

土 木 研 究 所 資 料

第 421 号

衝撃によるガードレールの諸性能試験報告書

昭和 43 年 12 月

建 設 省 土 木 研 究 所
道 路 研 究 室

目

次

ま え が き	1
I 実 験 目 的	2
II 実 験 方 法	3
III 実 験 結 果	6
IV 実験結果の検討	8
V 結 論	10
付 図 ・ 写 真	11
実験のまとめ	42

ま え が き

本報告書は、住友金属工業株式会社より委託を受けた「衝撃によるガードレールの諸性能試験」の報告書であり、コンクリート構造物上に設置されたガードレールの防護柵としての有効性を実車衝突実験によって確かめようとするものである。

I. 実験目的

ガードレールは防護柵として最も一般的なものであり、その実験は過去においてもかなり行われている。しかし、それらは全て土中に設置されたものについてのみであり、コンクリート構造物上に設置されたものについては、我国においても、諸外国においても実験例はない。土中に設置されたものに比べ支柱の強度（支柱自身は同じであるが、下部との関連において）が増し、また、基準においてはビームの断面積の増加もされているので、ガードレール全体の強度は増加しているが、逆に変形の計容量がせばめられているため、必ずしも安全側ではなく、また、土中の場合では、ガードレールは路側にそのまま取り付けられるが、コンクリート構造物上ではその前面に縁石をとりつけることが多いため、その防護柵としての有効性のための実物衝突実験の必要性は大きい。そのためガードレールの高さ、および前面の縁石の形状を変化させて、大型貨物車による実物衝突実験を行い、それらの条件の変化による衝突現象の違い、および、コンクリート上に設置されたガードレールの一般的な有効性の検討を行うこととした。

II. 実験方法

1. 供試体

本実験はコンクリート構造物上に設置されたガードレールの実験であるが、使用されたコンクリート構造物は土中に埋められた厚さ 0.4 m 、幅 1.8 m （部分的に 1.2 m ）、長さ 3.5 m の鉄筋コンクリート版である。

ガードレールの前面にとりつけられた縁石は、D.A.Vタイプのもの、ほぼ鉛直なもの、斜めに切ったもので高さは、いずれも 25 cm である。また縁石なしの実験も行われた。

ガードレールは、住友金属工業製の防護柵設置要綱種別Aコンクリート上設置タイプであり、その諸元は以下の通りである。

○ ビーム

厚さ	4.0 mm
コルゲーション	70 mm
断面積	18.4 cm^2
断面二次モーメント	96.0 cm^4
断面係数	27.35 cm^3

○ 支柱

厚さ	4.5 mm
外径	139.8 mm
断面積	19.1 cm^2
断面二次モーメント	438.2 cm^4
断面係数	62.6 cm^3

○ 支柱間隔

2.0 m

○ ビーム中心高

縁石上 60 cm および 40 cm

この他、実験4では支柱とビームの間にブラケットを入れた。

縁石等の諸条件の違いを図1に示す。

設置方法は、コンクリート中にあけられた径 20 cm 、深さ 40 cm の穴の中に支柱をさしこみ、すき間を砂で詰め、棒でつついてかため、上をアスファルトでおおったものである。

2. 実験方法

(1) 実験施設

実験に使用された施設は土木研究所千葉支所構内の防護柵実験施設である。これは、自動車(クライスラー1955年型, 180馬力)を改造したウィンチおよび後押し車によって衝突車を加速するもので、加速距離は200m, 加速中の方向誘導は衝突車にとりつけられたローラーが加速路にひかれた鉄道レールをはさむことによってなされる。また、衝突地点の上方より写真撮影をするための塔、歪計測のための観測小屋がある。

(2) 衝突車

衝突車は実験車が三菱ふそうT330, 他はすべて、いずれもTH17であって、いずれも8トン積みの大型貨物車である。荷台に土のうを積み11~13トンの総重量とした。また、ハンドルはビニール電線によって固定した。

(3) 測定方法

① 歪測定

支柱およびビームに歪ゲージをつけ、衝突時の歪測定を行った。歪ゲージの位置は図2に示す。支柱につけたゲージは支柱に生じた曲げモーメントを調べるためのものであるため、相対する2枚のゲージの歪の差を測定した。

○ 使用機器

ゲージ: 共和KP-6-A1-11

ストレインアンプ: 共和DPM-6AT, 8AT

電磁オシログラフ: 三栄FR102, 201

電磁オシログラフにはすべて同一の信号を入れ時間関係をはっきりさせた。

② 写真撮影

16mm撮影機により衝突車の挙動を記録した。

○ 使用機器

上方より: ミリケンDMB4A 400コマ/秒

前方より: ペルハウェルH16 64 "

側方より: ボレックスH16 64 "

上方よりの写真から自動車の屋根上の印およびガードレールの動きを0.1秒ごとに

測定して、車に生じた減速度と、ガードレールの変形の時間的変化を求めた。

③ その他

衝突車の速度を衝突地点より5 m 手前で測定した。衝突後、車輪の軌跡、レールおよび支柱の残留変形を調べた。

○ 使用機器

速度計：フィリップス

ストリップスピードメーター

Ⅲ. 実験結果

(1) 各実験ことの経過

第1回

右前輪はガードレールに衝突するとすぐに右側（ガードレール側）をむき、飛び上がり、ガードレールをのりこえた。車は右前輪軸をのりあげた状態でガードレール上に停止した。車の損傷は少なかった。

第2回

前輪がP7の前後で方向転換し一時ガードレールよりはなれかけたが後輪がP7にあたり、またガードレール側をむき、その後ガードレールに接したまま進出した。車の損傷は少なかった。

第3回

第2回とはほぼ同じ経過であった。ただし後輪はガードレールには触れず礫石をこすったのみであった。P7に前輪が衝突した時に少しとびあがりかけたが、すぐに着地した。

第4回

右前輪はしばらくガードレールに接して進出したが、P7をすぎたところよりガードレールをのり始め、P7とP8の間でのりこした。その後、右後輪もガードレールをのりこした。右側があがりすぎたため、車体は左に転倒した。前輪部が車体からはずれ、ビームも後輪の通過時にP10とP11の中間で切断された。

第5回

激しい衝突であったが、車はうまく方向転換し、ガードレールよりはなれた。支柱の後のコンクリートがかなり破壊された（3本）。車の被害はほとんどなかった。

第6回

第5回とはほぼ同じ経過をたどった。

(2) 車の挙動

衝突車の軌跡を図3に、写真より測定した車の減速度を図4に示す。

(3) ガードレールの挙動

ガードレールの残留変形を図5に、支柱の残留傾きを図6に示す。写真より測定した支柱頭の変位の経過を図7に、ガードレール全体の変形の経過を図8、9、10に示す。

(4) 支柱に生じた曲げモーメントとビームに生じた張力

実験においてビームに生じた張力の変化を図 1 1 に示す。これは、ビームにつけた歪ゲージで測定した歪値にヤング率と断面積を乗じたものである。実験 2 以下において支柱に生じた曲げモーメントの変化を図 1 2, 1 3, 1 4, 1 5, 1 6 に示す。これは、支柱につけた歪ゲージで測定した歪値の半分にヤング率と断面係数を乗じたものである。

(5) 静的実験

衝突実験終了後、B 3 の中央をガードレールと直角方向に引張る静的実験を行った。その時の荷重と載荷点の変位を図 1 7 に示す。しかしこのままでは、衝突実験における支柱の残留変位の影響が入っていると思われるので、P 3 と P 4 の残留変位の平均を引いた。それを図 1 8 に示す。

IV. 実験結果の検討

1. 設置高について

本実験シリーズにおいて最も明瞭な対比を示したのは、ビーム中心高が縁石上（実験2は縁石がなかったため路面上）60cmのものは、全て衝突車を押し戻したのに対し、ビーム中心高が縁石上40cmのものは2つとも衝突車の乗り上げをまねいたことである。しかし、ビーム中心高が40cmの場合の衝突車の速度は60cmの場合に比べかなり低かった。このことから、この両者の間には防護柵としての機能上大きな違いがあることがわかる。大型トラックの車輪の中心高は地上50cm程度であり、この高さの前後のビーム中心高の防護柵での実験結果が上記のようであったことは、この高さに限界点があるのではないかと感じさせる。縁石上ビーム中心高40cmのもの、縁石高が25cmあるため、路面からの中心高は65cmになり、路面に直接たてた中心高60cmのものよりも路面からは高くなるが、衝突車の前輪が縁石上にのぼるため、車輪との関係はあくまで縁石上で考えるべきものであろう。

