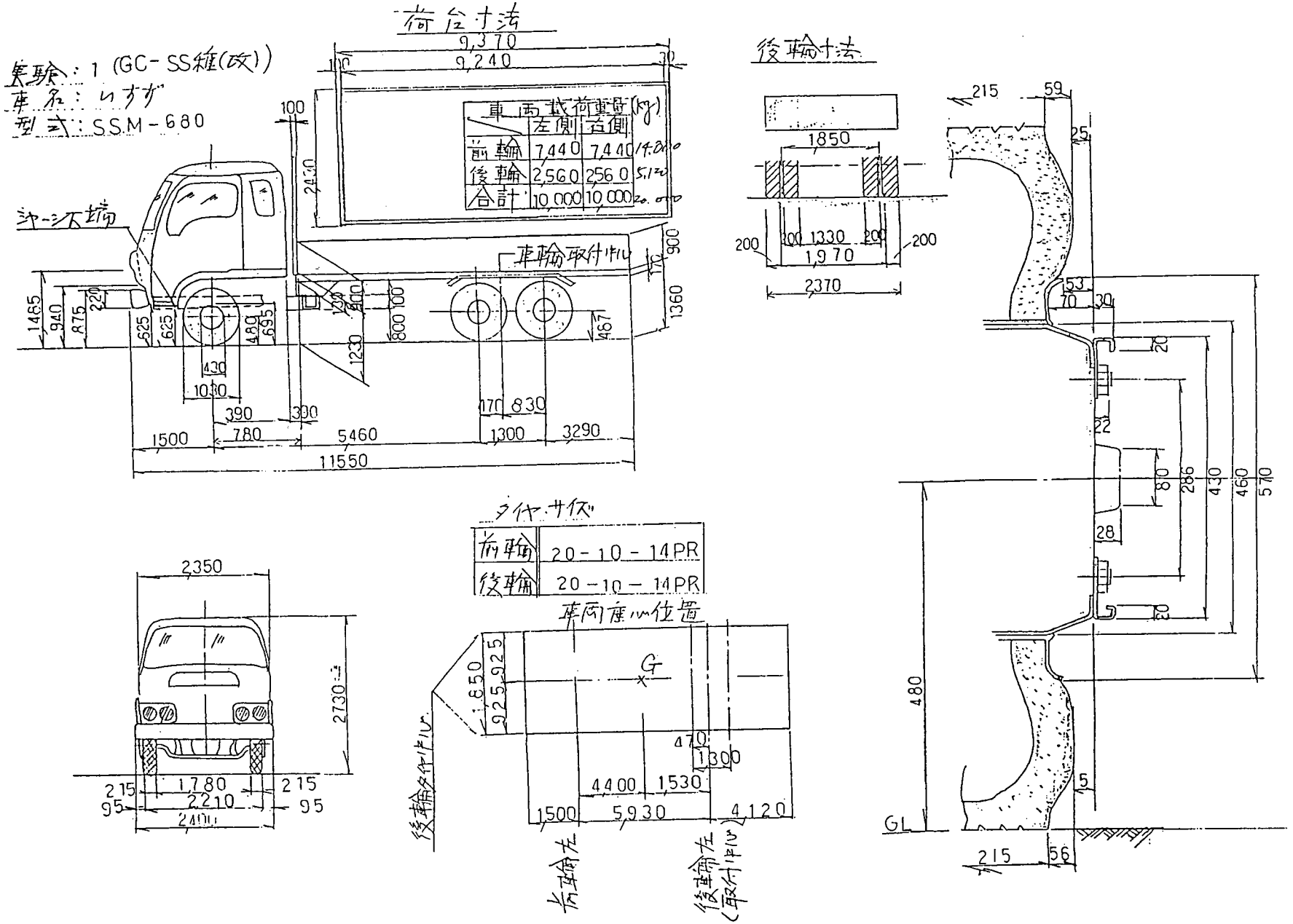
自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日	初度検査年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通称	車体の形状
水戸 11 あ 1601	3 12 26 年 月 日	53 11 年 月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
いすゞ	ＳＳＭ６８０	3 人	9750 kg	9920 kg	19835 kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
ＳＳＭ６８０－１８７７６０５	１０ＰＢ１	1162 cm	249 cm	310 cm	14.02 l	軽油		

所有者の氏名又は名称	茨城いすゞ自動車株式会社
所有者の住所	茨城県水戸市五軒町１丁目２－５　〔2401〕
使用者の氏名又は名称	真谷川運輸　株式会社
使用者の住所	茨城県真茨城郡美野里町竹原下郷１３７－１　〔0870-0831〕
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊
有効期間の満了する日	
平成 4 年 1 月 20 日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	

前前軸重	4,220 kg
前後軸重	kg
後前軸重	3,550 kg
後後軸重	2,150 kg
	9,920


実験：1 (GC-SS維(改))
車名：いすず
型式：SSM-680
荷台寸法
9,370
9,240
車両最大荷重(kg)
左側 右側
前輪 7,440 7,440
後輪 2,560 2,560
合計 10,000 10,000
シャーシ上端
車輪取付ボルト
後輪寸法
1850
1330
1,970
2370
タイヤサイズ
前輪 20-10-14PR
後輪 20-10-14PR
車両重心位置
G
後輪タイヤセンター
前車軸左
後車軸左(取付ボルト)
2350
2730
1,780
2210
2410
215
95
1500
780
5460
1300
3290
11550
1465
940
875
220
625
480
695
1230
800
1360
900
1030
430
390
170
830
1,850
925
925
4400
1,530
5,930
4,120
470
130
480
GL
215
59
25
53
70
30
20
22
80
286
430
460
570
28
5
56

実験車の寸法

(9)「７．２．５　高強度型分離帯用ガードレールＧｒｍ－６０」の車両

登録事項等通知書

平成 3年11月 8日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦 11 さ 6194	平成 3年11月 8日	昭和 54年 7月	普通	貨物	自家用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
三菱	FV113S	3人	10,250kg	9,750kg	19,760kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FV113S－20489	8DC8	1199cm	249cm	335cm	14.88L	軽油		

所有者の氏名又は名称	有限会社霞山自動車販売
所有者の住所	茨城県土浦市中村西根番外９－２７：[4408]
使用者の氏名又は名称	***
使用者の住所	***
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	***
有効期間の満了する日	平成 4年 5月 23日

〔土のう数量〕　不足分：20,000－9,75－0.57＝9.68t

20kg　93@20kg＝1,860　合計：9,680kg

23kg　340@23＝7,820

前前軸重	前後軸重	後前軸重	後後軸重
4070kg	－kg	2,840kg	2,840kg

備考

［土浦］．移転登録

土のう以外の重さ

- ダミ　2@75＝150kg
- フェンス　6@30＝180〃
- ハツ肉　13@10＝130〃
- 台付ガバチェンブロック　5@10＝50kg
- ブレーキ装置　1式　30〃
- FM送信器　2ケ　30〃

計 570kg

〔注意事項〕

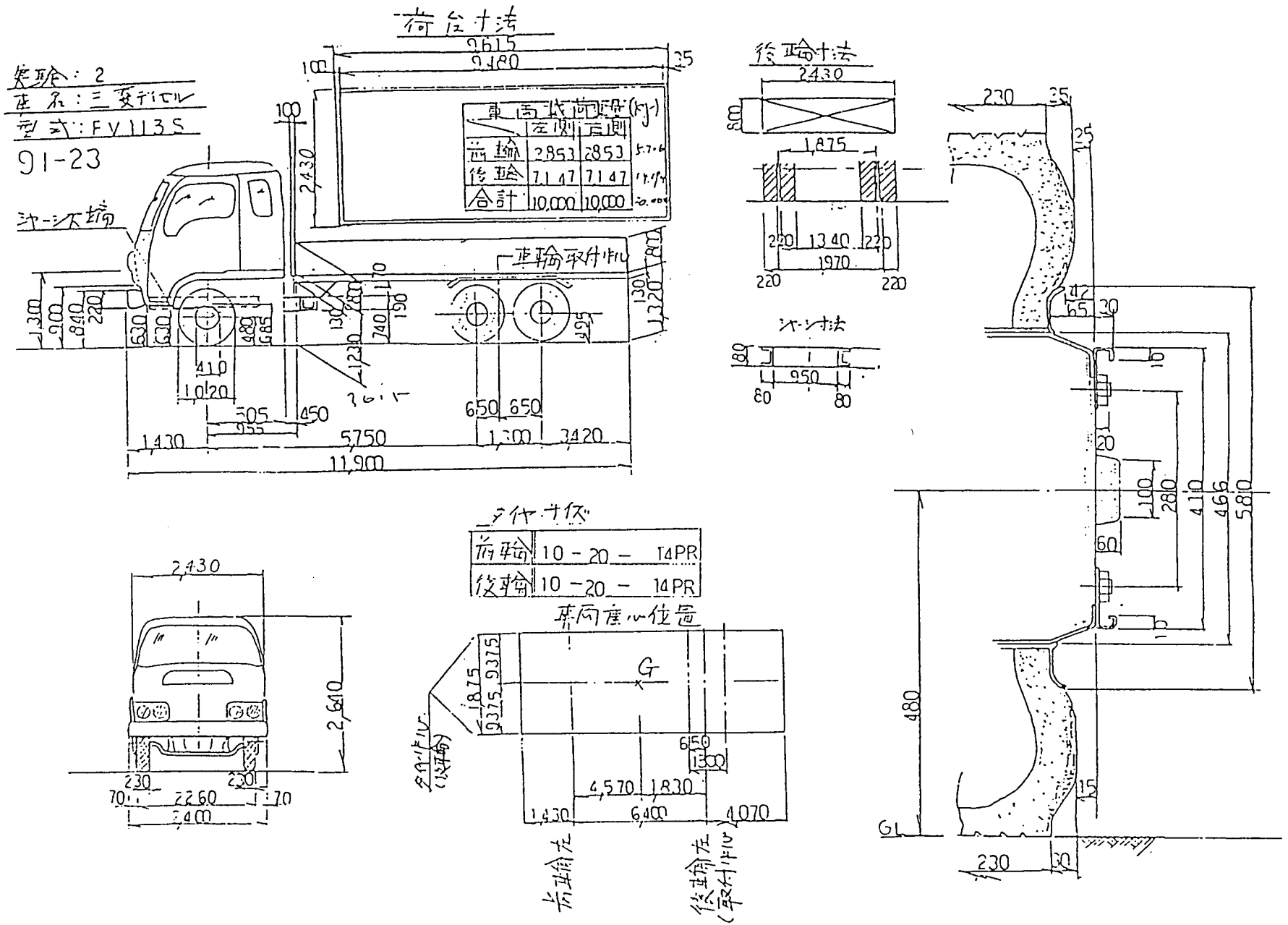
1．申請された登録事項等と相違していないことを確認してください。もし相違しているときには、直ちに申し出てください。後日申し出られたときには更正の登録の手続きが必要となります。

2．登録年月日の欄には、新規登録の年月日又は登録の移転登録の年月日が表示されています。

3．自動車登録番号標の交付を受けられる方は、この通知書を自動車登録番号標交付代行者に提示してください。

自動車登録番号標　交付印

大臣名印刷日署証


荷台寸法
実験：2
車名：三菱デリカ
型式：FV113S
91-23
シート位置
準輪取付ボルト
前後間隔(mm)
左側 右側
前輪 2853 2853
後輪 7147 7147
合計 10,000 10,000
後輪寸法
シート寸法
タイヤ寸法
前輪 10-20-14PR
後輪 10-20-14PR
車両重心位置
前輪左
後輪左(取付ボルト)

