



土 木 研 究 所 資 料

第 65 号

アルミニウム合金製
ガードレール実物実験資料

昭和 40 年 6 月

建 設 省 土 木 研 究 所

1. ま え が き

アルミニウム合金製ガードレールは、ヨーロッパ（特にスイス）でかなりの使用実績があり、アメリカにおいても相当使用されていると云われている。最近我国でも、アルミニウム合金の耐腐食性に着目して、道路公園の一部の海岸附近道路等において試験設置され始めた。しかし、その対自動車衝突性状は、我国においては未だ実験的に確かめられたことはないようである。そこで、重量、速度、衝突角度の予め判明した実験車を実物のアルミニウム合金製ガードレールに衝突せしめることによって、その力学的性質、ひいてはガードレールとしての特性を実験的に検討するのが、本実験の目的である。実験結果については、目下詳細解析中であるが、とりあえず測定結果をとりまとめておく意味において本資料を作製したのである。

2. 実験場所と期日

〔1〕 実験場所

埼玉県比企郡川島村大字出丸
下郷字北条橋

現場は荒川上流の高水敷であり、堤防から本流までかなり広い平地となっていて、ホンダエヤーボート社によって、飛行場として利用されている。

〔2〕 実験期日

1965年4月8日～26日

	供 試 製 品	備 考
8 日	標 準 形 (Ⅲ形)	予 備 試 験
13 日	標 準 形 (Ⅱ形)	
20 日	高 速 形 (Ⅰ形)	
21 日	"	公 開 実 験
22 日	"	
26 日	"	

3. 実験場施要概要

この種実物ガードレールの衝突実験において、衝突自動車に所定の速度を与える方法としては、斜面勾配の利用、衝突自動車自身の動力による、後方から他の自動車で加速するの大別3方法が考えられる。この実験場の地形では、第1の方法では所望の速度はえられないことは明らかであり、第2の方法も、自動車の改造、装置に費用、日時を要するので、結局第3の方法をとることにした。

そこで、高水敷の堤防からはほぼ直角に流心に向けて、一部盛土を行って、平均勾配 4° の斜面をつくり、延長 100 m の木製滑走軌道を敷設した。実験前に大形トラックでその上端まで実験車をひきあげておき、衝突実験時はこの大形トラックで実験車を後方から押して衝突直前に突放することにした。木製軌道の先端には 15° の角度に幅 4 m 長さ 20 m のアスファルト簡易補装を鋪設した。この鋪装線から 50 cm 離れた所に供試ガードレールを設置した。

実験場と木製軌道走路の平面図、縦断図を図-1に示す。

4. 実験器材の配置と測定項目

測定器材および測定項目の一覧表を表-1に示す。映画撮影解析、走行軌跡測定等のための鋪装面のペイントマーク、16mmカメラ、ガードレール、速度測定レバースイッチ等の関係位置を図-2に示した。3台のボレックスカメラは組立パイプ、足場を利用したやぐらからパイプをカンテレバーとしてはり出した先端にとりつけられ、地上約 5.5 m の位置から下方を向けて撮影し、高速カメラはガードレール延長方向に向けて撮影する計画である。

ひずみ計、オシログラフ関係の測定計器の大部分は、測定小屋に集めるが一部は小屋外にもおいている。速度測定用レバーによる信号は、各オシログラフおよびカメラに供給され、一定時間軸を設定できる装置になっている。

表-1 器材および測定項目

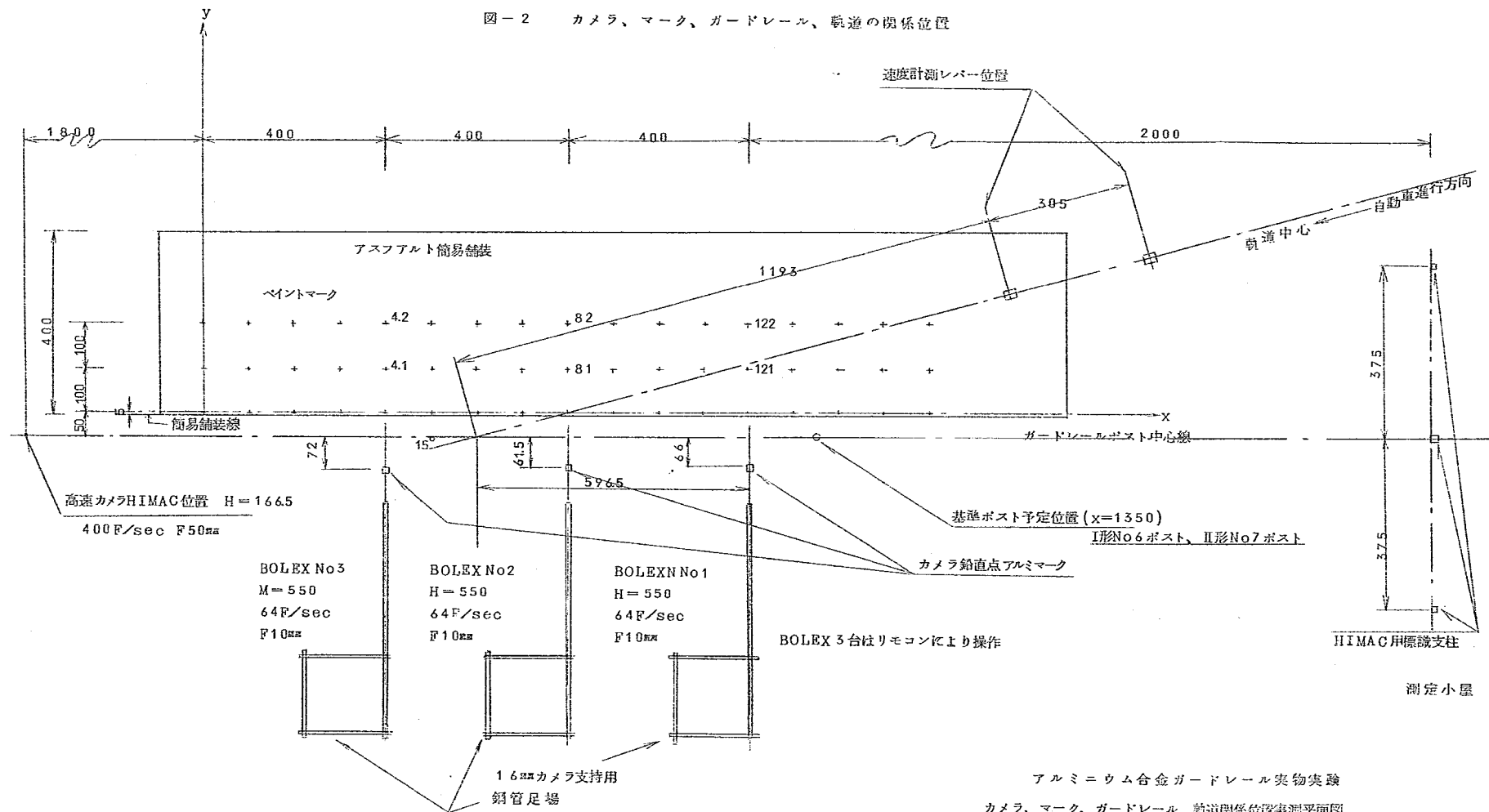
器 材	測定項目、使用目的	信 考
16mm映画撮影用カメラ 高速カメラ 日立製1台 (HIMAC16H) 普通カメラ ボレックス 3台 フィルムはコダックTRIX	突入速度、角度、衝突後の 自動車の運動 ガードレールの変形の時間 的变化の定量的把握	図面参照 撮影速度 200~400コマ/秒 撮影速度 64コマ/秒 シャッター速度 1/640秒, 1/320秒 ボレックス3台はリモコン操作、 電磁シャッターによって起動する。
マイクロスイッチと サイクルカウンター	突入速度の測定	マイクロスイッチを使用し、てこ によってこれを開閉する装置を 3.10m 間隔に埋めて突入時の通 過時間から突入速度を推定する。
抵抗線歪正測定器 共和製 DPM 6AT 2台 SAT 1台 新興通信製 1台 ToYo 製 1台	ガードレール、ポストの歪 12 エLEMENT 8 エLEMENT 6 エLEMENT 6 エLEMENT	塑性域までの歪が測定できるよう 車洋測器製のゲージにより4倍ま での歪を測定することを目標とす る。
電磁オシログラフ 直視式他 6ELEMENT 5台 (三栄測器製他)	ガードレール、ポストの歪の記 録加速度の記録	送り速度 200mm/秒 タイムマーク 1/100秒
加速度計 共和製 10G 5G	自動車運転度における加速 度、減速度の測定、前後お よび左右	150mのキャブタイヤコードに よる歪測定器に接続
タイムマーク発生回路	各電磁オシロ、各カメラ に共通のタイムマークを供 給	
振子式加速度計	路面とタイヤの摩擦係数の 測定	ジープを走行させ、路面で制動を かけ、加速度計によって摩擦係数 を測定する。
スウェーデン式 サウンディングテスト装置	土質、ポストの横方向耐力 推定	

