

八幡鋼管株式会社委託
鋼管をレールとして使用した
新種防護柵試験報告

昭和⁴⁰~~35~~年3月

建設省土木研究所

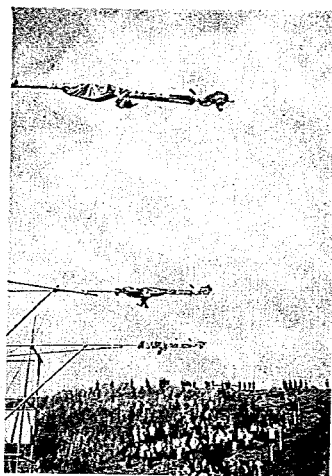


写真-1 3台のカメラ

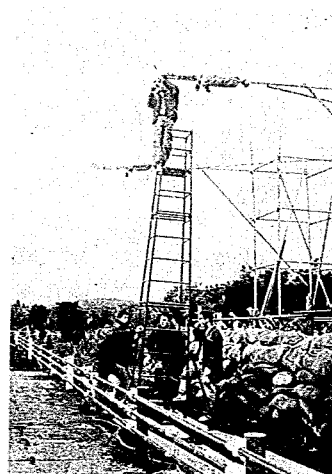


写真-2 カメラの取付作業

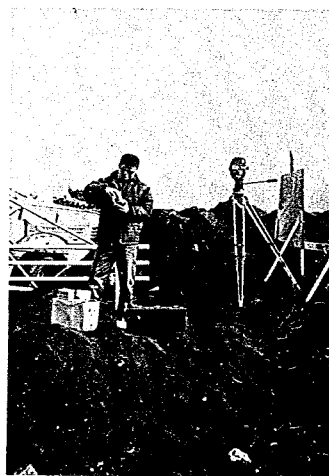


写真-3 日立製高速カメラ

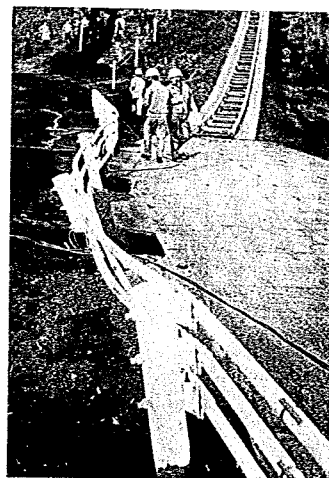


写真-4 公開実験後のレールの変形
レールパイプにつけた十字マーク



写真-5 レーダースピードメーター

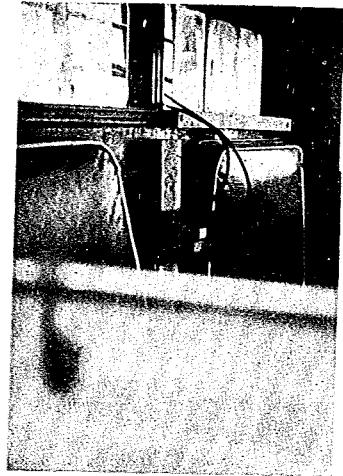


写真-6 座席後部にとりつけた加速度計

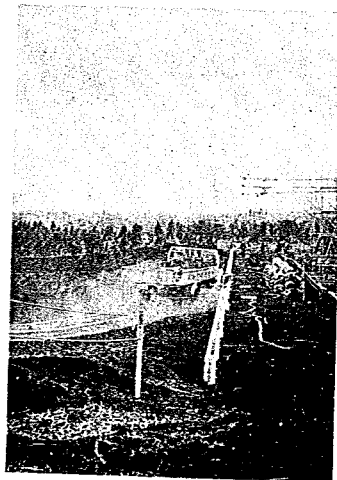


写真-7 衝突の瞬間

1. け し が き

ガードレールに関しては、我国においても、実物実験を始めとする多くの研究がこれまで行われて来たのであるが、しかもなお問題が完全に解明されたとはいえない。ガードレールの問題を考える場合、その研究のアプローチの方法には大別して2つの分野があると考えられる。その一つは、いわゆる視線誘導効果や事故損害等に関する統計的研究であり、他の一つは、ガードレール—自動車系の動力学的な研究である。前者に関する、事故発生率、事故の大きさの統計的推定については、土木研究所において、既にある程度成果を挙げることができた。しかしながら、他方実物実験は数多くなされたとはいえず、真に動力的な観点からの検討は我国ではほとんどなされていないといえるようである。そしてまた実はこれらの2つの研究分野は、本来一貫した、システム工学的な立場で統一されなければならないものである。すなわち両分野の接点として、ガードレール自動車系における動力学的現象—減加速度、横転等の現象—と乗員、車体の受ける損害—統計的現実—との関係が明らかにされなければ、最終的にこの問題が完全に解決したとはいえないのである。

さて、ガードレール実物実験の意義を考えてみると、模形あるいは部分的な静的実験ではえられない。現実の事故状況を再現することが望ましいので、この場合

1. ガードレールの破壊点、あるいは機能喪失点の確認
2. 自動車（ひいては乗員）の受ける加速度の大きさ、すなわち衝突自動車側の損害の大きさ
3. ガードレール構造の設計（部材、部品）の検討の各項を究明するために、実験条件を現実の事故発生状況に合致させるよう広範囲に変化させねばならない。しかしながら、実物実験においては實際上、自動車に関する諸項目、速度、衝突角度、重量、車種について、あるいは、ガードレールの断面形状、ポストの大きさガードレール、ポストの剛比について、部材の連結組立ボルト等の部品について、埋込み深さ、土質について等々の多数の因子のすべての組合せについて行うことは実際上は不可能に近い。

そこで通常、しばしば行われるのは、設置要項の設計荷重等に基づいた試験条件等による試験的な実験である。このような実験も、実際上の有用性についての確認、部材強度の検討等、概略の傾向を知る上において有意義なものではあるが、その上、上記の多数の因子を変化させた場合について、これらの限られた試験から解析的に拡張できる資料をえられれば一層有意義であると考えられる。

今回の実験も従来我国に行われて来た実物実験と同様の形式をふんでいるが、新たな試みとして、16mmカメラをガードレール衝突箇所上方に配置し、自動車の運動とガードレール変形の時間的変化を撮影し、実物実験の完全な解析に一歩を進めようと考えたのである。

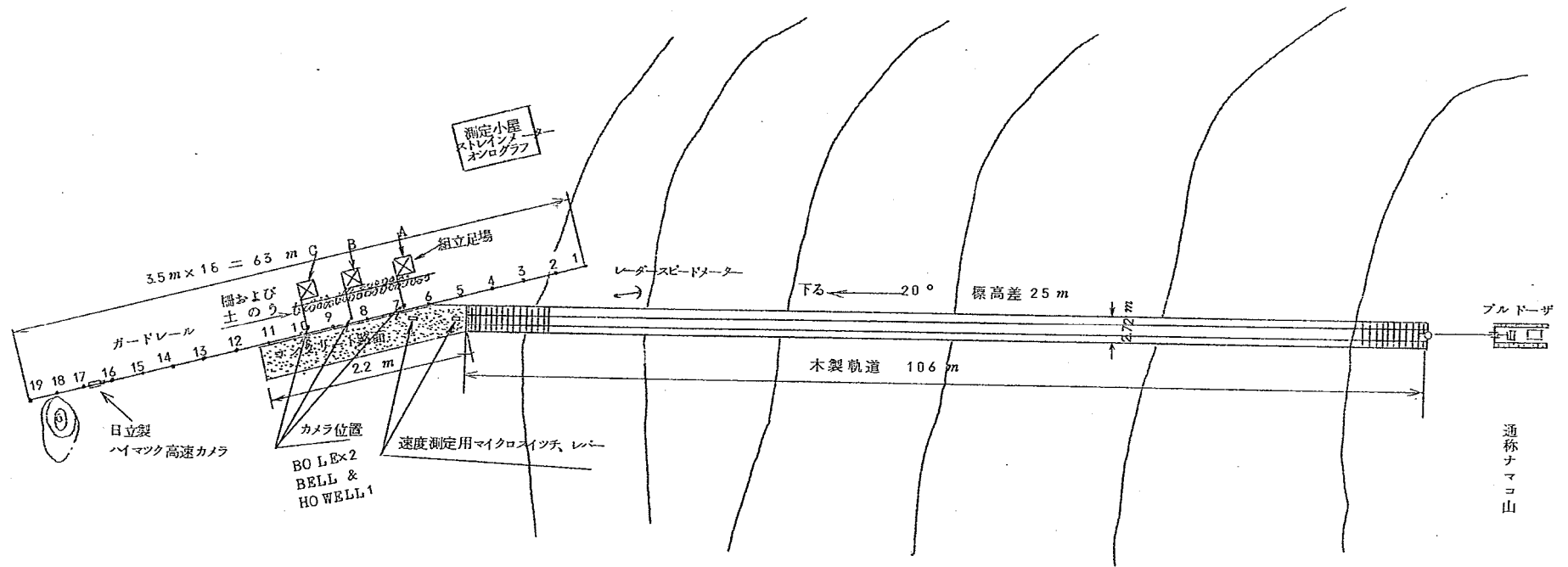
2. 実験計画

2-1 概 要

実験場所在地 静岡県駿東郡小山町須走地区内
東富士演習場内通称ナマコ山

現地は、標高差約25m、傾斜角度約20~25°、斜面長さ100mの滑走斜面をもち、これまでも2、3のガードレール製作会社によって実験に使用された地点である。斜面に木製軌道を敷設し、ブルトラーのウインチとワイヤーで捲き上げた試験用自動車をワイヤーを切りはなせば自然走行させられるようになっている。下端にはコンクリート舗装路面を軌道と、15°の角度に舗設（既存のものを一部補修）し、その外側縁に沿って鋼管製ガードレールを設置した（図-1）。また、供試ガードレールの設計図は図-2の通りである。基本的な構造は、ガードフェンス設置要綱による高速道路用ガードレール支柱に、レールとして、直径48.6mmの鋼管を3本用いたものである。

