

土 木 研 究 所 資 料

第 3 7 1 号

アルミニウム合金製ガードレール実験報告書

昭和 43 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所

ま え が き

本報告書は、軽金属協会より委託を受けた、アルミニウム合金製ガードレール実験の報告書であり、アルミニウム合金製ガードレールの防護棚としての有効性を静的試験および実車衝突実験によつて確かめようとするものである。

目 次

§ 1.	アルミニウム合金製ガードレールについて	1
1.	アルミニウム合金の材質的特質	1
2.	過去の実験	2
3.	供 試 体	3
§ 2.	静 的 実 験	4
1.	支柱横引張り実験（コンクリート中）	4
2.	支柱横引張り実験（土中）	4
3.	ビーム模型引張り実験	5
4.	材 料 試 験	6
5.	ビーム 曲げ実験	7
6.	ガードレール横引張り実験	8
§ 3.	実車衝突実験	9
1.	供 試 体	9
2.	実 験 方 法	10
3.	測 定 方 法	11
4.	実 験 結 果	12
§ 4.	考察及結論	19
付 図		
写 真		

§ 1. アルミニウム合金製ガードレールについて

1. アルミニウム合金の材質的特質

アルミニウムは鉄に比べて軽く、やわらかく耐食性のある金属である。その基本的な性質を鉄と比べれば表-1の通りである。

強度に関する性質は合金の成分熱処理の仕方によつて大きく異なり、アルミニウム合金でも鋼鉄に近い引張強度、耐力を示すものもある。

本実験に使用した耐食アルミニウム合金ガードレール(以下アルミガードレールと略す)の材質はビームがJIS-H4104耐食アルミニウム合金板A2P7- $\frac{1}{4}$ HおよびASTM-B209アルミニウム合金板5083H34(これはA2P7- $\frac{1}{4}$ Hとほぼ同成分の規格であるが熱処理の程度が異なる)、支柱がJIS-H4143耐食アルミニウム合金継目無管A2T4-T6である。また比較用に用いた鋼ガードレールの材質はビームがJIS-G3101一般構造用圧延鋼材SS41、支柱がJISG3444一般構造用炭素鋼管STK41である。

JISに示されたこれらの材料の機械的性質は表-2のとおりである。

また、5083H34、5083H32(A2P7- $\frac{1}{4}$ H類似品)6061-T6(A2T4-T6類似品)のALCOAでの製品の試験値の平均を参考のために示せば表-3のとおりである。

なお、本実験の供試作より採取した標本での引張り実験の結果は後にのべる。

以上に示した表等より、アルミガードレールを鋼ガードレールと比較した場合、次のようなことがアルミガードレールの得失として考えられる。

- (1) 同縦面の鋼ビームに比べ、アルミビームは同荷重条件で3倍のたわみを生ずる。そのため衝突初期に車に与える衝撃力は小さくなる。しかし逆にビームが変形しやすいため、ポケットティング、乗越しの可能性が大

きくなる。また、引張り、せん継の強度が低いため、ある程度の断面の増加が必要であろう。

(2) 耐食性に優れている。そのため、塗装をはぶくことができる。(しかし誘導性の点では白色の塗料をほどとした鋼ガードレールの方が好ましい)。また、軽い接触に際しても自動的に酸化膜が形成され、防食作用をもつため鋼のようにキズの部分よりの腐食が生じない。

(3) 価格が高い、スクラップ価格が鋼よりはるかに高いことを考えても割高である。

しかも、年々スクラップになる率はそれほど多くはなく金利を考慮すればこのことには大きな期待はかけられない。しかし、再塗装の必要性のない点から腐食のはげしい所では長期的には鋼ガードレールと競合しうる可能性はある。

(4) 重量が軽いため施工が容易である。しかし、現在の施工法では支柱の穴を掘るのに最も時間がとられ、ビームおよび支柱の軽重さが施工価格に大きく影響するがどうかは疑問である。

以上の内で(2)以下は実際の施工及びその後の管理を通じてでなければその得失を論じることではできず、本実験による検討の範囲外である。

2. 過去の実験

過去において内外でなされたアルミガードレールの実験をまとめると表4に示す通りである。

これらの実験の結論をまとめれば

(1) レイノルズ社の実験

アルミガードレールは鋼ガードレールよりも優れた結果を示した。特

に車に与えた衝撃が小さかった。

(2) カリフォルニアでの実験

3.2 鋼厚のアルミガードレールは大きな荷重にはたえられない。4.0 鋼厚のものが、12ゲージのカリフォルニア型鋼ガードレールとの比較の対象になりうる。

(3) ドイツでの実験

アルミガードレールは同厚の鋼ガードレールよりも強度的に劣る。5割増しの厚さのものは鋼ガードレールに劣らない。

(4) 土木研究所での実験

実験の荷重範囲では良好な結果を示し、理論的な解においても、鋼ガードレールとアルミガードレールの間に大きな差異は認められなかったが、ヤング率が低いことは、ビームの機能上有利とはいえず、問題点が残る。

3. 供 試 体

実物衝突実験に供した供試体は、ビーム8種、支柱6種の組み合わせである。これらをまとめたのが表-5、6である。またビームの断面形を図-1に示す。以下各供試体について表-5、表-6中の略号を使用する。

§ 2. 静 的 実 験

1. 支柱横引張り実験（コンクリート中）

これは支柱単体の強度を調べるために衝突実験と並行して神戸製鋼名古屋工場にて行なわれたものである。

(1) 供 試 体

A 1114-4.5 及び S 1114-4.5

(2) 実 験 方 法

コンクリート中に 40 cm 埋め込んだ支柱を 60 cm の高さに横に引張り、引張力と変位（55 cm の高さのもの）の関係を調べた。

(3) 実 験 結 果

引張力と変位の関係を図-2 示す。鋼の方がわずかに優れた結果を示すが土中建込みの場合問題となるほどの差ではない。

2. 支柱横引張り実験（土中）

これは支柱埋込み深さと、法肩からの距離が支柱の耐荷力にどのような影響を及ぼすかを知るために衝突実験と並行して、土木研究所千葉支所構内の支柱横引張り実験用盛土上で行なわれたものである。

(1) 供 試 体

A 1114-4.6 を使用したが、コンクリート中の実験の結果を考えれば、支柱自体の強度は関係しない。

盛土の土質は関東ロームであり、7ヶ月放置されていたものである。

(2) 実験方法

盛土の法肩より 0、40、80、160 cm の地点に建てこんだ支柱を地上 60 cm の高さで横に引張り、引張力と変位（地上 60 cm および 0 cm）の関係を 3 回にわけ調べた。

(3) 実験結果

実験結果は表-7、図-3、4、5 に示す。

引張力と変位の関係は最大耐荷力までかなり直線的であるが初期と最大耐荷力の前に少しふくらみがみられ、2つの関係の積と考える大が適当かも知れない。

表中の K は引張力と変位との比である。

また、60 cm 変位と 0 cm 変位は、非常によい直線関係を示している（特に 140 cm と 120 cm）表中の回転中心はこの関係より、初期の回転中心を算出したものである。

法肩よりの距離および埋込み深さの違いによる最大耐荷力および K の変化は如実にあらわれている。しかし回転中心は埋込み深さの影響は受けるが法肩よりの距離の影響は受けないうである。

3. ビーム模型引張り実験

これはビームの引張強度が計算値と一致するかを調べるためのもので、住友軽金属工業にて行なわれたものである。

(1) 供試体

供試体の材質はビーム A 170-3.2 と同じものであつてその形状は図-6 に示す。これは A 170-3.2 の断面の $\frac{1}{4}$ を模したものである。なお供試体の引張強度試験は耐荷力 31.0 Kg/mm²、引張強さ 38.6 Kg/mm²、伸び 11% であつた。

(2) 実験方法

供試体を両側より引張り、伸びを試験機テーブルとの動きにより検出した。

(3) 実験結果

実験結果は図-7に示す。最大引張力は座金付2つの平均では9、4 tであり、実効断面305 mm²に引張強さ38.6 Kg/mm²をかけた118 tの80%であつて、断面積に耐荷力31.0 Kg/mm²をかけたものと一致する。切断時までの伸び量は35%程度であるがこれはほとんど継手のずれと穴の拡大によるものと思われる。またすべる前の伸び率は1.0~1.5 mm/tであるが、これは全体の弾性伸びを考えた場合の0.1 mm/tとは大きく異なっている。

4. 材料試験

これは供試体の引張強度の資料を得るためにビームの曲げ実験に先立つて古河アルミニウム工業日光工場にて行なわれたものである。

(1) 供試体

ビーム曲げ実験に使用されたビームの一部分よりとられた試験片3個づつを使用した。

試験片の大きさは25 mm×500 mmである。

(2) 実験方法

引張試験機による通常の引張試験である。

(3) 実験結果

結果を表-8に示す。各材とも規格値を越えている。

S 1 5 2-2.3、S 1 7 0-3.2の降伏点応力が特に高い。また、当然のことながら、アルミ材の伸びは板厚の増加に従つて相当変化している。またこの試験におけるアルミ材と銅材の典型的な応力— 曲線を図—8に示す。この他に支柱材の一部について同様の試験が行なわれたが、その結果を表—9にあげる。

5. ビーム曲げ実験

これはビームの曲げ剛性を調べるために、古河電気工業中央研究所にて行つたものである。

(1) 供 試 体

衝突実験に使用したビームの内、変形のみられなかつた端部のビームを使用した。

(2) 実験 方 法

図—9に示すように2点支持のビームの中央に荷重をかけ、たわみ、巾と 肩の変化、中央の歪を測定した。同種供試体について2回づつの実験を行つたが歪の測定はその内1回のみ行つた。なお、スパンは大部分は280 cmであつたが、一部100 cmを行い、その内一部は支持条件をかえた。

(3) 実 験 結 果

実験結果のまとめを表—10に示す。また、中央のたわみと荷重との関係を図—10に示す。

全体的にアルミビームが剛性の小さいこと、支持を中央のみにするとすべての点で大きく剛性が低下することが認められる。

6. ガードレール横引張り実験

これはガードレールの総合的な静的挙動を調べるために、衝突実験の終了後、衝突実験に使用したガードレールによつて行つたものである。

(1) 供 試 体

衝突実験の終了したガードレールをそのまま使用した。供試部分に変化の少ないスパン2を中心とした部分である。

(2) 実 験 方 法

スパン2の中央を横方向に引張り、載荷点および両側の支柱のビーム中心部の高さでの横方向変位を調べた。載荷には10cm角の角材を使用した。

(3) 実 験 結 果

スパン中央、両側支柱の変位、およびその差(ビームの変形分)と荷重との関係を図-11、12、13に示した。なお、線の端は必ずしも最大荷重ではなく、アンカーの移動、安全性の考慮から途中で打切つたものが多い。また、図中の直線的な部分より、荷重1t当りの値を計算したものを表-11に示す。

図および表より、支柱の埋込み部の土の固さがかなり変動していることがわかる。また、この支柱の変位-力関係は先の支柱のみの実験とはかなり異なっている。

支柱が平地に建てられていること以上に土の性質の違いが大きい。支柱がの太さ、埋込み深さの影響も土の変化に消されている。

ビームの変形量は当然のことながら先のビーム曲げ実験と似た傾向を示している。

§ 3. 実車衝突実験

実車衝突実験は1967年9月より12月にわたつて土木研究所千葉支所構内にて行われたもので、その供試体実験条件、結果については表-12に概略をまとめてある。また、ビーム、支柱の呼び方については図-14に示す。

1. 供試体

(1) 部材

供試体は§1-3にのべたビームと支柱の組合せによるものである。鋼ガードレールは「防護柵設置要綱」種別BおよびC規格のもの、アルミガードレールは、これらに相当すると思われるものである。

(2) 建込み条件

① 土質

実験場の土質は関東ロームであるが、大部分が試験道路として使用されていたため、一般に防護柵が設置される場所に比べ、土の支持力はかなり上まわるものと思われる。

支柱横引張り実験用盛土上での支柱の横引張り実験の結果と実験場でのガードレール横引張り実験の結果はかなり異なる。

しかし、静的実験、衝突実験の結果からすると実験を重ねるに従つて土が乱され、支持力は低下していつたと思われる。特に支柱の大きく動いた部分はこの傾向が大きいであろう。

② 法肩よりの距離

初期のシリーズでは、実験場の地形および過去の実験例との関係上、平地での設置すなわち法肩よりの距離は無限大の地点への設置を行つたが、中間では実際の設置の傾向にあわせるため、変位の大きい支柱(P6、P7、P8、P9)の後方に穴を掘り、法面を作

つて設置を行つた。

㊦ 支柱の埋込み深さ

最も一般的に使用されている 1.30 m (種別 B)、1.20 m (種別 C) をとつた。

㊧ 支柱埋込み方法

法肩よりの距離無限大の場合にはオーガーで掘つた直径 20 cm の穴へ支柱をさしこみ、まわりに土をつめ、棒でついてかためた。法肩よりの距離 60 cm では直径 1 m 弱の穴をほり、支柱をさしこみ、砂利を含んだ土をつめ、タコでついてかためた。これは後者では先の実験によるくずれが大きいためである。

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棚実験施設である。これは、自動車 (クライスラー 1955 年型、180 馬力) を改造したウインチおよび後押し車によつて衝突車を加速するもので、加速距離は 200 m、加速中の方向誘導は衝突車に取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つてなされる。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

実験に使用された車は 4 台で、 $\pi 13$ 、 $\pi 16$ が Toyota DA115、その他が日産 UG680 であり、どちらも 6 トン積みの大型トラックである。積荷には土のうと土を使つた。総重量は 8.8 トンから 11.7 トンの間であつた。

ハンドルは固定およびフリーの両方で実験を行つた。

ハンドル固定とは、ハンドルをビニール電線で窓わくと結んだものである。

(3) 衝突条件

衝突角はすべて20度とした。これは実験としては、実際の衝突例の平均より苛酷な条件とすべきことと、実験施設の能力上角度の自由度が小さいこと、実験の目的が比較にあつたこと等が主な理由である。

衝突速度は28 km/h から50 km/hであつた。

ガードレール直角方向のエネルギーは3.6 t mから10.0 t mであり「防護柵設置要綱」の種別B、Cの荷重条件9.2 t mと4.6 t mの前後にまたがっている。

3. 測定方法

測定は、写真計測、電気計測等を行つた

(1) 写真計測

衝突地点上方10 mより、ミリケンDBM4A(400コマ/秒)による撮影を行つた。これより、ガードレールの延長上、横方向、斜め後方よりの写真撮影をベルハウエル70DR(64コマ/秒)、ボレツクスH16(64コマ/秒)、日立M16(200コマ/秒)によつて行い車およびガードレールの挙動を調べた。

(2) 電気計測

ビームおよび支柱の歪計測を行い、ビームに働く引張力、曲げモーメント、支柱に働く曲げモーメントを調べた。測定箇所は、ビームの中央圧縮側、引張側(B5、B6、B7)、ビームの中立軸(B3、B4、B8、B9)支柱のガードレール直角方向引張側、圧縮側(P5、P6、P7、P8)ガードレール直角方向引張側、圧縮側(P3~P10)である。

(3) その他

衝突車の重量、衝突速度、軌跡、およびガードレールの全体的、部分的残留変形を調べた。

4. 実験結果

実験結果の概略は表-12にまとめられているが、その詳細を実験別測定項目別にわけてのべる。

(1) 実験別衝突経過

㊦ 実験1、(9月8日)

車はP6の手前でガードレールを乗り越えた。B5はコルゲーションが完全にこわれ、車輪の形にそつて変形し、車輪(右前輪)がはいあがるに適した斜面を作つてしまつた。乗り越えた時P6は45程度傾きビームはほぼ水平となり右前輪は地上30~40cm程度もちあがつた。前輪がのりこした段階ではビームの切断はおきておらず、支柱も折れ曲つてはいなかつた。