右前輪がガードレールを乗り越えた後、実験1ではガードレールを前輪軸がまたいだ状態、実験4では右側が上りすぎ左側へ（車道側へ）車両が転倒した状態が最終結果であった。両者とも一応車両の路外逸脱は防いでいるが、衝突速度が大きくなった場合には保証の限りではない。支柱が強いため実験4のような車道側横転の可能性の方が大きいかも知れないが、この場合には後続車への影響が大きだし、衝突車の被害も大きい。

2. ガードレールに生ずる反力について

支柱の埋込み部分にかかる力が支柱の移動量に比例すると考えれば、支柱の回転中心は地表化21.7cmとなる。これは支柱の残留傾きと残留基部変位の関係と大体合っている。また、この場合地表下10cmに生ずる曲げモーメントは、ボルト位置にPtの力がかかった場合、0.56Pt・mとなる。実験5、6において支柱の地表下10cmの点に生じたビーム平行方向の最大曲げモーメントは0.1～0.4t・m、大部分が0.2t・mであった。これから支柱にかかったガードレール平行方向の力は0.4t程度と考えられる。最大の曲げモーメントが生じたのは車がP8の前後に達した時であり、この時各支柱に0.4tの力が生じたとすればビームには約3tの引張力が生じたことになる。この時のビームの傾きは0.15程度であり、これからすればビームの引張力によるガードレール直角方向の力は0.9t程度となる。よって本実験のガードレールにおいてはビームの引張力による反力はあまり期待できない。逆に期

しなくても本実験の荷重条件では車の誘導は可能といえる。一方、ビームの断面係数は 27.35 cm^3 であり、降伏点応力を 3500 Kg/cm^2 としても $1 \text{ t} \cdot \text{m}$ の曲げモーメントには耐えられない。スパン中央においては、荷重点および両側の支柱部分で塑性ヒンジを考えたとしても 4 t 程度の力しか車に与えられない。これは引張りによるものよりかなり大きいが、衝突中車には平均 1 g の加速度が生じており、またエネルギーの点から考えても $10 \text{ t} \cdot \text{m}$ のガードレール直角方向のエネルギーを 1 m 余の距離（車の回転を考えて）で受けるにはまだ不足である。不足分は車が支柱に直接衝突して受けたものと考えられる。支柱は着力点の高さが低い場合にはかなりの力に耐えうるはずである。

しかし、この場合問題となるのは、ビーム面と異なり支柱は連続していないため、車輪が次々と支柱に衝突する形となることである。大型トラックの場合には車輪が大きいので、支柱への衝突も間にビームをはさむか、または支柱をふみたおす形をとり、タイヤと支柱と接触はボケティングがない限り支柱の前面でなされ（本実験での支柱のタイヤ跡は車道側からみた場合は左右対称である）、正面衝突とはならないが、乗用車の場合には直接支柱に車輪が正面衝突するケースが多いと思われる。事実、過去の実験において土中建込みガードレールに衝突した乗用車の車輪が車体からはずれガードレールの外側に飛び出した例があり、それより支柱の強いコンクリート構造物上ガードレールにおいては、条件はなおきびしいものと思われる。

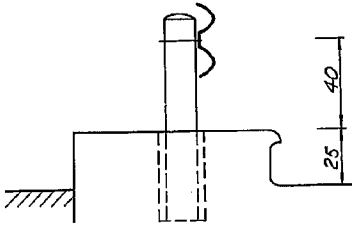
V. 結 論

- ① 縁石よりのビーム中心高60cmの供試ガードレールは本実験の荷重条件にて防護柵としての機能を果たした。車両の被害も小さかった。
- ② 縁石よりのビーム中心高40cmの供試ガードレールはかなり低い荷重条件で衝突車の乗り上げをおこした。
- ③ 縁石による飛び上り、縁石による衝突現象の変化はあまり認められなかった。