図 - 1. 実験場配置計画



フエアチャイルト製
高速カメラ

ガードレール実験場配置計画

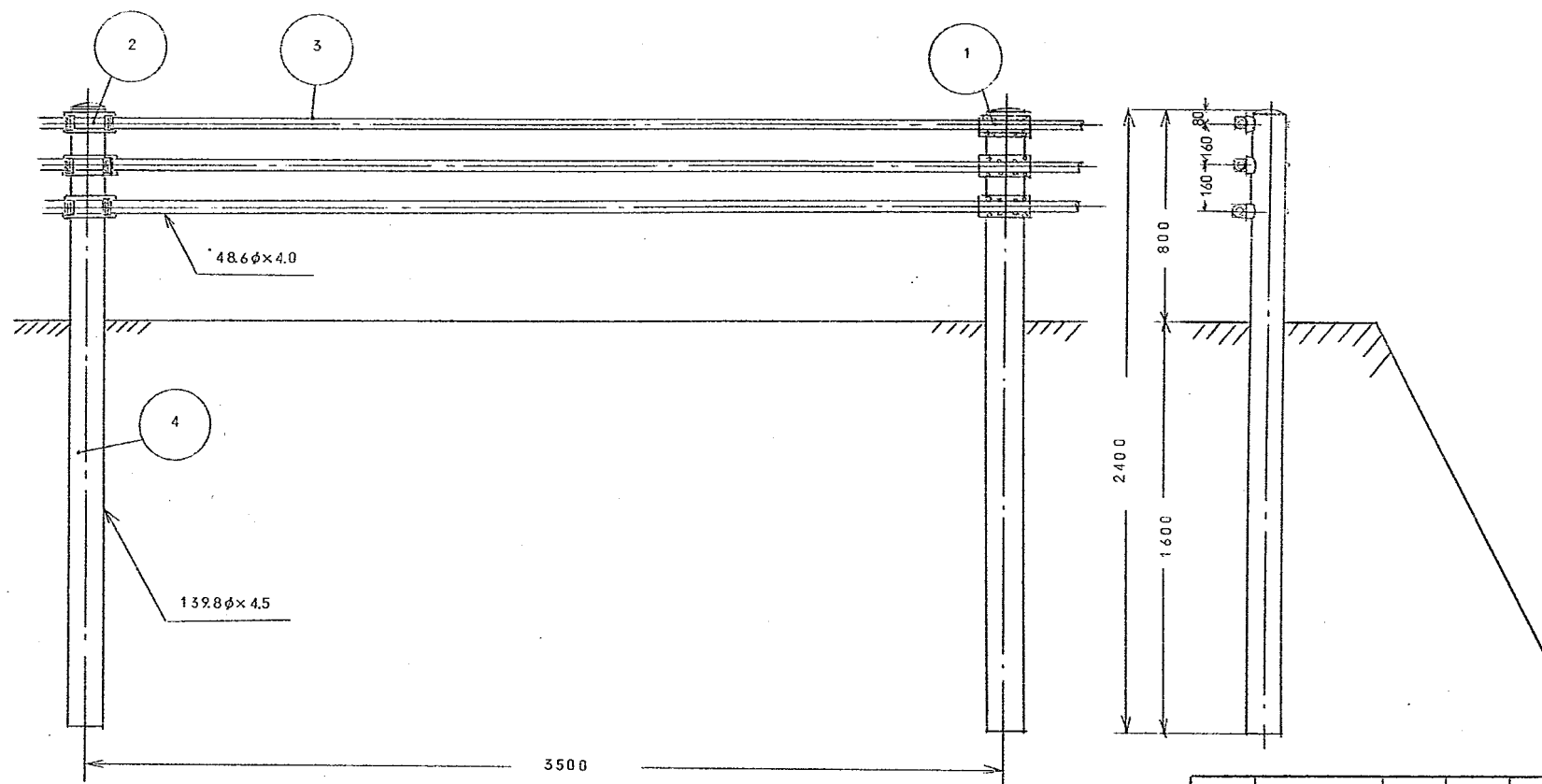
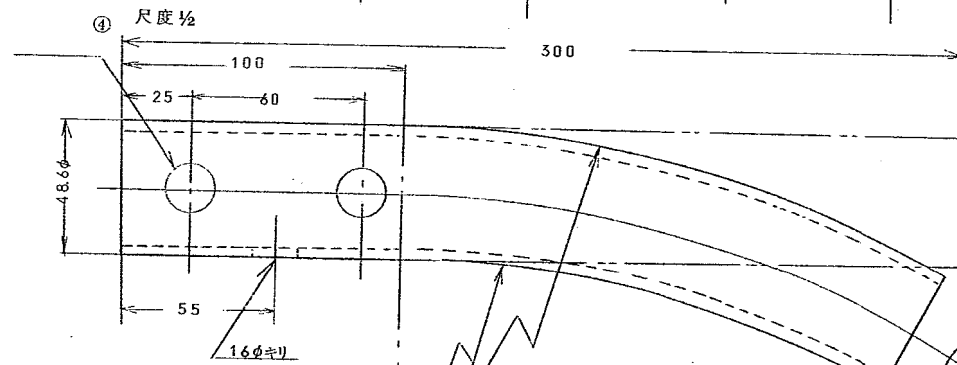
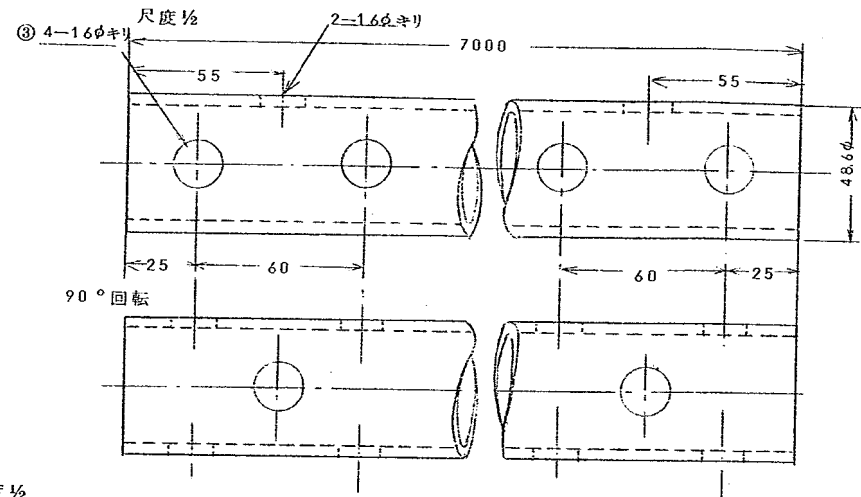
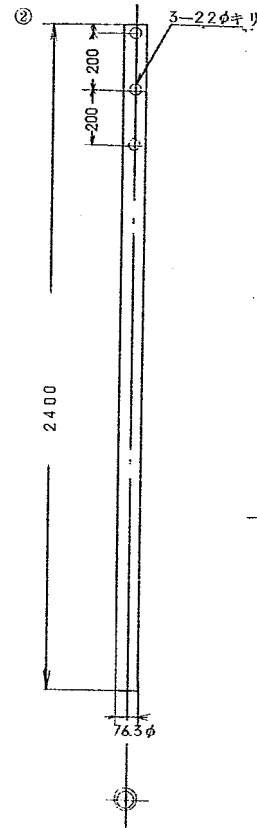
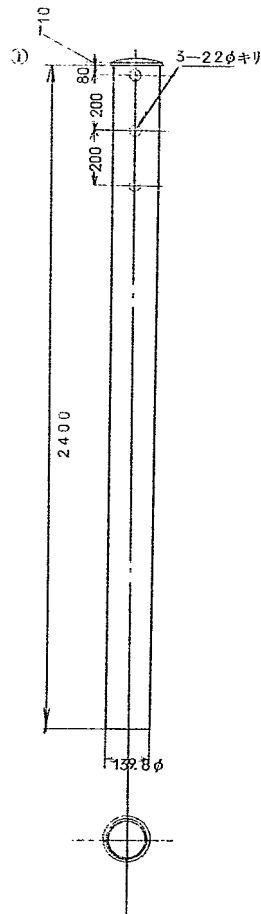


図-2 供試ガードレール設計図

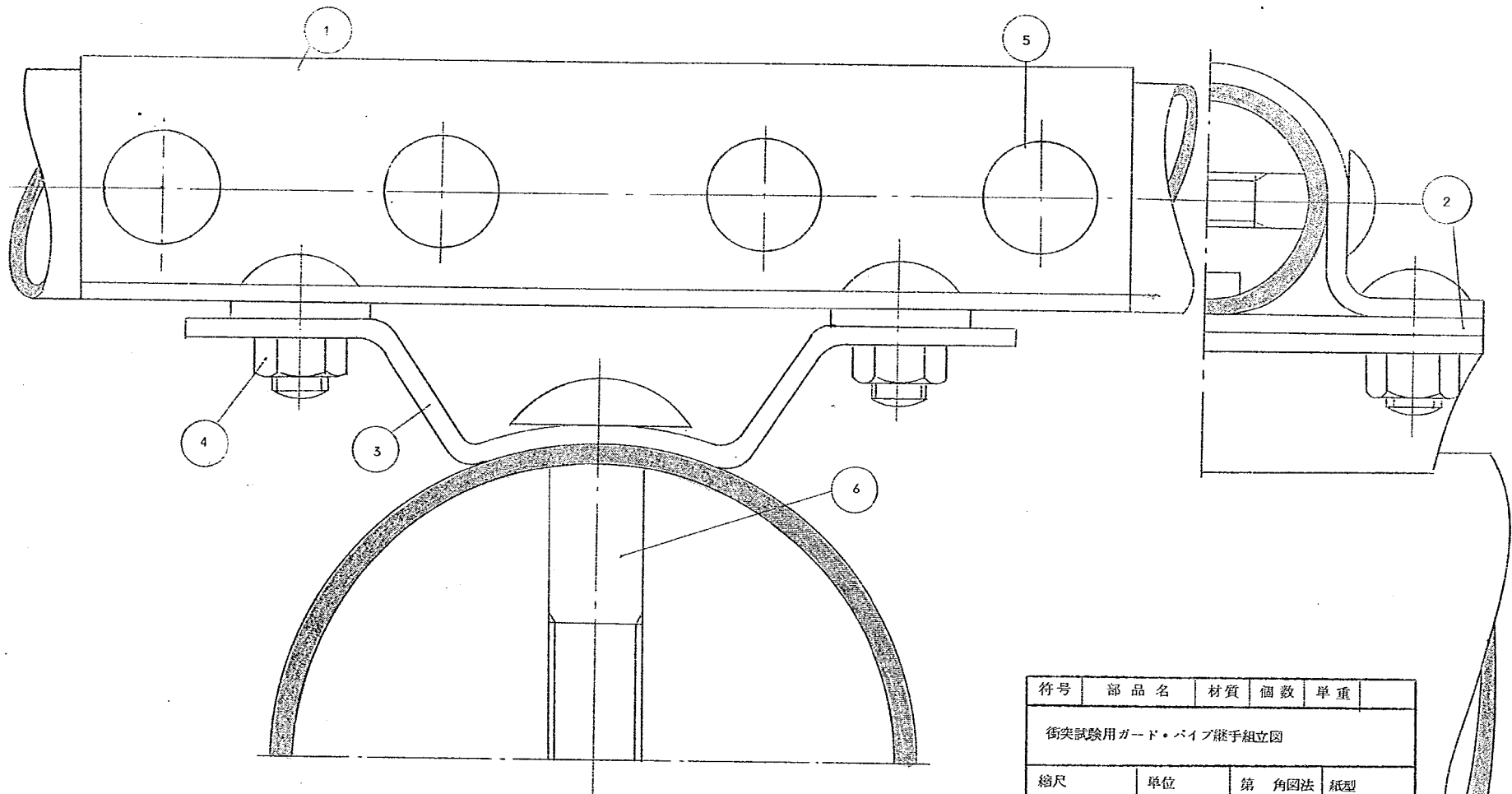
符号	部品名	材質	個数	単重	
衝突試験用ガードパイプ組立図					
縮尺 1/20		単位 mm	第 角図法	紙型	
承認	検 図	設 計	製 図	写 図	
4	支 柱	STK41		図番 5参照	
3	レールパイプ	STK41		図番 5参照	
2	中間継手			図番 8, 9参照	
1	継 手			図番 6, 7参照	
符号	部 品 名	材質	個数	単重	
				八幡鋼管株式会社 技 術 部	
				図面番号 4	