器 材	測定項目 使用目的	備 考
ロードメーター 可 搬 式	試験車の輪重測定	

その他の測定項目

試験測定項目	測 定 方 法
ポストの静的引張り	ポスト上部を大形のターンバツクルによって側方に引張り、ロードセルによって、荷重と変位置の関係を求める。
ポストおよびレールの残 量変位	基線からの変位をスケールで測定
接 触 長	
自動車軌跡	石灰、染料を使用
接手の観察	

図-2 カメラ、マーク、ガードレール、軌道の関係位置



アルミニウム合金ガードレール実物実験
カメラ、マーク、ガードレール、軌道関係位置実測平面図
SCALE 1/100

5. 実験に用いたアルミニウム合金製ガードレール

アルミニウム合金製ガードレールの特徴としてあげられる性質は、耐腐食性があり、塗装が不要である、外観が優美、かつ軽量であり、また材料の性質としてヤング率が鋼にくらべて低いということである。

実験に供したのはⅠ形（高連形）、Ⅱ形（標準形）と呼ばれる2種類であって、その設計図を図-3、図-4に示す。Ⅰ形の場合、1スパン3.8m、15スパン、全延長57m、Ⅱ形の場合は、1スパン3.0mのもの20スパン延長60mである。

なおガードレール設置箇所は、平坦なままで、路肩法面形状には掘削しなかった。

支柱は1m4角に掘削して、建植し、たこでつき固めた。

ガードレールの構成材料は表-2の通りである。

6. 実験に使用した自動車

日野自動車製8トン積車であって諸元を表-3に示す。

なお座席（運転手席）背面、すなわち床面より高さ40cm、車体中心線より25cmハンドル側よりに、前後方向用として10G、左右方向用として5Gの電気抵抗線歪計式加速度計をとりつけた。この加速度計は、150mのキャブタイヤコードにより、ストレインメータに接続されている。

また前部ボンネットには、映画撮影解析用のマークを附した。

また、同じ自動車を数回の衝突に利用するため、いわゆるプロテクター（外周半径1.50m）をとりつけた。但し26日はこれを取りはずした状態で実験を行った。

実験時の本実験車の重量は携帯式ロードメータによって測定を行った。無載荷プロテクター付、砂俵45俵積載プロテクター付、砂俵45俵積載プロテクターなしの3つの場合について測定を行ったが、これらの測定結果を図-5に示す。

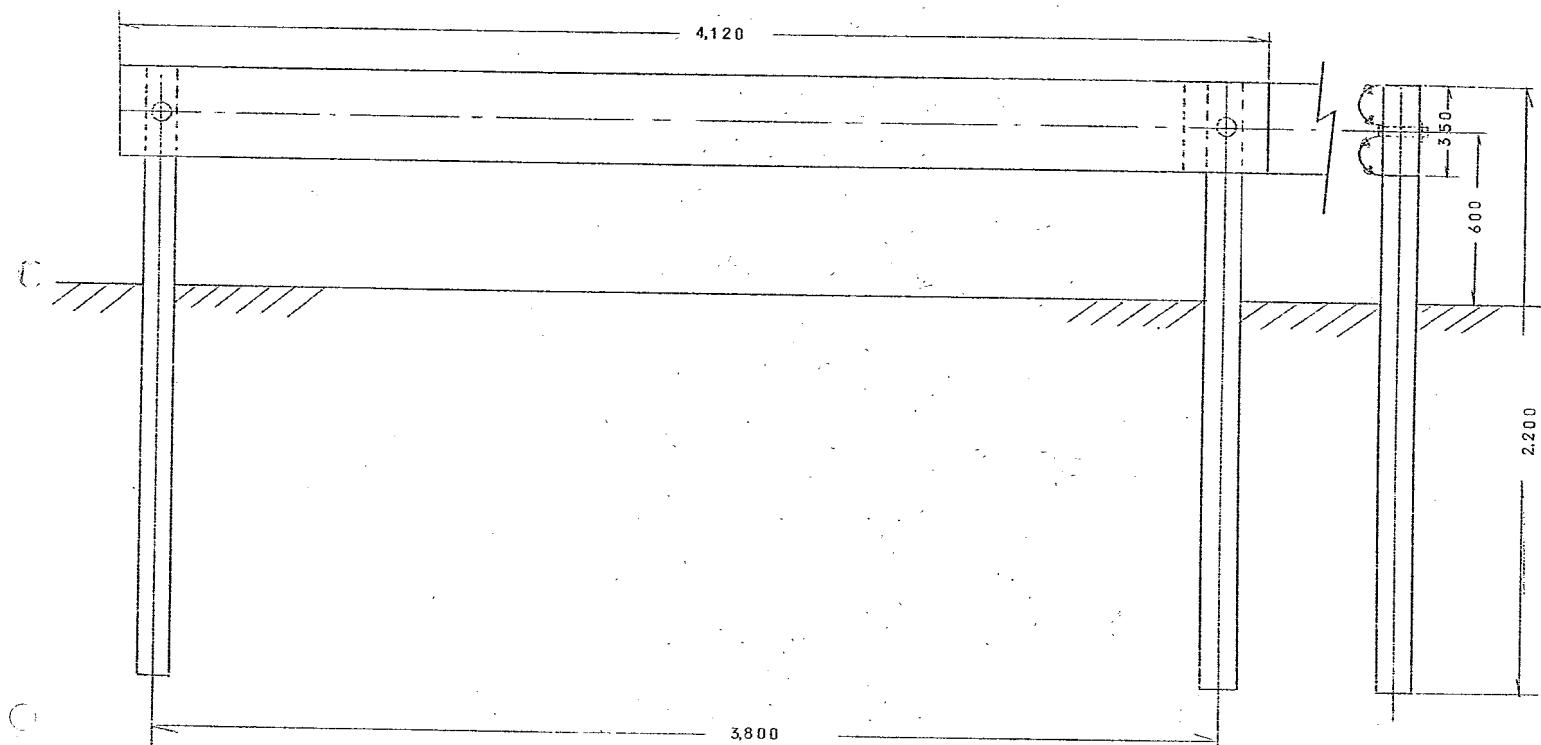


図-3の1

I形耐蝕アルミニウム合金ガードレール布設図				
縮 尺 1/200	単位 mm	第 角画法		
承 認	検 図	設 計	製 図	写 図
天野アルミニウム株式会社			図面番号	
			No: 1	