(10)「７．２．６　高強度型分離帯用ガードレールＧｒｍ－７０」の車両

自　動　車　検　査　証

平成 3年 11月 25日　　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	初度登録年月日/初度検査年月	最初登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦　１１　あ　１８７６	昭和 57年 11月 30日	昭和 57年 11月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
ニッサンディーゼル	K－CD45U	3人	10000kg	9740kg	19905kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
CD45U-112142	PE6	1161cm	249cm	320cm	11.67kW/l	軽油		

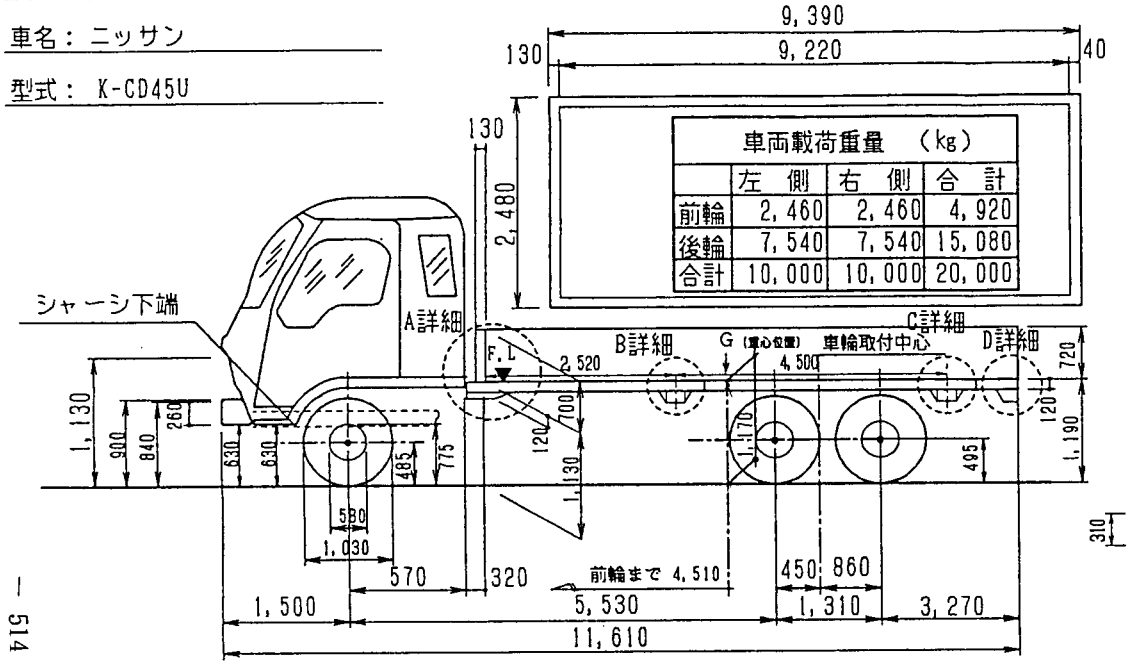
所有者の氏名又は名称	日産ディーゼル茨城販売株式会社	前前軸重 4030kg
所有者の住所	茨城県水戸市笠原町１４０７－１　[2404]	前後軸重 －kg
使用者の氏名又は名称	クルスウンソウ　ユウゲンガイシヤ	後前軸重 3560kg
使用者の住所	茨城県新治郡新治村藤沢７７０－１　[0878 0985]	後後軸重 2150kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	* * *	

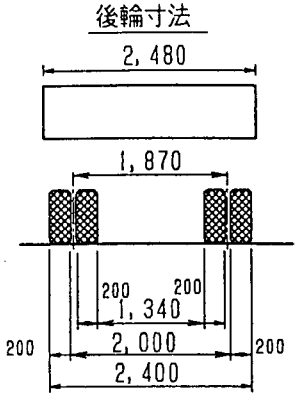
有効期間の満了する日		備考
平成 4年 11月 29日		[土浦]，継続検査，Ｂ≒５６，０００
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		
年 月 日		

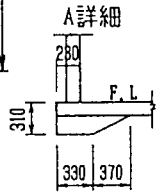
実験： 93-17-4（実験4）

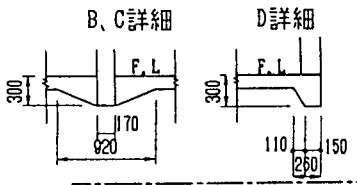
車名： ニッサン

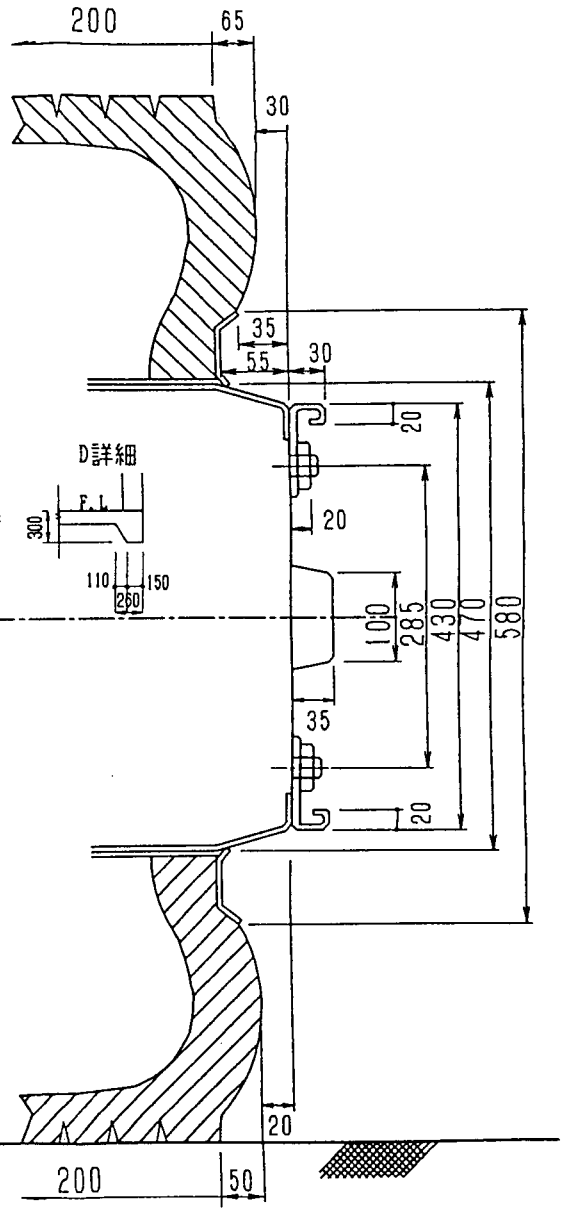
型式： K-CD45U

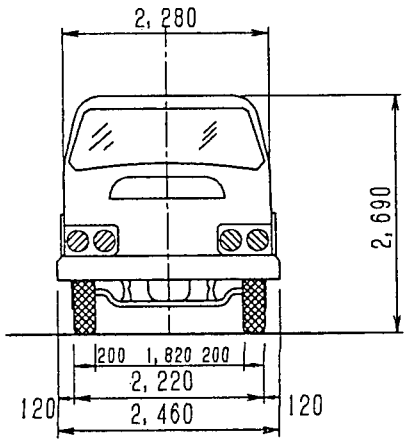






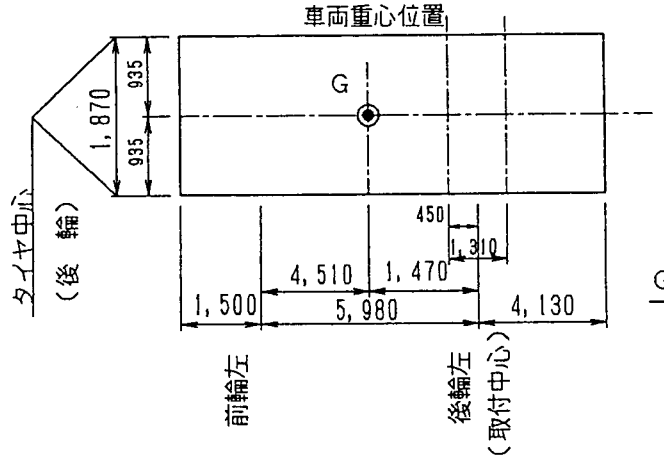




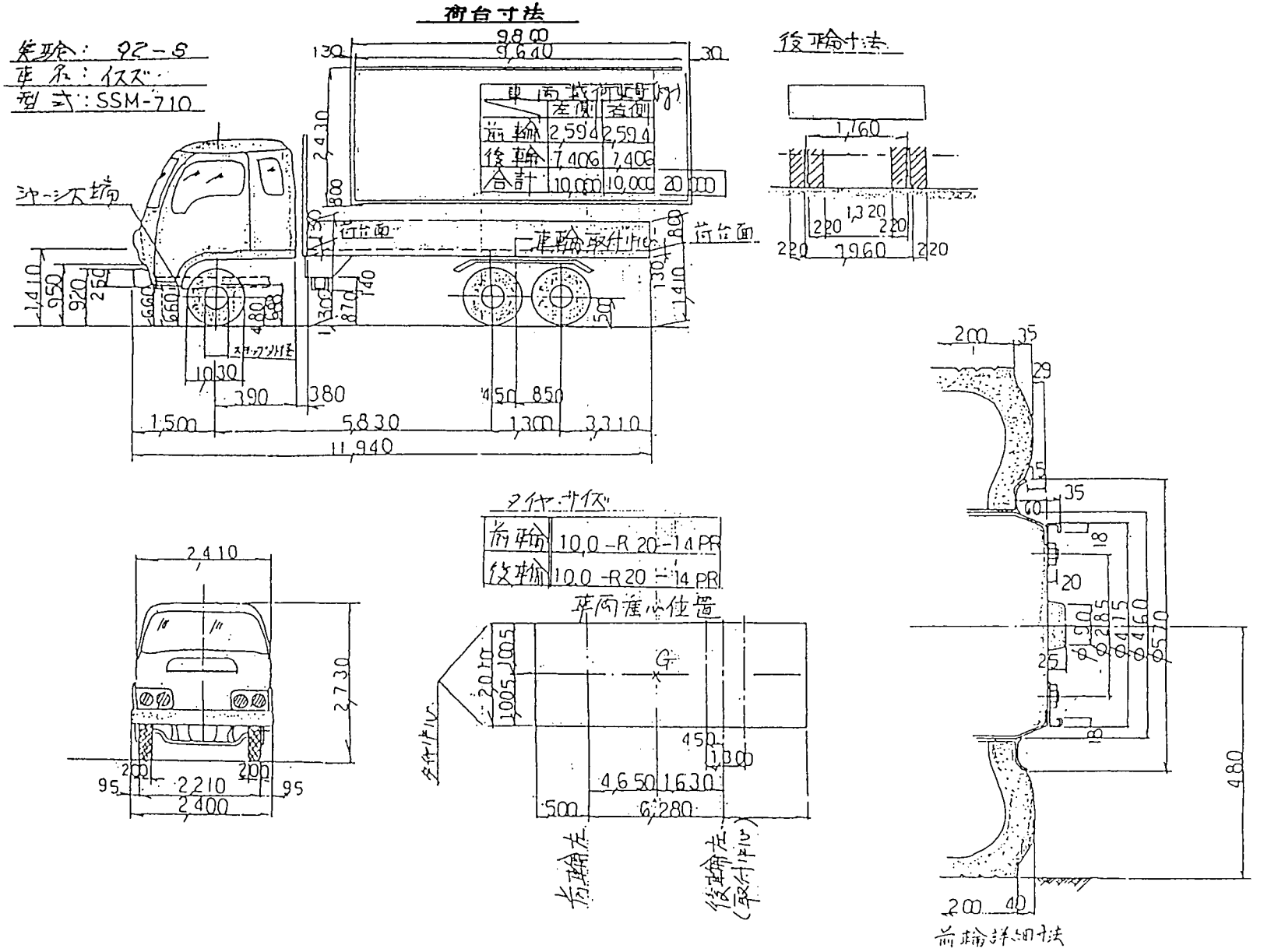


タイヤ・サイズ

前輪	10.00-R20-14PR
後輪	10.00-R20-14PR



(11)「７．３．１　路側用ガードレールＧｒ－Ａ－２３」の車両



(12)「７．３．２　路側用ガードレールＧｒ－Ａ－２０」の車両

①実験１

抹消登録証明書

平成 3年 5月 14日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車台番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別	車体の形状
水戸 11 に 88	平成 3年 5月 14日	昭和 58年 4月	普通	貨物	自家用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
日野	K－FD155BA	2人	3500kg	4370kg	7980kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FD155B－10255	H06C	806cm	227cm	262cm	6.48L	軽油		