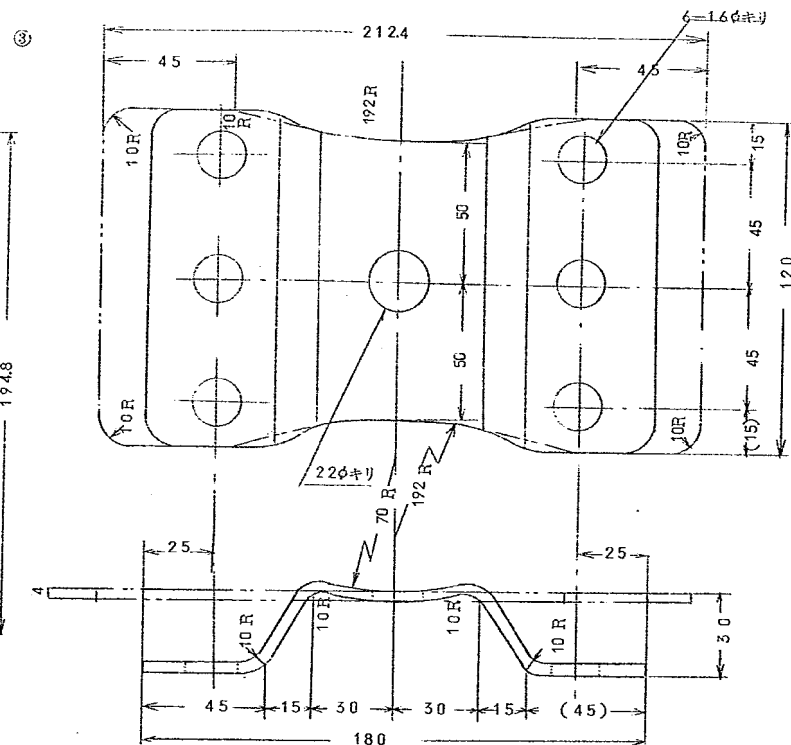
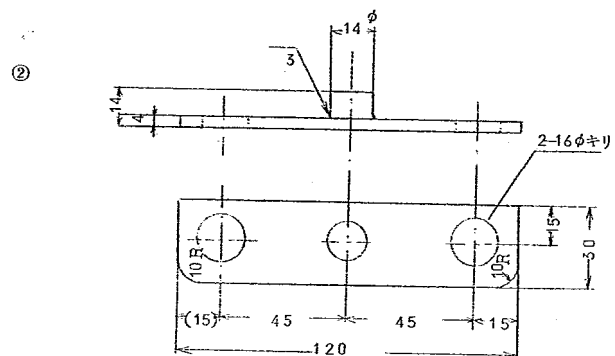
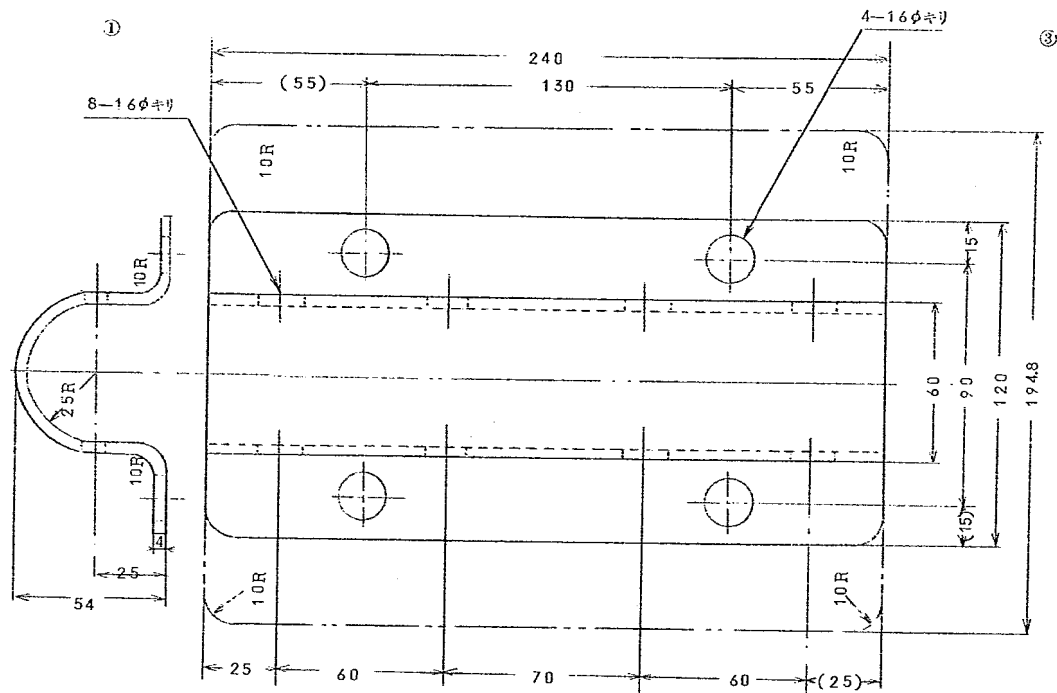
符号	部品名	材質	個数	単重
4	レール・パイプの端部	STK 41	12	
3	レール・パイプ	"	93	
2	支柱	"	15	
1	支柱	"	67	

仕上げはすべて
350R
398.6R

符号	部品名	材質	個数	単重
縮尺 1/20 単位 mm 第 角図法 紙型				
承認	検図	設計	製図	写図
八幡鋼管株式会社 技術部				図面番号 5



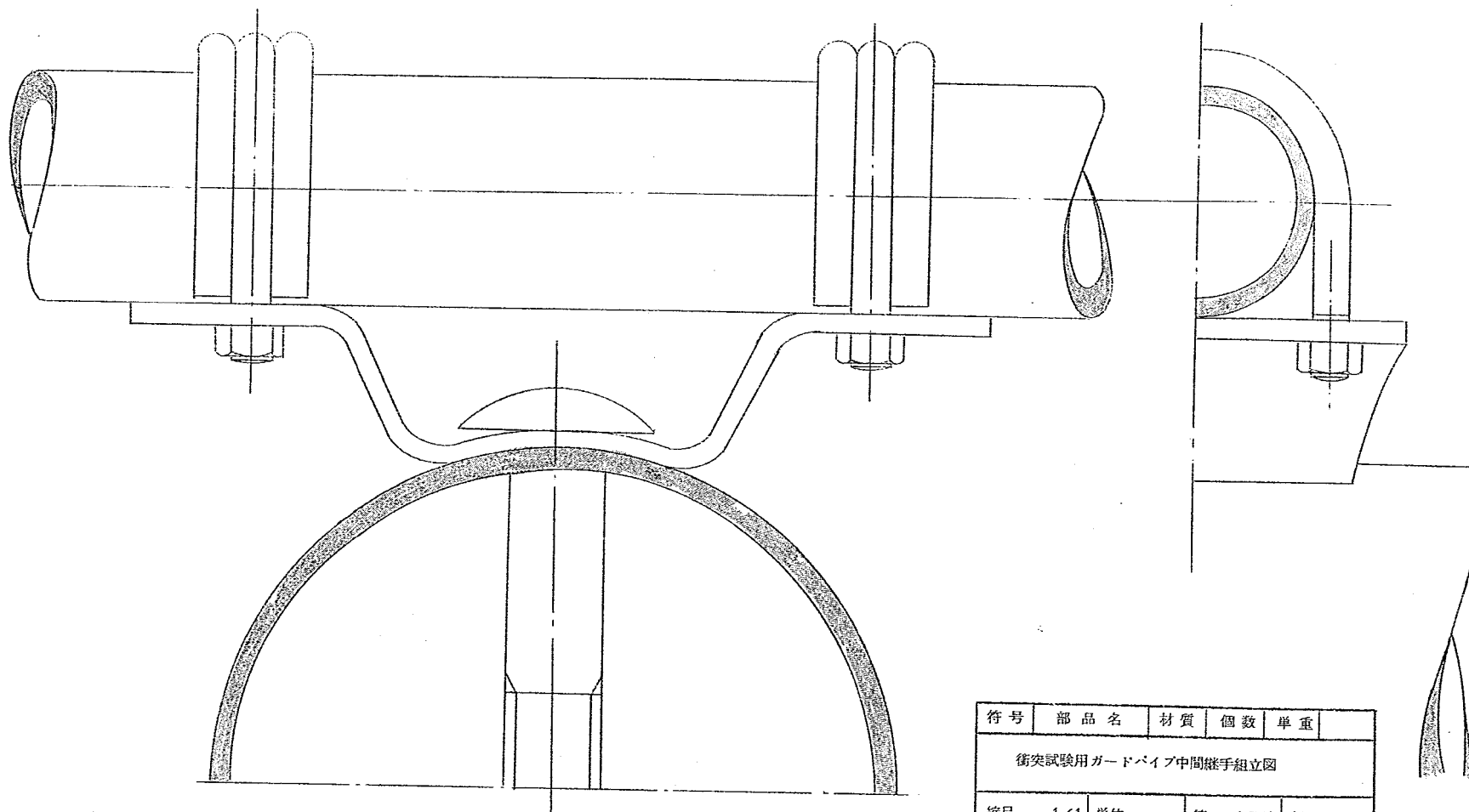
符号	部 品 名	材質	個 数	単 重	
衝突試験用ガード・パイプ継手組立図					
縮尺	単位	第 角図法	紙型		
承 認	検 図	設 計	製 図	写 図	
八 幡 銅 管 株 式 会 社			図面番号		
技 術 部			6		



仕上げはすべて V

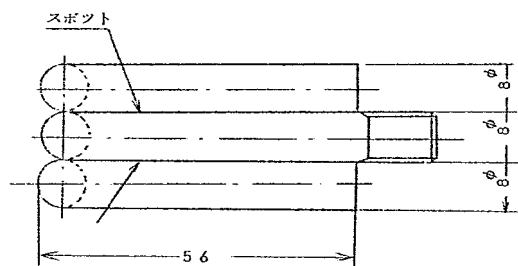
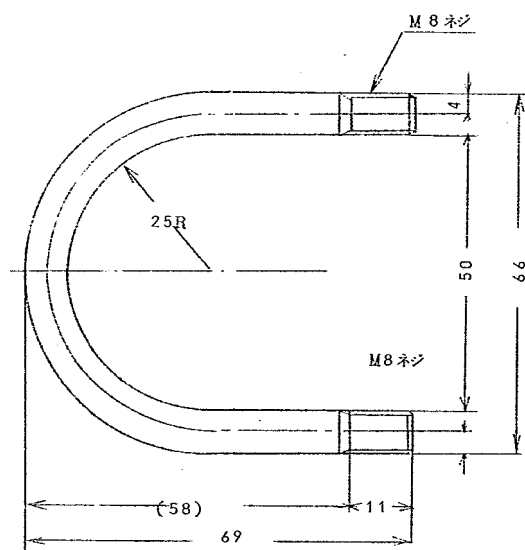
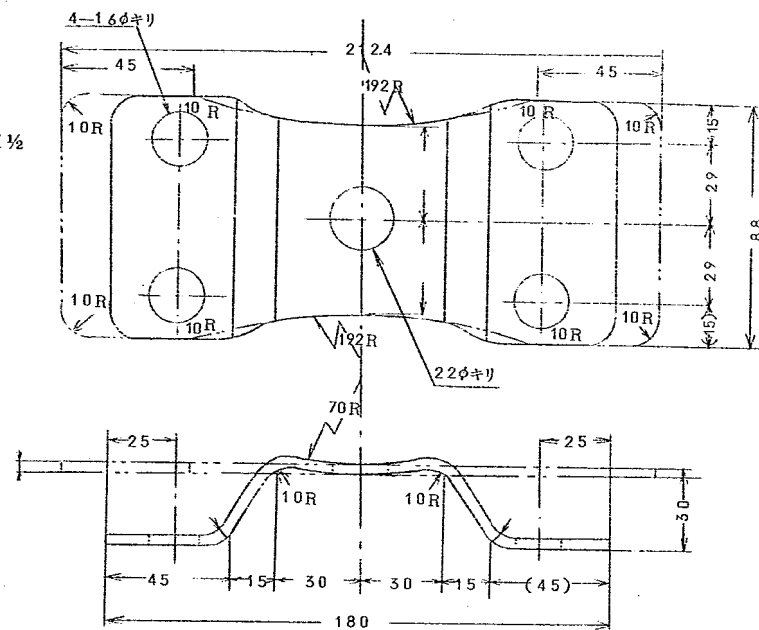
6	ボルトM18×150					
5	ボルトM12×75					
4	ボルトM12×25					
3	スプリングプレート					
2	座金					
1	ソケット					
符号	部品名	材質	個数	単重		

符号	部品名	材質	個数	単重	
衝突試験用ガードパイプ継手組立図					
縮尺		単位		第	角図法 紙型
承認	検図	設計	製図	写図	
八幡鋼管株式会社				図面番号	
技術部				7	