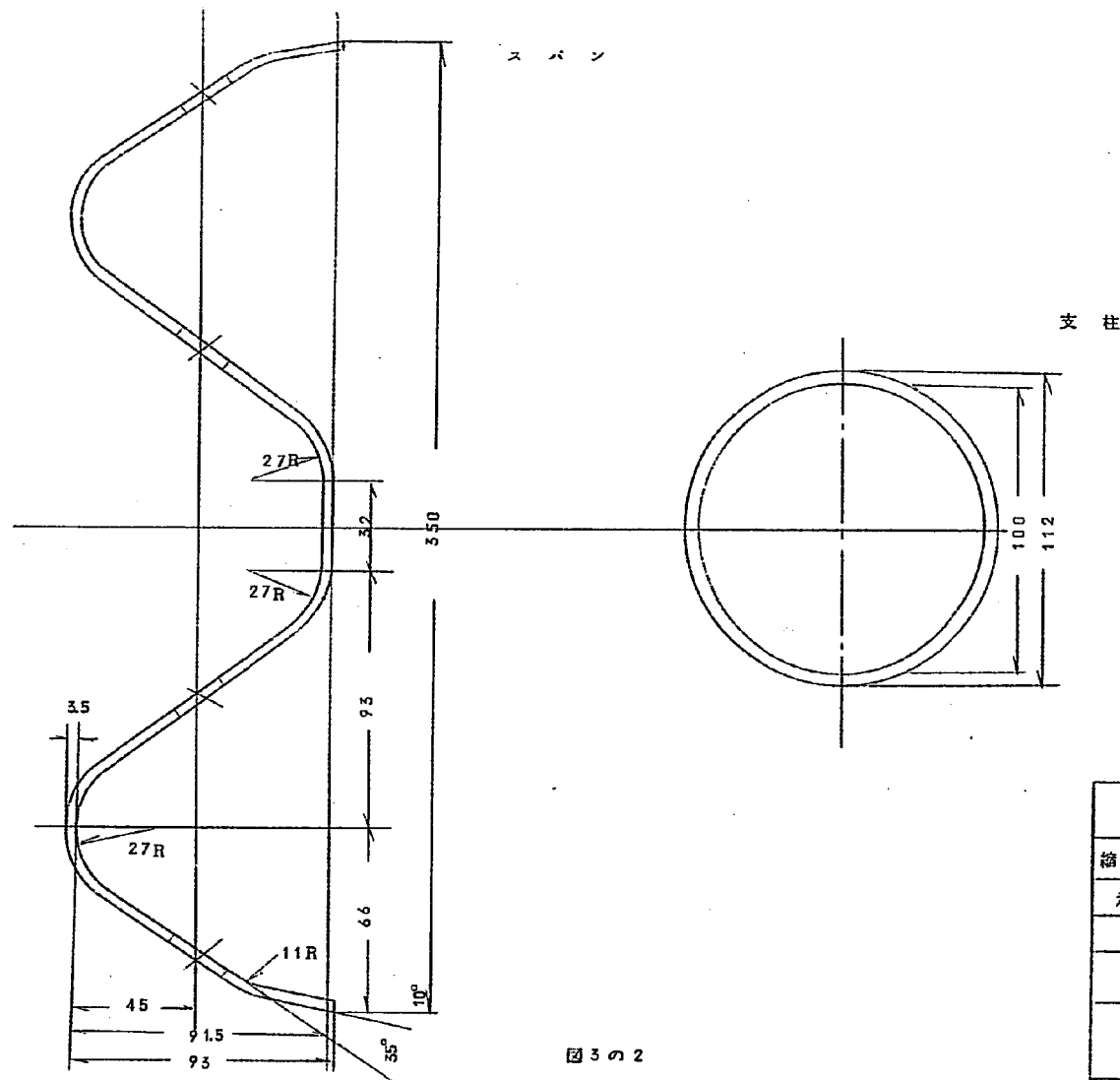
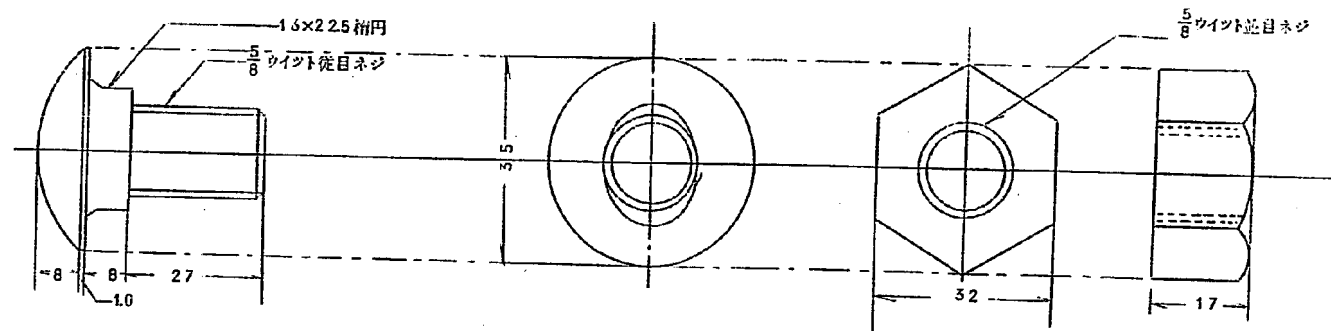


図 3 の 2

I 形スパン及び支柱断面図					
縮尺	1/2	単位 mm	第	角面法	
承	認	検 図	設 計	製 図	写 図
天野アルミニウム株式会社					図面番号



ボルト

ナット

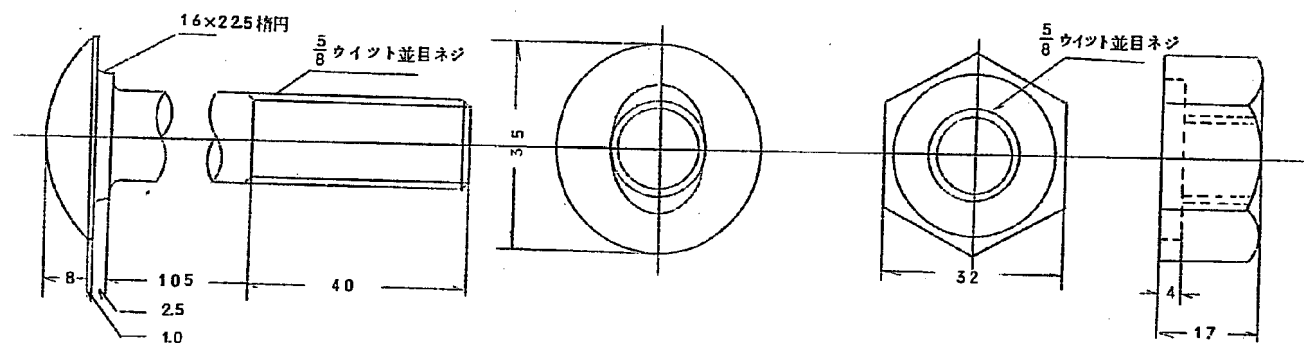
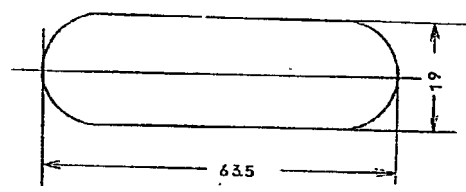
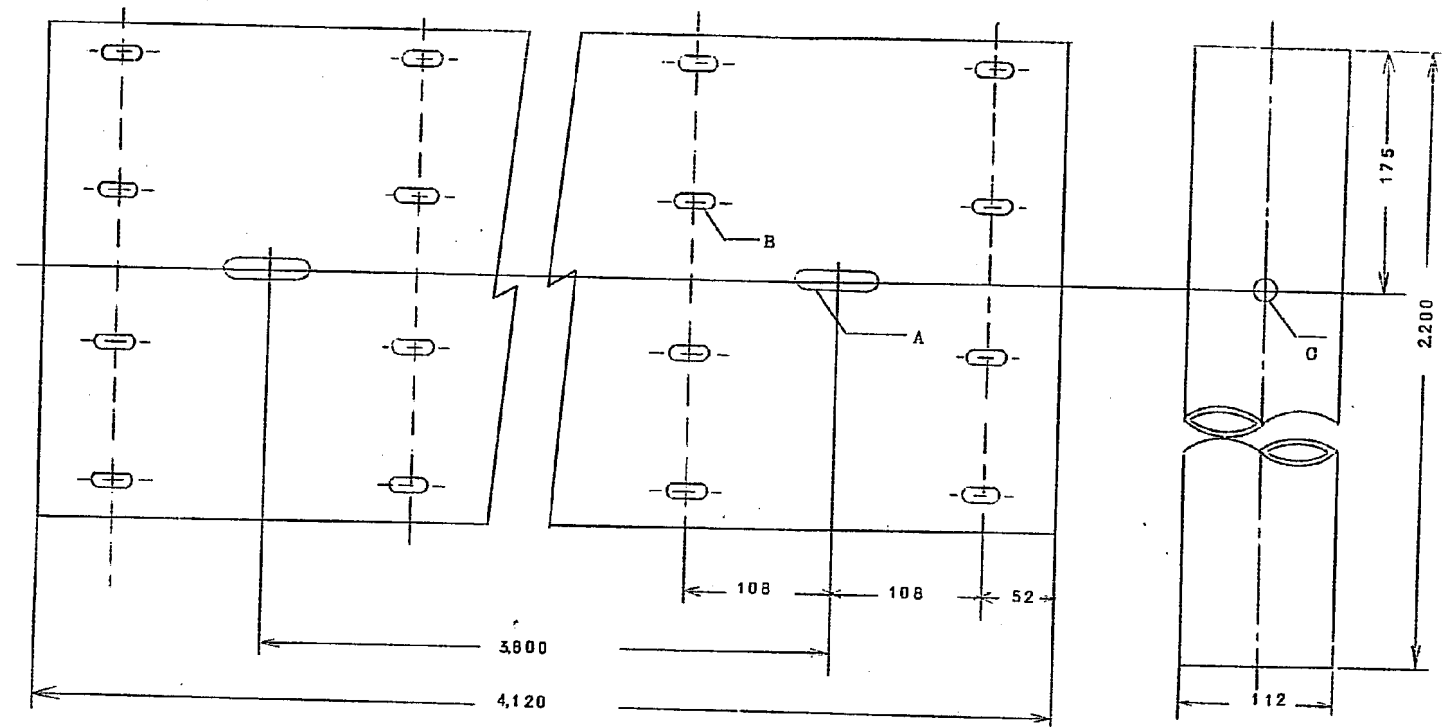
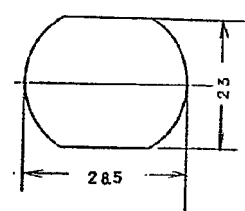