		前車軸重
所有者の氏名又は名称	コバヤシ　セイジユ	2190kg
所有者の住所	茨城県西茨城郡岩瀬町久原５６５－２　〔0871 0789〕	前後軸重 kg
使用者の氏名又は名称	＊＊＊	後車軸重 kg
使用者の住所	＊＊＊	後後軸重 2180kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊	

有効期間の満了する日	
平成 3年 4月 25日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	

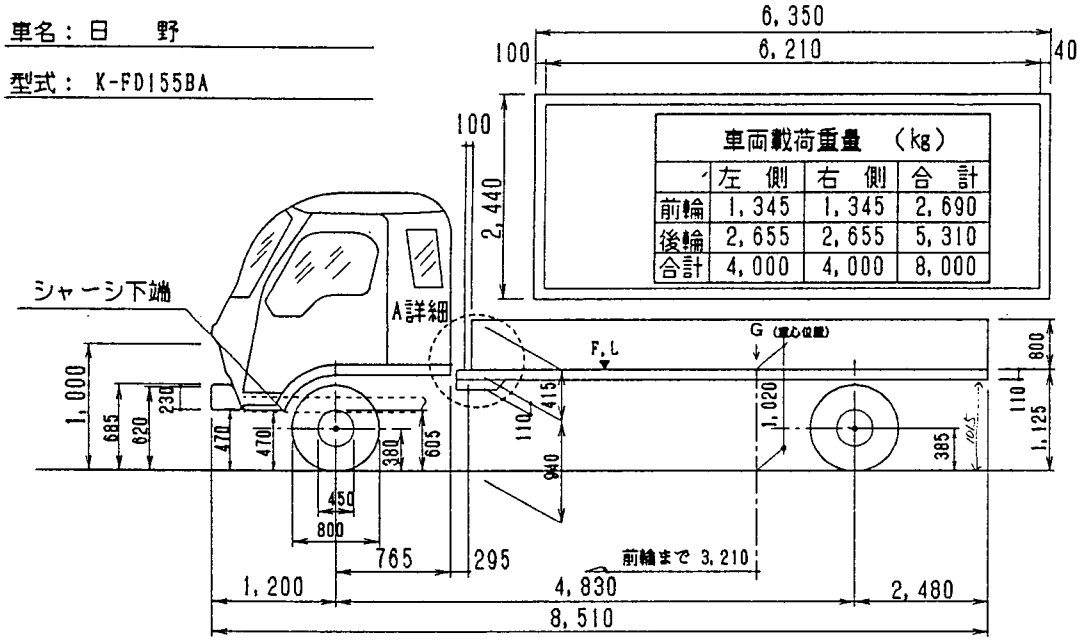
備考

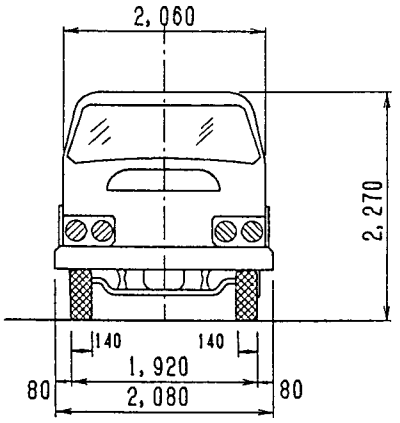
〔水戸〕，抹消登録

実験： 94-2

車名：日　野

型式： K-FD155BA

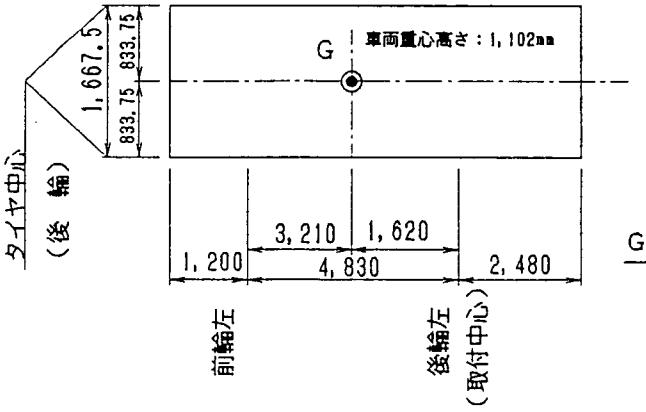




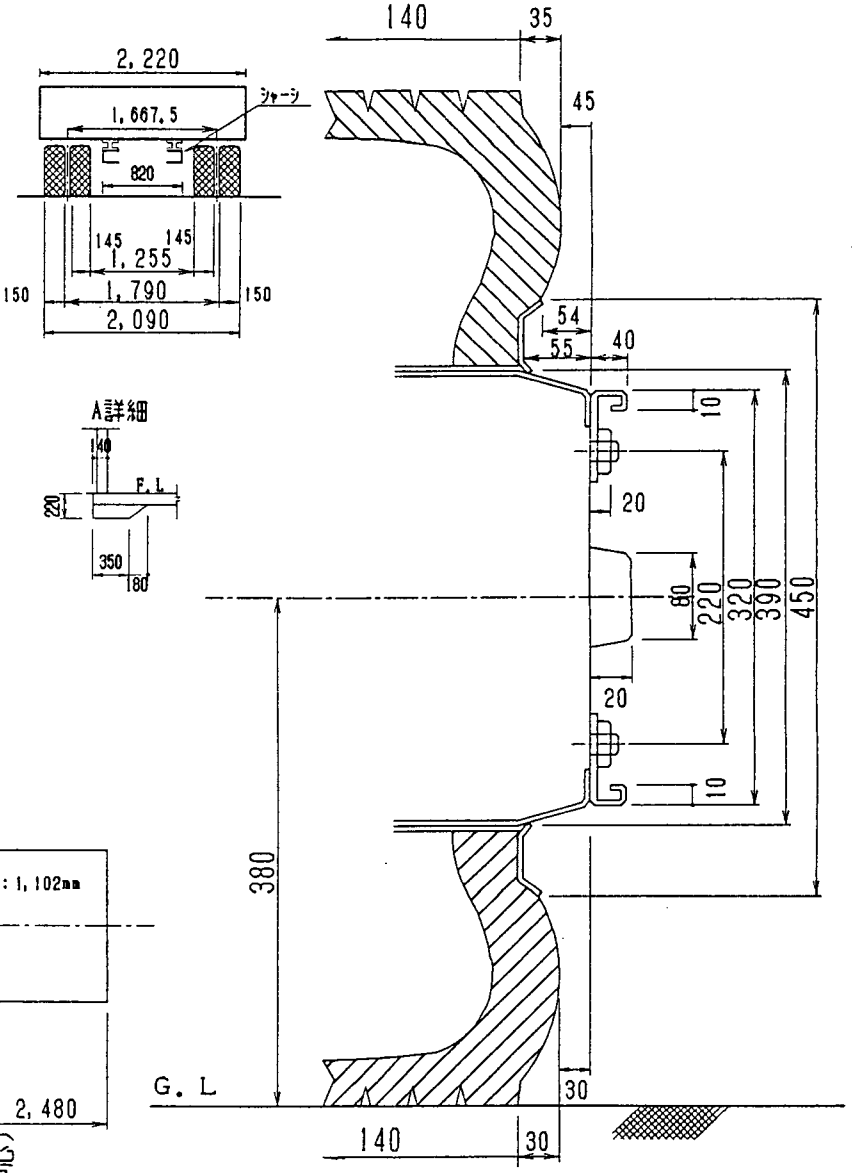
タイヤ・サイズ

前輪	7.50-R16-14PR
後輪	7.50-R16-14PR

車両重心位置



後輪寸法



②実験２

自　動　車　回　送　　平成５年　７月　２日　陸運事務局　千葉野田支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
習志野　11　う　1667	昭和 63年 11月 18日	昭和 59年 8月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
日野	P-FD176B A	2人	3750kg	4130kg	7990kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FD176B10504	H07C	850cm	239cm	242cm	6.72L	軽油		

所有者の氏名又は名称	茨城日野自動車株式会社
所有者の住所	茨城県東茨城郡茨城町長岡3524－2　[4434]
使用者の氏名又は名称	マルキ　ウンユ　カブシキガイシャ
使用者の住所	千葉県野田市番場220－1　[1237 0205]
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	千葉県野田市番場219－1　[1237 0205]

有効期間の満了する日	
平成 5年 8月 24日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	

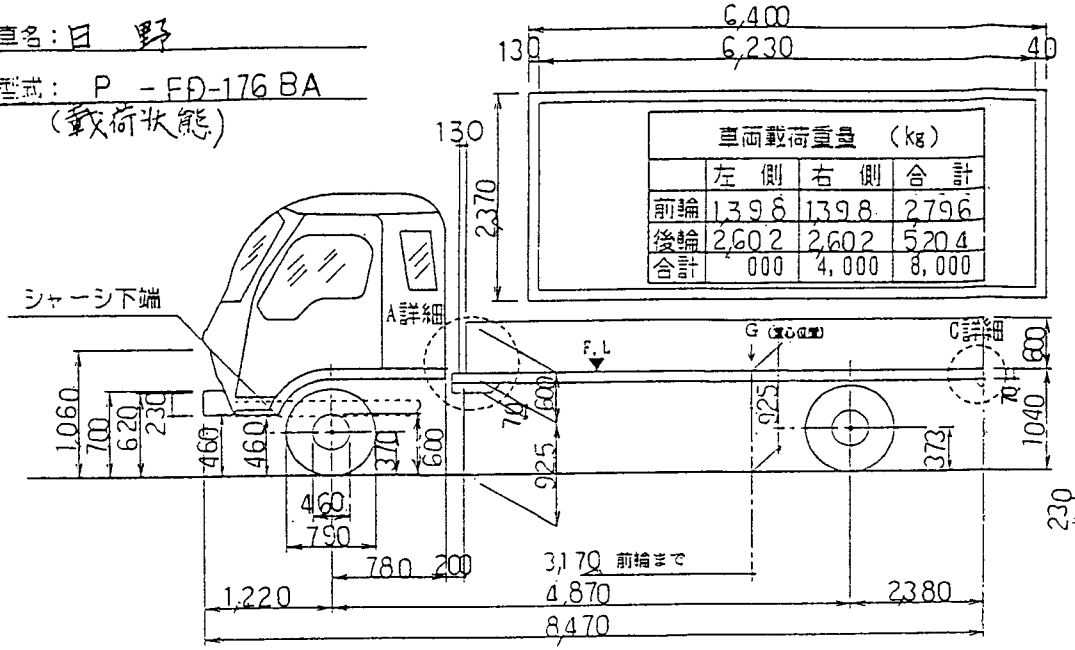
備考
（主副）、継続検査、H4.2.400

実験：94-4 (H6 6/14)