符号	部 品 名	材 質	個 数	単 重				
衝突試験用ガードパイプ中間継手組立図								
縮尺	1/1	単位	mm	第	角図法	紙型		
承 認		検 図	設 計	製 図	写 図			
八 幡 鋼 管 株 式 会 社				図面番号				
技 術 部								
				8				

①

②
尺度 1/2

仕上げはすべて V

3	ボルト M18×150				
2	スプリングプレート				
1	Uボルト				
符号	部品名	材質	個数	単重	
衝突試験用ガードパイプ中間継手部品図					
縮尺	単位	第	角図法	紙型	
承認	検図	設計	製図	写図	
八幡鋼管株式会社 技術部				図面番号	9

2-2 カメラの配置

ガードレール、自動車の動的問題、すなわち変形、変位の時間的変化をとらえるには、映画撮影によるのが最も有力な方法であると考えられる。我国始めての試みであるので、予め色々の方法を検討したが、結局当研究所橋研究室所有のパイプ組立て足場によるやぐらを3基組立て、これから片持ち式にパイプを張出した先端に16mmカメラ3台をとりつけ、ガードレール衝突箇所上方にカメラが位置するようにした(写真-1、2)。4.5mの移動やぐらはしごによってカメラの着脱を行う都合上、カメラの高さは、地上5.5m程度とせざるをえなかった。

この場合、16mmカメラに焦点距離10mmのレンズを装着した場合の視野は、

(m) 撮影距離	視野	高さ (m)	幅 (m)
4.8		3.58	5.00
5.4		4.03	5.60

表-1 16ミリカメラに10mmのレンズをとりつけた場合
の視野と撮影距離の関係

表-1 のようになり、今回の実験の場合、一応の目的は達せられるのではないかと考えられた。カメラとガードレールの位置的関係については、カメラをガードレール鉛直上方に設定し、その方向を鉛直下方に向けた場合、画像と物体の幾何学的関係は最も単純になるが、他方、レールが車体の影になって読取不可能となる怖れがあるので、撮影位置も種々検討し、結局ガードレール前面から90~80cm程度後方とした。撮影結果からすれば、この位置はほぼ適当であったと考えられる。カメラの向き、すなわち主点の位置も問題であり、これを地上からカメラの方向を見て大凡決定するためにトランシットの望遠鏡を用いようとしたが、取扱いが不便で、この用途には不適当であった。

一般に主点(画面の中心点)と鉛直点(カメラの鉛直直下の点)が一致せず、カメラの方向が傾斜している場合、地上物体と画像との幾何学的な関係はかなり複雑である。航空写真測量の場合は、傾角が小であるので近似解法

によっているが、我々の場合は、傾角が大であるので、画面に直接尺度を写しこむ方法を用いた。すなわち、図-3のように10cm毎に白、黒に塗りわけた木製枠をガードレール銅管（通常上のパイプのみとした）の背面に、図-3枠の右端辺を沿わせた状態を実験直前に撮影することとした。

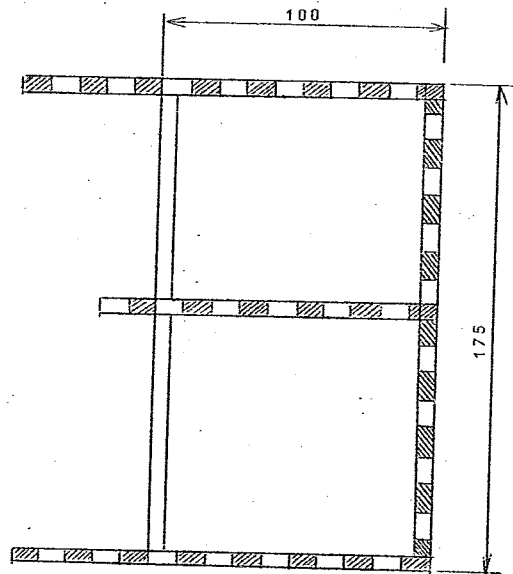


図-3 撮影した尺度

ガードレール上方に設置した3台のカメラは、電磁シャッターにより、地上からリモートコントロールによって起動した。また、日立製高速カメラ16Mをガードレール延長方向に向け支柱移動の時間的变化を、またフエヤチャイルド製高速カメラをガードレール延長方向と直角に向けて設置し、実験車が視野内を横方向に移動する状態を観測できるようにした。

レールパイプには、支柱位置およびスパン $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$ 点に白色ビニールテープで十字マークを附した。（写真-4）。

2-3 その他の器材

実験車の衝突速度を測定するために一般に使用されるマイクロスケッチとレバーによる方法の他、レーダースピードメーターを斜面木製軌道脇に設置した(写真-5)。また、実験車がガードレールに衝突した際に受ける減加速度は、そのときの乗員、自動車のうける損害と関係する重要なファクターであるので、抵抗線歪計方式の10G、5Gの加速度計を実験車座席に、前後、左右の加速度が計測できるようとりつけ、150mのキャブタイヤーコード2本を介して、ストレインメーター、直視式電磁オフシログラフに接続した(写真-6)。その他、応力、変位の測定等の関係器材一覧表を表-2に示した。

表-2 器材一覧表

器 材	測定項目、使用目的	備 考
16mm映画撮影用カメラ		
高速カメラ 日立製 1台	突入速度、角度、衝突後の自動車の運動	カメラの配置は付図7を参照、フィルムはコダックTRIX高速用を主として使用
フェアチャイルド製 1台		
普通カメラ ホレツクス製 2台	ガードレールの変形状況の定量的把握	フェアチャイルド以外はマイクロスイッチ・リレーを使用した回路により自動的に起動するよう計画した。 撮影速度は高速カメラ200~400コマ/sec 普通カメラ64コマ/sec
ペルハウエル製 1台		
計 5台		
レーダ・スピードメータ 三菱製	突入速度の測定	
スイッチ及びオンログラフの組合せ	突入速度の測定	
抵抗線歪測定器 DPM3ATS	2台 3エレメント	
DPM6AT	1台 6エレメント	
"	1台 "	
DM-6E	1台 6エレメント	

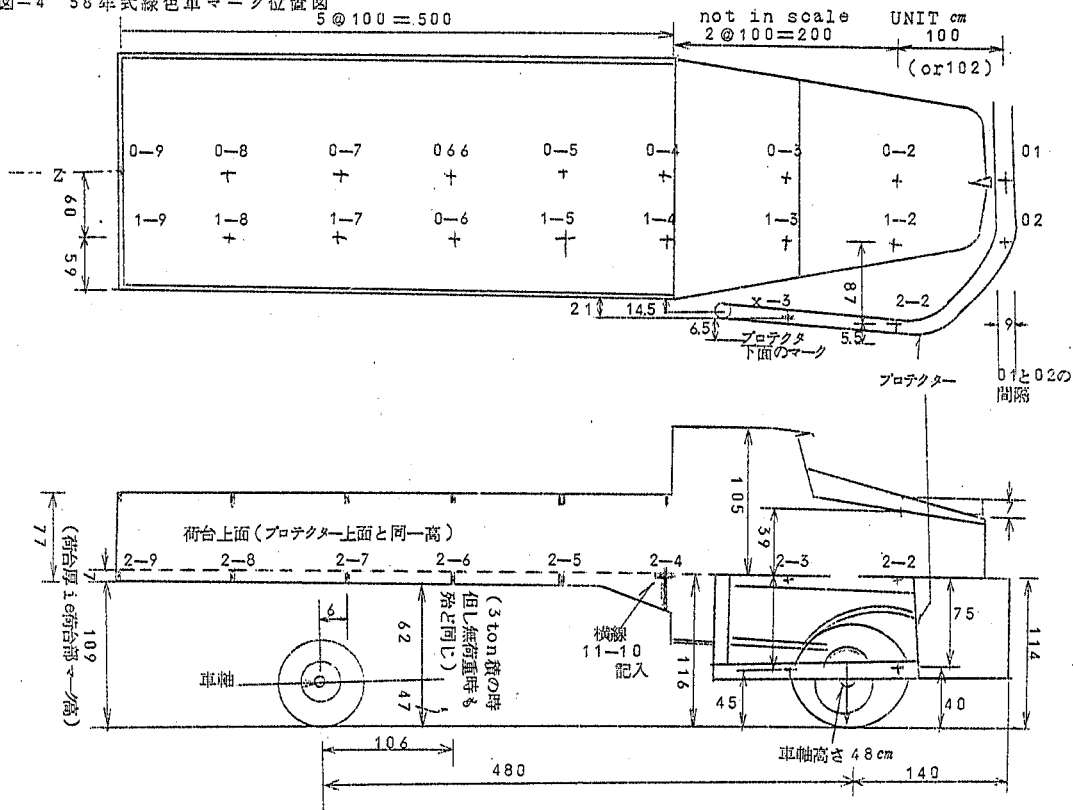
器 材	測定項目、使用目的	備 考
電磁オシログラフ	ラビーコーダー (RMV-0523C) ビシグラフ (FR-201) MA-33A MA-33A	1台 12エレメント 1台 6エレメント 1台 8エレメント 1台 6エレメント
加速度計	試験自動車運転席におけ る減速度の測定、前後方 向および横方向	150mのキャブタイヤ コードにより歪測定装置 に接続
振子式加速度計	路面とタイヤの摩擦係数 測定	使用せず
鉛直軸廻り 測定装置	慣性モーメント 試験車の慣性モーメント の測定	船舶技術研究所
ロードメーター	輪荷重の測定	船舶技術研究所
最大変位計	弾性変形をも含めた最大変 変位の測定	

3 測定結果

3.1 実験用自動車に関する測定及び計算結果

須走における実験に先き立ち、実験用自動車（日野 TH-16 58、60 年式）を三鷹市船舶技術研究所に回送し、計重ならびに鉛直軸廻り慣性モーメントの計測を行った。これらの値は、自動車の衝突時の運動に係する重要な数値であると考えられる。また実験はすべて自動車前部にいわゆるプロテクター（自動車本体の破損を防ぎ、繰返し実験に使用するため）をとりつけて行ったため、設計図から、重量、慣性モーメントを計算し、実験時の実験車のこれら数値を推定した。また荷重積載時の値も計算によって推定した。実験用自動車には、その各所にベイントマークを附した。

図-4 58年式緑色車マーク位置図



計算書-1

自動車諸元、測定値

1. 供試自動車諸元

車種、製造年度

ダンプカー(1958、1960)

製造者

日野ディーゼル(株)

シャシー型式

TH 15

燃料

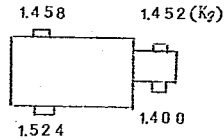
軽油

車両主要寸法	全長	mm	8,200
	全幅	mm	2,470
	全高	mm	2,485
	軸距	mm	4,800
	輪距 前後	mm	1,840
車輛重量と分布	最低地上高さ	mm	255
	車輛重量	Kg	5,472
	重量分布 前後	Kg(%)	2,820
	重量分布 前後	Kg(%)	2,650
	標準積載重量	Kg	7,665
重心	積載時車輛重量	Kg	13,135
	重量分布 前後	Kg(%)	3,945
	重量分布 前後	Kg(%)	9,190
	重心位置 高	mm	740
	重心位置 左右	mm	0
車輪	タイヤ寸法 前後	mm	1020-20×14 p
	空気圧 前後	mm	1020-20×14 p
	空気圧 前後	l f/in ²	90
	空気圧 前後	l f/in ²	90
	空気圧 前後	l f/in ²	90
舵取装置	ハンドル径	mm	500
	歯車比		26 : 1
	ギングビン角		6°
	キャンバ角		1°
	キャスト角		0°
走行性能	トールイン	mm	1 ~ 4
	最高速度	Km/h	74 Kg/h
	最小回転半径	m	8.8 m