この後、後輪が前輪の軌跡をたどつてビームおよび支柱をふみつけた時にビームの切断支柱の折れ曲りが生じた。車は横方向にほとんど抵抗を受けなかつたため、直進した。

㊧ 実験2(9月9日)

車はうまく方向転換した後約10度の離脱角でガードレールを離れた。しかし、前離がP8を通過する時に、前後輪がP7、P8とより強い力をうけ、車は大きくガードレール側に傾いた。左前輪は50cm程度浮き上がった。

㊨ 実験3(9月11日)

P7の手前でコルゲーションがこわれビームが大きくくぼみ(ボケ

ッテング) 右前輪は P 7 に直接正面衝突し、停止した。

㊦ 実験 4 (9 月 1 6 日)

P 7 の手前でボケッティングがおこり、ビームが切断し、右前輪がガードレールを横断した。しかし、左前輪は横断をおこさず車は、ガードレールをまたいだまま進行した。

㊦ 実験 5 (9 月 1 8 日)

実験 4 とほぼ同じ経過をたどつた。全実験中、ビームの切断が車のガードレール横断前におこつたのは、この 2 つの実験のみである。

㊦ 実験 6 (9 月 2 3 日)

車はうまく方向転換した後、ガードレールに接したまま進行した。右前輪は P 6 ではビームに平行だったが、P 7、P 8 では少し右に切れた。ビームに少し切りかき傷がついた。

㊦ 実験 7 (9 月 2 5 日)

車はうまく方向転換したが、その後大きく傾いた (3 0 度以上) 。左後輪は 1 m 以上浮き上つた。しかし転倒には至らずそのままガードレールに接して進行した。

車は接して進行中ビームに傷をつけながら強く摩さつをおこし進行方向にガードレールを強く引張つたために全支柱が車の進行方向に大きく傾いた。P 7、P 8、P 9 においてビームと支柱が離れた。これは後輪の通過時に生じたもので車の誘導には影響はなかつた。

㊦ 実験 8 (10月5日)

車はうまく方向転換した後ガードレールに接したまま進行した。右前輪もビームと平行であつた。ガードレールの変形も非常になめらかであり、車輪もビームと平行を保ち続けた。

㊧ 実験 9 (10月6日)

実験 8 とほぼ同じ経過をたどつた。

㊨ 実験 10 (10月11日)

車は方向転換したが、ビームが P 7、P 8 よりはずれ車輪がビームの下にもぐり直接 P 7、P 8 に衝突した。

そのため前輪がシャーシよりはずれ、車はガードレールに引つかつたまま停止した。P 7 と P 8 の支柱とビームのはずれはボルトの切断でなくボルト穴の破壊が原因である。

㊩ 実験 11 (10月12日)

右前輪が P 6 を過ぎる際大きく右に切れ、ほぼビームと直角になりそのまま B 6 をすべり、P 7 に衝突し、前輪懸架部が破壊した。

停止時には右前輪は B 7 をのりこしかけた位置にあり、車体の前部はガードレールの上のりあげた形にあつた。

㊪ 実験 12 (10月13日)

右前輪が実験 11 と同様 P 6 にて大きく右に切れ、それに加え P 6 にてビームが支柱よりはずれ P 7 の手前でビームの下にぐいこみ、P 7 に直接衝突し、車は停止した。前輪は実験 11 ほど大きくはないが離脱した。

㊦ 実験 13 (10月15日)

車はうまく方向転換した後、ガードレールに接しながら進行した。
右前輪もビームに平行を維持し続けた。

㊧ 実験 14 (10月16日)

P7の手前で右前輪がビームをのぼり始めP7を過ぎた後乗り越えた。車はその後も方向転換し続け、再びガードレールを乗り越し、車道側に復帰した。後輪の通過によつてビームが切断された。

㊨ 実験 15 (10月17日)

車は方向転換したが、転換が激しすぎ、P7の付近で左車輪が浮き上がり始め、方向を車道側に変えながら右側を下にして横転した。車体の後部はガードレールの上のりかかつており、ガードレールとは約60度の角度であつた。

㊩ 実験 16 (11月17日)

車はB6の中央部にて実験1と同じような経過でガードレールを乗り越し直進した。

㊪ 実験 17 (11月24日)

車は方向転換したが、離脱角は約30度と大きく、その後も方向を変えつづけ、ガードレールと70度程度の角度で反対側の路側より逸脱した。右前輪がP6とP7の手前で少しビーム面を登りかけたが、乗り越しには至なかつた。

② 実験18(12月1日)

実験17とほぼ同様の経過をたどつたが、離脱角は約25度で支柱の倒れほどビーム面はかたむかなかつた。

ガードレールを離れた後は直進した。

② 実験19(12月7日)

コルゲーションのつぶれはあまりなかつたにもかかわらずP6の倒れが大きかつたため、ビームも大きく傾きB6の中央で右前輪1と同様な経過でビームを乗りこしたが、車の方向がかなりかわつた後であつたため、左前後輪はビームをのりこさず、方向転換をつづけ、少し車道側をむきながらガードレールをまたいで進行した。後輪がふみつけたにもかかわらずビームの切断は生じなかつた。

(2) 測定項目別結果

④ 衝突車の軌跡

衝突車の後輪の軌跡を図15-17に示す。

⑥ ガードレール残留変形

ガードレールの残留変形を図18~19に示す。

⑦ 支柱残留傾き

支柱の残留傾きを表13、14に示す。

⑧ 支柱基部残留変位

支柱基部の残留変位を表15、16に示す。

ホ ④ 支柱のビーム取付穴部残留変位

○および◎より計算した支柱のビーム取付穴部の残留変位を表1718に示す。

⑤ 継手残留ずれ

継手の残留ずれを表-19に示す。

⑥ 衝突車の速度の変化

頭上よりの写真にて測定した衝突車の速度の変化を図-20に示す。これは、ボンネット上および運転席屋根上のマークの動きより計算したものであるため、正確は車の重心の速度ではない。X方向はほとんど差はないが、Y方向には車が向きを変える時に多少差がでてくる。

⑦ ガードレールの変形の時間的变化

頭上よりの写真にて測定したガードレールの変形の時間的变化を図-21に示す。

⑧ 支柱に働く曲げモーメント

支柱基部の歪の測定値より計算した支柱の曲げモーメントを図-22~29に示す。しかし、これは弾性変形を仮定しての計算であつて外径114.3mmのものについては1.5 t m程度以上、139.8mmのものについては3 t m程度以上の値は信頼できない。

歪の測定点はビーム取付穴より70 cm下であるので、このモーメントを0.7 mで割れば支柱の横引張力となる。しかし、車が衝突している支柱では、着力点がビーム取付穴より下となるため、力はその値より大きい。

⊗ ビームに働く引張力

ビームの歪の測定値より計算したビームに働く引張力を図 2 2 ~ 2 9 に示す。B 3、B 4、B 8、B 9 は中立軸の歪より、B 5、B 6、B 7 は圧縮側、引張側の歪より弾性変形を仮定して計算してあるため、車が衝突して、大きな変形をおこしたビームについての値は信頼できない。

§ 4. 考察及び結論

(1) 支柱について

コークリート中での A ℓ 1 1 4 - 4.5 と S ℓ 1 1 4 - 4.5 の横引張実験では前者が 3.2 ~ 3.5 t 後者が 3.3 ~ 3.8 t の最大支持力を示し、その時のたわみは 50 ~ 100 mm であり、ほとんど差がないと言える。それに加え実際に土中に設置した場合には、埋込み深さ 1.4 m 以下ならば 3 t 以下で土の方が負けると思われるため、これだけの耐荷力があれば十分であろう。

衝突実験においても、支持の折れ曲りは後輪にふみつけられた場合にのみあらわれるだけであつた。これは、アルミの支柱の場合にも、鋼支柱の場合にも、直径が 114.3 mm の場合にも、139.8 mm の場合にも同様であり、今回の実験ではアルミ支柱と鋼支柱と鋼支柱の間に差はみられなかつたといえる。

(2) ビームについて

本衝突実験シリーズ中ビームの切断が車のガードレール横断の原因となつたと思われるのは A ℓ 7 0 - 3.2 の実験のみである。また、A ℓ 7 0 - 3.2 はガードレール横引張実験においても 1.2 t の荷重で割れ目が入っており、ビーム材として不適当と思われる。このビーム材は他のアルミビームと材質が異なっており（引張強度は大きい伸びが小さい）材質的に問題があると思われる。

A ℓ 9 3 - 2.3 の 2 回の実験は、1 回は乗越し、1 回はポケットイングであつた。両者ともコルゲーションの破壊が他のビームに比べて特に大きく、前輪の通過段階でも支柱付近では完全に平板になつたり、車輪の形に變形したりしている。このため、乗りこし、ポケットイングが生じやすい状態になつた。また、ガードレール横引張実験においても、

0.88 t、1.03 tにてへこみを生じており、コルゲーションと厚みの関係が不適当と思われる。

A 450-B 0 は最も多数回の実験が行われたビーム材であるが、車をうまく転向させたのが2回、ボケツティングを生じたのが2回、乗越しをおこしたのが2回と多種の結果を生じた。しかし、乗越しの2回は種別しの規格荷重を越えたものであることを考えれば、規格荷重のもとでは車の路外逸脱は防ぎえるものと考えられるが、S 152-2.3ほどの安定性はみられなかつた。このことに衝突車側の欠かんも関連しているかどうかが問題点として残る。

A 493-3.4での実験は、低荷重では非常にうまくいったが、A 493-3.4のビーム曲げ実験での結果がS 170-3.2に対応するものである以上当然である。

種別B規格に近づけた実験では衝突車に大きな被害を与えたが、使用した車が5回使用された後であることから、この断面については再検討の必要があると思われる。

(3) 衝突車について

本実験シリーズにおいて使用された衝突車は4台であつて、その内の一台は過去に実験に使用したものであり(衝突車番号3)、他も中古車である。実験数が19回であるので当然同一車を数回づつ使用することになつたが、修理をしたとはいえ実験のたびごとに実験車に欠かんが積重なつていくことはやむおえず、それがある程度実験の結果に影響を与えている可能性がある。特に問題となるのは前輪のパネをとめているブラケットボルトであつて、これが破壊されると、カジ取り機構の關係上前輪がガードレール側を向くことになる。

前輪が常に大むね正常な方向を向いていたのは実験6、8、9、13、17、18でありこれらはすべて良好な方向転換を示している。もちろん

んビームが優れた誘導性をもつものならば問題はないが、ビーム断面の限界に近いようなものでは、車輪が支柱を通過する際にある程度の衝撃を受けざるを得ないため、比較時の支障となる。

(4) ガードレール全般について

本実験で、ビーム材が強度的に問題となつたのはA 670-3.2 だけである。他の乗越し例ではビームの切断は乗越し後におこっている。このため、ビーム材の適否を定める基準は、車を支柱から支柱へいかにうまく誘導するか、又支柱を通過させる際にいかに衝撃を少なく通過させるかであると思われる。そのためには、コルゲーションを厚みとの関係を適正にし、できうるだけ大きなコルゲーションをとることが望ましい。これと経済性との比較がガードフェンのビームとしての有効性の判断基準であると思われる。

あ　と　が　き

実験結果の解析が遅れたため、考察に数量的な記述を十分に行えなかつた。そのため、明確な結論を引き出すに致らなかつたが、今後、ガードレールの一般的な研究の中において、この結果を生かし、アルミガードレールの位置付けを行いたい。

表 - 1 アルミニウムと鉄の比較

	比 重	ヤング率 Kg/mm^2	剛性率 Kg/mm^2	摘 要
アルミニウム	2.7	7 2 0 0	2 7 0 0	(99%・硬引)
鉄	7.85	21 5 0 0	8 3 0 0	(炭素を含む、伸強したもの)

(土木工学ハンドブックより)

表 - 2 材料の機械的性質 (J I S)

	引 張 試 験			曲 げ 試 験		ヘン平試験
	引張強さ (Kg/mm^2)	降伏点又は 耐力(Kg/mm^2)	伸 び (%)	曲げ角度	内側半径	平板間の 距 離
A2P7- $\frac{1}{4}$ H	31以上	23以上	10以上	180°	厚さの2倍	
SS41	40~50	23以上	20以上 (1号)	180°	厚さの1.5倍	
A2T4-T6	27以上	24以上	8以上			0.75D
STK41	41以上	24以上	23以上 (11号12号)		90° $\frac{6}{5}D$ (外径5cm)	$\frac{3}{8}D$

表 - 3 ALGOA での試験値

	抗 張 性			カタサ	セン断	係 数
	引張強さ (Kg/mm^2)	耐 力 (Kg/mm^2)	伸び (%)	ブリネル	セン断強度 (Kg/mm^2)	弾 性 率 (Kg/mm^2)
5083-H32	33.0	25.3	10	84	120	7242
5083-H34	36.6	28.8	8	92	211	7242
6061-T6	31.6	28.1	12	95	211	7031

(1.6mm厚) (500/10)

(JIS非鉄より)

表-4 過去の実験

	レール材質	レール厚	コルゲーション等	支柱材質	支柱形状	支柱間隔	レール高
1		3.2 鋼		銅	$\frac{cm}{15} \times \frac{cm}{10} \times I$	3.8 m	6.9 cm
2		3.2		"	"	"	"
3		3.2		"	"	"	"
4		3.2		"	"	"	"
5	2024-T3	4.0	プロツクアウト	木	20×20	1.9	6.1
6	"	3.2	ダブル	"	"	"	7.6
7	"	4.0	"	"	"	"	"
8		3.0		銅	14cm I	4.0	6.5
9		3.0		"	14cm I	2.0	6.5
10	Al ZnMg1F32	4.5	ダブル	"	12cm I	4.0	7.5
11	"	4.5	"	"	12cm I	4.0	7.5
12	63ST5	4.1	58	61ST6	8cm I	3.0	6.0
13	61ST6	3.5	93	ASTST6	∅112円管	3.8	7.8
14	"	"	"	"	"	"	"
15	"	"	"	"	"	"	"

* H.R.B. HIGHWAY GUARDRAILS A REVIEW OF CURRENT
PPACTICE より

** 土研資料第62号, 第127号より

表-4 続き

	レール材質	衝突車重量	衝突速度 km/h	衝突角 度	レール直角 方向エネルギー	結 果	実験年	実験場所
1		1.57 t	90	15度	3.4	良 好		アメリカ*
2		1.43	97	15	3.6	"		(ライノプス社)
3		1.46	97	15	3.6	"		"
4		1.46	87	15	2.9	"		"
5	2024-T3	2.08	97	25	13.8	ポケットイング	1964	カリフォルニア*
6	"	2.08	108	25	17.1	突破転倒	"	"
7	"	2.08	108	25	17.1	良 好	"	"
8		1.27	約100	15	3.3	"	1962	ドイツ*
9		1.27	85	30	9.0	ビーム破断	1962	"
10	Al ZnMg IF32	約12	約75	15	17.8	良 好	1964	"
11	"	約12	約75	20	30.8	乗越え	1964	"
12	63 ST5	5.98	36	15	2.0	良 好	1965	日本**
13	61 ST6	9.44	26	"	1.7	"	"	(土研)
14	"	5.98	32	"	1.6	"	"	"
15	"	9.44	33	"	2.7	"	"	"