図 3 の 3

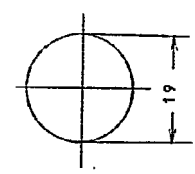
I形耐蝕アルミニウム合金ボルト・ナット詳細図					
縮 尺	1/1	単位	mm	第 角	画法
承 認	検 図	設 計	製 図	写 図	
天野アルミニウム株式会社					図面番号
					No 3



A 孔 詳 細



B 孔 詳 細



C 孔 詳 細

図 3 の 4

I 形取付孔詳細図 (耐蝕アルミニウム合金)						
縮 尺 $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{1}$	単位%	第	角画法			
承 認	検 図	設 計	製 図	写 図		
天野アルミニウム株式会社					図面番号	
					No. 4	

図-4

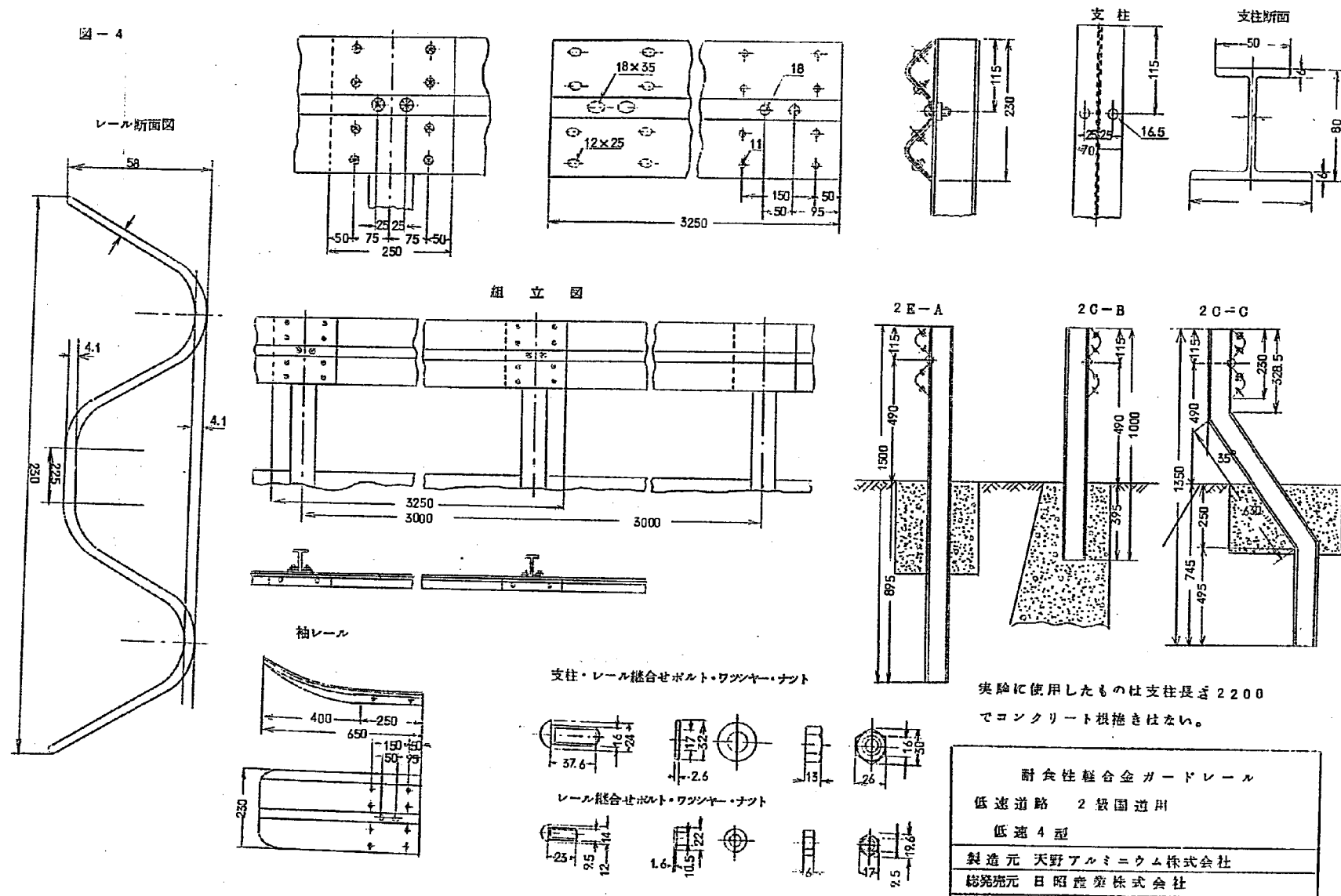


表-2 供試アルミニウム合金製ガードレールの材質

	I 形	II 形
レール	61ST6	63ST5
ポスト	ASIST6	61ST6
	相当品	

表-3 実験用自動車諸元

名称 日野自動車製 TH-17形 160HP 8Ton 積

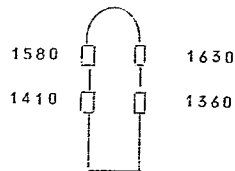
主要諸元 単位 (mmおよびkg)

全 長	8,020
全 幅	2,470
全 高	2,680
ホイール ベース	4,800
トレッド前輪	1,860
後輪	1,770
車両重量	5,500

図-5 実験自動車の重量測定結果

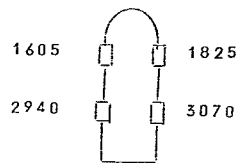
決 定 日

4月19日 プロテクター付、無載荷



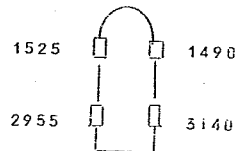
5,980Kg

4月23日 プロテクター付、4.5俵積



9,440Kg

4月26日 プロテクターなし、4.5俵積



7 実 験 条 件

実験車重量供試ガードレール、測定された突入速度等の一覧表を表-4に示す。

現場の土質は、よくしまったシルト質であって、掘さくしない場合、支柱埋込時、静的支柱引張試験時のスウェーデン式サウンディングテスト結果を図-6に示す。

8 実 験 結 果

〔1〕 支柱の静的引張試験

本実験に先も立ち、現場において、支柱の静的引張試験を行った。その結果を図-7に示す。

表 - 4 実験条件一覧表

実施期日	供試ガード レール形式	実験車全重量 (kg)	載 荷	プロテクター	ハンドルの 状態	測定速度 (km/hr)	
						サイクルカウンター による値	ビジュグラフ による値
4 月 8 日	II 形 (標準)	5,980	0	付	フリー	—	—
13 日	II 形 (標準)	5,980	0	"	フリー	—	36
20 日	I 形 (高速)	9,440	砂 45 俵	"	フリー	31	26
21 日	I 形 (高速)	5,980	0	"	固 定	32	32.5
22 日	I 形 (高速)	9,440	砂 45 俵	"	固 定	32	33
26 日	I 形 (高速)	9,110	砂 45 俵	無	フリー	—	—