自動車に関する測定値（船舶技研にて計測）

2. 重量および重心位置

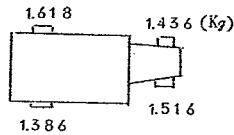
60年式



全重量 5.884 kg

$x_{G \cdot C} = 2.45 \text{ cm}$ (前輪より)

59年式



全重量 5.956 kg

$x_{G \cdot C} = 2.42 \text{ cm}$

3. 鉛直

3. 鉛直軸回り慣性モーメント I_z

船舶技研鉛直軸回り慣性モーメント測定装置使用

$$T = 2 \quad / \quad W \quad I Q + G Q = 0 \quad W^2 = G / I$$

(1) 振動台 no weight のとき

$$W = 4.26 \quad (1/\text{sec})$$

(2) weight (約 400 kg を 350 cm 離しておいたとき)、I weight =

$$I \text{ weight} = 500 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2$$

$$W = 3.52$$

(3) 59年式 $W = 1.99$

(4) 60年式 $W = 1.91$

$$(3.52)^2 = \frac{G}{I_0 + I} \quad (4.26)^2 = I_0$$

$$\text{これより } G = 19.450 \quad I_0 = 1,071 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2$$

$$I_z \text{ 59年式} = 3,860 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2$$

$$I_z \text{ 60年式} = 4,260 \quad \#$$

計算書-2

プロテクター図心位置、計算表

	A	A×2=B	B×7.85=W	距離	モーメント
0.4×80.4	32.16	64.32	347.91	7.00	2,435.37
0.4×63.7	25.48	50.96	400.04	35.00	14,001.40
0.4×81.0	32.40	64.80	508.68	124.50	13,530.66
0.4×44.0	17.60	35.20	276.32	189.50	52,360.64
{ (32.78)×2 }×80.40	5,271.02	10,542.04	82,755.01	11.50	951,682.62
{ " }×81.00	5,310.36	10,620.72	83,372.65	40.00	3,334,906.00
{ " }×81.00	5,310.36	10,620.72	83,372.65	124.50	10,379,894.93
{ " }×86.00	5,638.16	11,276.32	88,512.11	213.10	188,634,223.4
(1806)×112.7	2,035.36	4,070.72	31,955.15	15.00	47,932.725
(")×103.9	1,876.43	3,752.86	29,459.95	54.00	1,590,839.30
(")×100.0	1,806.00	3,612.00	28,354.20	124.50	3,530,097.90
(")×100.0	1,806.00	3,612.00	28,354.20	211.10	5,985,571.62
(")×79.0	1,426.74	2,853.48	22,399.82	6.00	134,398.92
(")×79.0	1,426.74	2,853.48	22,399.82	83.00	1,859,185.06
(55.58)×79.0	4,390.82	8,781.64	68,935.87	256.10	17,654,476.31
(")×101.0	5,613.58	11,227.16	88,133.21	256.10	22,570,915.08
(1806)×90.0	1,625.40	3,250.80	25,518.78	292.00	7,451,483.76
(")×140.0	2,528.40	5,056.80	39,695.88	307.00	12,186,635.16
(")×40.0	722.40	1,444.80	11,341.68	277.00	3,141,645.36
(")×97.0	1,751.82	3,503.64	27,504.36	170.00	4,125,654.00
(")×285.0	5,417.10	10,834.20	85,048.47	158.00	14,288,142.96
(")×128.0	2,311.68	4,623.36	36,293.38	266.00	8,928,171.48
			84,947.14		137,538,778.12
			88295 Kg		

図心位置 M/W M:monet

$$137,538,778.12 \div 884,947.14 = 155.42 \text{ cm}$$

プロテクター先端より 155.42 cm

プロテクターの慣性モーメント計算表

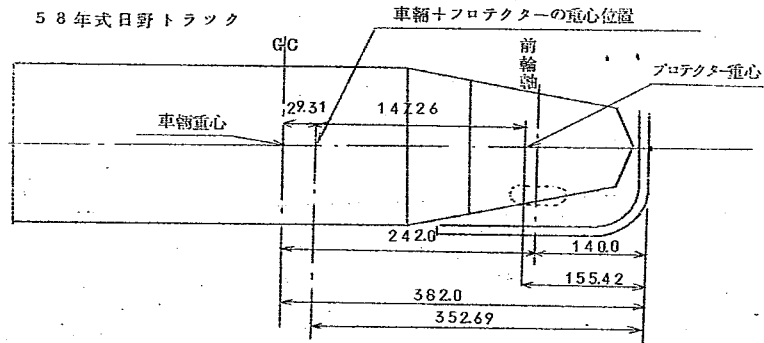
$$Mg = W$$

$$M = \frac{W}{g}$$

距 離	(距 離) ²	W = 重量	慣性モーメント
cm	cm ²	g	
155.0	24,025.0	347.91	8,358,537.75
162.5	26,406.3	400.04	10,563,576.25
150.0	22,500.0	508.68	11,445,300.00
150.0	22,500.0	276.32	6,217,200.00
150.0	22,500.0	82,755.65	1,862,002,125.00
156.0	24,336.0	83,372.65	2,029,200,170.40
145.0	21,025.0	83,372.65	1,752,909,966.25
150.0	22,500.0	88,519.11	1,991,679,975.00
147.0	21,609.0	31,955.15	690,518,836.35
148.0	21,904.0	29,459.15	645,290,744.80
142.0	20,164.0	28,354.20	571,734,088.80
149.0	22,201.0	28,354.20	629,491,594.20
149.0	22,201.0	22,399.82	497,298,403.82
152.0	23,104.0	22,399.82	517,525,441.28
172.0	29,584.0	68,935.87	2,039,398,778.08
137.0	17,424.0	88,133.21	1,535,633,051.08
155.0	24,025.0	25,518.78	613,088,689.50
180.0	32,400.0	11,341.68	367,470,432.00
50.0	2,500.0	27,504.36	68,760,900.00
100.0	10,000.0	85,048.47	850,484,700.00
168.0	28,224.0	36,293.38	1,024,344,357.12
177.0	31,329.0	39,695.88	1,243,632,224.52
			18,967,049,092.16

$$18,967,049.09 \div 9.82 = 1,931,471$$

$$= 1,9315 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2$$



トラック重量：5,956 kg

慣性モーメント：3,860 kg·m·sec²

プロテクター重量：884.95 kg

慣性モーメント：193.15 kg·m·sec²

車体+プロテクターの重心位置計算

$$5,956.00 \text{ kg} \times 382.00 \text{ cm} = 2,275,192.00 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$+) 884.95 \times 155.42 = 137,538.93 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$6,840.95 \text{ kg} \quad \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$2,427,309.3 \text{ kg} \cdot \text{cm} \div 6,840.95 \text{ kg} = 352.69 \text{ cm}$$

重心位置：プロテクター先端より 352.69 cm

車体+プロテクターの慣性モーメント計算 $Mg = W \quad \therefore M = W/g$

$$5,956.00 \div 9.82 = 606.52 \quad \text{距離}(0.29\text{m})^2 = 0.08 \text{ m}^2$$

$$884.95 \div 9.82 = 90.12 \quad \text{距離}(1.47\text{m})^2 = 2.16 \text{ m}^2$$

$$I = I_G + M h^2$$

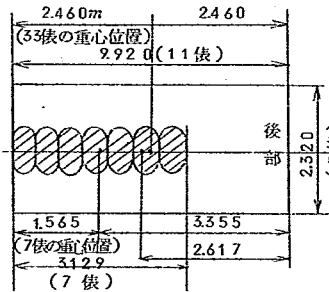
$$I_1 = 3,860 + 606.52 \times 0.08 = 3,860.00 + 48.52 = 3,908.52$$

$$+) I_2 = 193.15 + 90.12 \times 2.16 = 193.15 + 194.66 = 387.81$$

$$I = 4,296.33$$

$$\text{慣性モーメント } 4,296.33 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2$$

積荷 3 t における車輛慣性モーメント



依の重量 = 7.5 Kg

依の巾 = 0.447 m

$0.447 \times 7 = 3.129 \text{ m}$

$7.5 \text{ Kg} \times 7 = 52.5 \text{ Kg}$

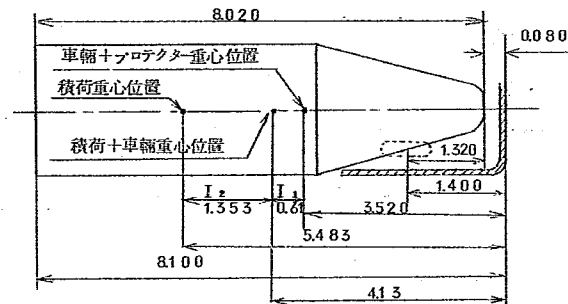
$7.5 \text{ Kg} \times 33 = 247.5 \text{ Kg} \quad (+)$

3,000.0 Kg

重量(Kg)	距離	モーメント(Kg・m)
2475.0	2460	6,088.500
525.0	3355	1,761.375
3,000.0		7,849.875

重心位置 (荷台後部より)

$7,849.875 \div 3,000.0 = 2.617 \text{ m}$



重心位置計算

$6,840.95 \times 3.520 = 24,128.03$

$40,677.03 \div 9,840.95 = 4.13 \text{ m}$

$+ 3,000.00 \times 5.483 = 16,449.00$

9,840.95

40,677.03 Kg・m

積荷 3 t に於ける慣性モーメント計算

$$Mg = W \quad \therefore M = W/g$$

$$6840.95 \div 9.82 = 696.63$$

$$\text{距離 } (0.61)^2 = 0.3721 \, m^2$$

$$3000.00 \div 9.82 = 304.89$$

$$(1.353)^2 = 1.8308 \, m^2$$

$$I = I_G + Mr^2$$

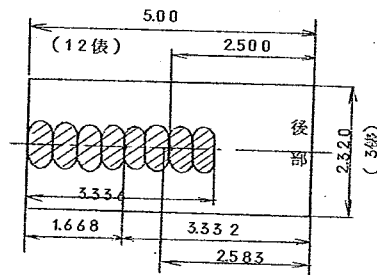
$$I_1 = 4296.33 \, \text{kg} \cdot m \cdot \text{sec}^2 + 696.63 \times 0.37 = 4263.33 + 257.75 = 4521.08$$

$$+) I_2 = \quad 304.89 \quad \times \quad 1.83 \quad = \quad 557.95$$

$$= 5112.03$$

$$\text{慣性モーメント } 5,112.03 \, \text{kg} \cdot m \cdot \text{sec}^2$$

積荷 6 t に於ける車輛慣性モーメント



$$\text{俵の重量} = 75 \, \text{kg}$$

$$\text{俵の巾} = 5.00 \div 12 = 0.417 \, m$$

$$0.417 \, m \times 8 = 3.336 \, m$$

$$12 \times 3 \times 2 = 72 \, \text{俵}$$

$$72 \times 75 \, \text{kg} = 5,400 \, \text{kg}$$

$$8 \times 75 \, \text{kg} = 600 \, \text{kg} \quad (+)$$

$$6,000 \, \text{kg}$$

重量 (kg)	距離 (m)	モーメント (kg·m)
5,400.0	2.500	13,500.00
600.0	3.332	1,999.20
6,000.0		15,499.20