表-5 供 試 ビ ー ム

略 号	厚さmm	コルゲーションmm	断面積 (cm ²)	断面二次 モーメント (cm ⁴)	材 質	供試実験	備 考
Al93-2.3	2.3	93	12.6	112.5	A2P7-1/4H	1. 3	
Al93-3.0	3.0	93	16.4	146.7	"	6	
Al93-3.4	3.4	93	18.5	166.3	"	8. 9. 10	
Al93-4.4	4.4	93	23.4	215.2	"	7	
Al70-3.2	3.2	70	14.9	78.7	5083H34	4. 5	
Al50-3.0	3.0	50	12.1	28.5	A2P7-1/4H	11. 12. 13. 14. 16. 17.	
St52-2.3	2.3	52	9.2	34.8	SS41	2. 18	種別C用
St70-3.2	3.2	70	14.9	78.2	"	15. 19	種別C用

表-6 供 試 支 柱

略 号	厚さmm	外 径mm	断面積 (cm ²)	断面二次 モーメント (cm ⁴)	材 質	供試実験	備 考
Al114-4.5	4.5	114.3	15.5	234.3	A2T4-T6	1	
Al114-4.6	4.6	114.3	15.9	238.9	"	11. 12. 13. 14. 16. 17	
Al139-4.5	4.5	139.8	19.1	438.2	"	4. 6. 10.	
Al130-5.0	5.0	130.0	19.6	384.1	"	7. 8. 9.	
St114-4.5	4.5	114.3	15.5	234.3	STK41	2. 3. 18.	種別C用
St139-4.5	4.5	139.8	19.1	438.2	STK41	5. 15. 19.	種別C用

表-7 支柱横引張り実験(土中)

試験シリーズ	路肩よりの距離(cm)	埋込み深さ(cm)	含水比深さ0.5m(%)	含水比深さ1.0m(%)	最大荷重(Kg)	K($\frac{Kg}{cm}$)	回転中心(cm)
1	0	140	95.9	106.7	325	4.0	97
	160	120	96.2	97.3	2775	32.2	79
	160	100	85.5	93.1	1457	13.2	73
	160	80	82.9	91.0	565	5.6	47
2	0	140	90.1	95.7	1020	11.1	99
	80	120	79.8	89.7	1500	14.0	84
	80	100	82.5	93.8	690	7.7	45
	80	80	81.4	92.3	266	2.5	67
3	0	140	91.2	93.4	792	5.6	104
	40	120	88.1	92.4	1074	11.6	88
	40	100	79.8	90.0	267	3.5	87
	40	80	79.6	80.7	125	5.7	69

表-8 ビーム材強度試験

供試体	引張強さ (Kg/cm^2)	耐力又は降伏点応力 (Kg/cm^2)	伸び (%)
Al93-2.3	34.9	25.2	13.9
Al93-3.0	36.4	27.9	14.2
Al93-3.4	33.7	24.4	16.6
Al93-4.4	33.9	25.0	19.9
Al70-3.2	35.8	28.0	15.4
Al50-3.0	36.6	28.3	13.3
St52-2.3	47.5	36.7	29.3
St70-3.2	48.6	42.9	32.3

表-9 支柱材強度試験

供試体	引張強さ (Kg/cm^2)	耐力($\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$)	伸び (%)	備考
Al114-4.5	32.1	28.2	15.0	
Al139-4.5	31.9		15	

表-10 ビーμ曲げ実験

供試体	スパン	支持方法	最大荷重平均	たわみ			
				中 央		1/4 点 平 均	
				率 [*] mm/t	最大時 ^{**} mm	率 [*] mm/t	最大時 ^{**} mm
Al93-2.3	280	全 面	1.05	60.6	90	44.0	59
Al93-3.0	"	"	1.56	47.2	117	32.8	77
Al93-3.4	"	"	1.94	40.2	127	28.3	82
Al93-4.4	"	"	2.52	30.7	146	21.2	91
Al70-3.2	"	"	1.16	88.5	156	62.4	111
Al50-3.0	"	"	0.57	204.2	171	43.3	112
St70-3.2	"	"	1.77	29.6	90	20.6	57
St52-2.3	"	中央のみ	0.62	71.8	79	49.3	51
Al93-2.3	100	全 面	2.76	6.4	21	5.4	15
Al93-2.3	"	中央のみ	1.39	4.7	10	3.9	7
Al93-3.0	"	全 面	4.65	2.9	25	2.1	16
Al93-3.0	"	中央のみ	2.60	3.7	12	3.0	9

* 率とは荷重1tあたりの値、ただし、最大荷重の半分に達するまでの変化よりとつた。

** 最大荷重に達した直後の値

その他の説明に関しては図-9参照

表-10 脱き

供 試 体	梁 背 変 化				巾 変 化	
	D		E			
	率 $\frac{mm}{t}$ *	最大時 $\frac{mm}{mm}$ **	率 $\frac{mm}{t}$ *	最大時 $\frac{mm}{mm}$ **	率 $\frac{mm}{t}$ *	最大時 $\frac{mm}{mm}$ **
Al93-2.3	-2.7	-7	-1.9	-8	9.6	40
Al93-3.0	-2.6	-7	-2.7	-9	6.0	40
Al93-3.4	-0.4	-7	-0.8	-7	3.4	35
Al93-4.4	-0.4	-5	-0.8	-7	0.8	32
Al70-3.2	-0.4	-6	-1.9	-7	4.1	26
Al50-3.0	-2.9	-4	-1.4	-5	4.8	13
St70-3.2	-1.0	-1	-0.8	-4	0.1	10
St52-2.3	+7.8	+7	-3.7	-7	4.4	6
Al93-2.3	-3.2	-19	-1.2	-16	11.2	-66
Al93-2.3	+12.0	+21	-17.0	-53	-9.9	-47
Al93-3.0	-1.3	-17	-0.9	-15	5.5	62
Al93-3.0	+5.8	+20	-7.9	-42	-4.1	26

表-10 続き

供 試 体	歪			
	引 張 側		圧 縮 側 平 均	
	率 μ/t *	最大時 μ **	率 μ/t *	最大時 μ **
Al93-2.3	3290	6120	3390	6420
Al93-3.0	2750	8800	2720	10040
Al93-3.4	2310	11100	2230	10890
Al93-4.4	1960	15180	1880	14300
Al70-3.2	3620	6950	3720	7910
Al50-3.0	6070	5250	6080	6120
St70-3.2	1320	8980	1200	7970
St52-2.3	2750	3370	1780	1670
Al93-2.3	-	-	-	-
Al93-2.3	-	-	-	-
Al93-3.0	-	-	-	-
Al93-3.0	-	-	-	-

表-11 ガードレール横引張り実験

実験番号*	供試ビーム	供試支柱	中央部変位率	支柱部変位率平均	$\frac{cm}{t}$ ビーム変型率
1	Al93-2.3	Al114-4.5	14.5	5.3	9.2
2	St52-2.3	St114-4.5	14.1	4.6	9.5
3	Al93-2.3	St114-4.5	14.5	5.9	8.6
4	Al70-3.2	Al139-4.5	24.3	9.3	15.0
5	Al70-3.2	St139-4.5	21.9	7.3	14.6
6	Al93-3.0	Al139-4.5	17.3	9.6	7.7
7	Al93-4.4	Al130-5.0	14.5	8.9	5.6
8	Al93-3.4	Al130-5.0	12.4	6.1	6.3
	Al50-3.0	Al114-4.6	23.7	3.9	19.8

* 衝突実験の実験番号

表 - 11 続き

実験番号*	(t) 荷重範囲	(t) 計算の荷重範囲	備 考
1	<0.875	<0.5	0.875 t にてへこみが生じた。
2	<0.70	<0.5	
3	<1.03	<0.5	1.03 t にてへこみが生じた。
4	<1.20	<1.0	
5	<1.20	<1.0	1.2 t にて切れ目が入った。
6	<1.375	<1.0	
7	<2.20	<2.0	
8	<1.30	<1.5	
	<1.00	<1.0	

表-12 実 験 ま と め

実 験 番 号		1	2	3	4
供 試 体	実 験 月 日	9月8日	9月9日	9月11日	9月16日
	ビーム材	AL 93-23	St 52-23	AL 93-23	AL 70-3.2
	支柱材	AL 114-4.5	St 114-4.5	St 114-4.5	AL 139-4.5
	支柱埋込み深さ (m)	1.25	1.20	1.20	1.30
	斜面までの距離 (m)	∞	∞	∞	∞
実 験 車	使用車番号	1	2	1	2
	重 量 (t)	9.8	10.2	9.8	11.0
	速 度 (km/h)	33	32	30	36
	フエンス直角方向エネルギー (tm)	4.9	4.9	4.1	6.5
	ハ ン ド ル	固 定	固 定	フ リー	固 定
結 果	最大残留変位 (m)	-	0.72	0.54	-
	右後輪最大進入行程 (m)	-	0.31	0.35(前輪)	1.34
	支柱5基部x方向残留変位 (mm)	37	47	45	60
	コルゲーションのつぶれ	特 に 大	少	特 に 大	大
	ビームの切断	有	無	無	有
	車の横断	有	無	無	有(片輪)
	車の最終位置	コンクリート壁に 衝突	土のうに衝突	P7手前	P11手前
	車の損傷	ほとんどなし	右前輪フラケット ボルト切断	右前輪フラケット ボルト切断	ほとんどなし
	修 理 費 (千円)	13	12	19	8

表-12 続き

実 験 番 号		5	6	7	8
供 試 体	実 験 月 日	9月18日	9月23日	9月25日	10月5日
	ビ ム 材	AL70-3.2	AL93-3.0	AL93-4.4	AL93-3.4
	支 柱 材	St139-4.5	AL139-4.5	AL130-5.0	AL130-5.0
	支柱埋込み深さ (m)	1.30	1.30	1.30	1.35
	斜面までの距離 (m)	∞	0.4	0.6	0.6
実 験 車	使 用 車 番 号	2	1	1	2
	重 量 (t)	11.7	10.4	10.3	10.5
	速 度 (km/h)	43	28	46	33
	フェンス直角方向エネルギー (t·m)	9.8	3.9	9.9	5.2
	ハ ン ド ル	固 定	フリー	フリー	フリー
結 果	最大残留変位 (m)	-	0.75	-	0.95
	右後輪最大進入行程 (m)	1.47	0.42	0.95	0.71
	支柱5基部 $\times$ 方向残留変位 (mm)	69	65	198	52
	コルゲーションのつぶれ	大	少	少	少
	ビームの切断	有	無	無	無
	車の横折	有(片輪)	無	無	無
	車の最終位置	P10手前	P9手前	P11手前	P11手前
	車の損傷	前輪懸架部大破	ほとんどなし	ほとんどなし	ほとんどなし
修 理 費 (円)		64	5	11	4

表-12 続き

	実 験 番 号	9	10	11	12
供 試 体	実 験 月 日	10月6日	10月11日	10月12日	10月13日
	ビ ム 材	AL93-3.4	AL93-3.4	AL50-3.0	AL50-3.0
	支 柱 材	AL130-5.0	AL139-4.5	AL114-4.6	AL114-4.6
	支柱埋込み深さ (m)	1.35	1.30	1.20	1.20
	斜面までの距離 (m)	0.6	0.6	0.6	0.6
実 験 車	使 用 車 番 号	2	2	1	3
	重 量 (t)	10.1	10.3	9.9	10.0
	速 度 (km/h)	32	40	30	28
	フェンス直角方向エネルギー (tm)	4.7	7.5	4.1	3.6
	ハ ン ド ル	フリー	フリー	フリー	フリー
結 果	最大残留変位 (m)	0.57	-	-	1.22
	右後輪最大進入行程 (m)	0.34	0.98	2.29 (前輪)	0.91 (前輪)
	支柱5基部x方向残留変位 (mm)	75	62	100	94
	コルゲーションのつぶれ	少	少	やや大	やや大
	ビームの切断	無	無	無	無
	車の横断	無	無	無	無
	車の最終位置	P11手前	P10手前	P8手前	P7手前
	車の損傷	右前輪ブラケット ボルト切断	前輪離脱	右前輪離脱	右前輪離脱
	修理費 (千円)	2	7	修理せず	74

表- 12 続き

	実 験 番 号	13	14	15	16
供 試 体	実 験 月 日	10月15日	10月16日	10月17日	11月17日
	ビーム材	AL50-3.0	AL50-3.0	St70-3.2	AL50-3.0
	支 柱 材	AL114-4.6	AL114-4.6	St139-4.5	AL114-4.6
	支柱埋込み深さ (m)	1.20	1.20	1.30	1.20
	斜面までの距離 (m)	0.6	0.6	0.6	∞
実 験 車	使 用 車 番 号	4	4	2	4
	重 量 (t)	9.5	9.6	9.7	11.0
	速 度 (km/h)	31	35	44	34
	フェンス直角方向エネルギー (Jm)	4.2	5.4	8.5	5.8
	ハン ド ル	フリー	フリー	フリー	固 定
結 果	最大残留変位 (m)	0.76	-	1.05	-
	右後輪最大進入行程 (m)	0.55	0.93	0.87	-
	支柱5基部x方向残留変位 (mm)	49	70	105	49
	コルゲーションのつぶれ	少	大	部分的に大	大
	ビームの切 断	無	有	無	有
	車 の 横 断	無	有 (片輪)	無	有
	車 の 最 終 位 置	P11手前	土のうに衝突	P9手 前	コンクリート壁に 衝 突
	車 の 損 傷	ほとんどなし	エンジン下部 損 傷	前輪軸曲り	
	修 理 費 (千円)	5	22	64	

表 - 12 続き

	実 験 番 号	17	18	19
供 試 体	実 験 月 日	11月24日	12月1日	12月7日
	ビ ム 材	AL50-3.0	St52-23	St70-32
	支 柱 材	AL114-4.6	St114-4.5	St139-4.5
	支柱埋込み深さ (m)	1.20	1.20	1.30
	斜面までの距離 (m)	0.6	0.6	∞
実 験 車	使 用 車 番 号	2	3	3
	重 量 (t)	10.3	9.3	8.8
	速 度 (km/h)	29.5	31	50
	フェンス直角方向エネルギー (t·m)	4.1	4.1	10.0
	ハ ン ド ル	フリー	フリー	固 定
結 果	最大残留変位 (m)	1.42	1.35	1.22
	右後輪最大進行程 (m)	1.22	0.94	-
	支柱5基部x方向残留変位 (mm)	117	85	170
	コルゲーションのつぶれ	少	少	やや大
	ビ ム の 切 断	無	無	無
	車 の 横 断	無	無	有 (片輪)
	車 の 最 終 位 置	進行方向に直角	土のうに衝突	P11手前
	車 の 損 傷	ほとんどなし	ほとんどなし	
	修 理 費 (千円)			

表-13 支柱残留傾き ($\tan \theta$) x方向

実験 番号 ポスト	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P 1	0.02	0.04	0.05	0.04	0.05	0.02	0.18	0.06	0.03	0.04
2	0.03	0.03	0.06	0.07	0.06	0.03	0.16	0.05	0.04	0.03
3	0.03	0.03	0.04	0.01	0.07	0.03	0.18	0.04	0.03	0.06
4	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.04	0.17	0.05	0.04	0.08
5	0.03	0.04	0.04	0	0.08	0.05	0.16	0.02	0.04	0.04
6	-	0.08	0.07	0	0.04	0.07	0.22	0.04	0.05	0.05
7	-	0.08	-0.01	-	-	0.04	-	0.03	0.13	-
8	-	-0.02	-0.03	-	-	0	-	0	0.03	-
9	-	-0.01	0	-	-	0.01	-	-0.01	-0.01	-0.10
10	-	-0.01	-0.01	-	-	0	-	0	0.03	-0.07
11	-	0.04	0	-	-	0.01	0.16	0	0.02	-0.06