注) ハンドルの状態、固定というのはビニール電線でハンドル
(ステアリングホイール) 下端をドアの把手にゆるく結び
つけた状態。

図-6 スウェーデン式サウンディングテスト結果

スウェーデン式サウンディングテスト結果

No 1

サウンディング番号 1~

調査地点 埼玉県比企郡川島村アルミガード
レール実験 ポスト埋込部分 その他

試験期日 40年4月7日(～)

調査員 道路研究室
枝村、岩城、高木、高橋

天候 晴

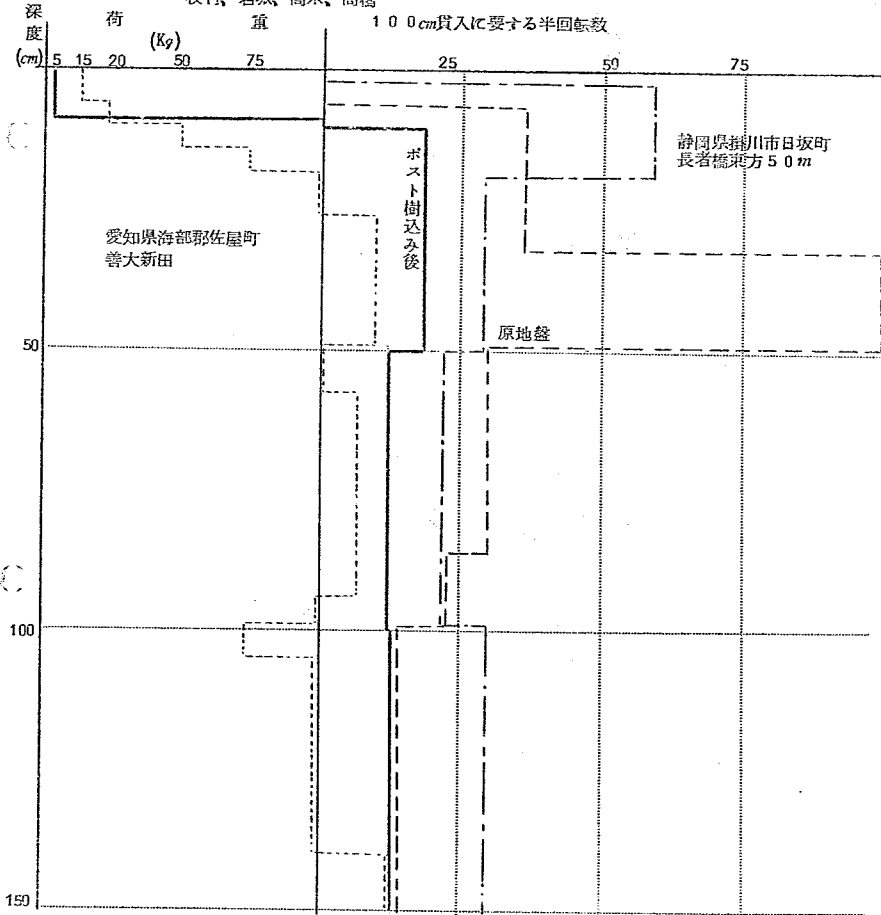
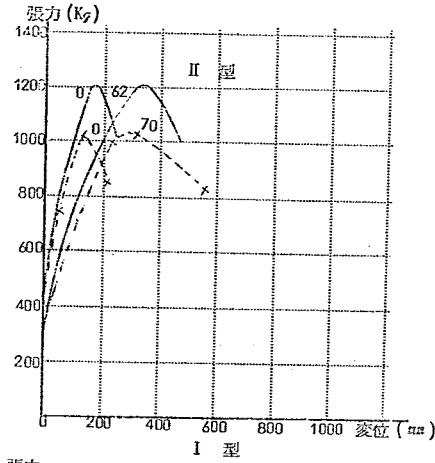
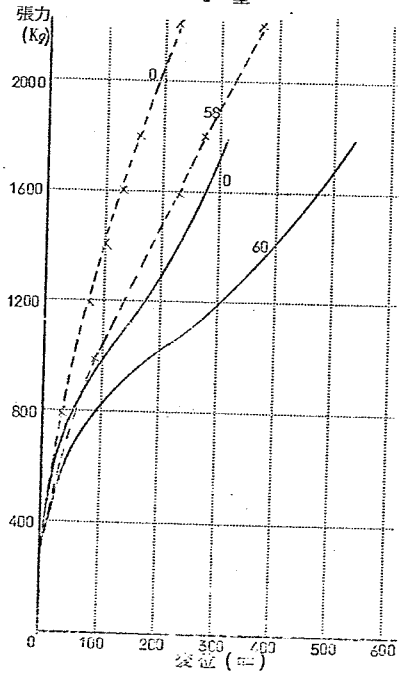


図--7 支柱の静的引
張試験における
張力と変位の関
係



0 : 地面
60 : 地上 60 cm
No 1 土のつき
No 2 かたの凝
度ること
なる



〔2〕 実験概況

(1) ガードレールの位置

設置箇所舗装面を含む辺りに予め、平面基準座標を設定しておき、舗装線から45cm外方($y=-50$)に常にポスト中心線があり、半径1500mmのプロテクターを附した実験自動車は木製軌道からそのまま直進した場合(すなわちガードレールに対し 15° の角度で直進したとき)、標準形ガードレールでは、 $x=1200$ の位置で接触開始するよう計画した。これは標準形ガードレールの場合、第7スパン中央に相当する(すなわち、第7ポストと第8ポストの間)。

実際に設置されたポストのx座標位置を表-5に示す。

表-5 基準座標軸に対する支柱の位置

15° で衝突する場合、接触開始予定位置は $x=1200$ である。

ガードレール形式	実施日	ポスト番号	x 座 標
II 型 スパン 300	8 日	No 7	1350
	13 日	No 7	
I 型 スパン 380	20 日	No 6	1341
		7	964
		8	587
		9	204
	21 日	No 6	1344
		7	961
		8	586
		9	204
	22 日	No 6	1358
	26 日	No 6	1350

(2) 概 況

4月8日 予備試験 II形

ポスト№8より108cm№7よりの点より接触を開始し、プロテクター外側下端がレール上に乗り上げた状態でガードレールに沿って走行し、そのまま停止した。ボルトナットの破断はない。プロテクター下端が地上50cmで高いきらいがあることが判り、約40cmまで下げることとした。

四
外

4月13日 くもり

II形

プロテクター接触開始点は№8ポストより118cm№7ポストよりで、№9ポストよりプロテクター外側下端がレール上にのり始め、№12ポストより50cm№11ポストよりの点までそのまま走り、その後離脱して、接触終点は№13ポストより38cm№14ポストよりであった。前輪がガードレールから離脱しそのまま走行した。

ボルト等の破断はない。

4月20日 雨のちくもり I形

衝突時刻 pm 3:58

接触開始点は、ポスト№6、7間で№6より60cm№7よりであった。ポスト№7、8間スパン中央からプロテクター外側下端がレールに乗り、ガードレールに沿って走りそのまま停止した。前輪は、ガードレール側を向いた状態となっていた。ボルトナットの破断はなかった。