重心位置 (荷台後部より)

$$15,499.20 \div 6,000.0 = 2.583 \, m$$

重心位置計算

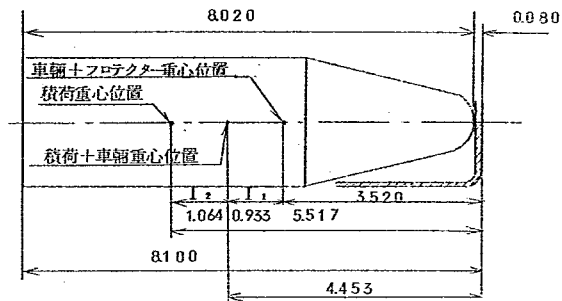
$$6840.95 \times 3.520 = 24,080.10$$

$$6000.00 \times 5.517 = 33,102.00 \quad (+)$$

$$12840.95$$

$$57,182.10 \, \text{kg} \cdot m$$

$$\therefore 57,182.10 \div 12840.95 = 4.453 \, m$$



積荷 6 t に於ける 慣性モーメント計算

$$Mg = W \quad \therefore M = W/g$$

$$6840.95 \div 9.82 = 696.63 \quad \text{距離} (0.933)^2 = 0.8649 \, m^2$$

$$6000.00 \div 9.82 = 611.00 \quad (1.064)^2 = 1.1236 \, m^2$$

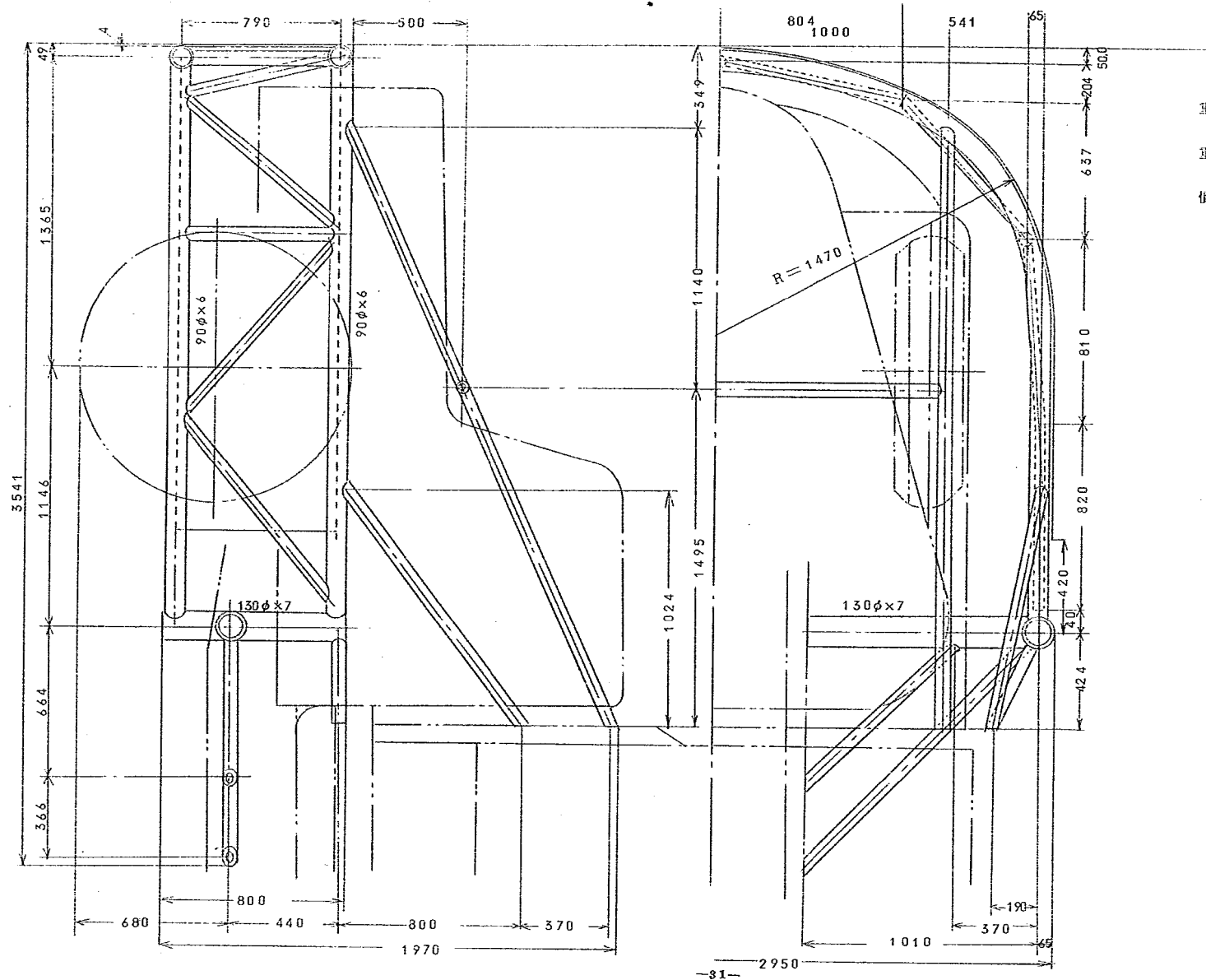
$$I = IG + Mh^2$$

$$I_1 = 429.633 + 696.63 \times 0.87 = 429.633 + 606.07 = 4902.40$$

$$+ I_2 = \underline{\hspace{10em}} = 684.32$$

$$= 5586.72$$

$$\underline{\text{慣性モーメント } 5586.72 \, \text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2}$$



重量: 884.95 kg

重心: 先耐より 155.42 cm

慣性モーメント:

3.2 実験条件、速度等の測定結果

衝突予定角度は木製軌道とガードレールのなす角度にひとしく、全実験を通じて 15° の一定角度である。

その他、積載重量、車両全重量、衝突速度等の測定値は表-3の通りである。

表-3 実験条件、速度の測定結果

実施日付	実験番号	積荷重量	車両全重量	マイクロスケッチレコー による車両速度(K_m)	レーダーによる 車輛速度(K_m)
11月 6日	1	0	684	38.5	35
11月 7日	2	0	684	43.3	45
11月 8日	3	0	684	62.5	欠測
11月 9日	4	3 ton ($\frac{75}{40}$ 砂袋)	984	36.3	38
11月10日	5	6 ton ($\frac{75}{80}$ 砂袋)	1284	43.9	45
11月16日	6	1.5 ton	834	50	—

3.3 ガードレール上方に設置したカメラの撮影条件、撮影結果

撮影条件等を表-4に示す。撮影に成功したのは、実験62以降であって、実験62～65のフィルムをナックモーションアナライザーを使用して、木製枠の尺度とパイプレールの偏位の画面の座標を読みとった。カメラの撮影範囲を表-5に、尺度の写しこみ位置とカメラとガードレールの相対的關係を図-5に示す。尺度計もとり時と偏位読みとり時の間に、座標原点の移動回転を生じたので、両データの付き合せには、座標変換の必要を来した。

尺度データの読みとり例、ガードレール変位の読みとり例として実験番号64の結果を表-6、表-7に示す。

尺度表はガードレールに直角方向の尺度の10cm毎の値を、ガードレールの変位の読みとりは、4コマ毎すなわち1/16秒毎とした。

これは、電子計算機によって計算を行いが、一部大体の傾向を知るため、

表-4 ガードレール上方カメラの撮影条件

受験 第号	天 候	衝 突 時 刻	A ボ レ ッ ク ス			B ボ レ ッ ク ス			G ベ ル ハ ウ エ ル		
			撮影速度はすべて毎秒64コマ、レンズはすべてF10(広角)								
1	雨	午後3時	リモートコントロール起動せず不成功								
2	晴	午後3時	EXP 1/640	F	ASA 320	EXP 1/320	F	ASA 320	EXP	F	ASA 200
3	くもり	午後1時30分	1/640	4	320	1/320	8	320		5.6	200
4	くもり	午後12時15分	1/640	8	320	1/320	5.6	320	1/113	11	200
5		午後12時00分	1/640	5.6	320	1/320	8	320	1/113	8	200
6(公開)	晴										

座標変換をせず概略値を手計算によって求めた。

各測点番号毎に、変位と時間の関係を表したものが図-8である。これらの測点毎の結果を、同一時刻についてまとめ、ガードレール変形の時間的進行をわかりやすく表現したものが図-9である。

表-5 カメラに写っている範囲

Post P 5	実験は レーン ポスト	2		3		4		5	
		枠	実験	枠	実験	枠	実験	枠	実験
P 6	{	3/4'	A	Ⓐ	Ⓐ		A		Ⓐ
		6'	A		Ⓐ		A		Ⓐ
		6	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ	A	A	Ⓐ
		1/4	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ	A	A	Ⓐ
	1/2 {	1/2'	Ⓐ		Ⓐ		A		Ⓐ
		1/2	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ	A	A	Ⓐ
P 7	{	3/4'	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ		A		Ⓐ
		7'	Ⓐ		Ⓐ		A		Ⓐ
		7	B	Ⓐ	Ⓐ	A	A	A	Ⓐ
		1/4	B		Ⓑ	B	B	A, B	Ⓑ
	1/2 {	1/2'	Ⓑ		Ⓑ		B		Ⓑ
		1/2	Ⓑ		Ⓑ	B	B	B	Ⓑ
P 8	{	3/4'	Ⓑ		Ⓑ	B	B	B	Ⓑ
		8'	Ⓑ		Ⓑ	B	B	B	Ⓑ
		8	Ⓑ		Ⓑ	B	B	B	Ⓑ
		1/4	Ⓑ		Ⓑ	B	B	B	Ⓑ
	1/2 {	1/2'			Ⓑ				Ⓑ
		1/2							
P 9	{	3/4							
		9'							Ⓒ
		9	Ⓒ						Ⓒ
		1/4	Ⓒ		C	C	C	C	C
	1/2 {	1/2'	Ⓒ		C		C		C
		1/2	Ⓒ		C	C	C	C	C
P 10	{	3/4'	Ⓒ		C	C	C	C	C
		10'	Ⓒ		C		C		C
		10	Ⓒ		C		C		C
		1/4	Ⓒ		C		C		C
原 点		2	3	4	5	6			
カ メ ラ									
A		O. K.	O. K.	O. K.	O. K.	O. K.			
B									
C									

A : B, C.....カメラ名 ○付 中レーンの枠あり

表-6 尺度の表、実験番号4の例

A - 4 (I)											X		Y		
原点											P 6	7 4.9 2	4 2.1 4		
											P 7	7 4.3 5	1 5 0.1 5		
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
6001(P6)															
上レール															
X	7501	7214	6881	6603	6272	5997	5649	5335	5034	4712	4378	4054	3677	3373	3039-1400
X 差	287	333	278	331	275	348	314	301	322	324	334	377	304	334	
Y	4018	4011	4009	4016	4016	4021	3918	3921	3900	3845	3876	3840	3820	3791	3759-1400
Y 差															
6000(P6)															
上レール															
X	7490	7217	6916	6600	6278	5960	5645	5332	5003	4632	4352	4039	3675	3358	3014-1400
X 差	271	301	316	322	318	315	313	329	311	340	313	364	357	344	
Y	4672	4672	4672	4662	4630	4609	4580	4555	4528	4488	4450	4425	4388	4388	4364-1400
Y 差															
6250(P67¼)															
上レール															
X	7500	7198	6847	6565	6228	5927	5616	5316	4952	4662	4304	4005	3670	- 1200	
X 差	302	351	282	337	301	311	300	364	290	358	299	335			
Y	7405	7395	7387	7391	7336	7345	7319	7305	7285	7281	7261	7261	7215	- 1200	
Y 差															
6500(P67½)															
上レール															
X	7497	7170	6835	6554	6260	5895	5580	5277	4927	4655	4284	4001	3659	3351	3003-1400
X 差	327	335	281	344	315	315	303	340	282	371	283	342	308	378	
Y	10113	10113	10113	10113	10091	10091	10075	10068	10068	10068	10039	10039	10039	0007	10007-1400
Y 差															
6501(P67½)															
上レール															
X	7359	7082	6780	6485	6150	5894	5565	5215	4956	4647	4300	4000	3684	3384	3010-1400
X 差	277	302	295	335	256	329	280	329	309	347	316	300	300	374	
Y	9385	9385	9385	9385	9385	9385	9384	9384	9384	9384	9374	9380	9671	9370	9370-1400
Y 差															
6751(P67¼)															
上レール															
X	7350	7094	6790	6503	6207	5890	5590	5314	4905	4685	4330	4054	3712	- 1200	
X 差	256	304	287	296	317	300	276	309	320	355	276	342			
Y	11952	11955	11961	11970	11990	11995	12001	12002	12020	12049	12050	12054	12068	- 1200	
Y 差															
7001(P7)															
上レール															
X	7385	7135	6830	6536	6216	5930	0	0	4015	4716	4350	4090	3705	- 1200	
X 差	250	305	300	314	286				299	316	260	385			
Y	14465	14486	14480	14497	14536	14589	0	0	14675	14675	14681	14757	14763	- 1200	
Y 差															
7000(P7)															
上レール															
X	7472	7235	6890	6650	6256	5945	5654	5321	5015	4714	4400	4104	3716	3415	- 1300
X 差	237	345	290	344	311	291	333	306	301	314	296	388	301		
Y	15234	15235	15235	15252	15285	15310	15320	15369	15394	15415	15439	15467	15479	15506	- 1300
Y 差															