表-13 続き

実験 番号 ポスト	11	12	13	14	15	16	17	18	19
P 1	0.10	0.10	0.07	0.07	0.10	-	0.12	0.08	0.12
2	0.10	0.10	0.07	0.07	0.10	-	0.13	0.09	0.13
3	0.10	0.11	0.08	0.08	0.10	-	0.12	0.08	0.14
4	0.12	0.12	0.06	0.07	0.10	-	0.13	0.09	0.15
5	0.10	0.12	0.06	0.06	0.14	-	0.15	0.09	0.15
6	0.13	0.17	0.08	0.03	0.16	-	-	0.16	0.13
7	-	-	0.01	-0.04	0.06	-	-	-	0.08
8	0.02	-0.05	0.01	-	-	-	-	-	0.11
9	-0.06	-0.06	-0.01	-	-	-	-0.08	-0.06	0.01
10	-0.07	-0.06	0.04	0.09	-0.01	-	-0.08	-0.07	0.05
11	-0.06	-0.05	0	0.17	0.02	-	-0.08	-0.08	-

表-14 支柱残留傾き ($\tan \theta$) y方向

実験 ポスト 番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P 1	-0.03	0	-0.04	-0.02	-0.01	0	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01
2	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0	0	-0	0.01	-0.02
3	-0.01	-0.03	-0.02	-0.07	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	0	-0.01
4	-0.01	-0.01	-0.06	-0.04	-0.02	-0.02	0	0	-0.01	-0.02
5	0.02	0	0	-0.08	0.03	0	0.01	0	0	0.02
6	-	0.19	0.24	0.18	0.34	0.22	0.21	0.23	0.14	0.06
7	-	0.53	0.23	-	-	0.36	-	0.54	0.14	-
8	-	0.06	0.01	-	-	0.19	-	0.51	0.10	-
9	-	0	0	-	-	0.02	-	0.25	0.06	0.40
10	-	0	0	-	-	-0.02	-	0.12	0.06	0.03
11	-	-0.01	-0.04	-	-	0	0.11	0.03	0.07	-0.01

表 14 続き

実験 ポスト	11	12	13	14	15	16	17	18	19
P 1	0	-0.02	-0.01	-0.02	0	-	0	0	0
2	0	-0.04	0	0	0	-	0	-0.01	0
3	-0.02	-0.03	0	0	0	-	0.01	0	-0.02
4	0	0.01	0	0	0.01	-	0.01	-0.01	0
5	0.04	0.06	0.02	0	0.14	-	0.11	0.06	0.13
6	0.04	0.58	0.31	0.36	0.46	-	0.44	0.47	0.51
7	-	-	0.48	0.14	0.50	-	0.15	0.88	0.15
8	0.40	0.04	0.14	-	0.26	-	0.14	1.01	0.68
9	0.05	0.04	0.13	-	-	-	0.04	0.08	0.11
10	-0.03	0	0.16	-0.08	-0.03	-	-0.02	-0.04	-0.1
11	-0.02	0	0	-0.14	0.01	-	0	-0.02	-

表-15 支柱基部残留変位 x 方向

単位=cm

実 験 ポ ス ト 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P 1	3	2	4	3	3	4	18	4	3	5	9	7
2	3	3	4	5	6	5	19	5	5	6	10	9
3	3	5	4	6	7	5	19	6	3	6	10	7
4	2	5	4	5	6	7	19	8	3	10	13	8
5	3	5	4	6	7	7	20	5	8	6	10	9
6	-	4	2	8	6	4	20	5	-1	10	15	-
7	-	3	4	-	-	2	18	4	-7	-	-	20
8	-	-3	-2	-	-	1	8	4	-3	-	0	-6
9	-1	-5	-2	-	-	1	10	1	-2	-4	-5	-5
10	-1	0	-1	-	-	0	18	0	-3	-6	-6	-6
11	-1	0	-2	-	-	-1	16	-1	4	-5	-1	-4

実験番号 ポスト	13	14	15	16	17	18	19
P 1	4	6	9	-	12	8	12
2	4	6	13	-	13	10	14
3	5	6	9	-	13	10	14
4	4	7	10	-	13	9	16
5	5	7	11	-	12	9	17
6	4	7	6	-	10	9	14
7	4	-2	8	-	6	7	11
8	1	24	6	-	6	-7	12
9	3	-	-	-	-7	-7	6
10	0	14	6	-	-7	-6	6
11	-1	13	-3	-	-6	-7	-

表-16 支柱基部残留変位 y 方向

単位=cm

実験 番号 ポスト	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P 1	-2	-8	-2	-1	-2	-1	-1	-2	-1	-2	-1	0
2	-1	-1	-2	-1	-4	0	00	-1	-1	-2	0	-1
3	-1	-1	-1	-1	-3	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1
4	-1	-2	-2	-3	0	-3	-1	-1	-2	1	-1	1
5	2	1	2	2	-8	0	4	2	-1	2	5	8
6	-	18	20	21	-36	25	30	29	11	30	35	-
7	-	37	14	47	-	49	100	65	35	-	-	54
8	-	7	1	-	-	20	45	55	13	-	42	4
9	0	1	-1	-	-	4	-10	30	6	45	3	-2
10	0	0	0	-	-	-2	7	22	8	4	-3	-1
11	0	0	0	-	-	-1	10	3	16	0	0	-1

表一 16 続き

ポ ス ト 実 務 員	13	14	15	16	17	18	19
P 1	1	-1	1	-	-2	0	-1
2	0	0	0	-	0	0	-1
3	-1	0	-2	-	-1	-1	-1
4	-2	-1	-1	-	2	-3	1
5	1	1	14	-	12	8	17
6	36	39	58	-	45	41	51
7	40	46	54	-	86	89	81
8	15	6	19	-	68	76	43
9	12	-	-	-	6	8	6
10	15	12	-1	-	-4	-3	-8
11	-1	-4	1	-	-1	-3	-

表-17 支柱ビーム取付穴部残留変位 x 方向

単位=cm

実験 ポスト 番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P 1	5	5	8	5	6	5	29	8	4	7	15	14
2	4	5	8	9	10	7	28	8	7	9	16	15
3	5	6	7	7	11	7	30	8	5	9	16	14
4	4	8	8	8	10	10	29	10	5	14	20	15
5	5	7	7	6	12	10	30	7	10	10	16	17
6	-	9	8	8	8	8	33	7	-	13	23	-
7	-	7	3	-	-	4	-	6	-	-	-	-
8	-	-2	-4	-	-	1	-	5	-	-	1	-9
9	-	-1	-2	-	-	1	-	0	-	-10	-8	-9
10	-	-1	-2	-	-	0	-	0	-	-10	-10	-10
11	-	-3	-2	-	-	0	25	-1	-	-8	-5	-7

表 17 続き

実験 ポスト号	13	14	15	16	17	18	19
P 1	8	10	15	-	19	13	20
2	9	10	18	-	21	16	22
3	10	11	15	-	20	15	22
4	8	11	16	-	20	15	25
5	9	10	19	-	21	14	26
6	8	8	15	-	-	18	22
7	4	-4	11	-	-	-	16
8	1	-	-	-	-	-	19
9	2	-	-	-	-11	-11	7
10	2	19	-1	-	-11	-10	9
11	-1	23	-4	-	-11	-11	-

表 - 18 支柱ビーム取付穴部残留変位 y 方向

単位=cm

実験 ポスト 番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P 1	-4	-8	-4	-2	-3	-1	-2	-3	-2	-3	-1	-2
2	-2	-2	-3	-2	-6	0	-1	-1	0	-3	-1	-3
3	-2	-3	-2	-5	-5	-2	-3	-2	-2	-2	-3	-3
4	-1	-2	-6	-5	-1	-5	-1	-1	-3	0	-1	2
5	3	1	2	-3	-6	0	5	2	-1	3	8	11
6	-	29	35	32	-	38	43	42	19	34	59	-
7	-	68	28	-	-	70	-	97	44	-	-	-
8	-	10	1	-	-	32	-	86	19	-	66	6
9	-	0	-1	-	-	5	-	45	9	69	6	4
10	-	0	0	-	-	-3	-	28	12	6	-5	-1
11	-	-1	-3	-	-	-1	17	5	20	-1	-1	-1

表-18 続き

実験 ポスト 号	13	14	15	16	17	18	19
P 1	0	-2	0	-	-2	0	-1
2	0	0	0	-	0	-1	-1
3	-1	0	-2	-	0	-1	-1
4	-2	-2	0	-	2	-4	1
5	3	2	22	-	19	11	25
6	54	61	86	-	71	69	82
7	69	128	84	-	173	142	171
8	23	-	34	-	126	137	83
9	20	-	-	-	8	12	13
10	24	7	-3	-	-5	-5	-14
11	2	-12	2	-	-1	-5	-

表-19 継手のずれx方向

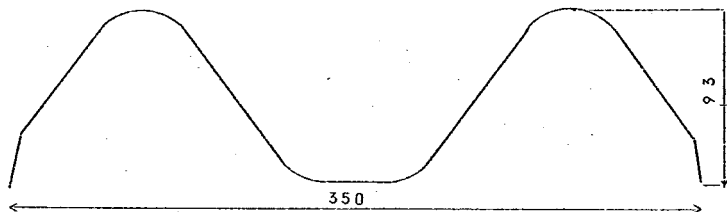
単位=mm

継手 番号 P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0	4	0	6	14	1	0	1	8	0	1	0
3	1	7	0	8	5	14	6	0	11	8	0	0
4	0	3	1	12	14	5	3	7	12	5	0	1
5	0	8	8	12	6	1	4	10	4	11	4	0
6	-	3	4	3	6	6	7	10	4	7	5	11
7	1	2	0	-	-	3	9	8	5	8	-	10
8	1	2	1	-	-	4	13	4	1	8	-	2
9	0	0	0	-	-	0	11	1	0	4	4	3
10	-	0	0	-	-	0	7	0	1	1	0	0
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

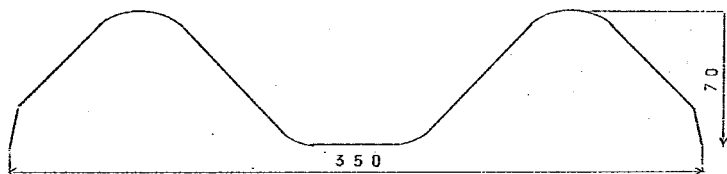
表 19 続き

実験 ポスト 番号	13	14	15	16	17	18	19
P 1	-	-	-	-	-	-	-
2	0	0	6	-	0	0	0
3	0	0	8	-	0	0	14
4	0	0	8	-	0	4	10
5	0	2	11	-	0	1	11
6	2	1	0	-	9	1	3
7	1	3	0	-	10	7	4
8	1	-	-	-	9	7	1
9	0	-	0	-	0	3	0
10	0	-		-	0	0	7
11	-			-			-

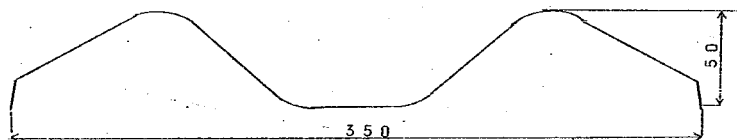
図1 供浅ビームの断面



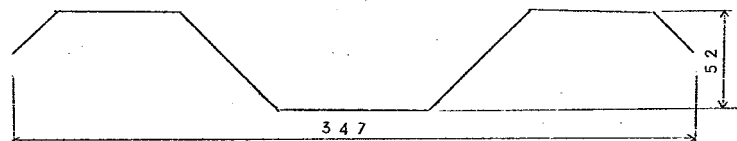
Aℓ 93-2.3, 3.0, 3.4, 4.4



Aℓ 70-3.2 St 70-3.2



Aℓ 50-3.0



St 52-2.3

図2 支柱横引き実験（コンクリート中）

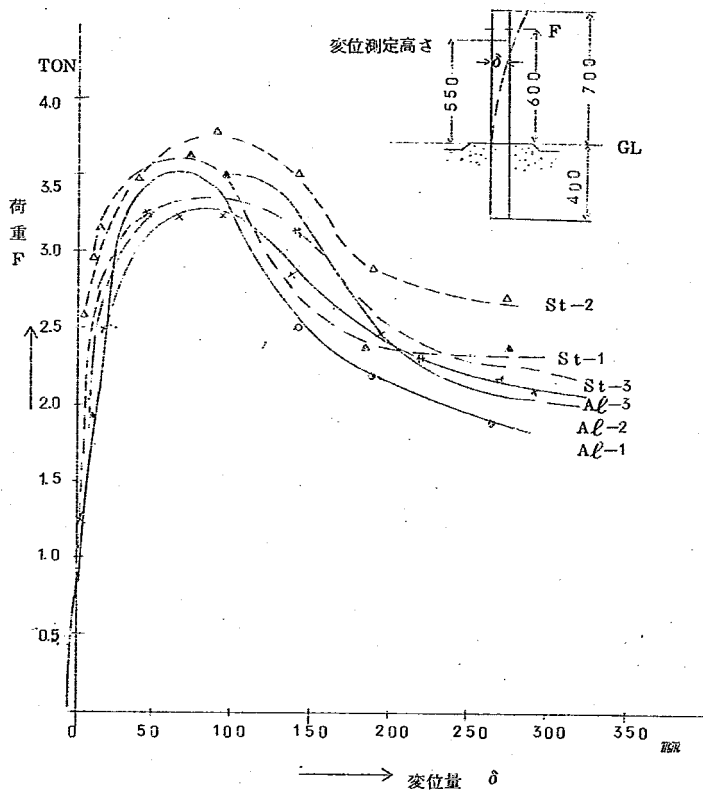


図-3 支柱横引張り実験(土中)

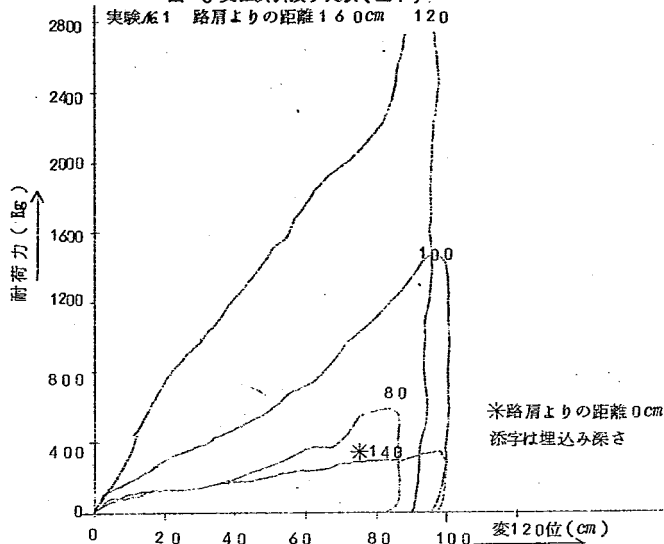


図-4 支柱横引張り実験(土中)

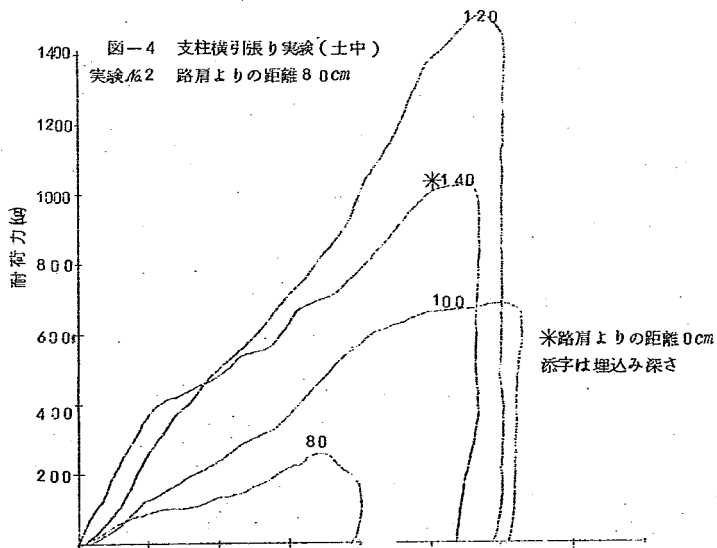


図-5 支柱横引張り実験(土中)