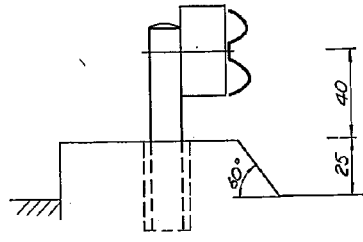
图 1 供 試 体

单位 cm $\xrightarrow{20\text{cm}}$

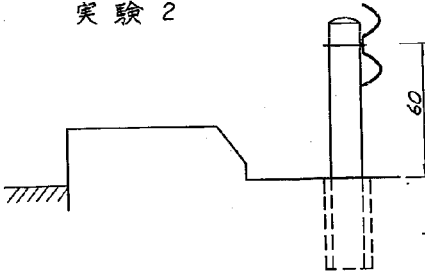
実験 1



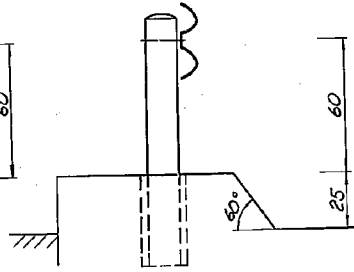
実験 4



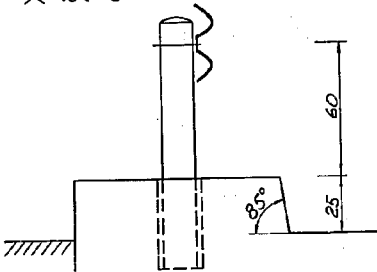
実験 2



実験 5



実験 3



実験 6

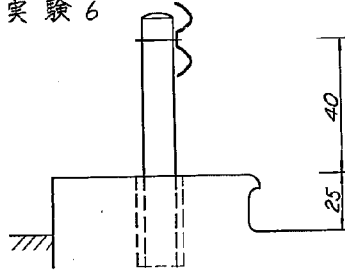


図2 支柱，ビーム番号およびゲージ位置

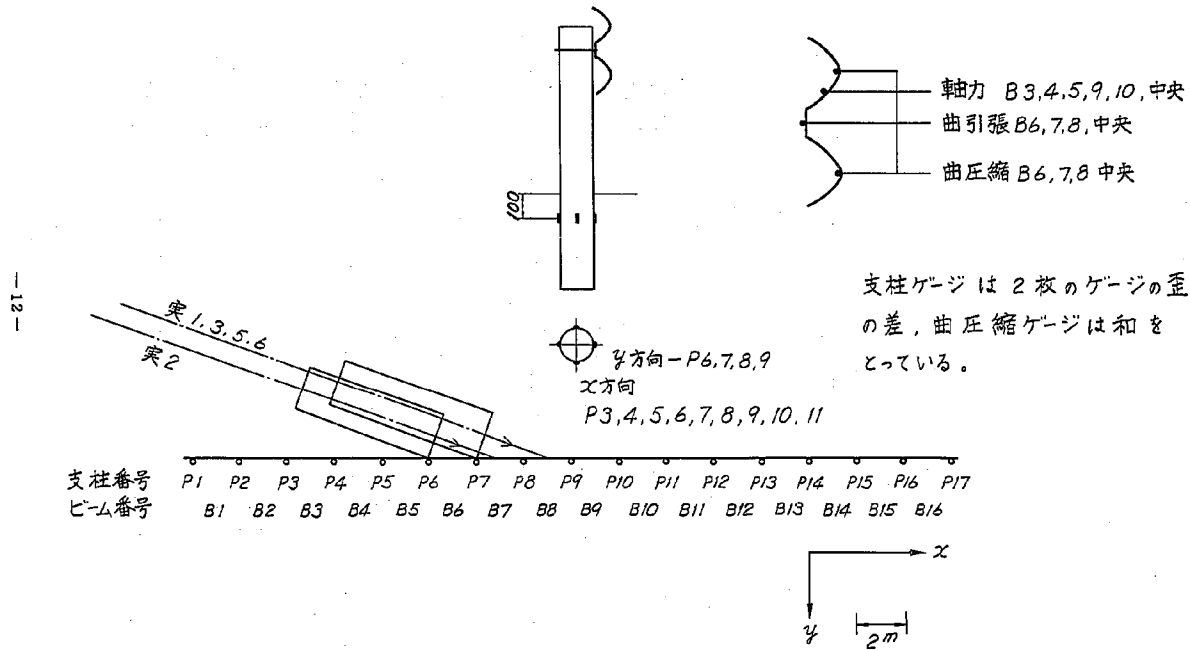


図3 車の軌跡

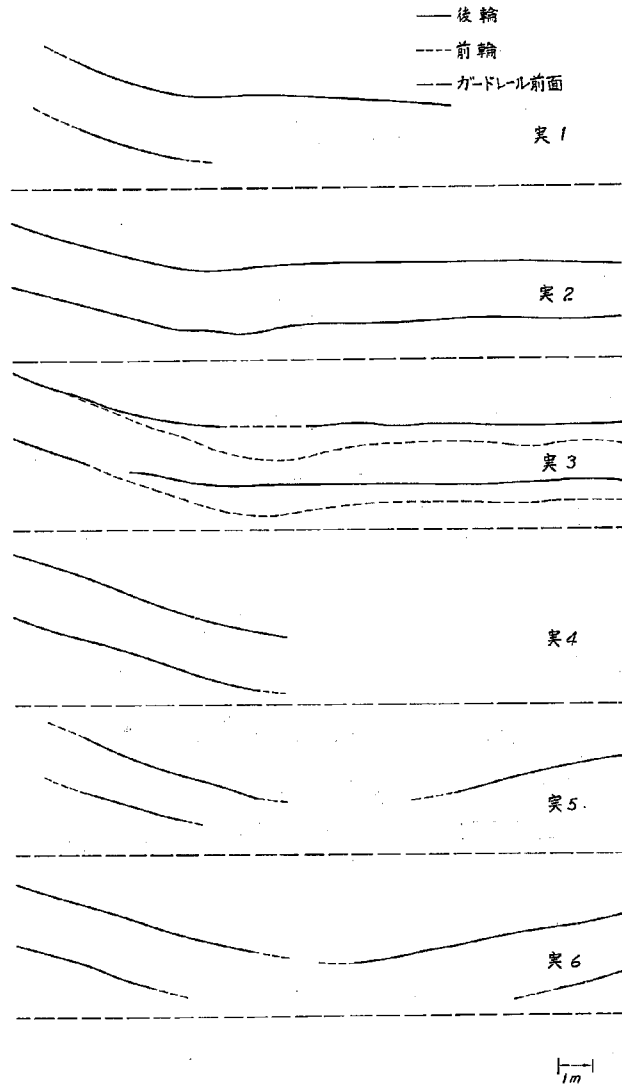


図4 車の減速度（写真よりの測定）
運転席屋根

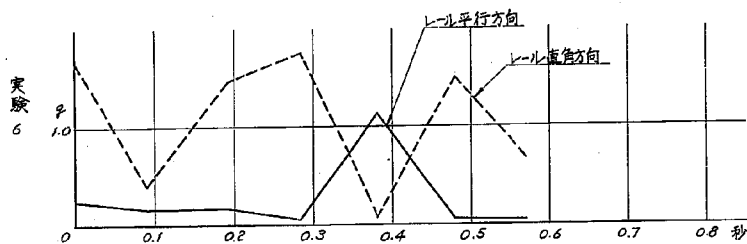
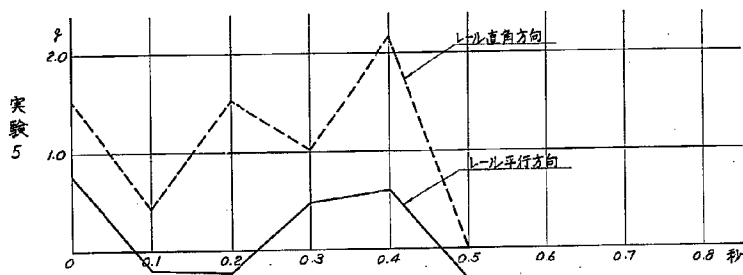
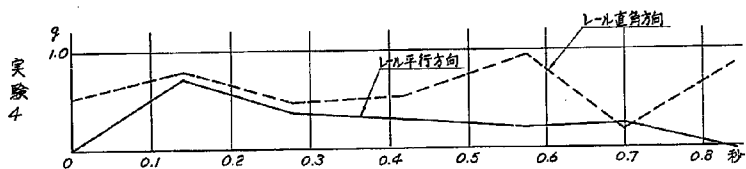


図 5 ガードレールの残留変形

実験

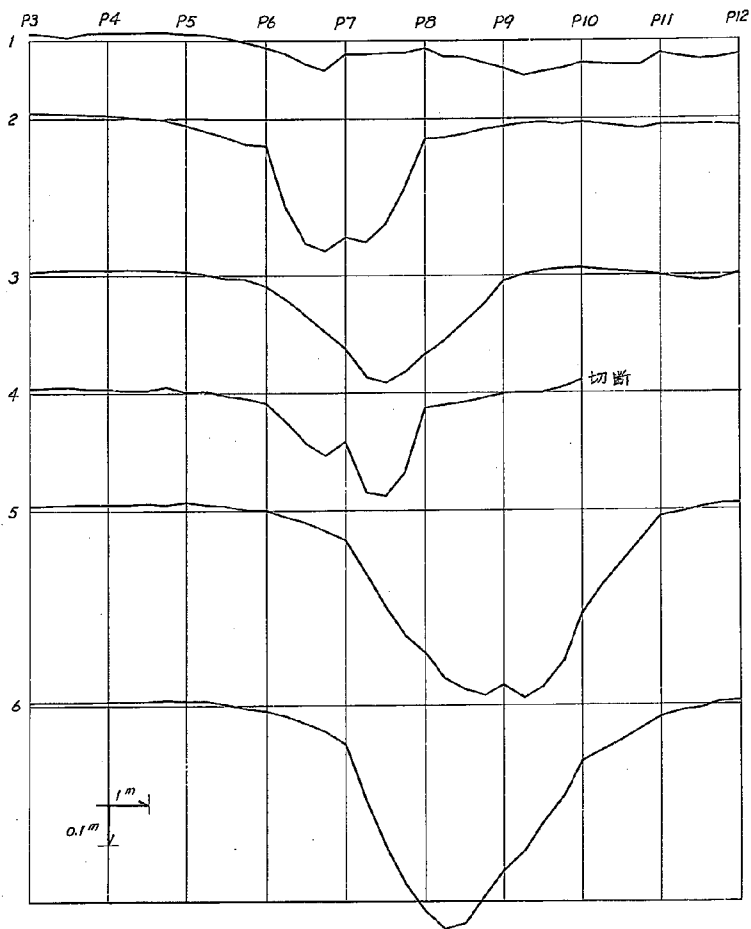


図 6 支柱の残留傾き

実験番号

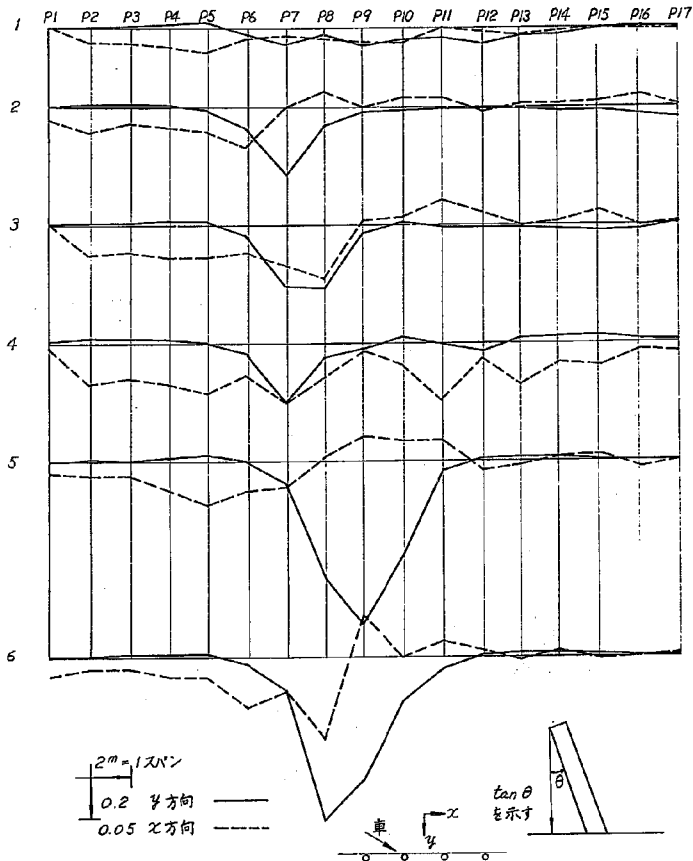


図 7 支柱の変位 (写真より測定)