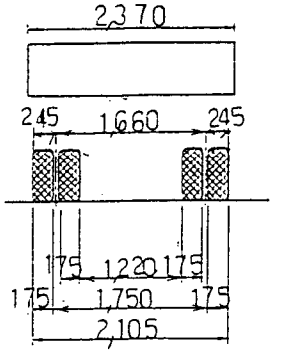
車名：日野

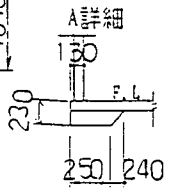
型式：P-FD-176BA

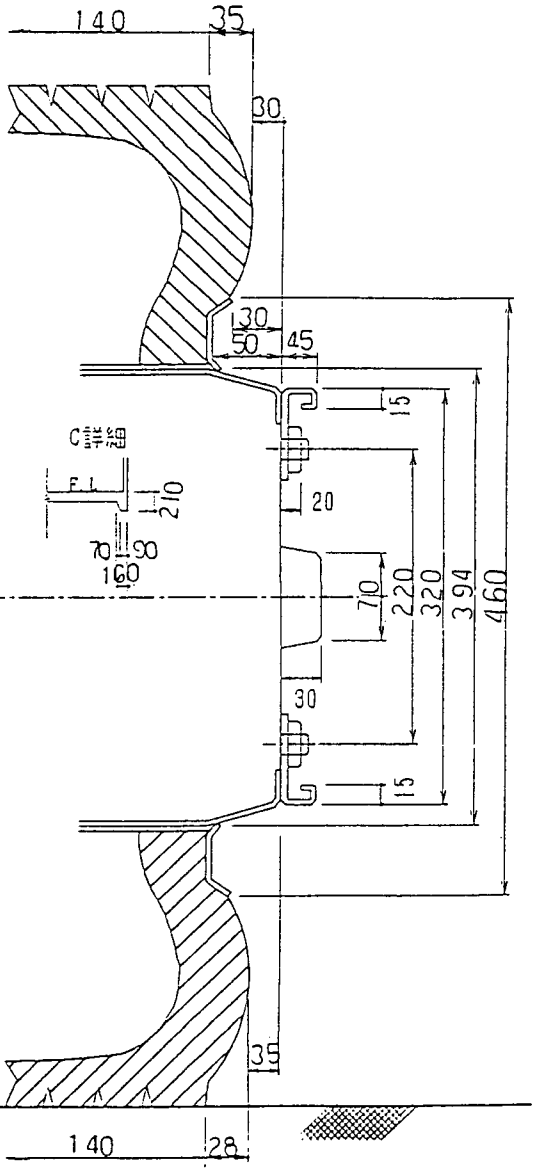
(載荷状態)



後輪寸法

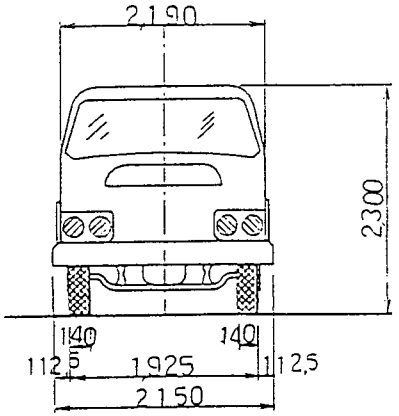




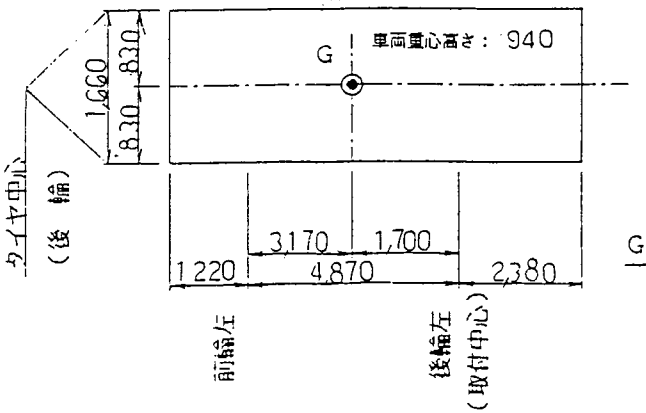


タイヤ・サイズ

前輪	7.5 −16LT − 14PR
後輪	7.5 −16LT − 14PR



車両重心位置



(13)「７．３．３　路側用ガードケーブルＧｃ－Ａ－２０」の車両

①実験１

登録事項等通知書

平成 7年10月24日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通称	車体の形状
土浦　５６　ひ　８１５７	平成 7年10月24日	昭和 60年12月	小型	乗用	自家用	箱型

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
トヨタ・カローラ	Ｅ－ＡＥ８１	5人	－kg	890kg	1165kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
ＡＥ８１－６２５３６６７	３Ａ	418cm	163cm	138cm	1.452 kW	ガソリン	4801	076

所有者の氏名又は名称	皆葉　治郎	前前軸重 560kg
所有者の住所	茨城県つくば市高野１２１９－４　[0849 1063]	前後軸重 －kg
使用者の氏名又は名称	＊＊＊	後前軸重 －kg
使用者の住所	＊＊＊	後後軸重 330kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊	
有効期間の満了する日	平成 8年 12月 19日	備考 [土浦]，抹消登録，５３年度排ガス適合

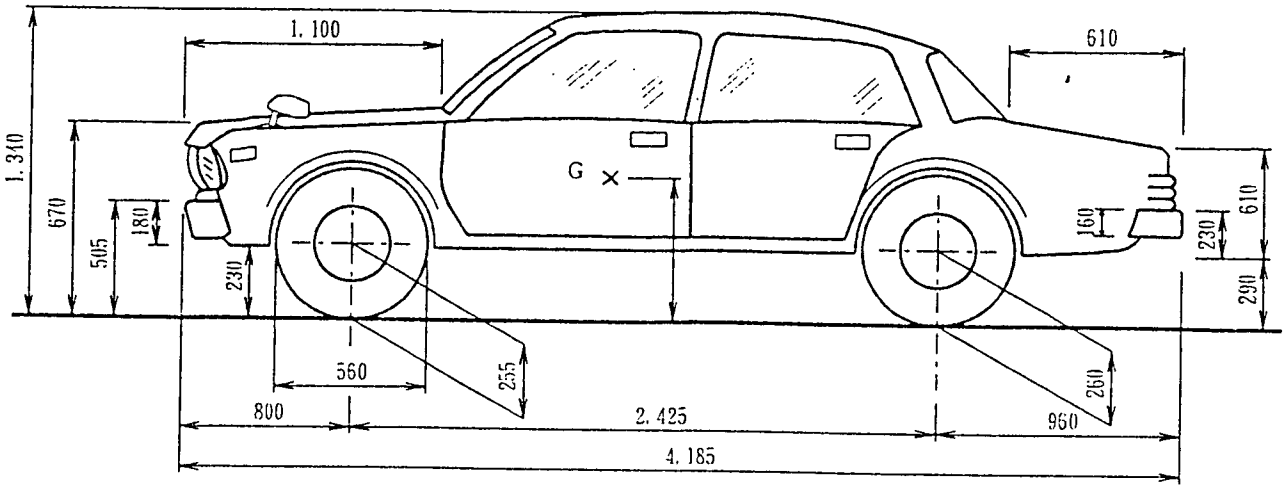
〔注意事項〕
1．申請された登録事項等と相違していないことを確認してください。もし相違しているときには、直ちに申し出てください。
　後日申し出られたときには更正の登録の手続きが必要となります。
2．登録年月日の欄には、新規登録の年月日又は最新の移転登録の年月日が表示されています。
3．自動車登録番号標の交付を受けられる方は、この通知書を自動車登録番号標交付代行者に提示してください。

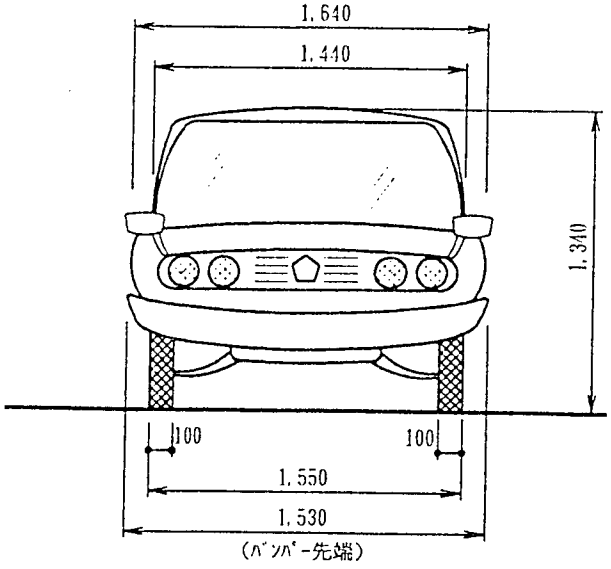
自動車登録番号標　交付印

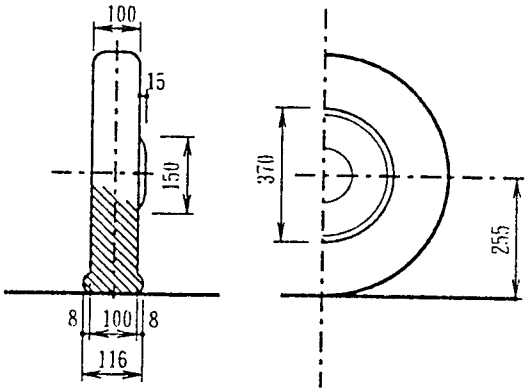
大蔵省印刷局製造

車　名：トヨタ・カローラ

形　式：E-AE 81　（1,450CC）　NO. 95－3



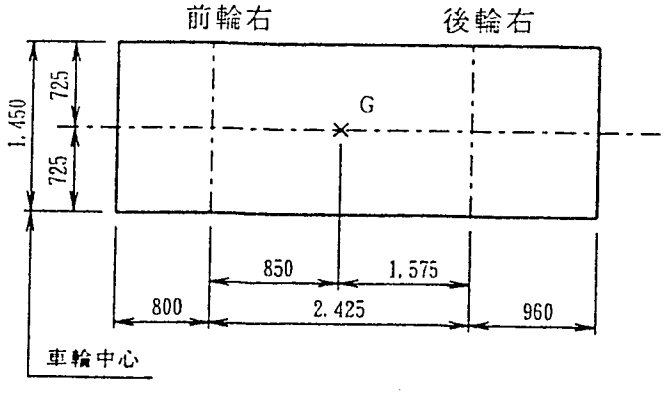




タイヤサイズ

前　輪	145 SR 13
後　輪	145 SR 13

車両重心位置
（積載後）



	車両積載荷重量(kg)		
	左	右	計
前　輪	350	300	650
後　輪	150	200	350
小　計	500	500	1,000
合　計	1,000		

②実験２

登録事項等通知書

平成 7年10月30日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/適否	車体の形状
土浦　５６　な　４３３６	平成 7年10月30日	昭和 59年12月	小型	乗用	自家用	箱型

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
トヨタ	E－AT150	5人	－kg	920kg	1195kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
AT150－4037070	3A	433cm	167cm	136cm	1.45kW/	ガソリン	4918	509

所有者の氏名又は名称	皆葉　治郎
所有者の住所	茨城県つくば市高野１２１９－４　[0849 1063]
使用者の氏名又は名称	＊＊＊
使用者の住所	＊＊＊
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	＊＊＊
有効期間の満了する日	平成 7年 12月 13日