4月21日 小雨 I形 公開実験

衝突時刻 pm 1:34

これまで、ハンドルフリーのまま実験したが、今回は固定した。接触開始点は№8ポストから160cm№7よりであり、衝突角度は、計算よりやや浅くなった。ハンドルを固定したためか、極めてなめらかに衝突し、離脱した。ボルトナットの破断なし。

4月22日 はれ I形

衝突時刻 pm 3:14

衝突開始点は、№1ポストより10cm№6ポストより(第6スパン)で

あり、やはり予定角度よりやや浅くなった。今回もハンドルを固定したが、前日同様極めてなめらかに衝突離脱した。ボルトナットの破断はやはりなかった。

4月26日 くもり I形

衝突時刻 pm. 3:36

衝突開始点は№6ポストより23cm、№7ポストよりであった。ハンドルフリー、プロテクターなしの実乗条件であったが、この実験車はバンパーをとりはずしてあり、タイヤホイールとり付けボルトとガードレールが直接接触し、強い摩擦が起った。このためこのシリーズの実験中では最も大きい変形をレールに生じた。自動車は、そのままガードレールに沿って走行し、前輪軸がポスト№10から10cm、ポスト№11よりの位置で停止した。ポスト№7の連結ボルトが1本破断した。なお今回はひずみ計測は行わず、また速度計も動作不良で測定できなかった。

今回の実験を通じていずれの場合も、実験車は転倒等の恐れは全くなし、現場土質も適当であったためか、ガードレールとして適当な程度の支柱の移動、レールの変形を生じた。

(3) 実験車に生じた加速度

測定結果を表一6に示す。最大値(1)は、測定値をそのまま読みとったものであり、前後方向は約100サイクル、左右方向は200サイクル程度の車体、部材の固有振動をふくんだものである。これを適当にならしたときの値が最大値(2)の値である。いずれの実験においても、人体に有害な程度の減速度は全く生じなかった。

ただ測定値を視察して興味のあるのは、ハンドルを固定して、なめらかな衝突離脱のおこった場合、加速度の測定値がほとんど0であり、プロテクター外側がレールに乗り、プロテクター下面を通じて自動車車体の重量がレールに一部かかった場合には、僅かながら加速度があらわれていることである。これは、ガードレール自動車系の解析ではガードレールと車体間の摩擦係数に関係する問題で今後の解析において興味のある課題である。

この種実験においてハンドルの固定条件は、実験結果に大きい影響を与えることも再認識された。

特にプロテクターを付した場合は、ぜひハンドルを固定した状態で実験すべきであると考えられる。

(4) ガードレール

衝突後のガードレールの残留変位を図-8に示す。図-9はその測定位置である。

(5) ガードレールのずれ

衝突後に生じたガードレール各スパンのずれを表-7に示す。

(6) ガードレールに生じたひずみ

ガードレールには図-10に示す各点にストレインゲージをはり、ひずみの計測を行った。結果は表-8に示す。

表-6 衝突時に生じた加速度の測定値 単位(g)

方 向	前 後		左 右	
最大値別 測定日	(1)	(2)	(1)	(2)
4月13日	0.61	0.27	0.80	0.41
20日	1.17	0.45	0.77	0.29
21日	≒ 0	≒ 0	≒ 0	≒ 0
22日	≒ 0	≒ 0	0.15	≒ 0
26日	2.87	0.90	0.93	0.47

五
外
断

図-8の1 衝突によるガードレールの残留変位

(尺度 レール: 1/150 変位: 1/10)

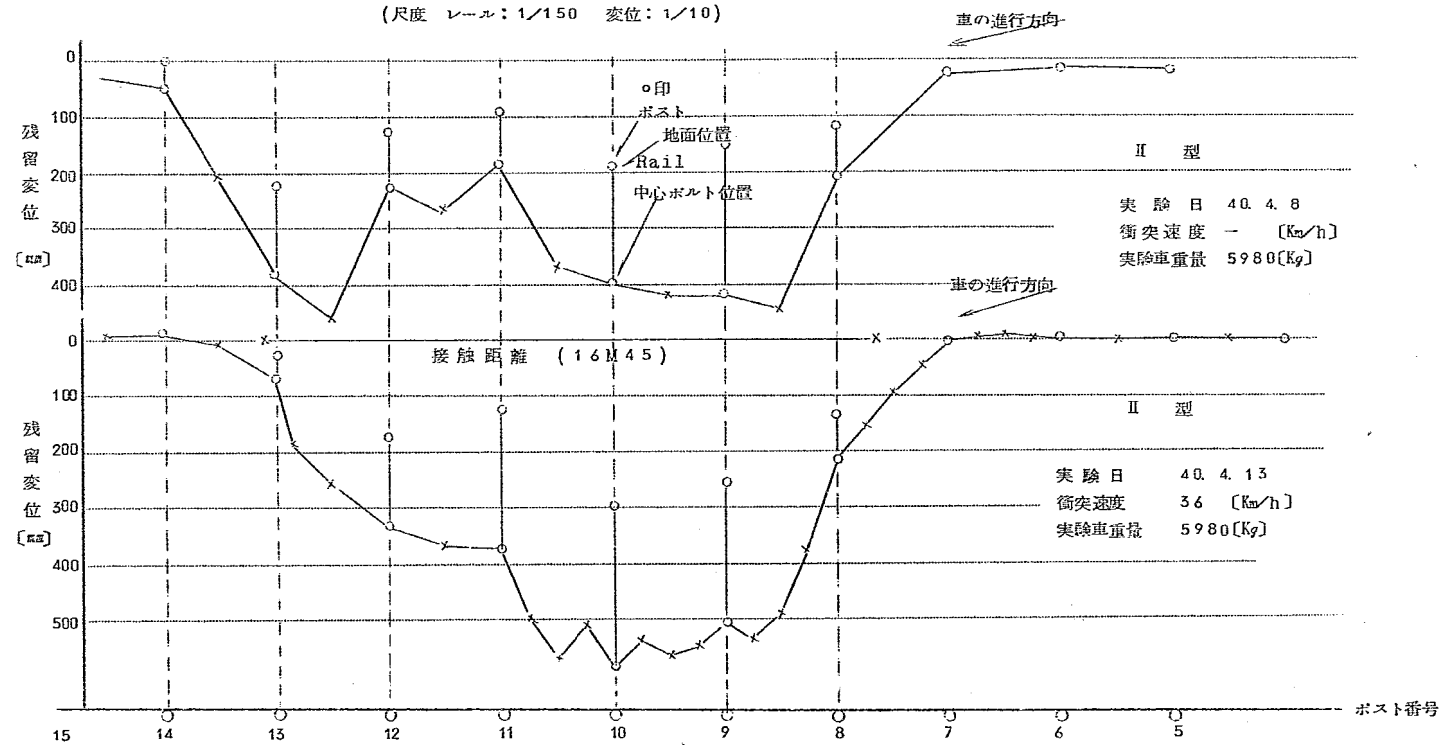


図-8の2 衝突によるガードレールの残留変位

(尺度 レール: 1/190 変位: 1/10)