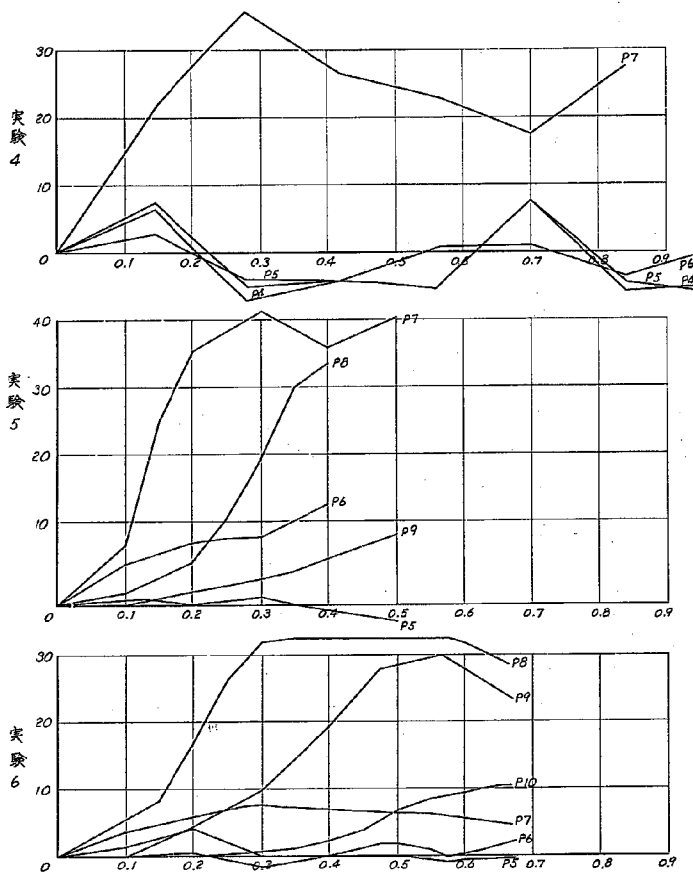


図8 実験4

支柱およびレールの時間変位
(写真より測定)

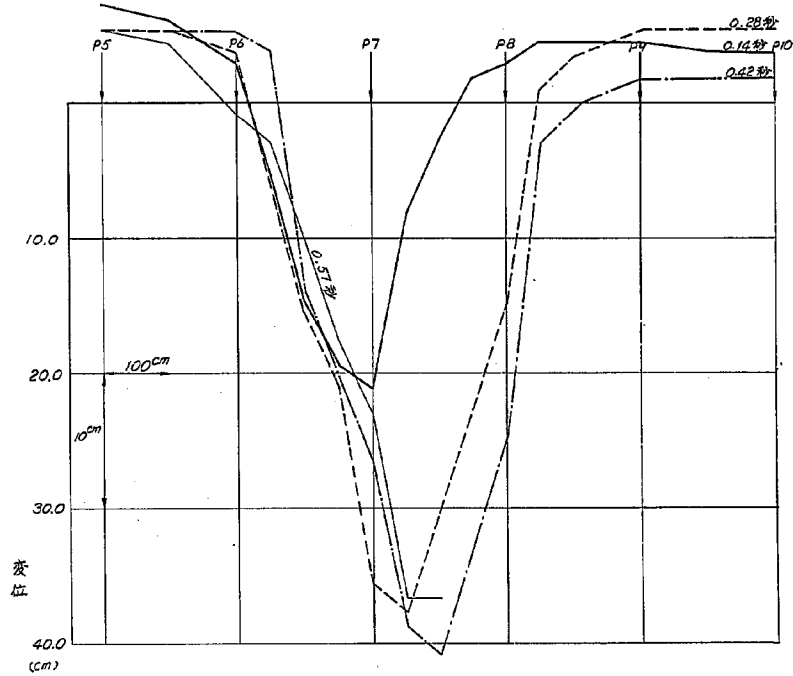


図 9 実験 5
支柱およびレールの
時間変位
(写真より測定)

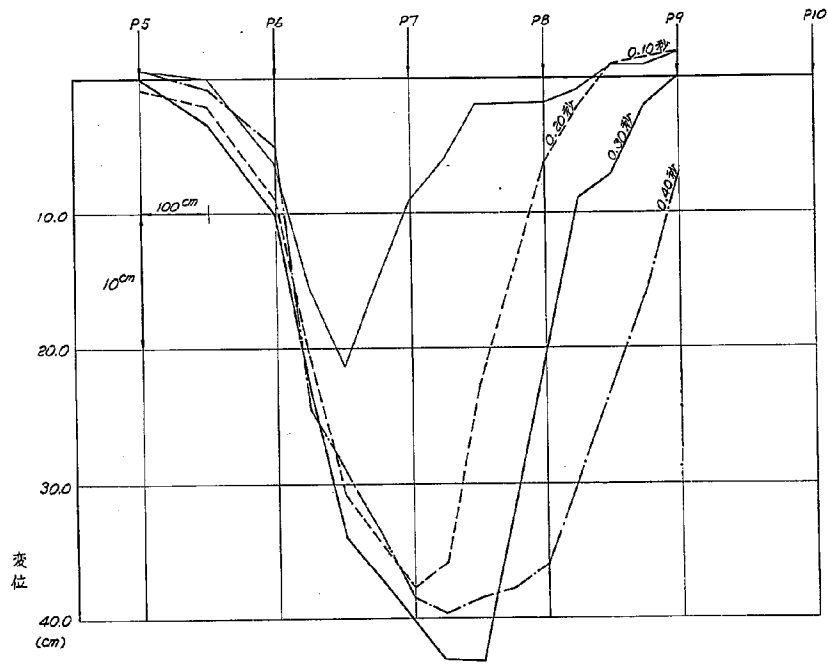


図 10 実験 6

ポストおよびレールの時間変位 (写真より測定)