前前軸重	前後軸重	後前軸重	後後軸重
560kg	－kg	－kg	360kg

備考

[土浦]，抹消登録，５３年度排ガス適合

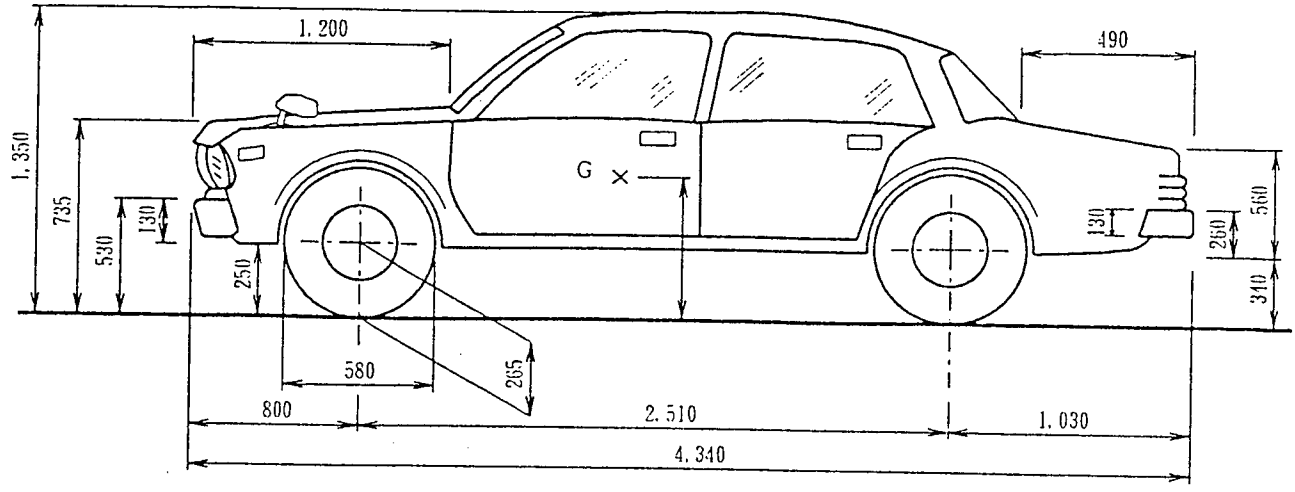
自動車登録番号標　交付印

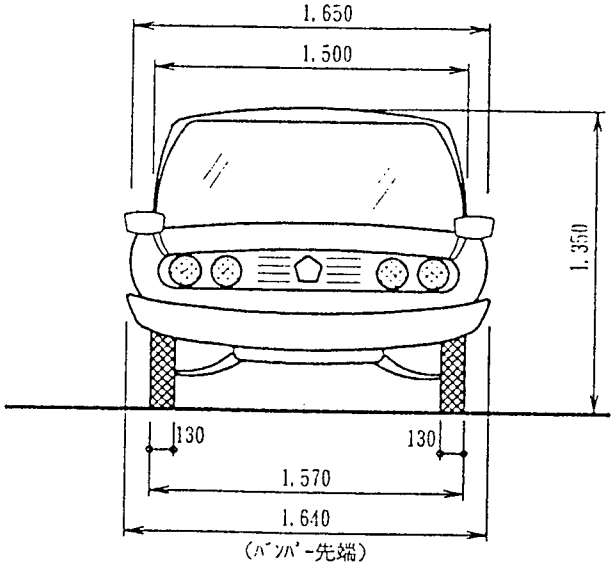
〔注意事項〕

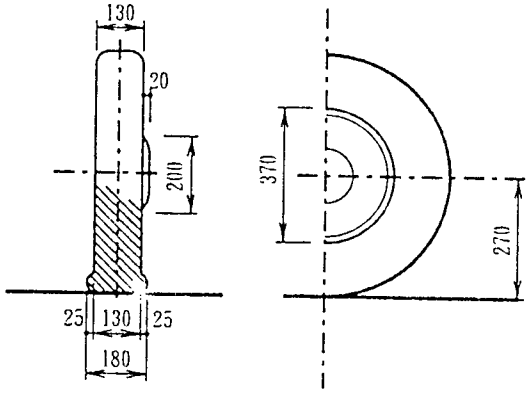
1．申請された登録事項等と相違していないことを確認してください。もし相違しているときには、直ちに申し出てください。
　後日申し出られたときには更正の登録の手続きが必要となります。
2．登録年月日の欄には、新規登録の年月日又は最新の移転登録の年月日が表示されています。
3．自動車登録番号標の交付を受けられる方は、この通知書を自動車登録番号標交付代行者に提示してください。

車　名：トヨタ・カリーナ

形　式：E-AT 150　(1,450CC)　　NO.　95－4



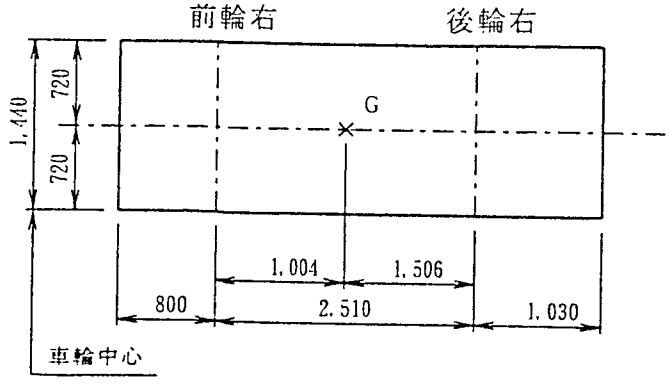




タイヤサイズ

前　輪	165 SR 13
後　輪	165 SR 13

車両重心位置
(積載後)



	車両積載荷重量(kg)		
	左	右	計
前　輪	300	300	600
後　輪	200	200	400
小　計	500	500	1,000
合　計	1,000		

(14)「7．3．4　路側用ガードケーブルＧｃ－Ｂ－１３」の車両

自　動　車　検　査　証

平成 6年 8月31日　東北運輸局　福島陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号		登録年月日/交付年月日	初度検査年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別	車体の形状				
福島 11 ち 3809		平成 2年 1月19日	平成 2年 1月	普通	貨物	自家用	キャブオーバ				
車名		型式			車台番号		乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量	車両重量
三菱		P－FK417J			2			4000kg	3880kg		7990kg
原動機の型式		総排気量		燃料の種類		型式指定番号					備考
FK417J525922	6D16	7790cc	224kW	272PS	754	軽油					
所有者の氏名又は名称	福島三菱ふそう自動車販売株式会社										車両重量 2150kg
所有者の住所	福島県福島市方木田字北谷地1－1 [0934]										前後軸重 －
使用者の氏名又は名称	* * *										後軸軸重 －
使用者の住所	* * *										最大積載量 1730kg
使用の本拠の位置	* * *										
自動車の所在する位置											

有効期間の満了する日	
平成 7年 1月 18日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	
年 月 日	

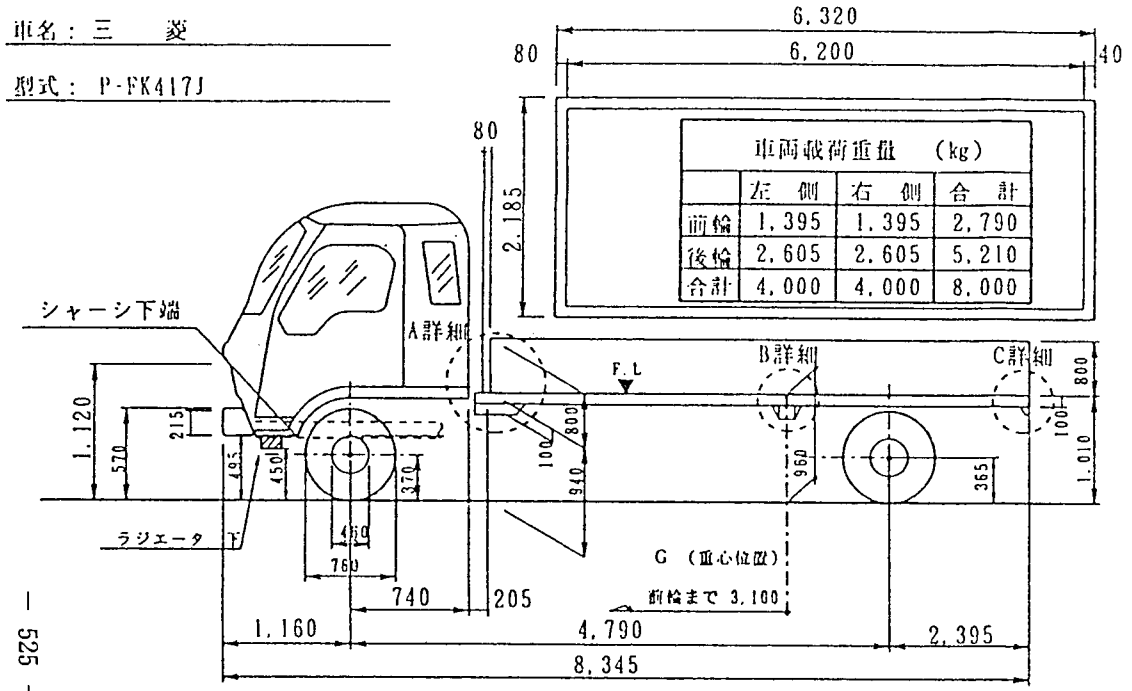
備考

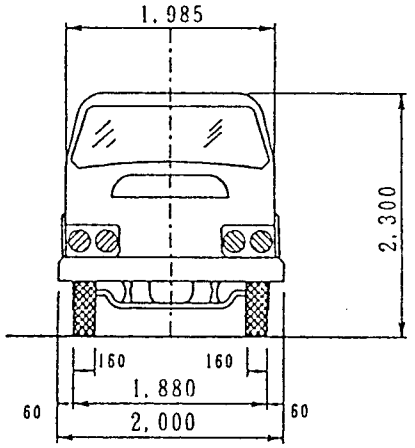
［福島］，変更登録，番号変更　この自動車は平成１１年１月１８日以降の有効期間満了日を超えて特定地域内に使用の本拠を置くことができません．

実験：Ｇｃ－Ｂ　94-13

車名：三　　菱

型式：Ｐ-FK417J

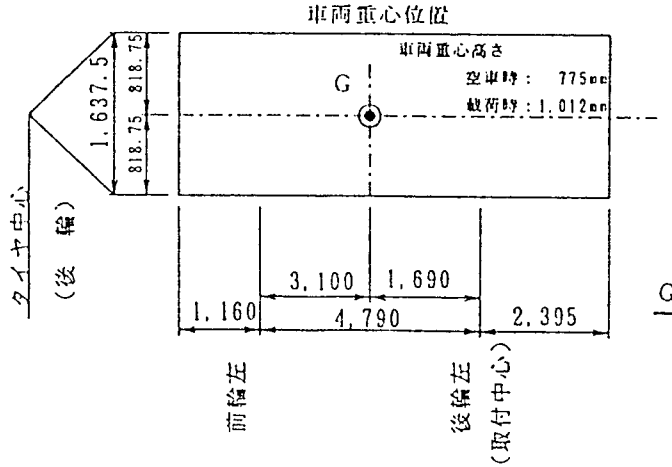




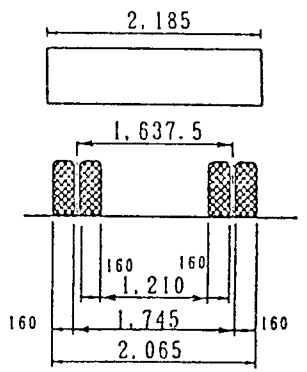
タイヤ・サイズ

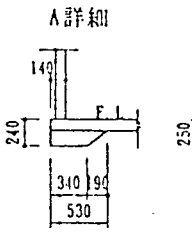
前輪	7.50-R16LT
後輪	7.50-R16LT

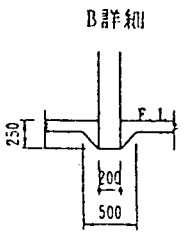
車両重心位置

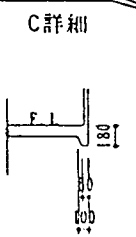


後輪寸法









(15)「７．３．５　分離帯用ガードレールＧｒｍ－Ｓ７０－１」の車両

番号 01224　　自動車検査証　　平成 4 年 4 月 17 日　　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通称	車体の形状
土浦　11　あ　2389	昭和 59 年 4 月 20 日	昭和 59 年 4 月	普通	貨物	事業用	キャブオーバ