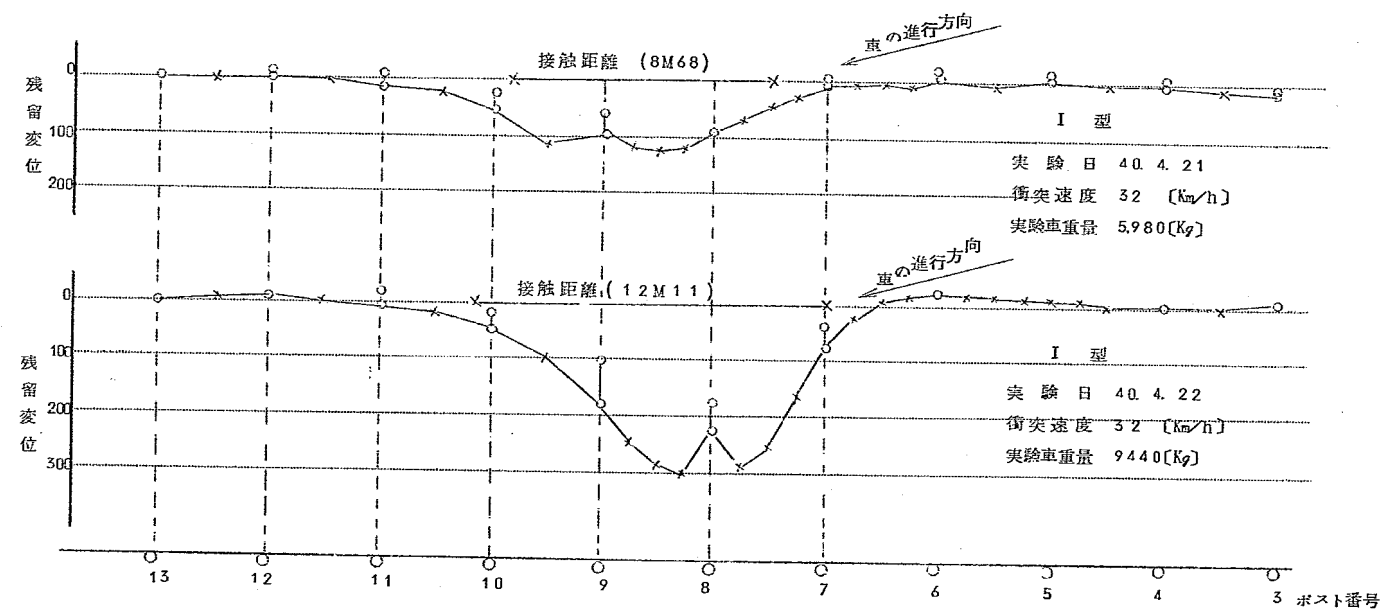


図-8の3 衝突によるガードレールの残留変位

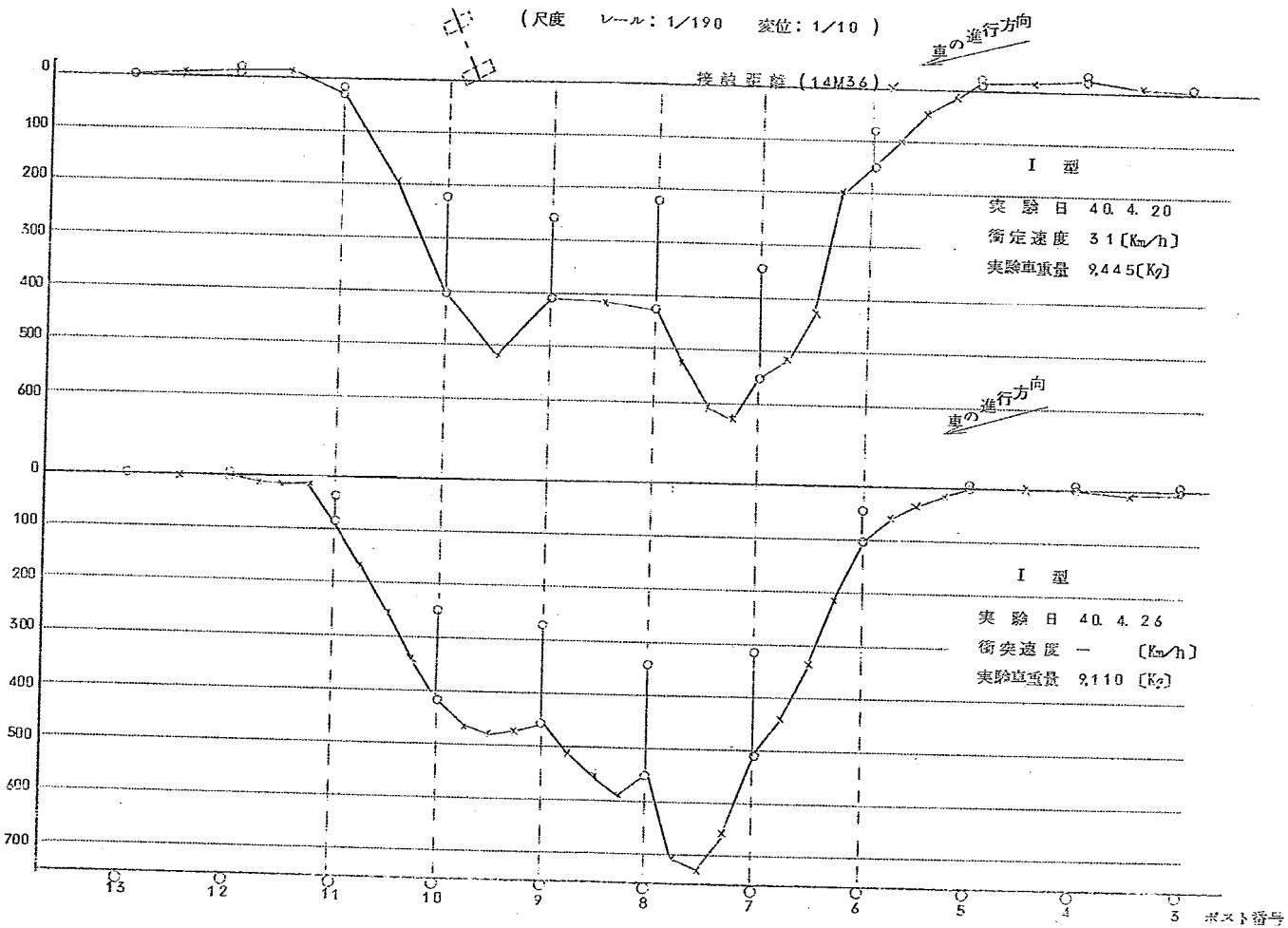


図-9 ガードレールの残留変位測定位置 (尺度: 1/20)