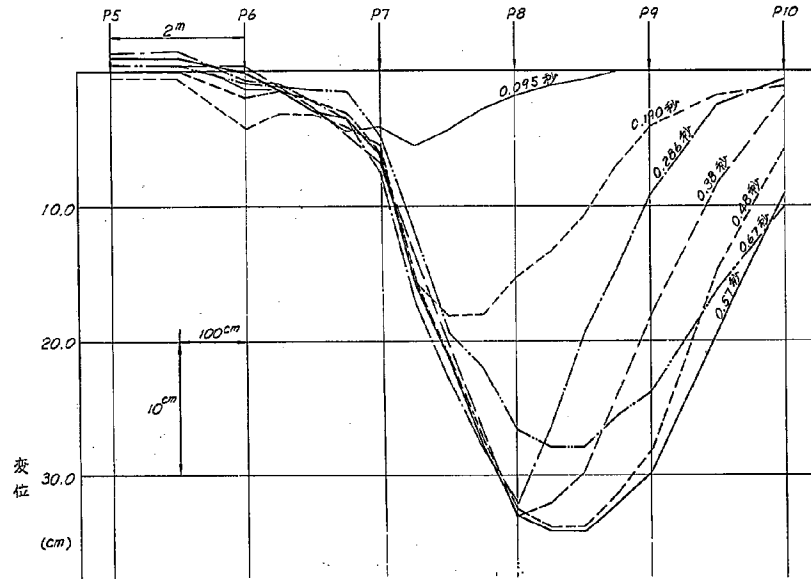


図 11 実験 1 ビームに生じた張力

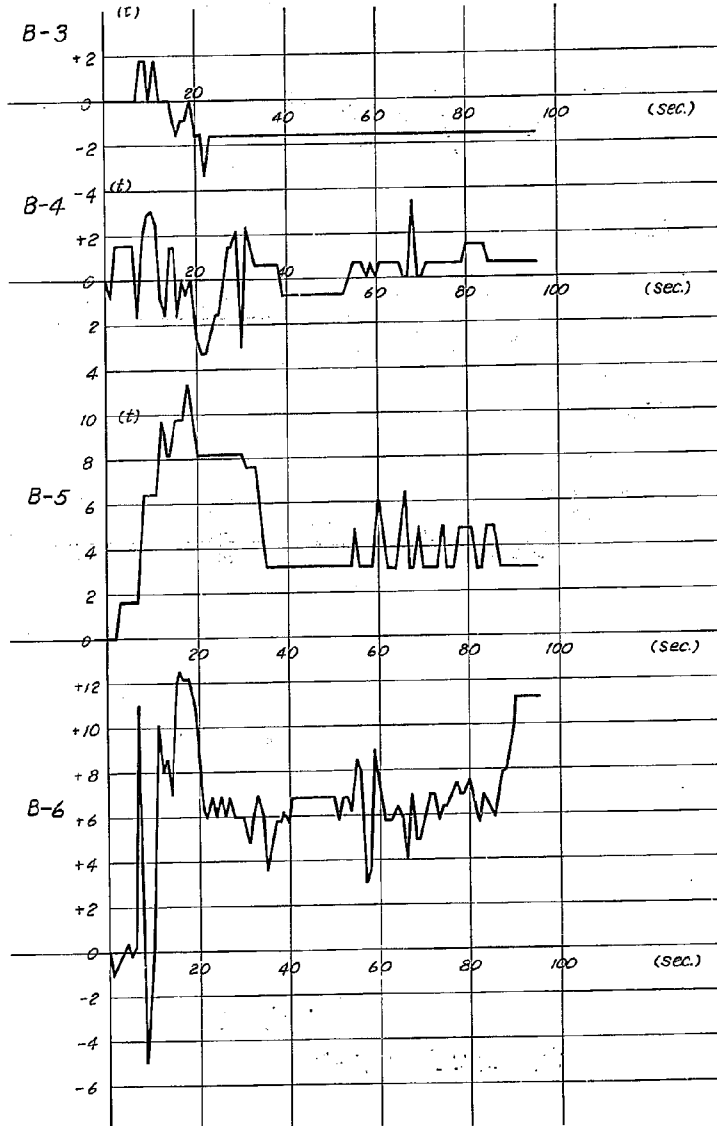


図 12 実験 2 支柱に生じた曲げモーメント
(ガードレール平行方向)

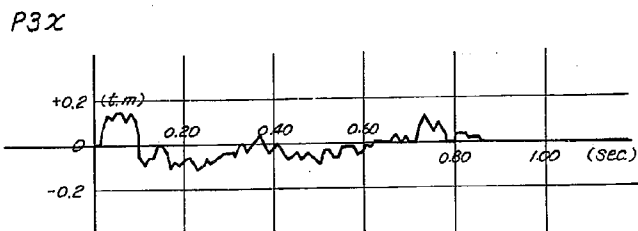
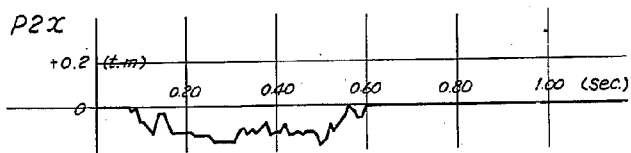
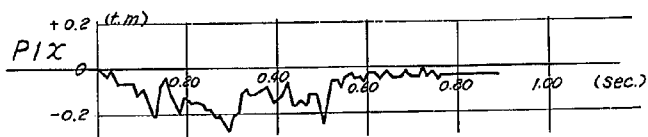


図 13 実験 3 支柱に生じた曲げモーメント
(ガードレール平行方向)

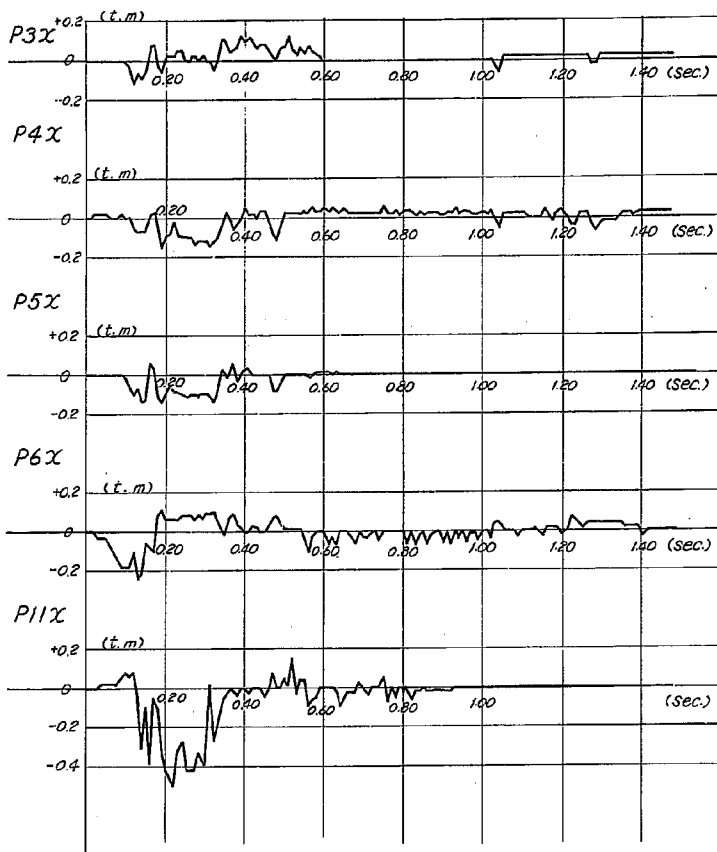


図 14 実験 4 支柱に生じた曲げモーメント
(ガードレール平行方向)

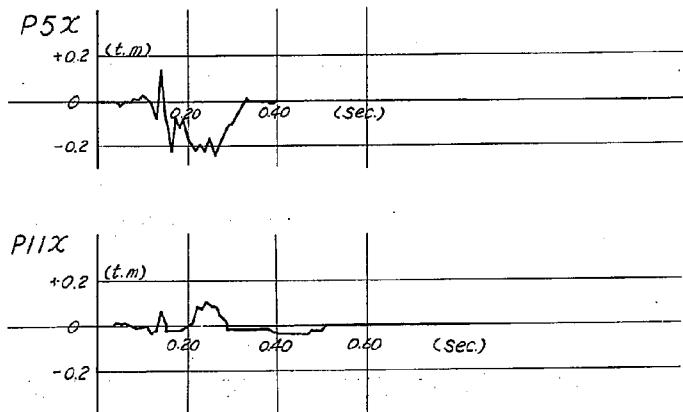


図 15 実験 5 支柱に生じた曲げモーメント
(ガードレール平行方向)

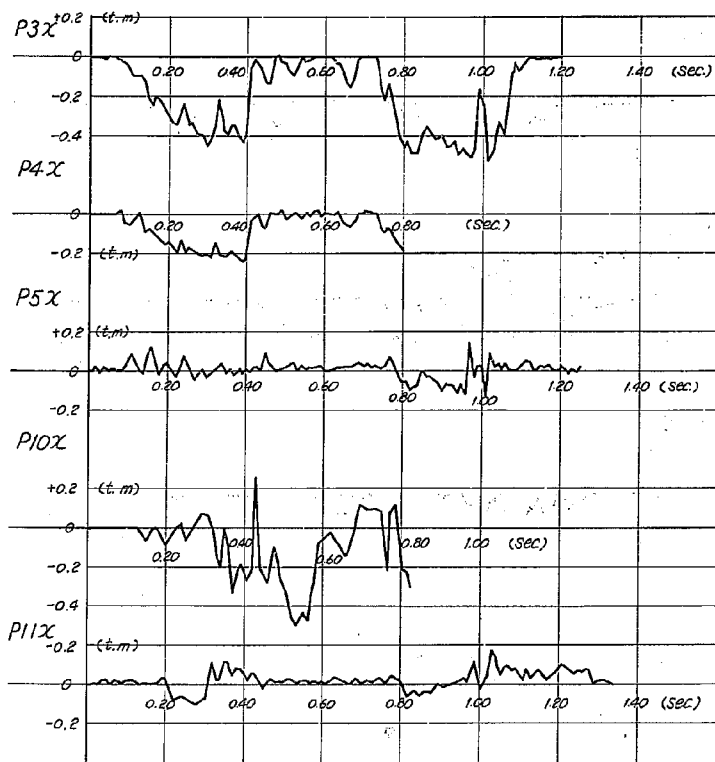


図 16 実験 6 支柱に生じた曲げモーメント
(ガードレール平行方向)