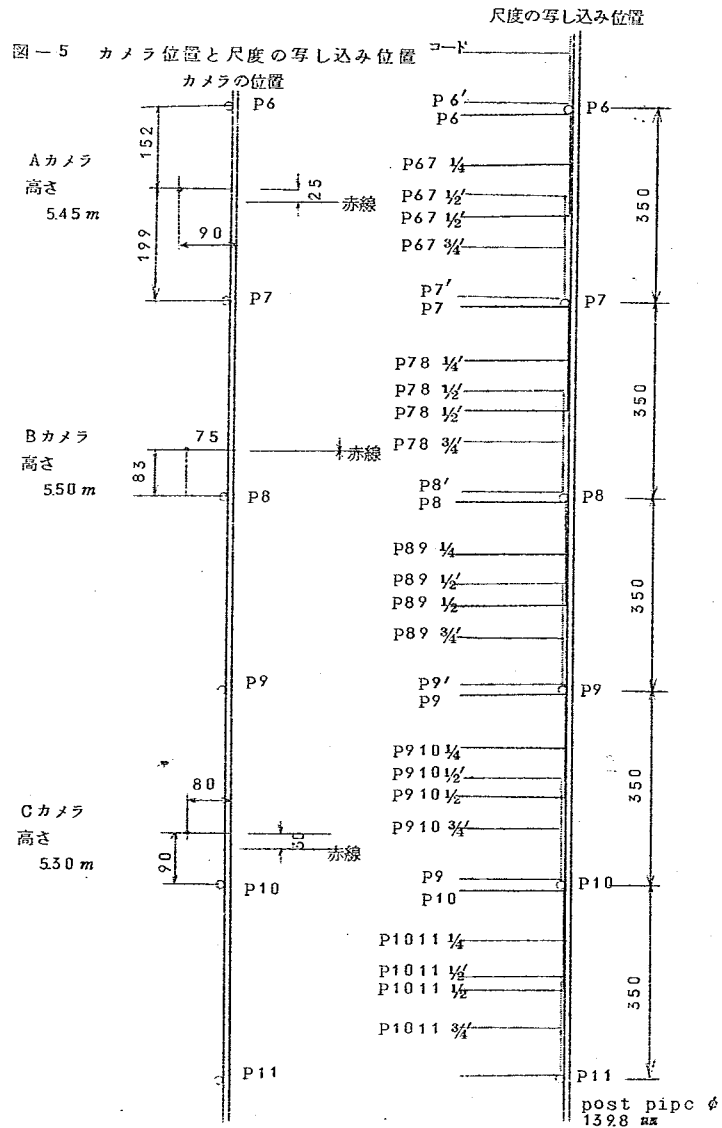


表-7 レールの変位読みとり結果、実験番号4の例

A-4 (1)

原点 P 7 X Y
73.61 154.95

	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
5750 P56 3/4 X	81.62	80.22	79.20	79.15	78.78	77.48	0	0	0	54.59	54.03	54.73	55.15	55.76	56.95
Y	22.90	22.45	24.51	24.89	25.15	22.48	0	0	0	21.32	21.85	22.70	23.38	23.59	23.56
中レール X															
Y															
下レール X															
Y															
6000 P60 X	80.81	79.92	79.72	79.30	79.30	78.95	73.04	61.55	51.20	48.26	46.78	46.95	47.95	48.68	50.17
上レール Y	48.70	48.84	48.77	48.65	48.74	48.80	47.92	47.88	47.85	47.82	48.00	48.37	49.10	49.57	49.65
中レール X															
Y															
下レール X															
Y															
6250 P67 1/4 X	78.93	77.92	77.45	77.22	77.23	78.18	73.84	66.05	53.62	46.39	41.35	41.08	41.31	43.28	44.45
上レール Y	74.94	74.85	75.35	75.78	75.90	74.99	74.45	75.08	74.53	74.58	74.44	74.88	75.55	75.78	75.75
中レール X															
Y															

A - 4 (2)

	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116
P56 $\frac{3}{4}$ X	56.55	56.58	56.58	56.84	56.60	56.67	56.67	56.78	56.78	56.85	56.54	56.83	56.59	0	56.70
上レールY	23.62	23.88	23.27	0	0	23.05	23.05	22.86	22.86	22.27	22.72	23.27	22.84	0	23.11
中レールX Y															
下レールX Y															
P6 X	49.35	49.86	49.73	50.35	49.61	49.75	49.71	50.08	49.15	49.90	49.45	49.68	49.60	49.31	49.56
上レールY	49.35	49.41	49.60	49.68	49.39	49.43	49.37	48.40	48.81	48.35	49.31	49.38	49.95	49.60	49.24
中レールX Y															
下レールX Y															
P67 $\frac{1}{4}$ X	44.02	44.66	44.57	44.65	44.10	44.15	44.20	44.25	44.28	44.25	44.08	43.82	44.09	0	43.97
上レールY	75.78	75.73	75.95	76.25	75.74	75.36	75.02	75.07	75.15	74.71	75.09	75.35	75.10	0	75.00
中レールX Y															

[illegible]

A - 4 (1)

	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
下レールX Y	77.92														
P67 $\frac{1}{2}$ X	77.92	77.01	76.60	76.28	76.22	77.42	74.89	69.64	59.02	51.31	43.37	37.87	36.39	38.68	38.73
上レールY	101.65	101.45	101.47	101.60	101.38	101.42	101.55	100.35	101.45	101.61	0	0	102.46	102.45	102.45
中レールX Y															
下レールX Y															
P67 $\frac{3}{4}$ X	76.73	75.60	75.40	75.38	75.10	76.10	74.85	72.28	64.55	57.09	49.44	43.09	37.04	36.17	35.22
上レールY	128.05	127.62	127.74	127.76	126.45	127.42	127.35	126.11	127.42	127.75	128.06	0	0	129.05	129.10
中レールX Y															
下レールX Y															
P7 X	76.04	75.04	75.25	74.90	74.91	75.39	75.28	74.58	70.77	64.05	57.65	52.13	46.61	0	37.02
上レールY	153.71	153.75	154.15	154.30	154.51	154.14	153.15	153.78	153.40	154.16	154.02	154.33	154.72	0	155.78

A - 4 (2)

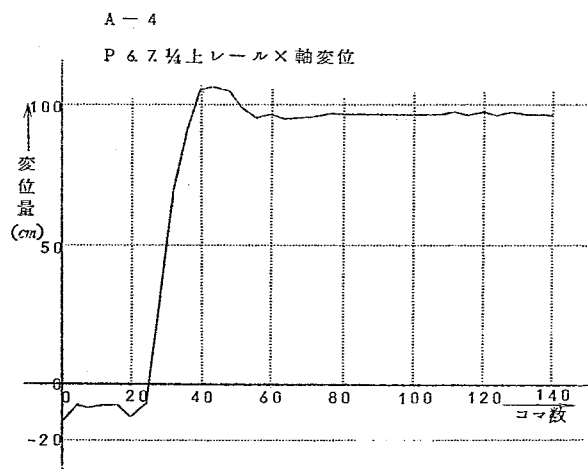
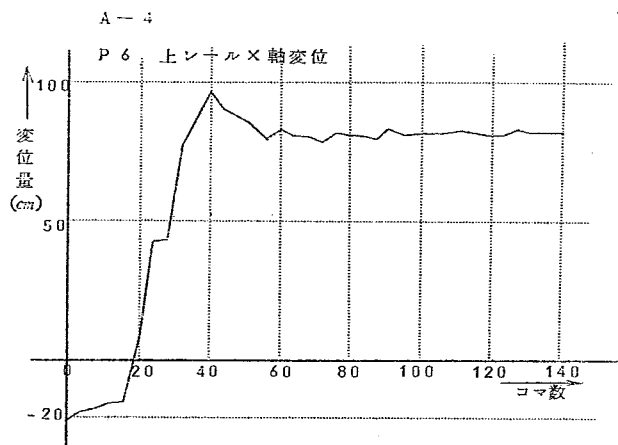
	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116
下レールX															
Y															
P67½ X	39.46	40.18	40.11	40.68	39.88	39.77	39.82	40.35	39.74	39.67	39.35	39.59	42.00	0	39.84
上レールY	102.29	102.18	102.39	102.40	102.24	101.85	101.82	101.75	101.30	100.89	101.18	101.31	0	0	101.15
中レールX															
Y															
下レールX															
Y															
P67¼ X	36.10	36.94	37.34	37.53	37.30	37.05	37.42	37.50	37.35	37.53	37.45	37.65	0	0	37.35
上レールY	128.90	128.72	128.89	128.85	128.74	127.97	128.60	128.10	128.12	127.57	127.89	127.77	0	0	128.00
中レールX															
Y															
下レールX															
Y															
P7 X	38.13	38.71	38.45	38.45	38.64	38.64	39.38	39.38	39.74	39.81	39.82	40.08	0	39.53	39.85
上レールY	156.15	155.57	156.08	156.08	155.22	155.22	155.32	155.32	155.15	154.85	155.12	154.25	0	155.14	155.18

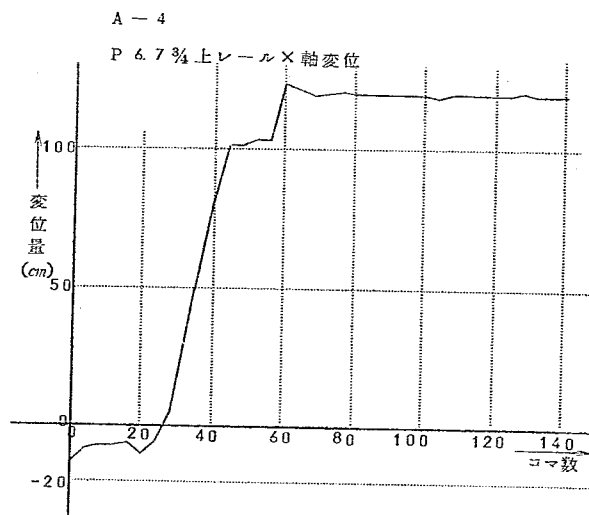
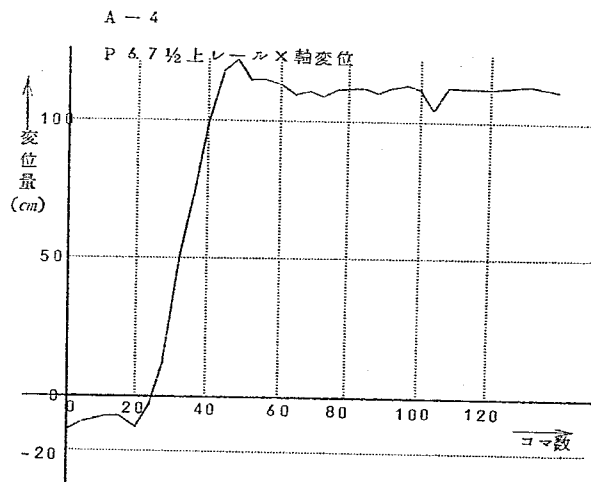
A - 4 (3)