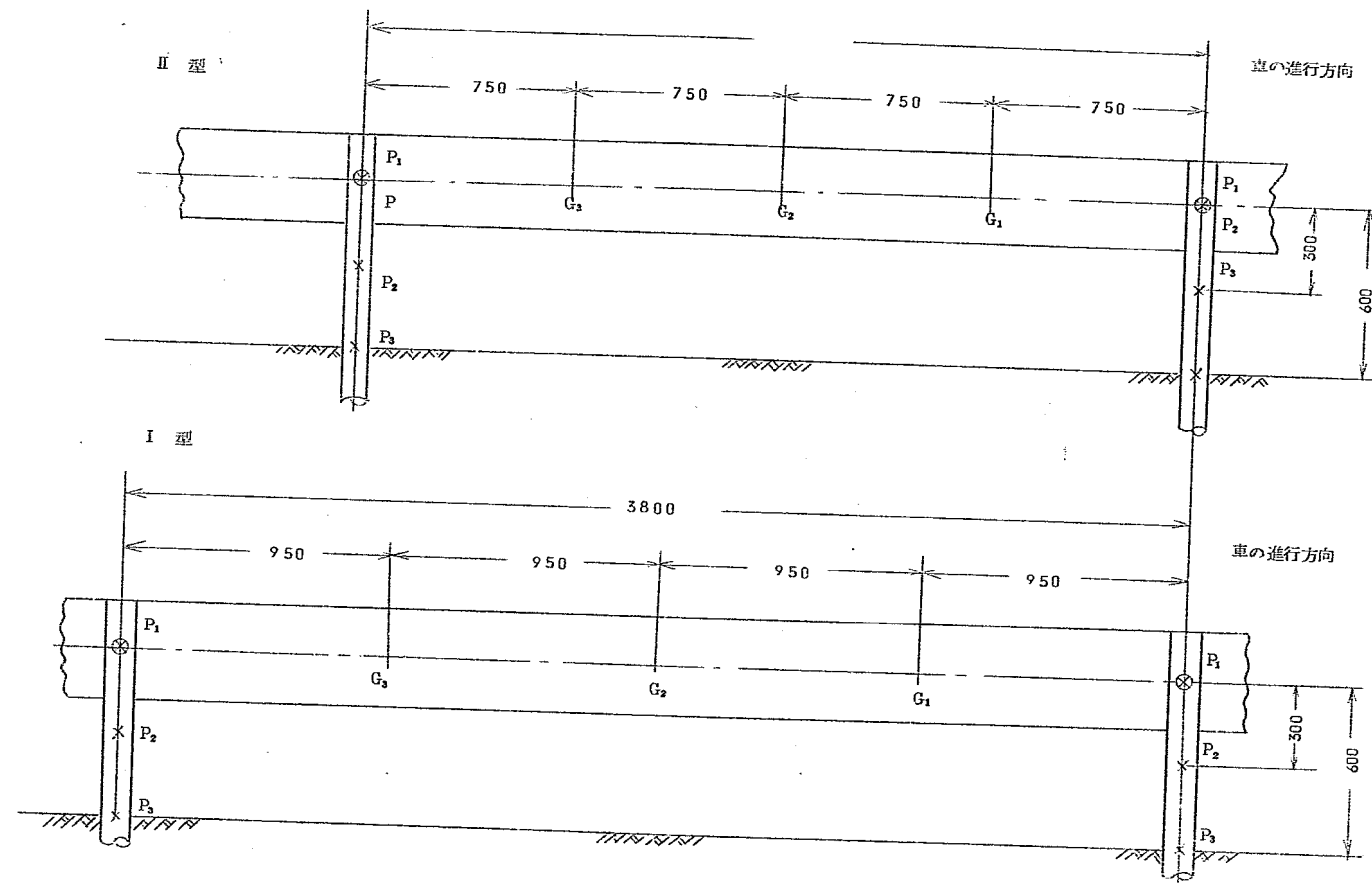
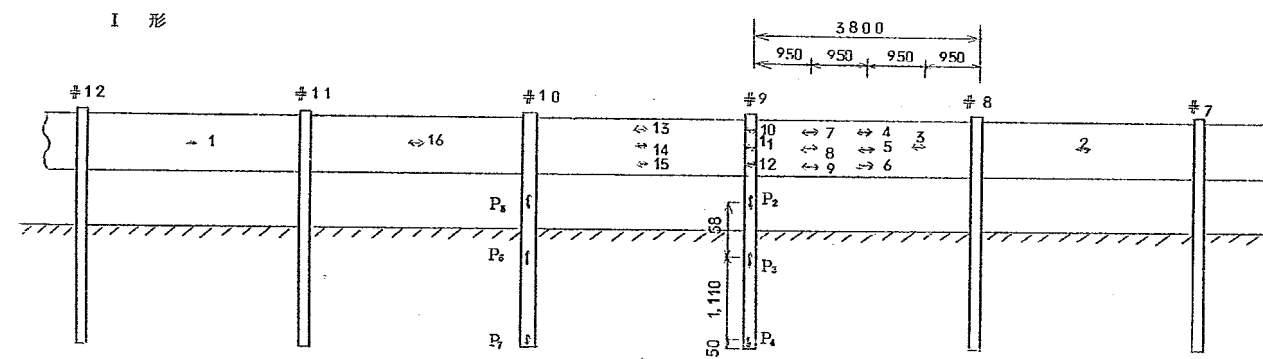
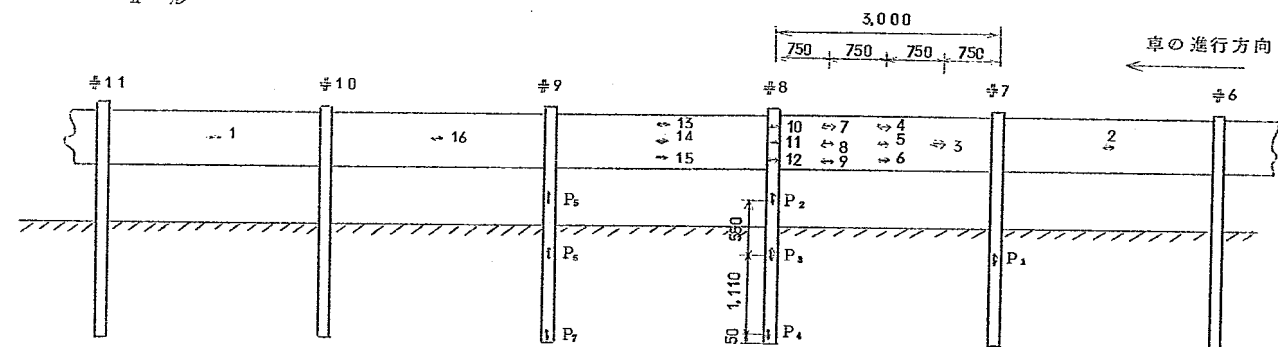


表-7 衝突による接続部のずれ (I型はずれ測定せず)

(単位 mm)

型 式 (試験日)	測定位置	ガードレール番号												
		1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
I 型 (4/20)	A	0	1.0	4.0	1.0	1.5	6.9	4.0	6.0	6.0	4.0	0	0	0
	B	0	0.3	4.0	0.5	0	4.0	1.0	0	2.0	0.5	0	0	0
	C	0	0.8	4.0	2.0	1.0	7.0	4.0	1.5	—	2.0	0	0	0
I 型 公開日 (4/21)	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I 型 (4/22)	A	0	0	0	0	0	0	1.0	2.0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	1.0	3.0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	1.0	1.0	2.0	5.0	2.0	0	0	0	0
I 型 (4/20)	A	0	0	0	3.0	7.3	6.0	0	1.0	0	0	0	0	—
	B	0	0	0	2.5	4.5	5.5	0	0	0	0	0	0	—
	C	0	0	0	3.5	4.0	7.5	3.0	1.5	0	0	0	0	—

図-10 ストレインゲージの位置



4, 7, 10, 13
2, 3, 5, 8, 11, 14, 16, 1
6, 9, 12, 15

Section

注) 10, 11, 12は実際にはpost center
から右へ

I形 214

II形 125

よっている。

表 - 8 ひずみの測定結果

最大ひずみ (×10 ⁻¹)																								
日付		P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8	No 9	No 10	No 11	No 12	No 13	No 14	No 15	No 16
Ⅱ型	4 月 8 日		+6.3	+2.7								- 3.8	+2.	-9.0										
	4 月 13 日	0	+2.1	-5.0	0	-2.3		0	+2.6	-1.4	-17.7			-2.9	-10.0	+10.4	-5.9	-2.2				+3.8	-5.3	+14.1
Ⅰ型	4 月 20 日	0	+5.4	-11.2	0	-1.9	-3.8	0	0	+2.6	+10.3	-16.7	+11.	-5.6	+ 6.0	- 4.7	+3.3	+7.2	-5.0	+6.3	-3.3	+2.4	-3.9	+ 7.1
	4 月 21 日	0	+0.9	-2.8	0	-1.1	-2.6	0	0	0	0	- 0.8	+ 1.	-0.9	- 1.9	+ 1.3	-2.6	-1.8	+2.3	-3.8	-4.6	+4.1	-4.9	+ 1.9
Ⅰ型	4 月 22 日	0	+1.4	-6.0	0	-1.4	-3.8	0	+4.5	-1.3	+ 3.8	- 5.0	+ 8.	-2.1	- 6.6	+ 6.3	-7.2	-2.8	+3.2	-3.2				

永 久 ひずみ ($\times 10^{-3}$)

I 型	4 月 8 日		+1.9	+0.3								0	+0	-1.4										
	4 月 13 日	0	-0.8	-4.4	0	+1.1		0	0	0	- 1.9	+ 0.7	+5.	-1.0	+2.3	-0.2	+1.8	-2.6		-12.4		+0.3	-0.6	
II 型	4 月 20 日	0	0		0	-0.6	-2.2	0	0	+2.1	+ 3.0	- 5.6	+3.	-0.4	+0.6	-1.0	-1.0	+1.5	-0.3	+2.5	0	-3.9	0	+3.9
	4 月 21 日	0	-0.4	0.0	0	-0.1	+0.4	0	0	0	0	0	-0.	0	0	-0.6	0	0	0	+1.3	0	0	0	0
	4 月 22 日	0	0	0.0	0	-0.1	0	0	-1.2	-0.7	- 1.1	- 2.2	+1.	-1.0	-1.3	+1.1	-0.6	-0.7	-0.6	0				

注) + TENSION
- COMPRESSION

空欄: ゲージがきれた
: 紙からはみ出た
: 4月8日は空欄の部分だけ測定せず