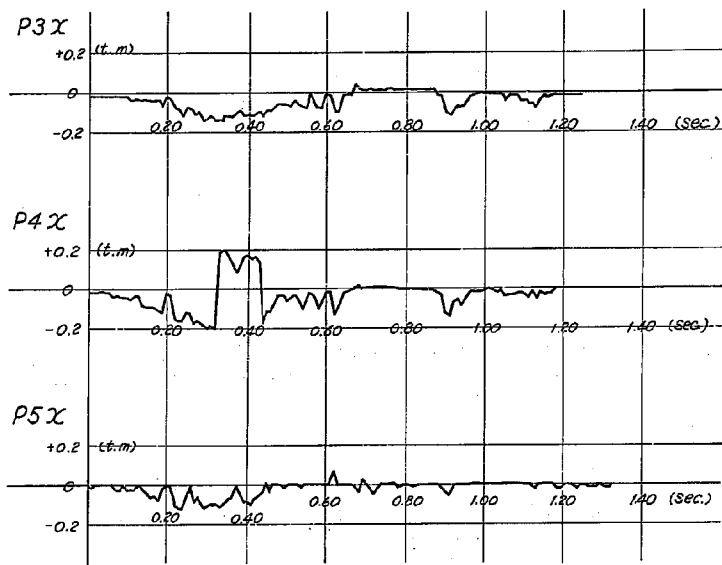


図 17 ガードレール静的引張実験

(衝突実験終了後)

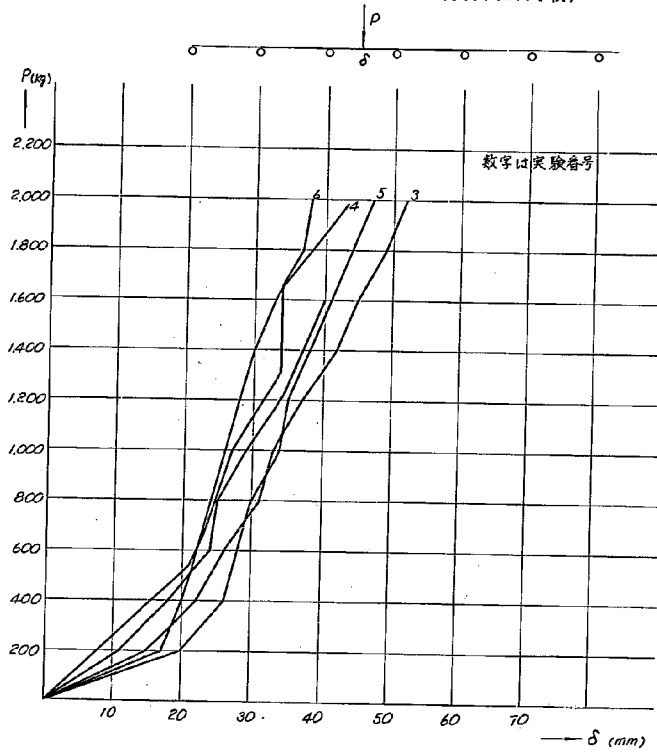


図18 ガードレールの静的引張実験

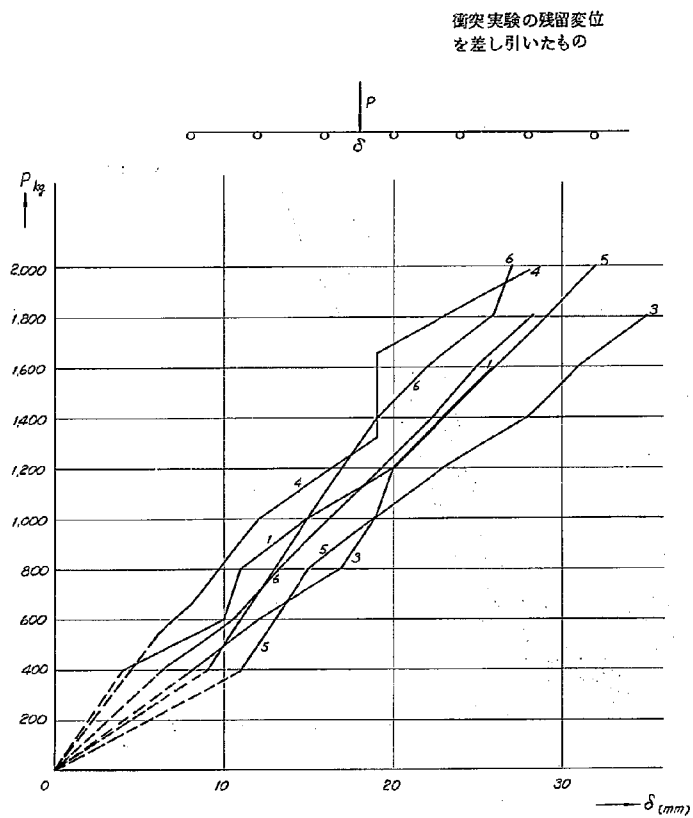
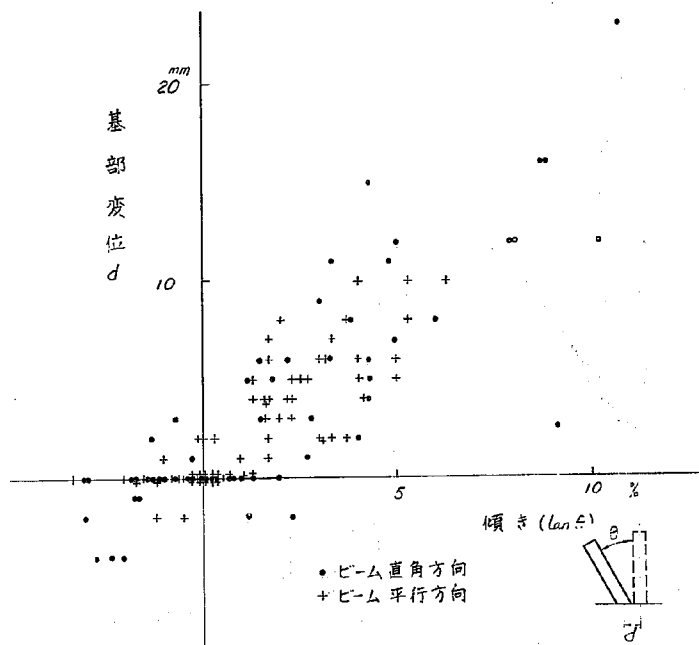