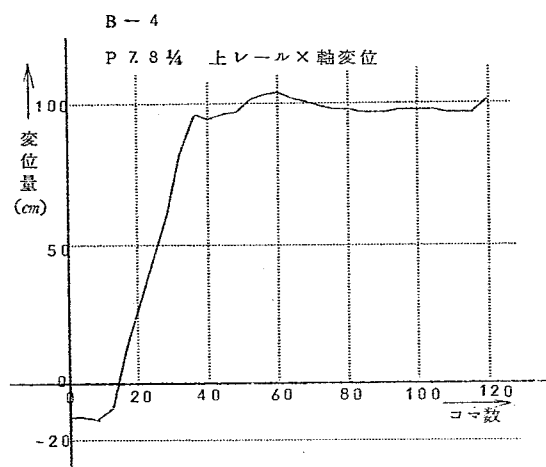
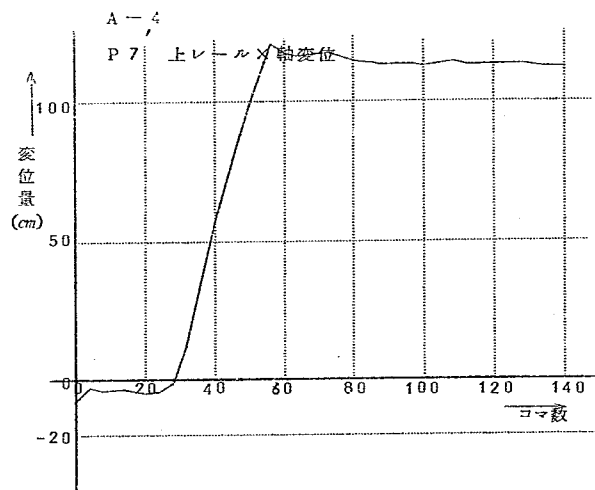
	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176
下レールX Y															
P 67 1/2 X	39.58	39.78	39.33	39.50	39.59	40.00	-140.0								
上レールY	101.45	101.27	101.41	101.30	101.12	101.06	-140.0								
中レールX Y															
下レールX Y															
P 67 3/4 X	37.30	37.20	37.12	37.35	37.32	37.45	-140.0								
上レールY	127.87	128.00	128.04	127.60	127.69	127.68	-140.0								
中レールX Y															
下レールX Y															
P 7 X	39.84	39.72	39.83	40.20	40.20	40.20	-140.0								
上レールY	155.03	154.93	154.85	154.93	154.93	154.93	-140.0								

A - 4 (1)

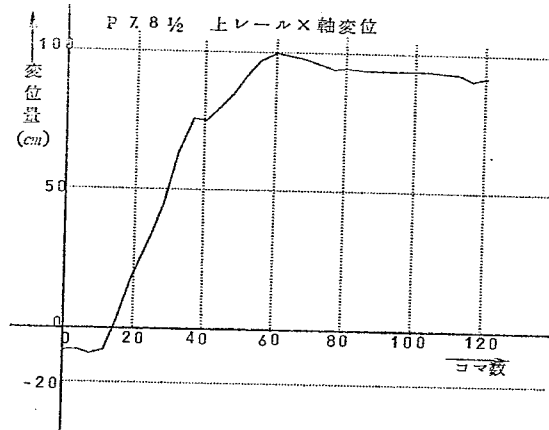
	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
中レールX Y															
下レールX Y															
A - 4 (2)															
0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	
中レールX Y															
下レールX Y															
A - 4 (3)															
120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	
中レールX Y															
下レールX Y															



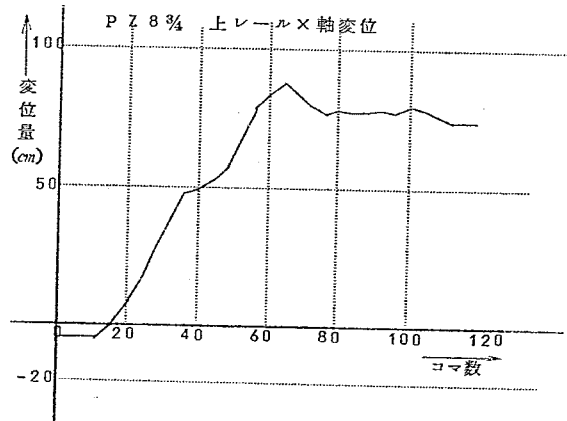




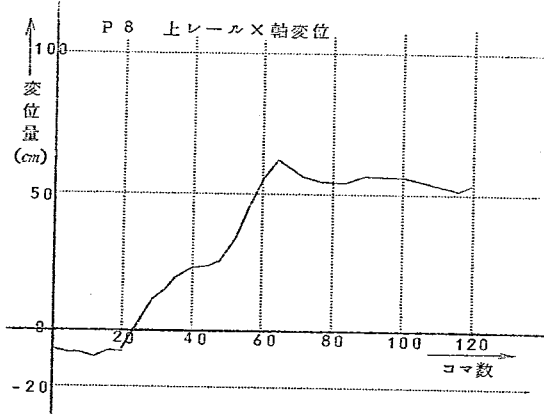
B-4



B-4



B-4



B-4

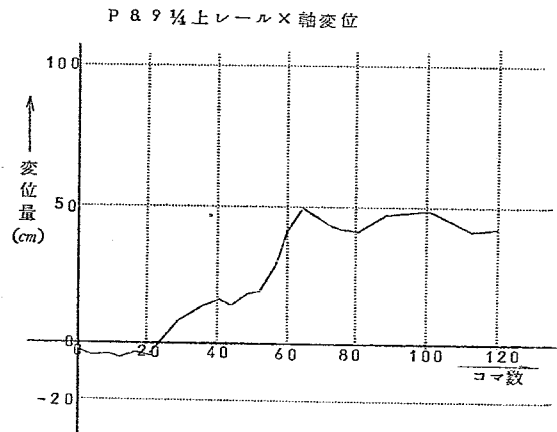
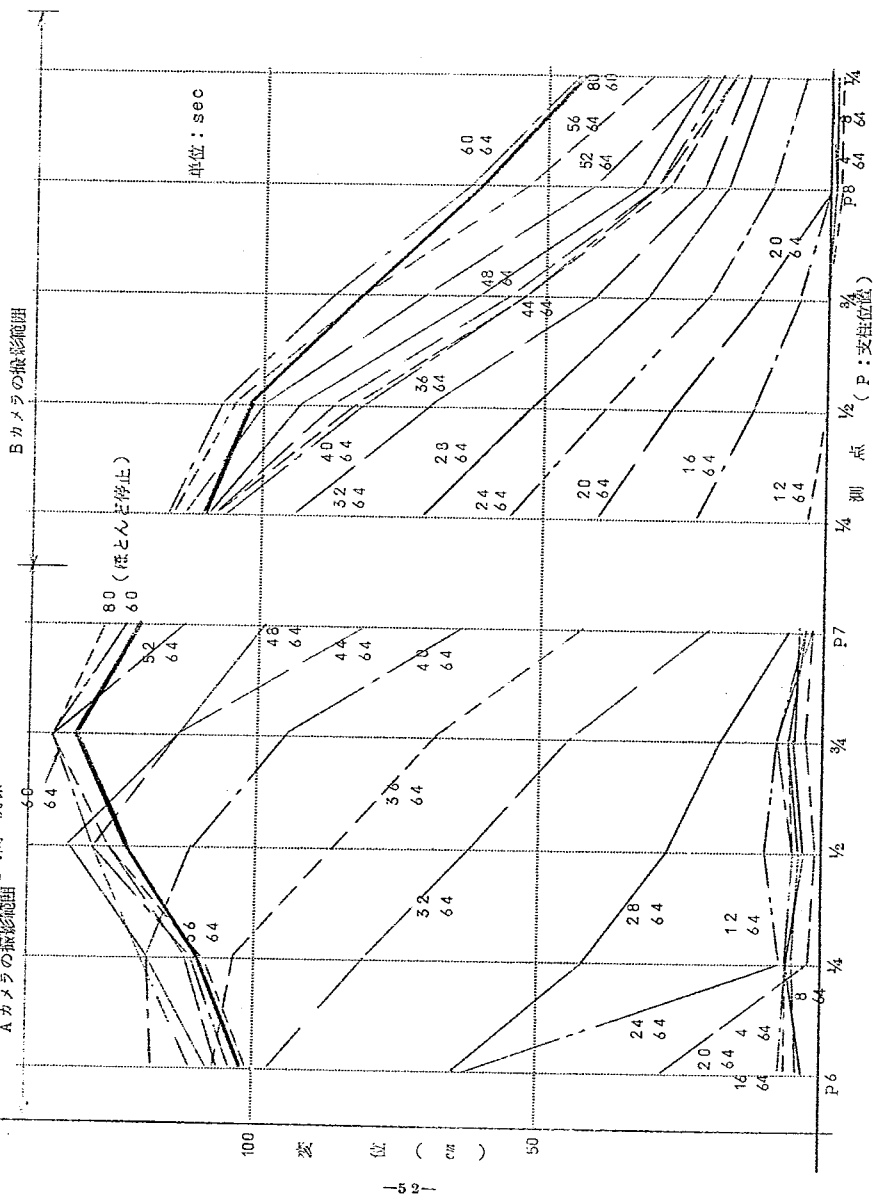


図-9 ガードレールの平面変形と時間の関係
Aカメラの撮影範囲



3.3 ガードレール上方に設置したカメラの撮影条件、撮影結果

図-8、図-9に表われたレール、ポストの変位を観察すれば実験時の観察からも判明していることであるが、現場土質が特種の火山地帯の砂できわめて弱いため、ポストの埋込み部の変位がその殆んど大部分を占めていることがわかる。この実験例の概算結果からすれば、レールの弾性復元量は、当然場所によってことなるが、15~10cm程度のものである。最大復元量は、支柱板6(P6)における15cmである。この値は、支柱の傾斜等による、測点の立体的変化を平面的な画像で測ったものであり、また座標変換もしていない概算値であるが、大凡の傾向を表わしていると思う。

なお、このガードレール形式は、パイプを使用しているのが特色であるが、実験後の観察では、変形がなめらかであり、断面が閉断面(torsionに関し、一次不静定)である特徴があらわれていたように思われる。またパイプが2span連続桁となっていることも好い結果を与えるように思われる。ただし、プロテクターを使用した関係上、実験中、3本の鋼管の中、主として上および中の2本の鋼管によって荷重が持たれた傾向が、実験中の観察および映画フィルムから観られた。しかしプロテクターのない場合にはこの状態は改善されるし、また、最終的なレールの破壊段階に至るまでを考えれば、全破壊エネルギーは、3本のレールによって均等に受けもたれる筈であると考えられる。いずれにせよ、閉断面材をレールとして使用することは、注目すべきであり、好結果を与えるものと期待され、今後の一層の検討が望まれる。

実験の技術的な面に関する所感としては、実験用自動車のハンドルを固定しなかったことは、条件としてかえって“罠”であったといえるようである。プロテクターのない場合においては車輪はレールに誘導され、自然に操舵、転向する可能性があり、これも実験上興味のある点であるが、プロテクターを使用する場合は、車輪はレールと無関係となる。今回の実験中も、ほとんど多くの場合、車輛はガードレール側に向き、レール及び車対に対して斜な実験条件となった。今後かかる実物実験の場合は、やはりハンドル固定条件について一考すべきであると考えらる。