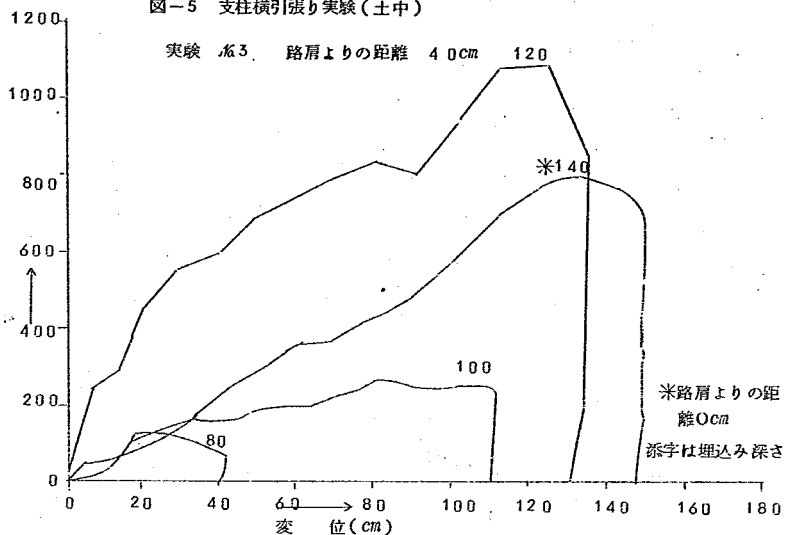
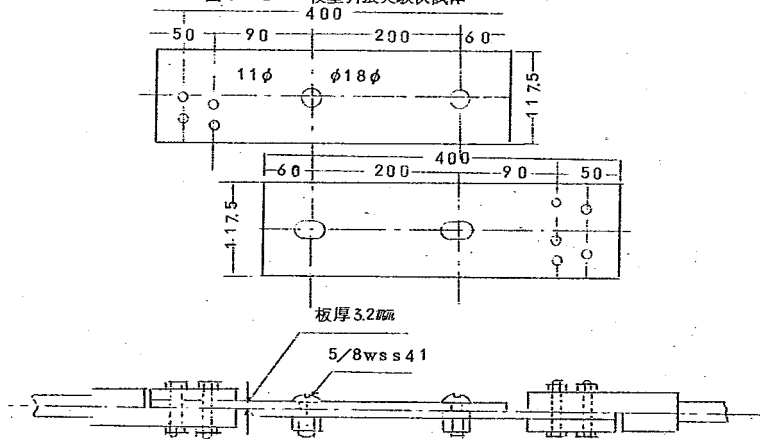


図6 ビーム模型引張実験供試体



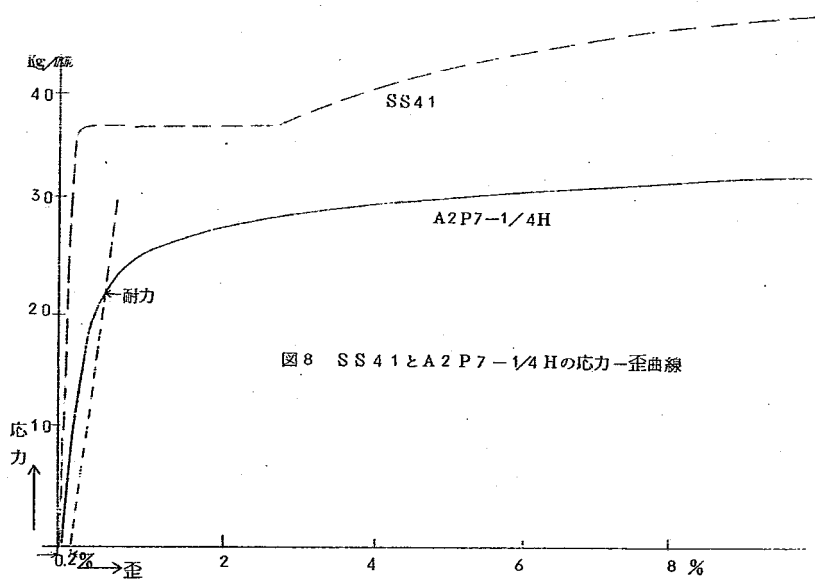
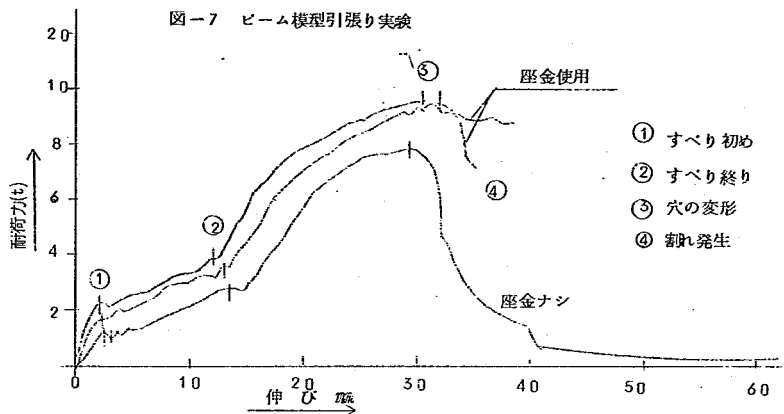
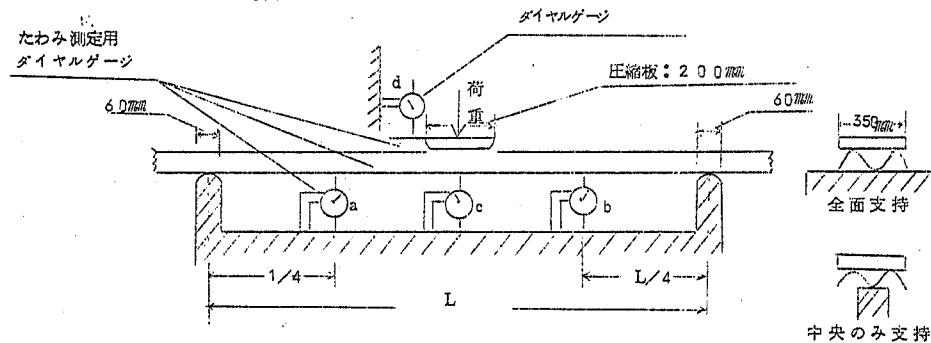
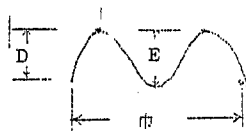


図9 ビーム 曲げ実験方法



背・巾・測定位置



歪測定位置

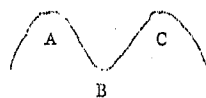


図10 ビーム曲げ実験
荷重—たわみ曲線

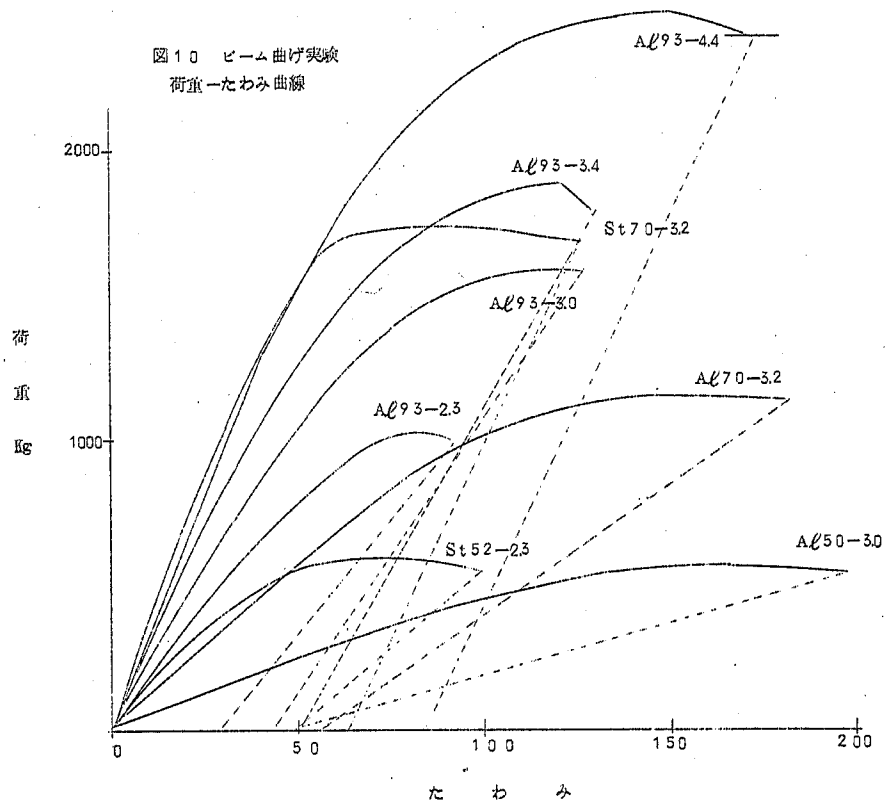


図-11 ガードレール横引き張り実験

スパン中央(載荷点)の変位

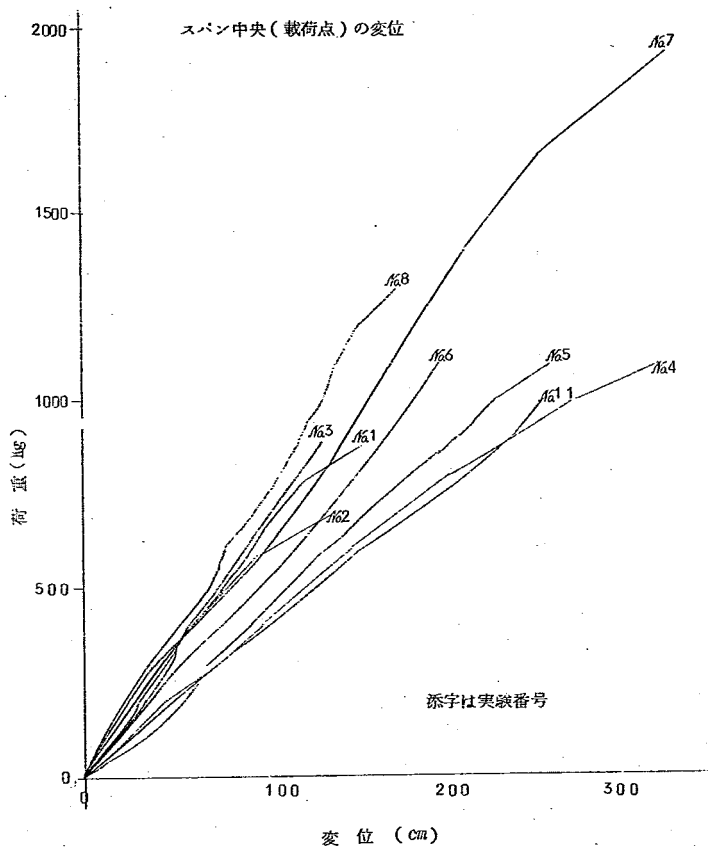


図-12 ガードレール横引張り実験
支柱の変位
(荷重は一本あたりに換算)

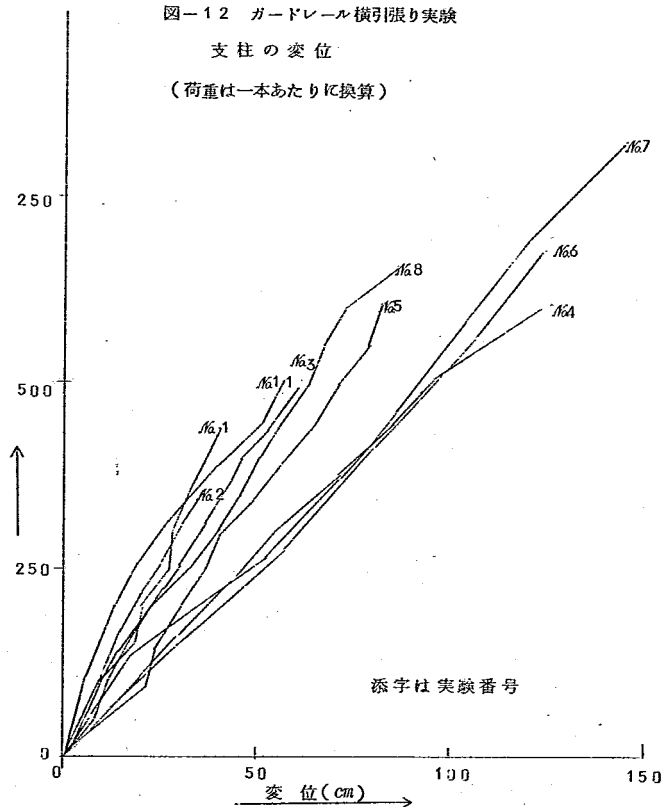
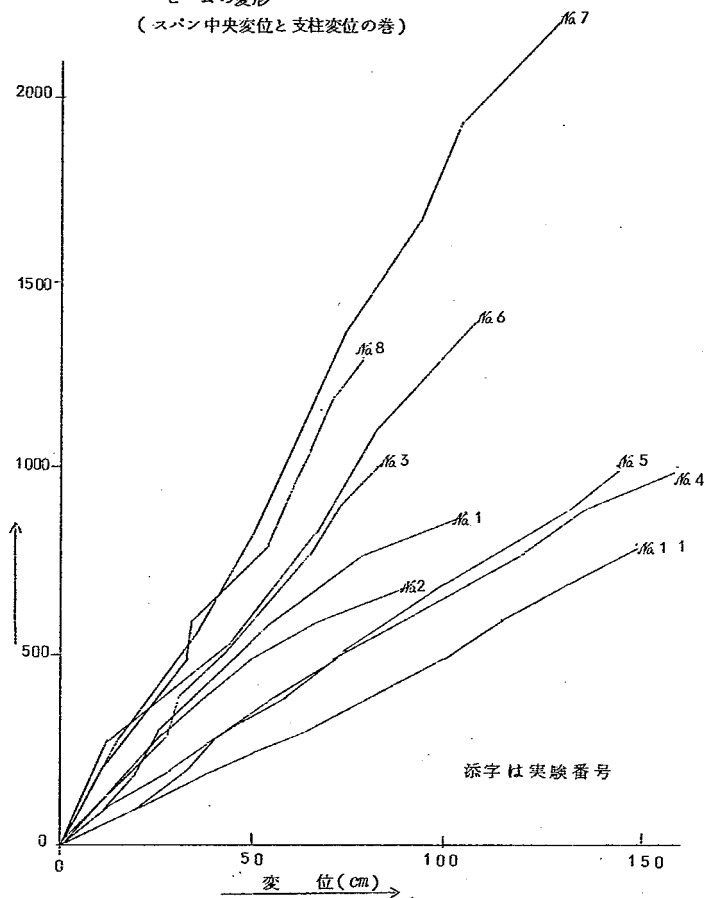


図 1.3 ガードレール横引張実験
 ビームの変形
 (スパン中央変位と支柱変位の巻)



車
中
心
線

図 - 1 4 用いた記号

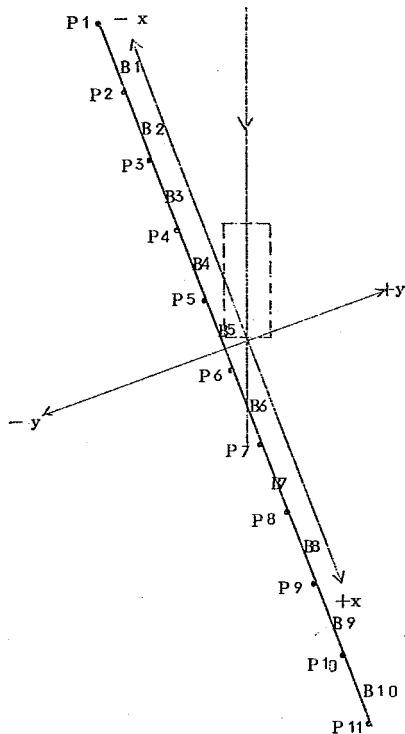


図-15 実験車 後輪の軌跡 (1)