図19 支柱の傾きと基部変位の関係



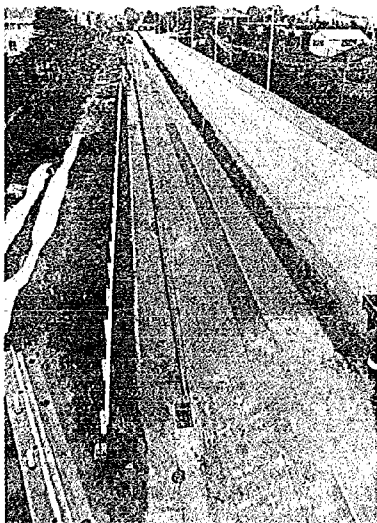


写真1：実験場加速路，上方にのびて
るのが誘導用レール，その左が
防護用ガードレール，左下が供
試ガードレール

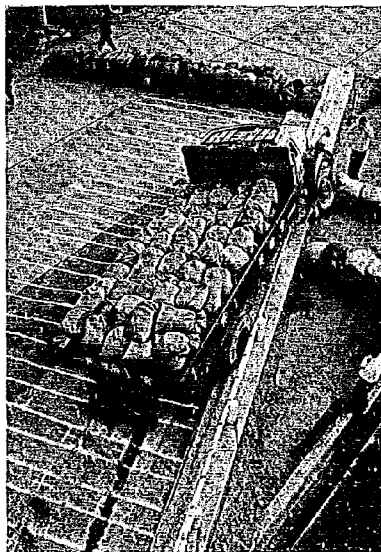


写真2：実験1，車両最終位置



写真3：実験1，右前輪がガードレールをまたいでいる



写真4：実験1，ガードレールにはあまり車輪の跡がついていない，車輪の側面にはペンキが塗ってある

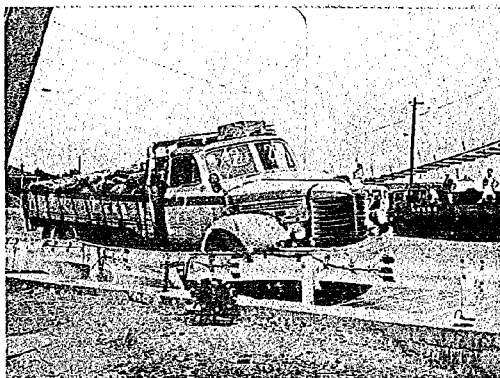


写真 5 : 実験 2, 衝突中の車両

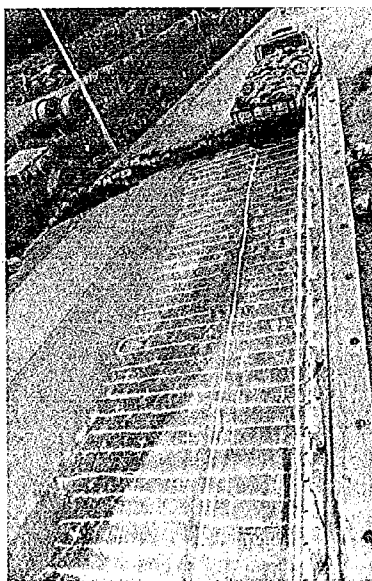


写真 6 : 実験 2, 車両の最終位置

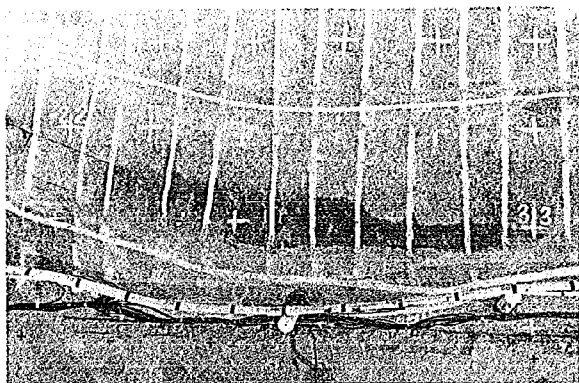


写真7：実験2，車輪の軌跡とガードレールの変形

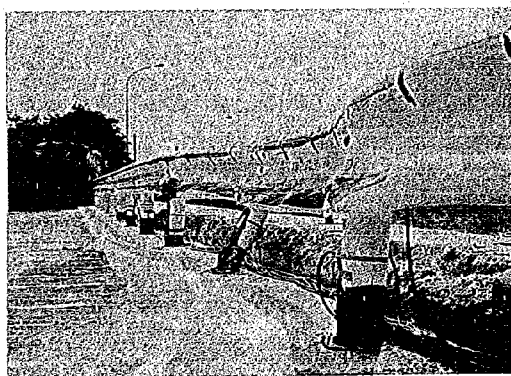


写真8：実験2，ガードレールの変形と車輪の跡

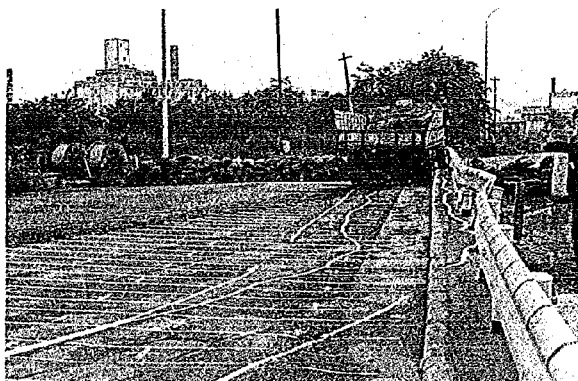


写真9：実験3，車両の最終位置

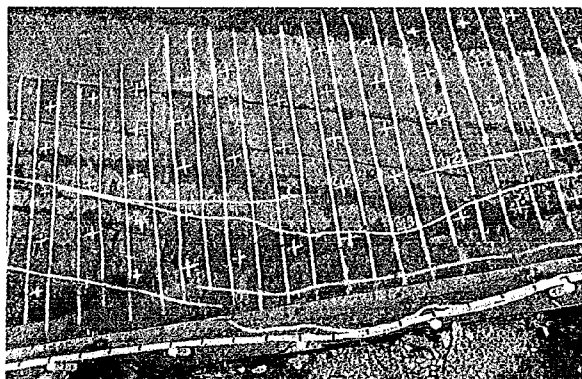


写真10：実験3，車輪の軌跡

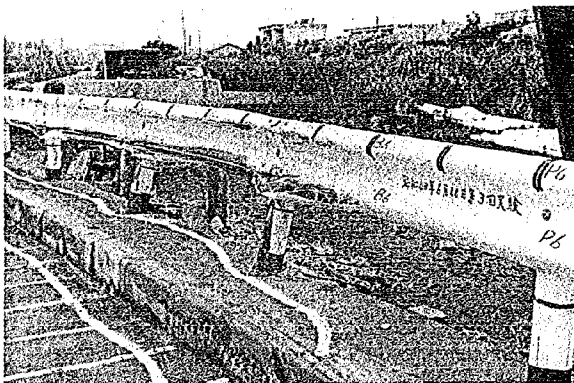


写真11：実験3，ガードレールの変形と車輪の跡

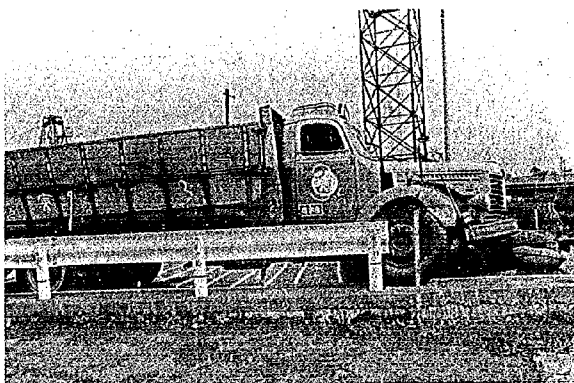


写真12：実験3，車両の破損程度

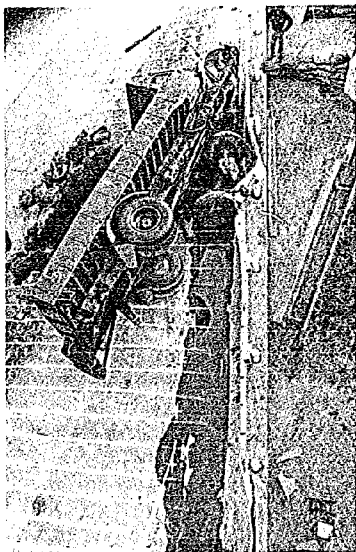


写真13：実験4，車両の最終位置と破
損状況
（途中に失敗があったため以
下実験番号がずれる）

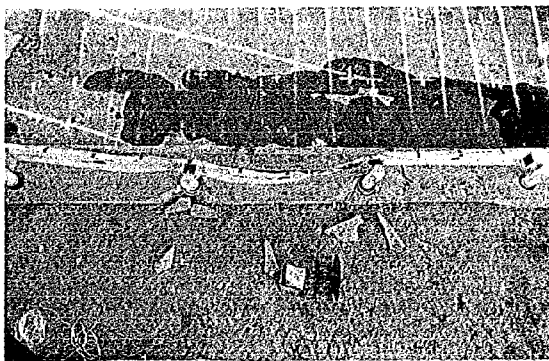


写真14：実験4，ガードレールの変形，路上に流れているのは
衝突車のエンジンオイル

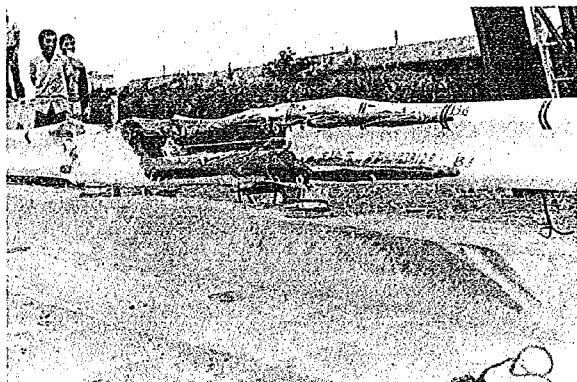