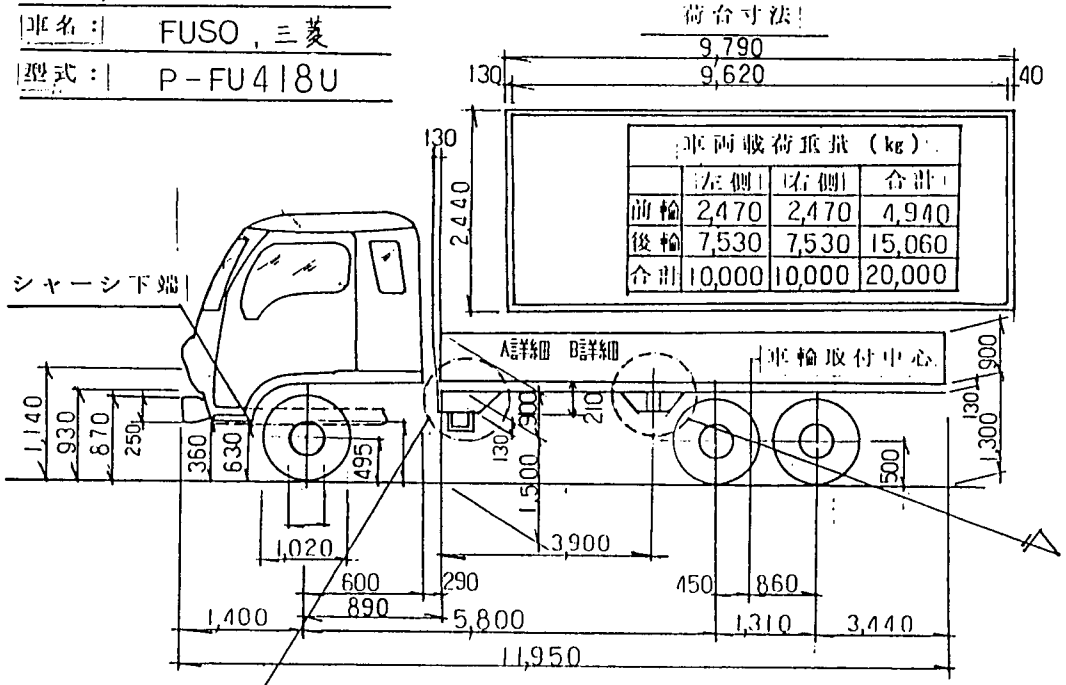
車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
三菱	P－FU418U	3人	10250kg	9540kg	19955kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FU418U－51059	6D22	1199cm	249cm	319cm	11.14Pi	軽油		

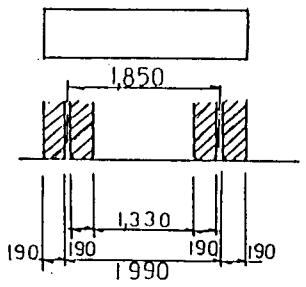
所有者の氏名又は名称	次		前車軸重 4020kg
所有者の住所	茨城県東茨城郡茨城町長岡３５４８　[2435]		前後軸重 －kg
使用者の氏名又は名称			後車軸重 3440kg
使用者の住所	茨城県土浦市真鍋４丁目１３－９　[0832 0436]		後後軸重 2080kg
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	* * *		
有効期間の満了する日		備考	
平成 5 年 4 月 19 日		[土浦]，継続検査，Ｂ≒５６，０００	
年 月 日			
年 月 日			
年 月 日			
年 月 日			

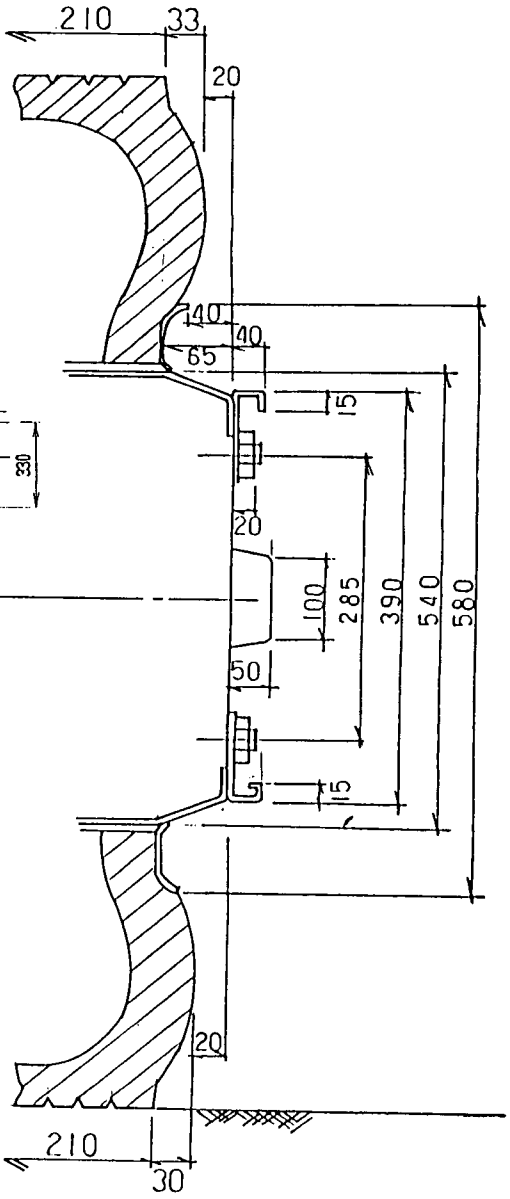
実験：	93-11-2
車名：	FUSO，三菱
型式：	P-FU418U

荷台寸法

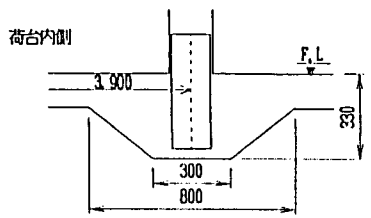


後輪寸法



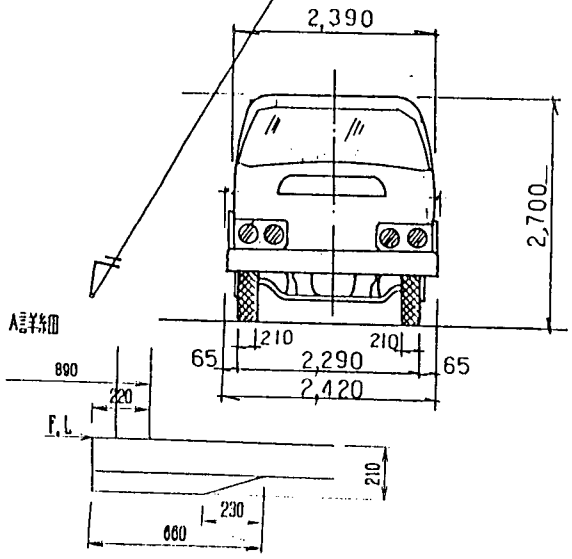


B詳細

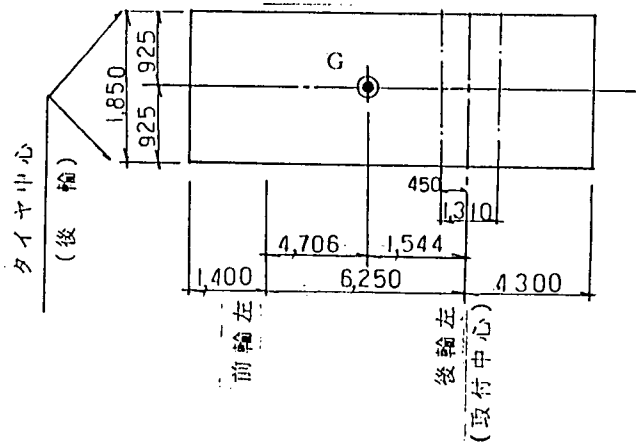


タイヤ・サイズ

前輪	10.00-20-14PR
後輪	10.00-20-14PR



車両重心位置



(16)「7．3．6　分離帯用ガードレールＧｒｍ－Ｓ７０－２」の車両

抹　消　登　録　証　明　書

平成 5年 3月 1日　関東運輸局　茨城陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号/自動車予備検査証番号	登録年月日/交付年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用・事業用の別/通否	車体の形状
土浦　11　さ　6877	平成 5 3 16	昭和 59 6	普通	貨物	自家用	キャブオーバ

車名	型式	乗車定員	最大積載量	車両重量	車両総重量
日野	K－FR288A	3	1050kg	932kg	1998kg

車台番号	原動機の型式	長さ	幅	高さ	総排気量又は定格出力	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号
FR288A－10185	EP100	1175	249	336	8.82kW	軽油		

所有者の氏名又は名称	
所有者の住所	茨城県行方郡玉造町甲6786－4　〔0876 0757〕
使用者の氏名又は名称	＊＊＊
使用者の住所	＊＊＊
使用の本拠の位置 自動車の所在する位置	茨城県新治郡千代田町下土田80－6　〔0878 1647〕
有効期間の満了する日	
平成 5 6 29	
年　月　日	
年　月　日	
年　月　日	
年　月　日	

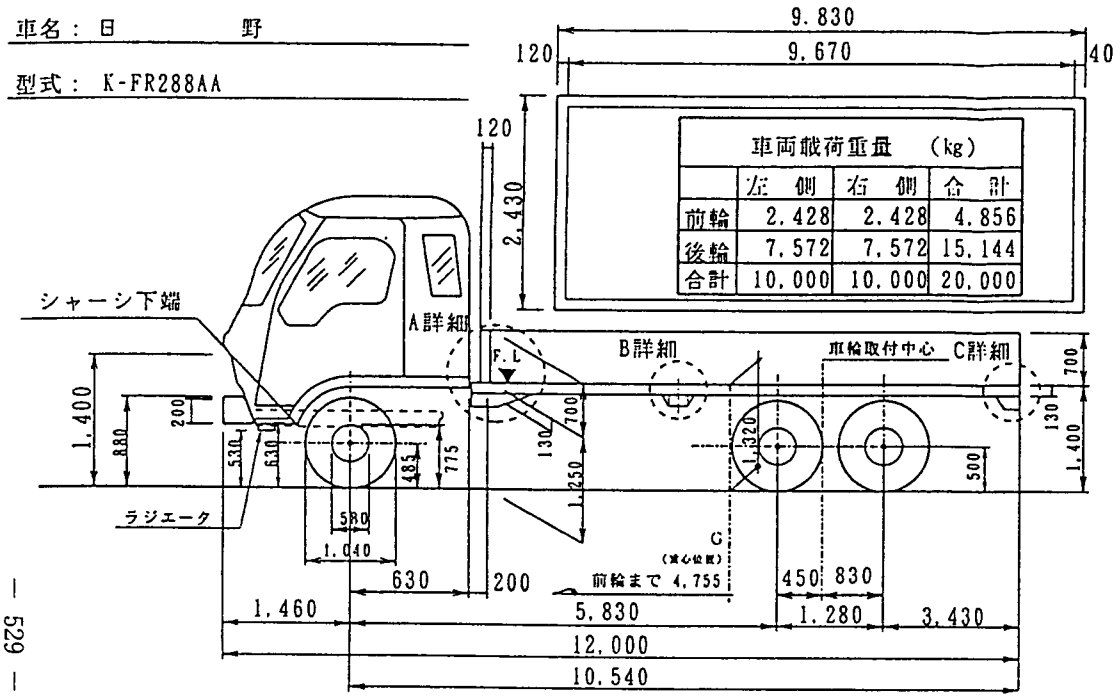
前前軸重	前後軸重	後前軸重	後後軸重
381kg	kg	343kg	208kg