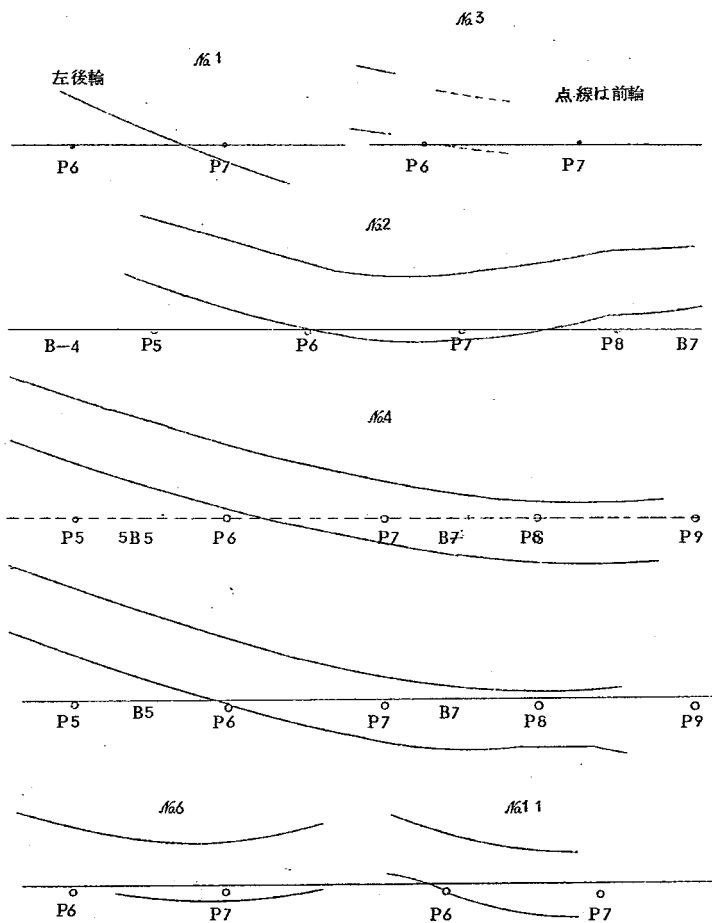


図-16 実験車 後輪の軌跡 (2)

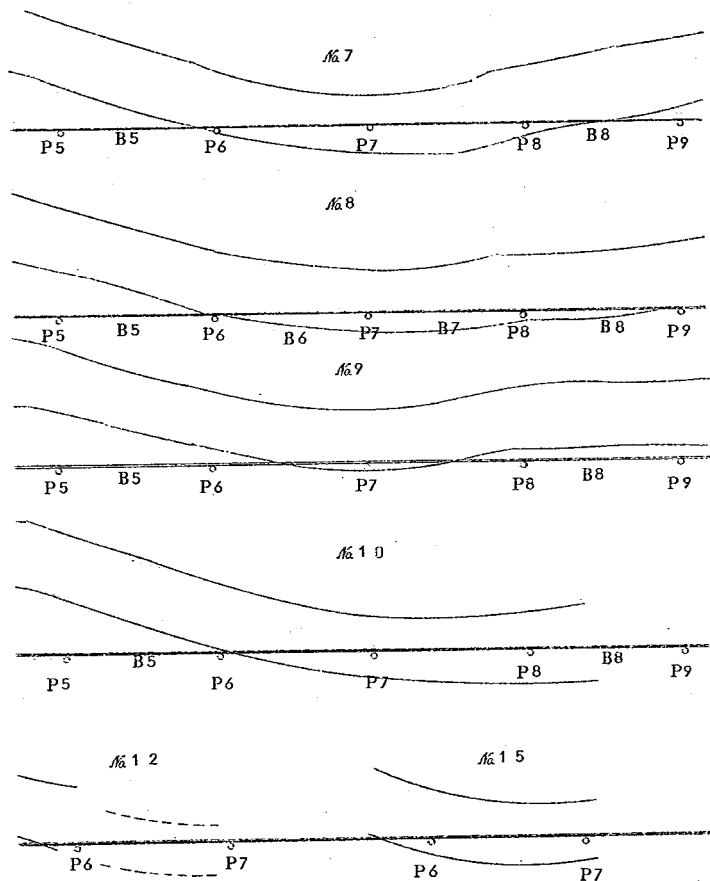


図-17 実験車後輪の軌跡 (3)

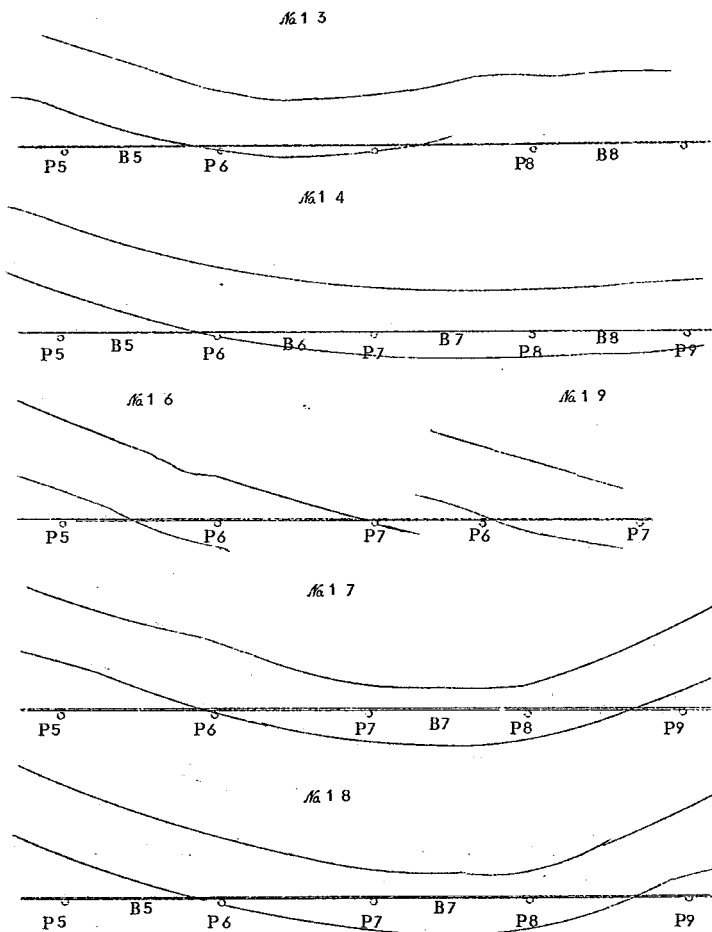


図-18 支柱及びビームのy方向残留変位)

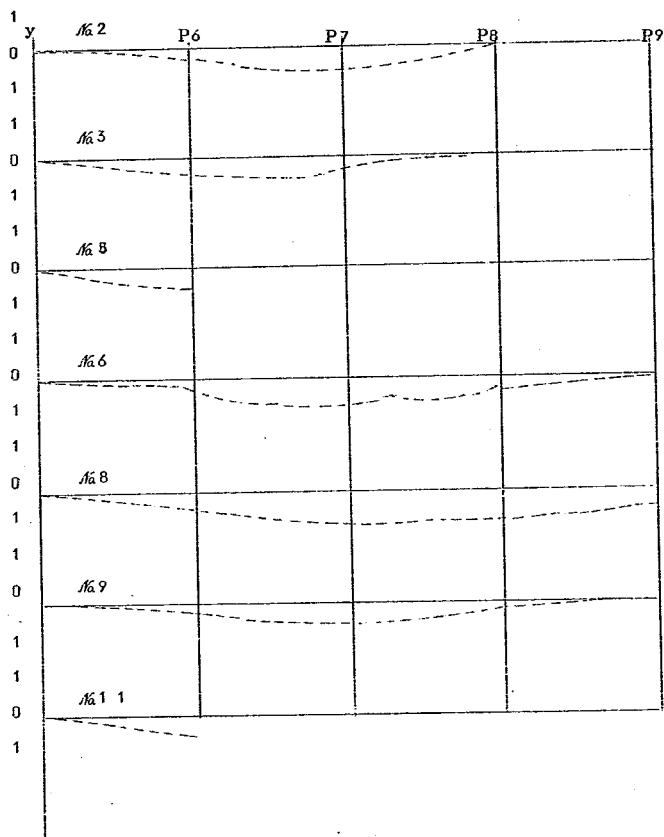


図-19 支柱及びビームのy方向残留変位(2)

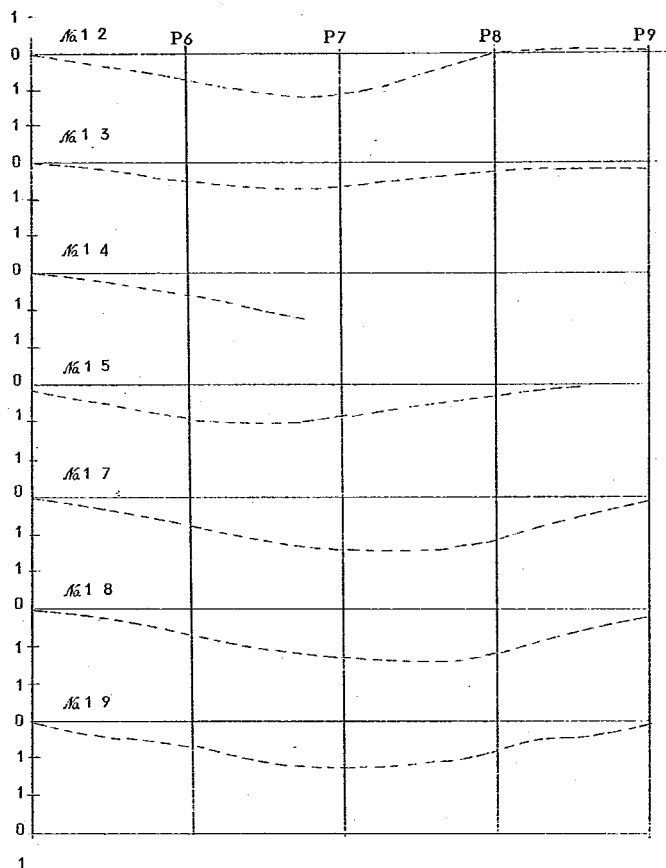


図-20 衝突車の速度変化

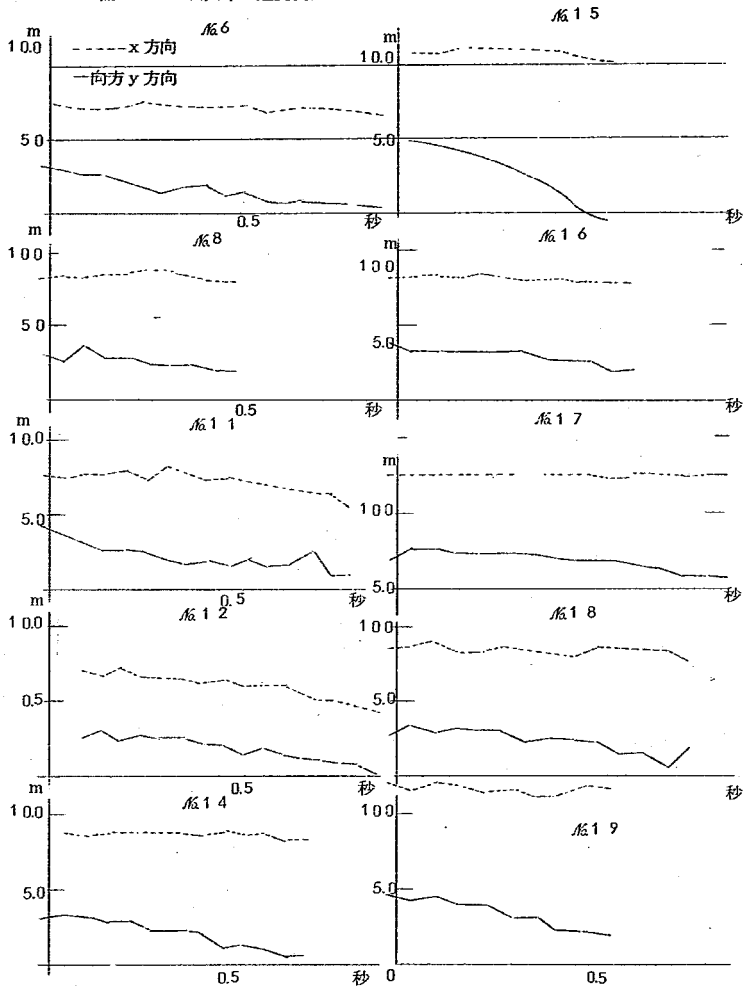


図-2 1 ガードレールの変形の時間的変化

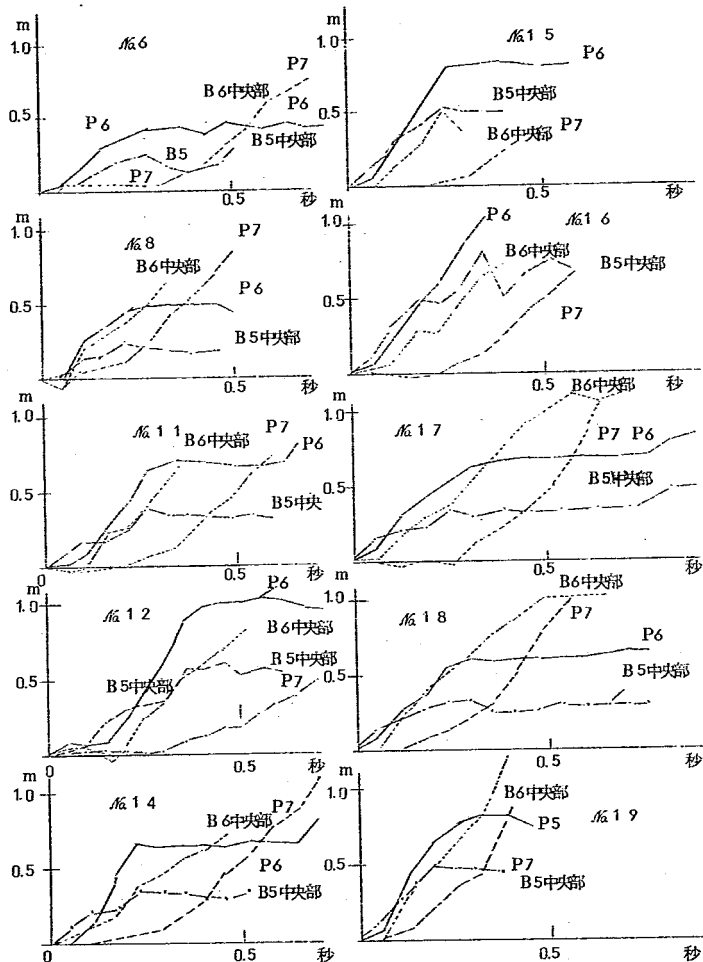


図-22 ビームの引張力と支柱のモーメント(実験1)