写真15：実験4，ガードレールについた車輪の跡

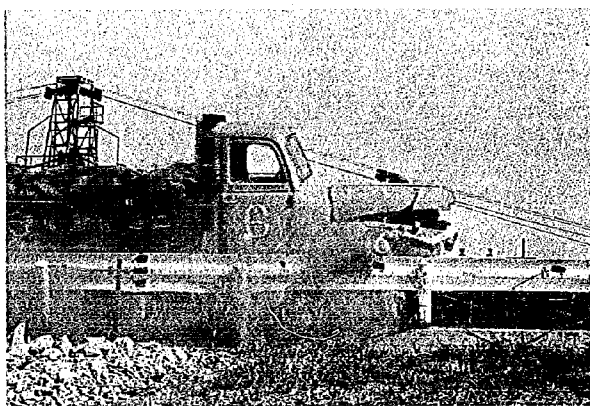


写真16：実験5，衝突中の車両

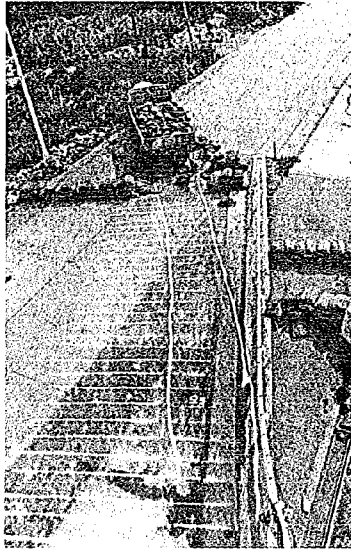


写真 17 : 実験 5, 車両の最終位置

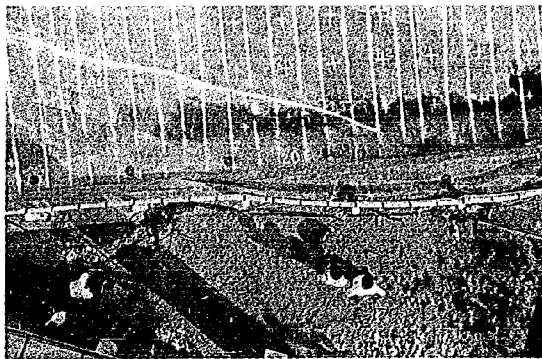


写真 18 : 実験 5, ガードレールの変形

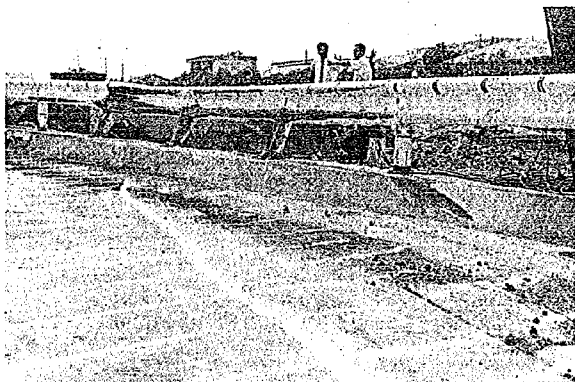


写真19：実験5，ガードレールの変形と車輪の跡

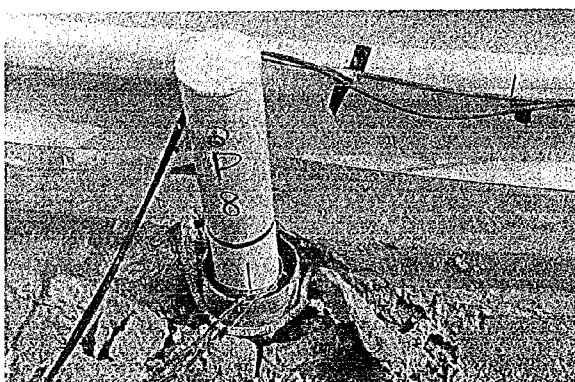


写真20：実験5，支柱基部のこわれ

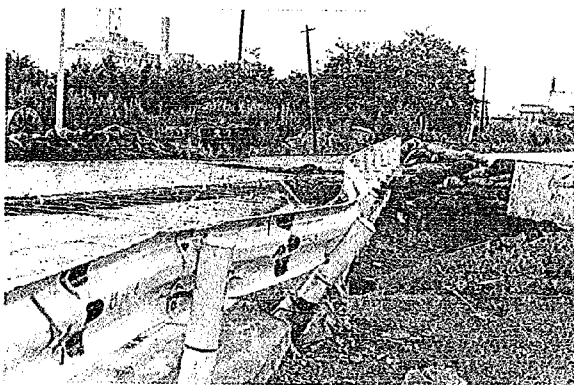


写真 21 : 実験 6, 車両の最終位置

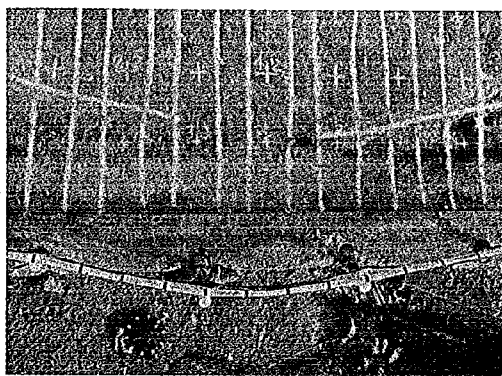


写真 22 : 実験 6, 車輪の軌跡とガードレールの変形

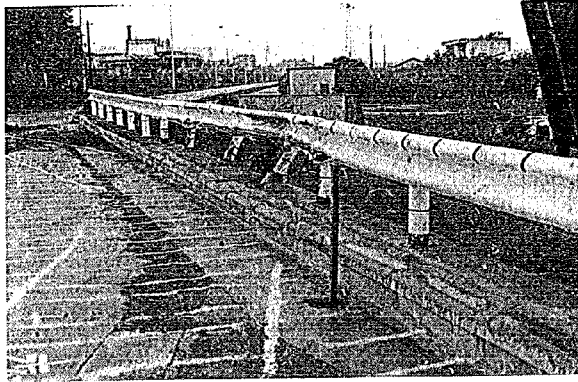


写真23：実験6，ガードレールの変形と車輪の跡

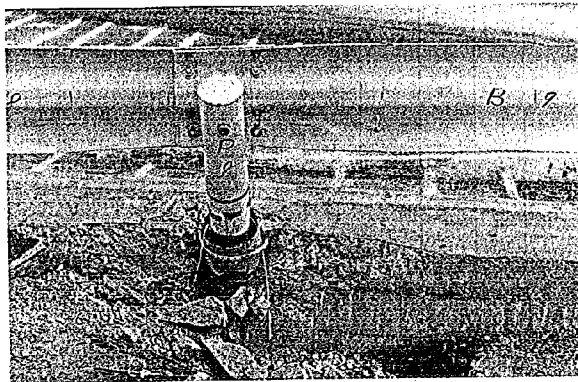


写真24：実験6，支柱基部のこわれ

実 験 ま と め

実 験 番 号	1	2	3	4	5	6
実 験 日	6月18日	6月21日	6月28日	7月12日	7月19日	8月9日
衝 突 車 重 量 (t)	13.6	13.1	12.6	12.8	12.2	11.7
衝 突 速 度 ⁽¹⁾ (Km/h)	27	36	38	30	45	45
直角方向エネルギー (t・m)	4.3	7.8	8.4	5.3	11.3	10.9
縁 石 種 類	D.A.V	な し	鉛 直	斜 め	斜 め	D.A.V
ガードレール高 ⁽²⁾ (cm)	40	60	60	40	60	60
最 大 残 留 変 位 (cm)	—	0.33	0.27	—	0.48	0.57
結 果	乗り上げ	接して停止	接して停止	転 倒	離 脱	離 脱

(1) 衝突角度はすべて20度

(2) 縁石より(実験2は路面より)ビーム中心までの高さ