備考
〔土浦〕，抹消登録

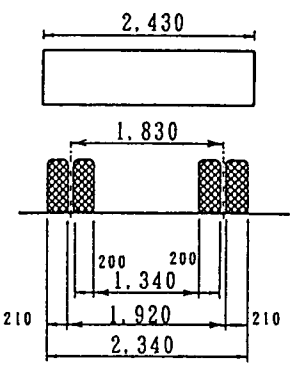
実験：Grm-S種強化改良（94-7）

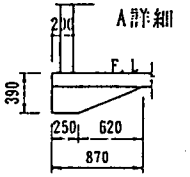
車名：日　　野

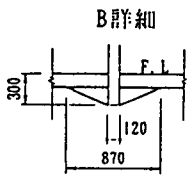
型式：K-FR288AA

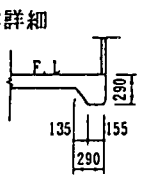


後輪寸法



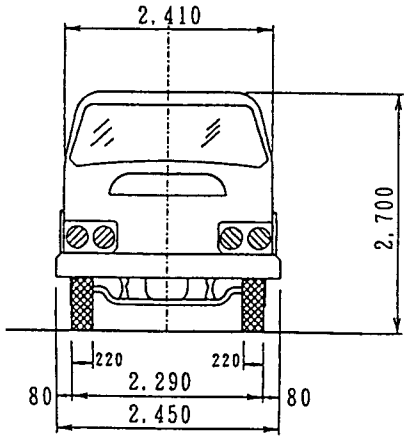


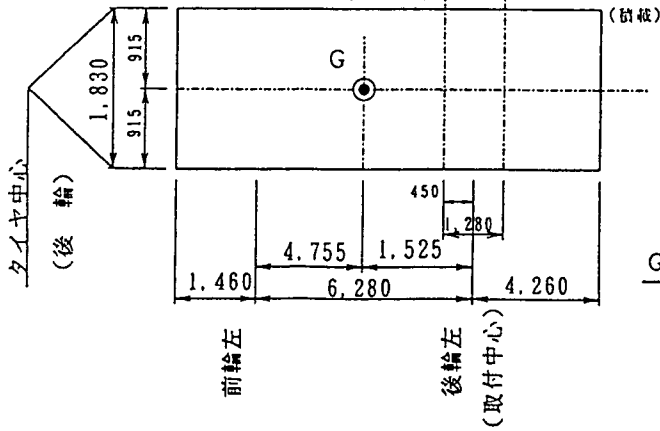




タイヤ・サイズ

前輪	10.0-20.0-14PR
後輪	10.0-20.0-14PR





(17)「７．３．７　分離帯用ガードレールＧｒｍ－Ａ－２０」の車両

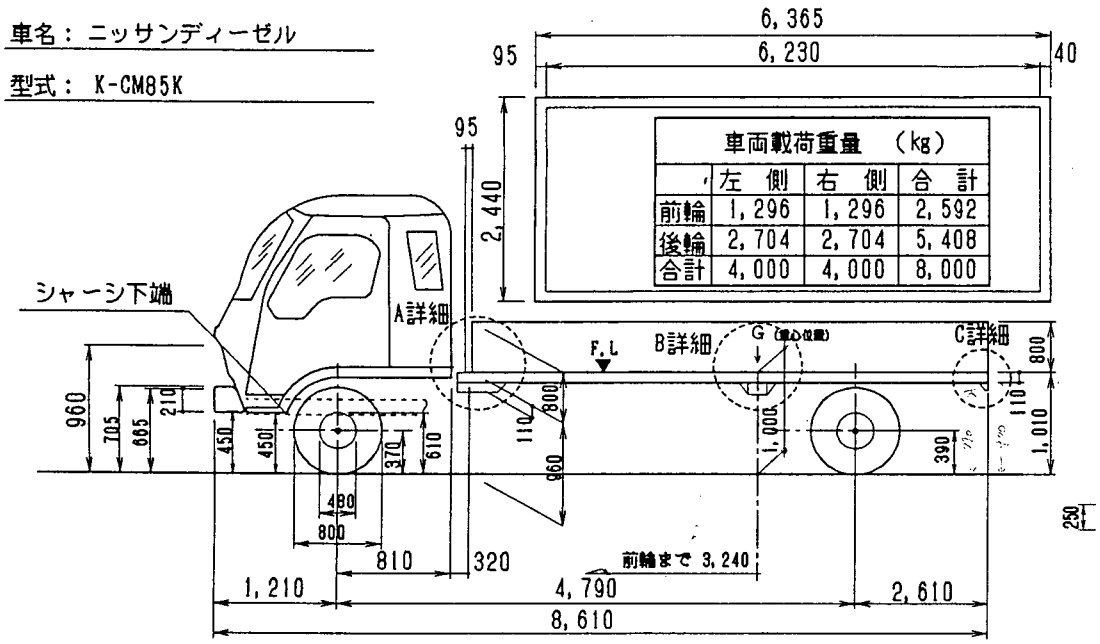
抹消登録証明書　　平成 6年 3月16日　　東北運輸局　福島陸運支局長

自動車登録番号又は車両番号		登録年月日	初度登録年月	自動車の種別	用途	自家用の別	車体の形状	車両重量	車両総重量	車両総重量	
福島 1 1 そ 2 5 7 5		平成 6年 3月16日	昭和 57年 9月	普通	貨物	自家用	ボンネットバン	4290kg	7195kg		
車名		型式		乗車定員	最大積載量						
ニッサンディーゼル	K	C M 8 5 K		3人	3500kg						
車台番号		原動機の型式		長さ	幅	高さ	総排気量	燃料の種類	型式指定番号	類別区分番号	
C M 8 5 K 4 8 4 2 5		F D 6		873cm	221cm	275cm	5650cc	軽油			
所有者の氏名又は名称											前所有者の住所
所有者の住所	福島県二本松市根崎２丁目１７５										前所有者の住所
使用者の氏名又は名称	＊＊＊										使用者の住所
使用者の住所	＊＊＊										使用者の住所
使用の本拠の位置											
自動車の所在する位置	＊＊＊										
有効期間の満了する日		備考									
平成 6年 11月 17日		福島 1 抹消登録									
年 月 日											
年 月 日											
年 月 日											
年 月 日											

実験： 94-1

車名： ニッサンディーゼル

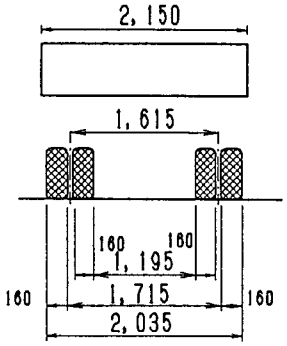
型式： K-CM85K

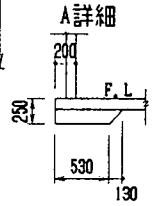


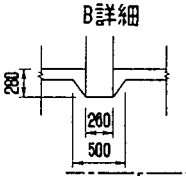
車両載荷重量 （kg）

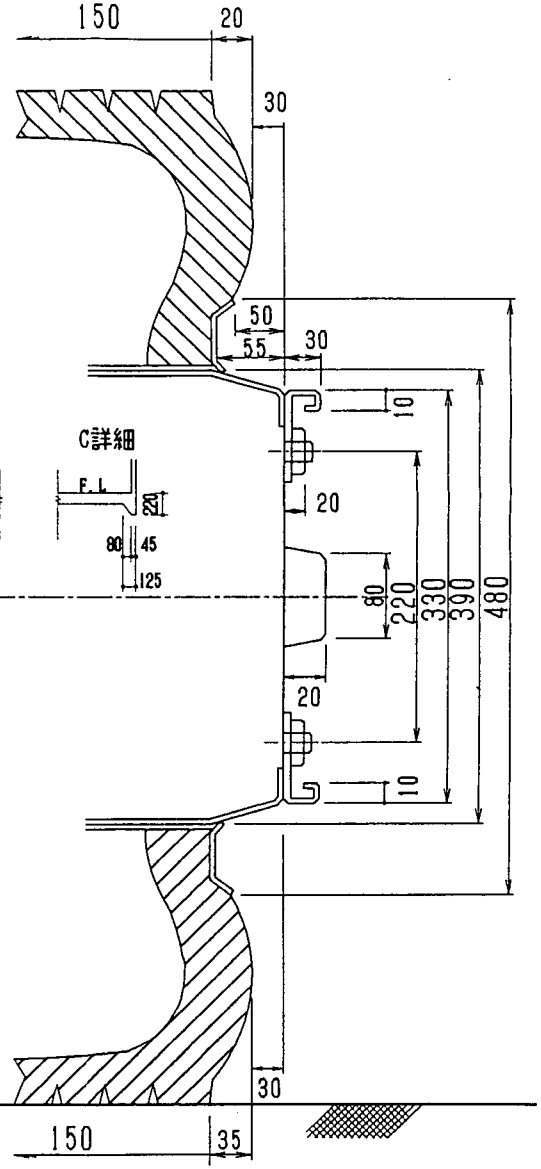
	左 側	右 側	合 計
前輪	1,296	1,296	2,592
後輪	2,704	2,704	5,408
合計	4,000	4,000	8,000

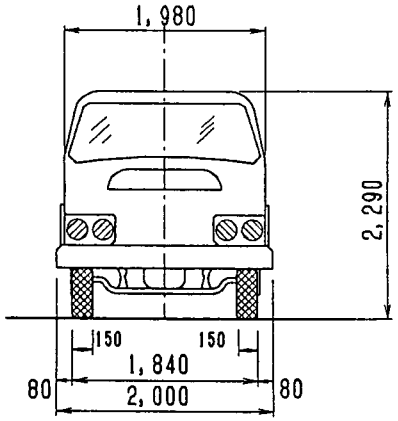
後輪寸法







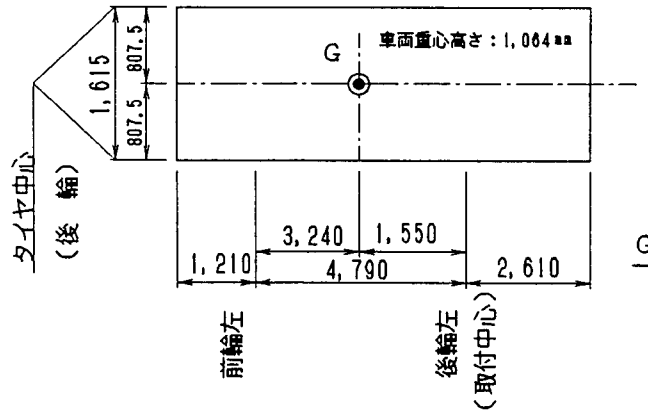




タイヤ・サイズ

前輪	7.50-R16-14PR
後輪	7.50-R16-14PR

車両重心位置



3.3 実験場の簡易貫入試験結果 (1)

支柱実験, 高速化対応型(93, 8. 19)

貫入深さ(m)	平均	A	B	C
0	0	0	0	0
0. 1	6	7	6	6
0. 2	9	9	10	8
0. 3	7	7	8	5
0. 4	5	4	6	4
0. 5	4	4	5	4
0. 6	10	18	10	3
0. 7	20	14	17	28
0. 8	17	13	12	26
0. 9	19	15	17	26
1	11	9	11	13
1. 1	7	6	6	8
1. 2	6	9	5	5
1. 3	6	8	3	6
1. 4	4	4	3	4
1. 5	3	3	3	2
1. 6	2	2	2	2
1. 7	3	4	3	3