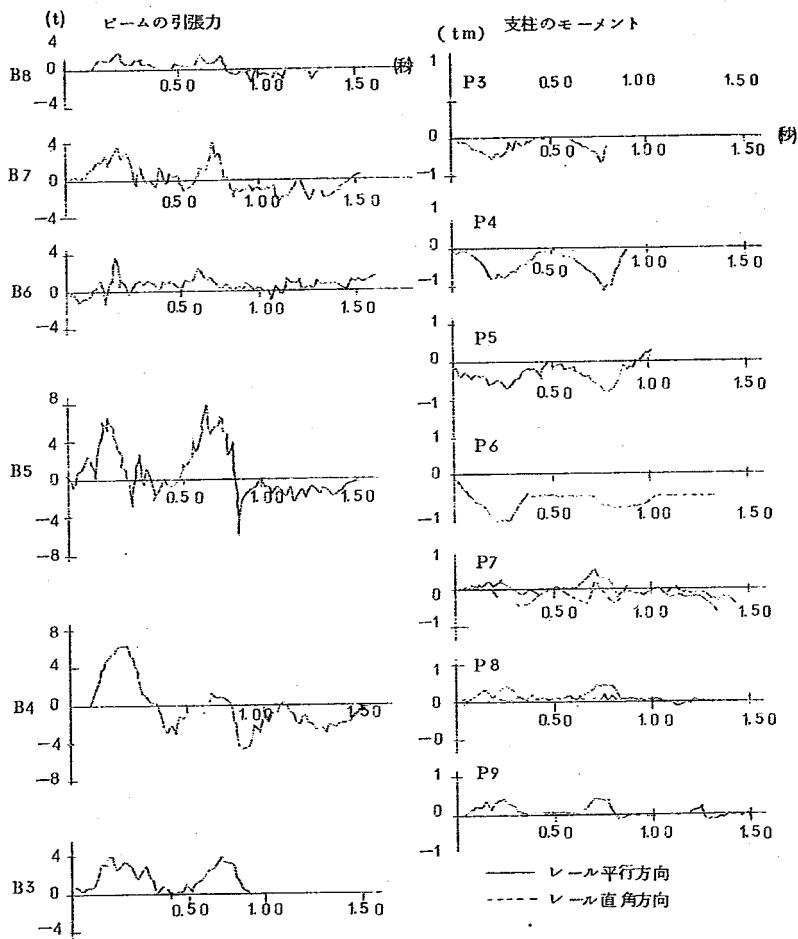


図-23 ビームの引張力と支柱のモーメント (実験2)

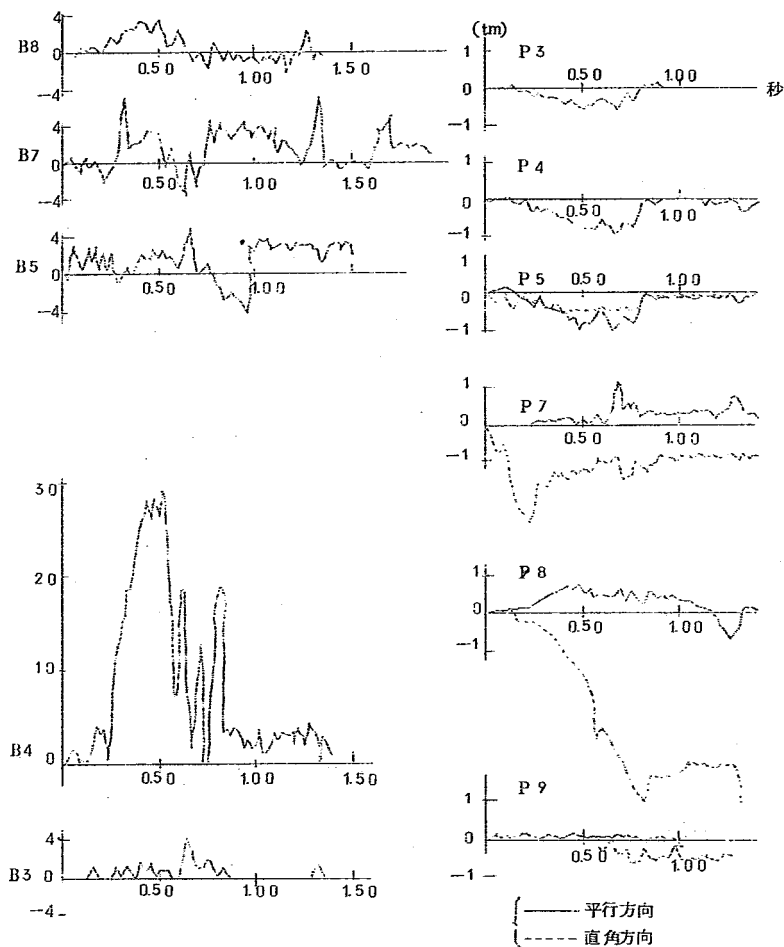


図-24 ビームの引張力と支柱のモーメント（実験3）

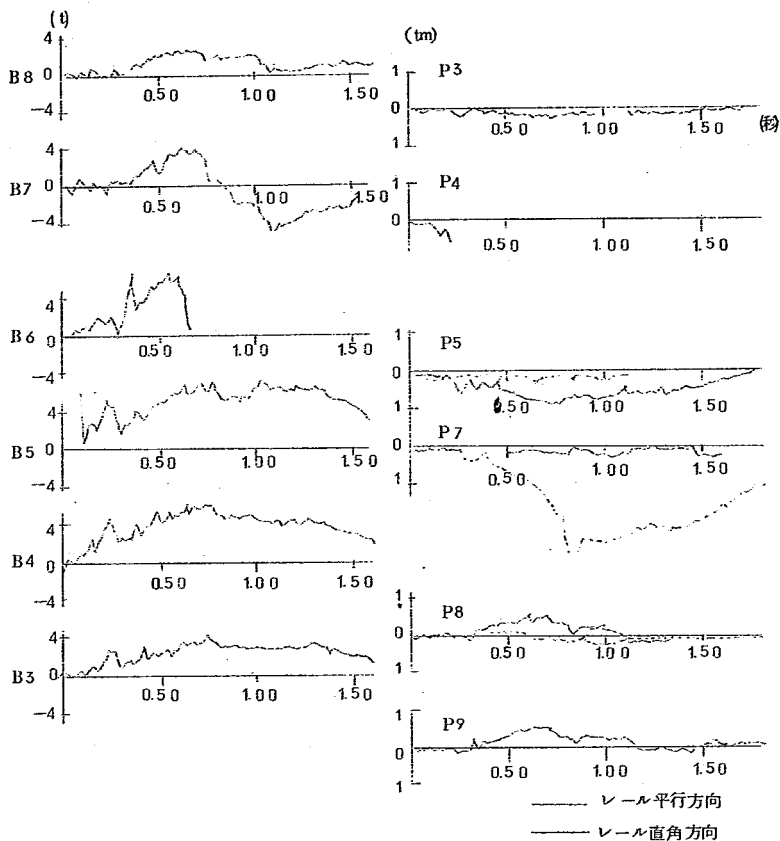


図-25 ビームの引張力と支柱のモーメント (実験4)

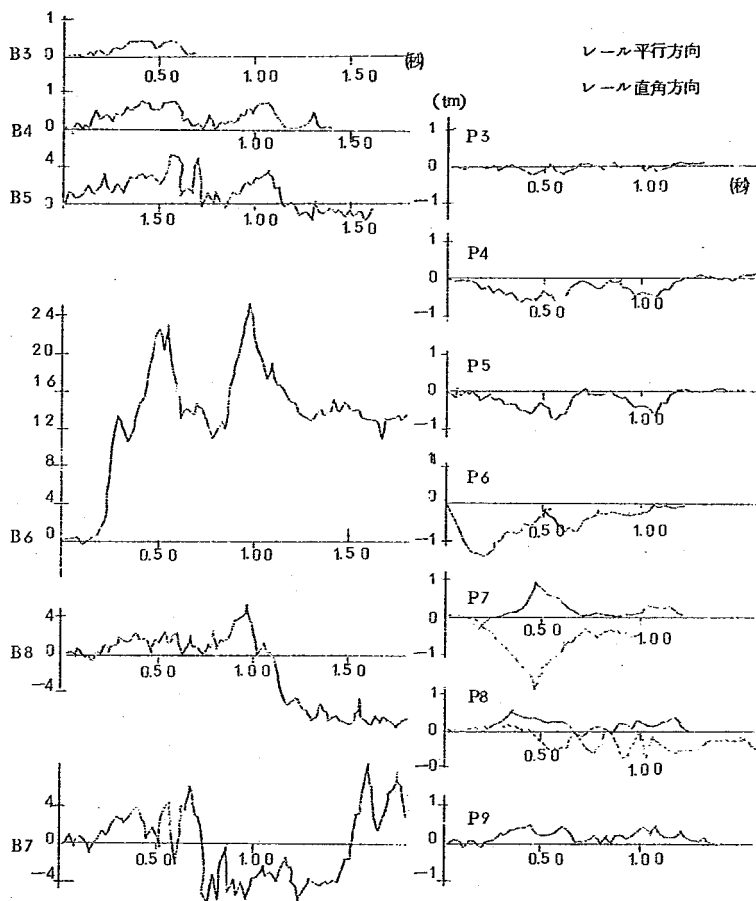


図-26 ビームの引張力と支柱のモーメント(実験5)

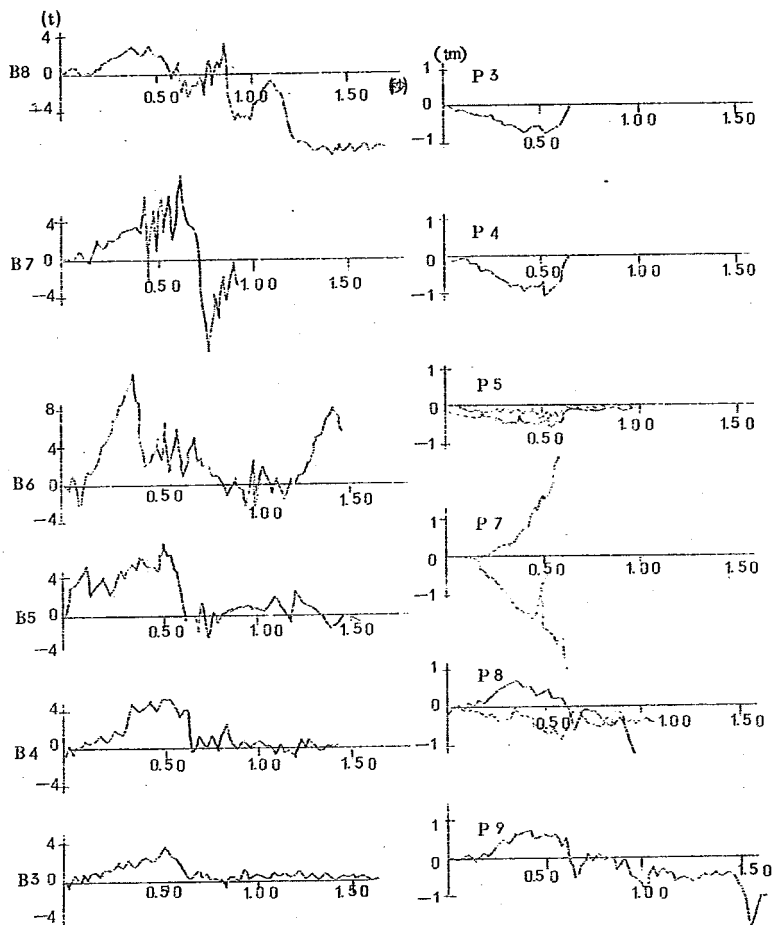


図-27 ビームの引張力と支柱のモーメント (実験10)

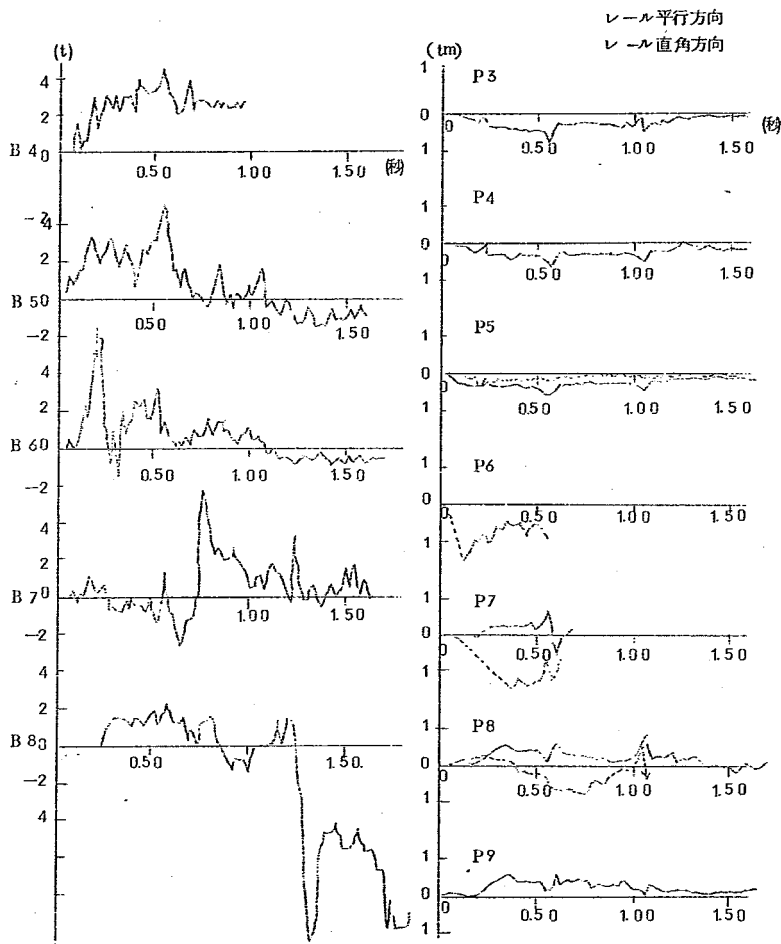


図-28 ビームの引張力を支柱のモーメント(実験14)