Gr-40(1) (93. 11. 16)

貫入深さ(m)	平均	P14	P14 +4m	P14 +8m
0	0	0	0	0
0. 1	8	4	9	10
0. 2	13	14	14	12
0. 3	23	40	24	6
0. 4	17	33	14	5
0. 5	9	20	4	4
0. 6	12	8	20	9
0. 7	16	6	17	24
0. 8	14	10	13	19
0. 9	16	15	14	18
1	14	15	11	15
1. 1	13	20	9	9
1. 2	10	14	7	9
1. 3	8	10	6	9
1. 4	7	9	5	7
1. 5	6	9	2	8
1. 6	6	5	5	7
1. 7	6	7	6	5

支柱静・動的実験 (93, 12. 3)

貫入深さ(m)	平均	S1	S2	D1	D2
0	0	0	0	0	0
0. 1	8	10	12	5	5
0. 2	14	20	17	10	7
0. 3	22	47	20	10	12
0. 4	26	38	38	10	16
0. 5	22	27	30	14	16
0. 6	11	13	17	1	12
0. 7	9	6	14	10	7
0. 8	10	13	17	7	4
0. 9	14	16	18	15	8
1	16	17	17	15	13
1. 1	14	12	15	18	9
1. 2	11	9	12	16	7
1. 3	14	7	11	33	5
1. 4	10	6	11	16	5
1. 5	8	5	9	11	5
1. 6	7	4	10	7	5
1. 7	6	3	8	7	4

Grm-S強化型 (93. 12. 21)

貫入深さ(m)	平均	CP	CP -4m	CP +4m
0	0	0	0	0
0. 1	8	9	5	11
0. 2	11	11	11	10
0. 3	7	10	6	5
0. 4	4	4	5	3
0. 5	3	3	4	3
0. 6	13	13	13	12
0. 7	13	15	10	14
0. 8	11	11	11	10
0. 9	14	18	11	13
1	12	16	10	11
1. 1	8	11	7	6
1. 2	6	8	5	5
1. 3	6	8	5	4
1. 4	6	9	6	4
1. 5	6	8	6	4
1. 6	7	9	7	6
1. 7	5	7	4	5

Gr-40(2) (94, 3. 17)

貫入深さ(m)	平均	P15. 5	P13. 5	P17. 5
0	0	0	0	0
0. 1	10	7	11	11
0. 2	9	8	9	9
0. 3	6	5	9	5
0. 4	12	5	27	4
0. 5	20	7	50	3
0. 6	29	40	40	8
0. 7	34	34	37	30
0. 8	23	21	23	25
0. 9	17	15	15	22
1	16	16	14	18
1. 1	12	10	16	9
1. 2	14	10	19	13
1. 3	12	9	16	11
1. 4	11	13	12	9
1. 5	11	13	10	9
1. 6	10	11	9	11
1. 7	8	10	7	6

Grm-70分離帯用 (94. 3. 31)

貫入深さ(m)	平均	CP -4m	CP	CP +4m
0	0	0	0	0
0. 1	3	2	3	3
0. 2	4	5	4	2
0. 3	9	20	4	2
0. 4	9	6	4	18
0. 5	13	11	11	18
0. 6	8	11	7	7
0. 7	15	13	10	22
0. 8	14	14	9	20
0. 9	13	15	10	15
1	11	14	7	13
1. 1	11	16	8	10
1. 2	10	12	8	11
1. 3	9	8	7	11
1. 4	7	5	7	10
1. 5	7	3	7	11
1. 6	7	5	8	8
1. 7	5	4	6	5

Grm-A-20強化改良(94, 4. 14)

貫入深さ(m)	平均	P14	P16	P18
0	0	0	0	0
0. 1	2	3	2	2
0. 2	5	8	2	6
0. 3	6	8	3	7
0. 4	5	5	3	7
0. 5	16	10	7	31
0. 6	14	11	9	22
0. 7	21	21	19	23
0. 8	16	15	17	17
0. 9	17	18	19	13
1	16	20	16	12
1. 1	15	22	12	11
1. 2	13	16	14	10
1. 3	13	11	16	11
1. 4	10	8	14	8
1. 5	9	9	12	5
1. 6	9	9	10	9
1. 7	9	8	10	9

Gr-A-20強化改良荷受け(94, 4. 27)

貫入深さ(m)	平均	CP	CP -4m	CP +4m
0	0	0	0	0
0. 1	4	5	4	3
0. 2	9	7	13	6
0. 3	11	6	13	14
0. 4	10	5	10	15
0. 5	14	12	16	14
0. 6	11	9	13	11
0. 7	17	22	22	7
0. 8	13	20	16	4
0. 9	13	17	18	4
1	13	15	20	5
1. 1	10	13	13	5
1. 2	9	11	12	5
1. 3	8	10	10	5
1. 4	7	9	9	4
1. 5	7	6	10	4
1. 6	5	4	9	1
1. 7	6	3	8	6

C種限界 (94. 5. 31)

貫入深さ(m)	平均	P8	P9	P10
0	0	0	0	0
0. 1	7	3	4	13
0. 2	9	5	9	13
0. 3	8	4	7	12
0. 4	7	2	10	10
0. 5	8	2	17	6
0. 6	12	2	17	18
0. 7	19	2	23	32
0. 8	15	1	22	23
0. 9	16	2	21	25
1	13	3	16	20
1. 1	10	3	15	13
1. 2	9	4	13	11
1. 3	10	5	16	10
1. 4	9	4	13	11
1. 5	9	3	14	10
1. 6	9	1	15	11
1. 7	6	5	6	7

Gr-A強化型荷受ﾋﾟ-A (94. 6. 16)

貫入深さ(m)	平均	P14	P16	P18
0	0	0	0	0
0. 1	8	8	8	8
0. 2	11	15	9	8
0. 3	11	13	10	10
0. 4	15	10	7	28
0. 5	9	9	12	6
0. 6	20	15	14	31
0. 7	23	21	23	26
0. 8	22	15	23	27
0. 9	21	17	22	23
1	18	20	22	12
1. 1	17	16	23	12
1. 2	15	10	23	13
1. 3	13	10	18	10
1. 4	11	9	15	10
1. 5	9	7	12	8
1. 6	8	6	12	6
1. 7	7	5	10	6

簡易貫入試験結果（2）

Gr-40(3)　(94. 8. 25)				
貫入深さ(m)	平均	P14	P16	P18
0	0	0	0	0
0. 1	11	10	10	12
0. 2	14	14	13	16
0. 3	13	17	10	11
0. 4	17	22	8	20
0. 5	24	34	9	30
0. 6	14	26	9	7
0. 7	25	34	14	26
0. 8	18	22	6	25
0. 9	21	31	8	24
1	20	25	11	23
1. 1	21	26	22	14
1. 2	15	24	8	12
1. 3	11	15	7	10
1. 4	9	12	4	10
1. 5	8	10	5	9
1. 6	9	10	8	9
1. 7	7	9	8	5

Grm-S-強化改良　(94. 9. 12)				
貫入深さ(m)	平均	CP -4m	CP	CP +4m
0	0	0	0	0
0. 1	8	7	9	7
0. 2	16	16	18	15
0. 3	21	24	28	12
0. 4	17	20	19	12
0. 5	26	26	25	26
0. 6	19	22	16	19
0. 7	34	28	33	40
0. 8	27	21	23	38
0. 9	27	28	24	30
1	24	26	18	27
1. 1	20	26	17	18
1. 2	16	15	16	17
1. 3	14	11	15	15
1. 4	13	9	16	14
1. 5	13	11	15	14
1. 6	12	10	14	13
1. 7	10	7	12	10

Gr-20(1)　(94. 10. 13)				
貫入深さ (m)	平均	P8	P9	P10
0	0	0	0	0
0. 1	11	11	9	14
0. 2	17	25	12	13
0. 3	16	20	8	19
0. 4	17	9	8	34
0. 5	18	17	11	25
0. 6	18	19	19	15
0. 7	28	28	21	34
0. 8	23	24	22	24
0. 9	25	28	23	23
1	22	24	24	17
1. 1	20	25	22	12
1. 2	15	18	17	10
1. 3	12	10	15	11
1. 4	9	7	12	9
1. 5	9	7	10	9
1. 6	8	7	8	9
1. 7	5	6	5	5

Gc-B強化型　(95. 2. 14)				
貫入深さ (m)	平均	P10	P12	P14
0	0	0	0	0
0. 1	8	12	7	6
0. 2	9	11	8	8
0. 3	9	8	8	10
0. 4	6	5	6	8
0. 5	7	4	5	12
0. 6	23	25	18	25
0. 7	34	27	23	52
0. 8	28	26	16	41
0. 9	24	22	13	37
1	20	16	14	30
1. 1	14	10	11	22
1. 2	14	9	14	18
1. 3	13	8	12	19
1. 4	12	9	10	17
1. 5	10	8	6	15
1. 6	10	9	5	15
1. 7	8	10	7	7

Gr-40荷受ﾋﾞ-A型　(95. 8. 9)				
貫入深さ(m)	平均	P10 -1m	P11 (CP)	P12 +1m
0	0	0	0	0
0. 1	5	4	6	4
0. 2	9	7	10	9
0. 3	10	8	11	10
0. 4	10	6	11	12
0. 5	11	9	11	13
0. 6	20	25	13	23
0. 7	33	37	25	38
0. 8	27	24	25	33
0. 9	20	18	20	22
1	12	12	11	13
1. 1	13	14	12	13
1. 2	13	11	15	14
1. 3	16	15	16	16
1. 4	20	18	20	21
1. 5	18	17	17	20
1. 6	18	19	19	17
1. 7	13	17	14	7

Gc-A強化改良型(1) (95. 11. 17)				
貫入深さ(m)	平均	P9 -3. 5m	P10 (CP)	P11 +3. 5m
0	0	0	0	0
0. 1	7	7	8	7
0. 2	14	13	14	16
0. 3	18	19	15	20
0. 4	18	19	17	17
0. 5	18	21	23	11
0. 6	28	31	20	33
0. 7	48	56	38	51
0. 8	49	52	57	38
0. 9	30	31	35	25
1	17	15	19	16
1. 1	16	15	15	17
1. 2	18	17	22	15
1. 3	21	18	27	17
1. 4	22	21	26	19
1. 5	21	22	24	18
1. 6	19	24	21	12
1. 7	17	26	22	4

Gc-A強化改良型(2) (95. 12. 5)				
貫入深さ(m)	平均	P9	P10	P11
0	0	0	0	0
0. 1	14	14	17	11
0. 2	21	19	23	21
0. 3	19	20	13	24
0. 4	19	8	19	29
0. 5	20	16	21	23
0. 6	33	40	22	38
0. 7	55	69	39	57
0. 8	54	61	52	49
0. 9	31	29	39	26
1	19	19	20	19
1. 1	18	20	16	17
1. 2	19	20	17	20
1. 3	21	23	21	19
1. 4	24	30	22	20
1. 5	22	24	23	19
1. 6	20	23	21	15
1. 7	17	24	23	5

景観型Gr Type-B　(95. 12. 20)				
貫入深さ(m)	平均	P8	P8-P9 (CP)	P9
0	0	0	0	0
0. 1	9	9	10	9
0. 2	19	14	23	20
0. 3	19	12	26	20
0. 4	17	9	20	21
0. 5	17	11	20	19
0. 6	38	48	47	20
0. 7	59	61	86	31
0. 8	43	45	54	30
0. 9	28	25	30	30
1	19	22	18	16
1. 1	17	25	16	11
1. 2	18	25	14	15
1. 3	17	17	16	18
1. 4	20	17	21	21
1. 5	15	18	19	9
1. 6	16	19	19	9
1. 7	17	17	25	10