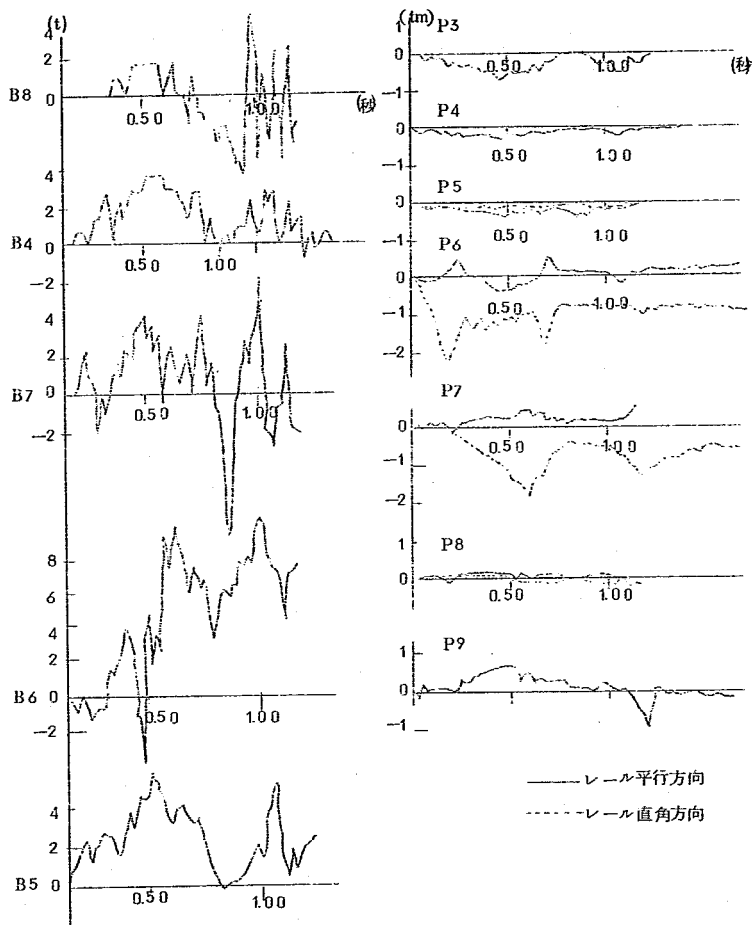
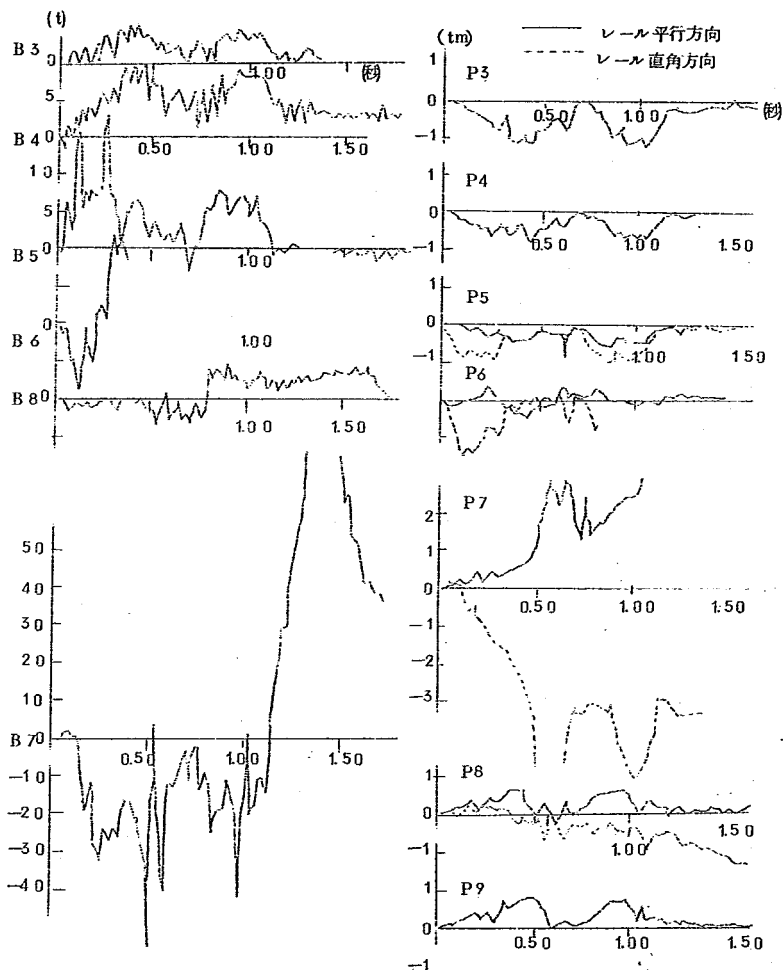
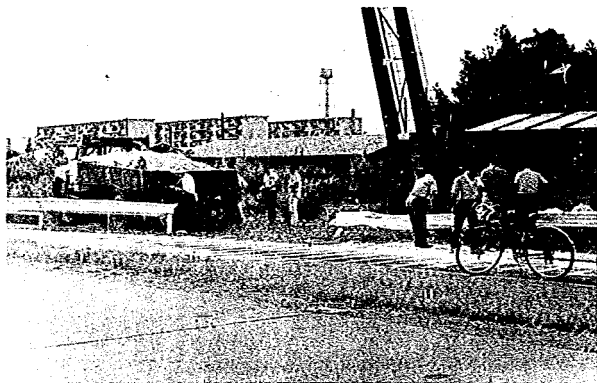


図-29 ビーム引張力と支柱のモーメント (実験15)

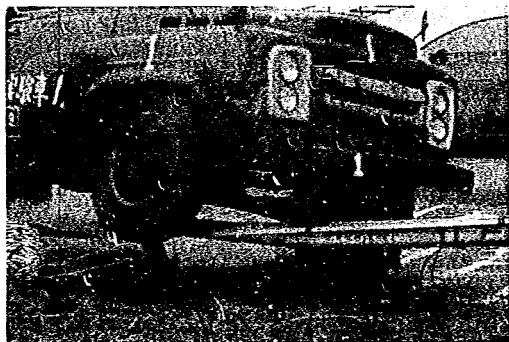
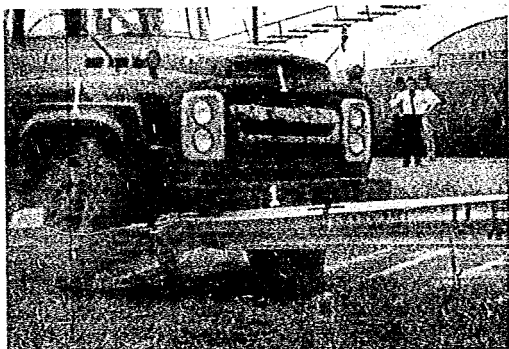
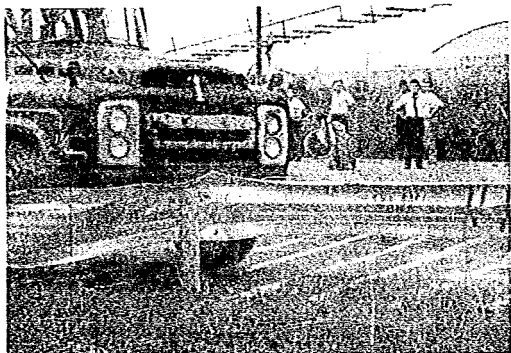




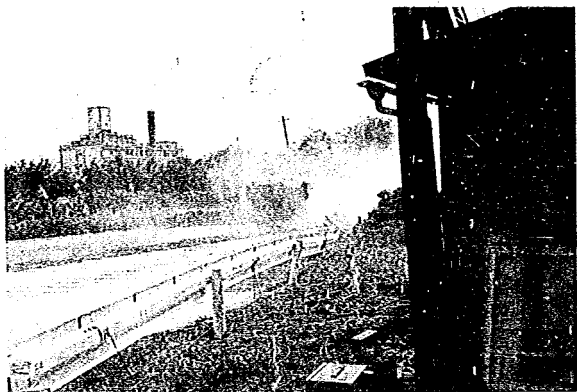
実験 1 : 車はガードレールを乗り越え、
ビームは切断された。



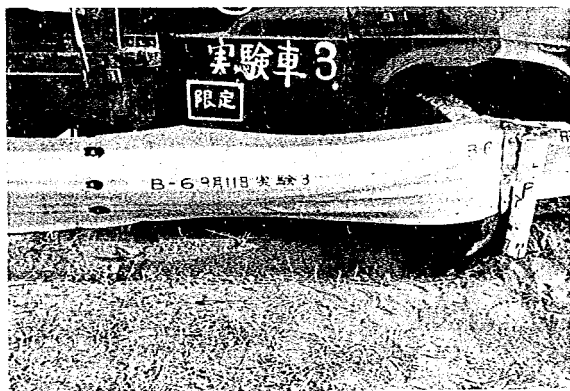
実験 1 : 切断されたビームと車輪の軌跡



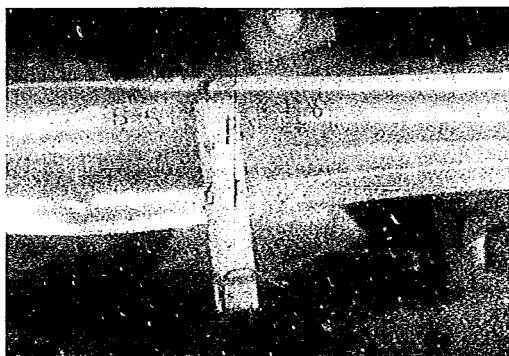
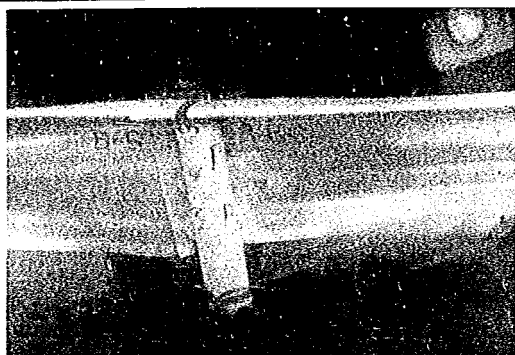
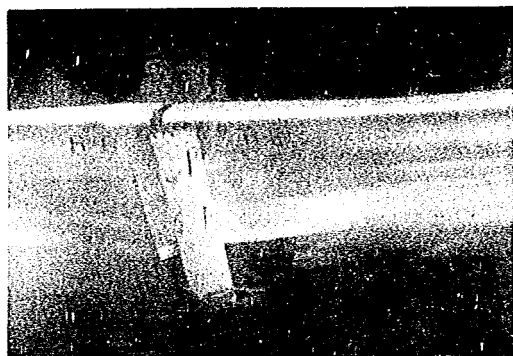
実験 1 : 右前輪の乗りこえ



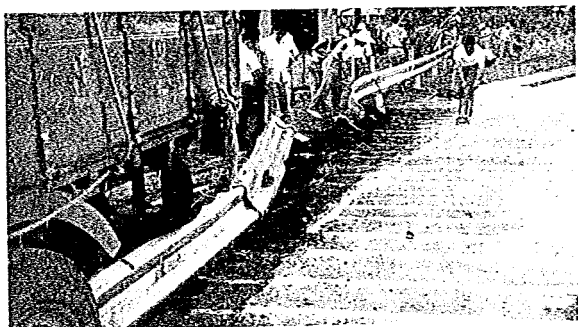
実験 2 : 車はうまく方向転換した。



実験 3 : p 7 の手でボケッテングがおきた。



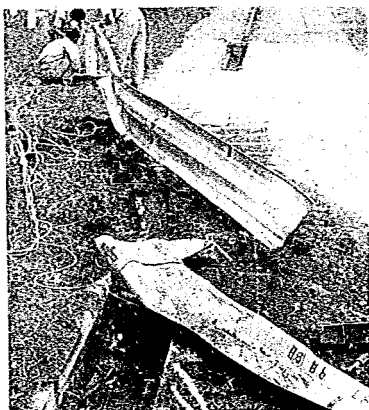
実験 3 : p 6 の通過時の右前輪の方向の変化



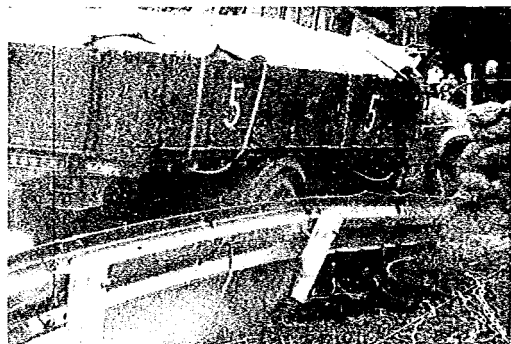
実験4：ビームが
切断され、
車はガー
ドレール
をまたい
だ



実験5：ビームが切断され、車はガ
ードレールをまたいだ



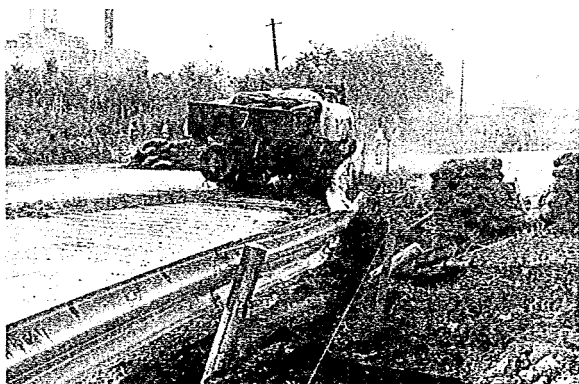
実験5：切断されたビーム



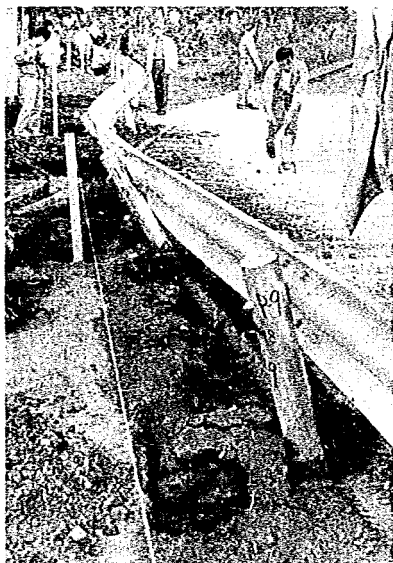
実験 5 : ビームの切断



実験 6 : 車はうまく方向転換した。



実験 7 : 車はうまく方向転換した。



実験8：車はうまく方向転
換した



実験8：車輪はビームに平行だった。



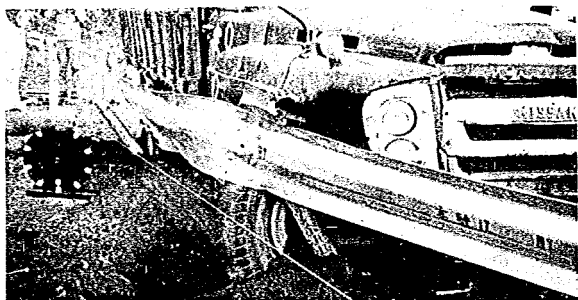
実験 9 : 車はうまく方
向転換した



実験 10 : 右前輪が直接 P8 に
衝突して破壊した



実験 11 : 右前輪が P 8 に衝突して破壊した。



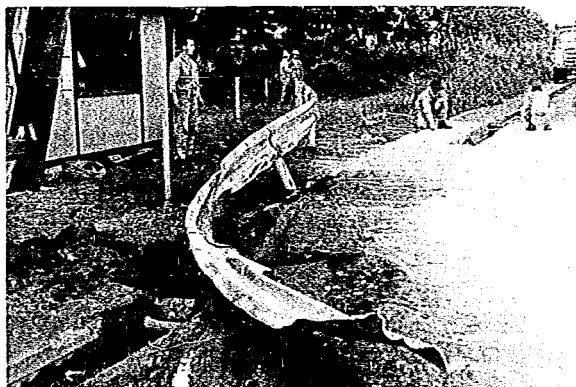
実験12: 右前輪がP 7に直接衝突し。
車は停止した。



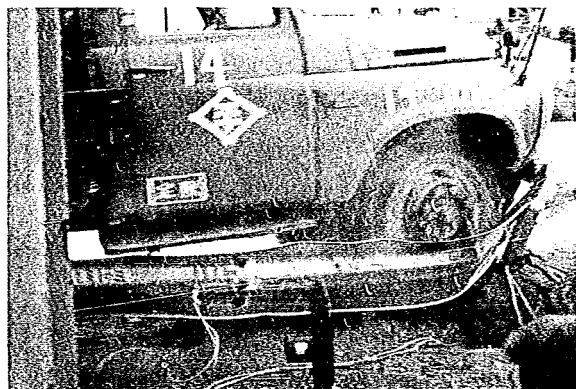
実験12: 右前輪のP 7への衝突



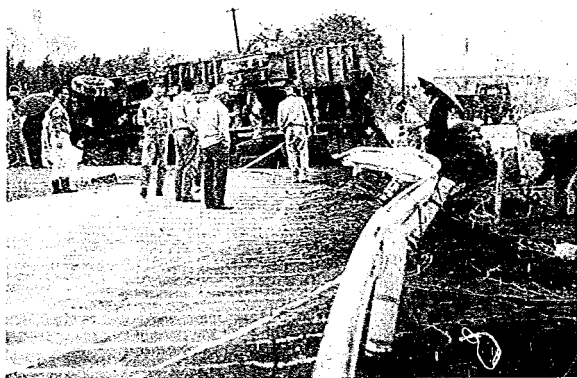
実験13: 車はうまく方向転換した。



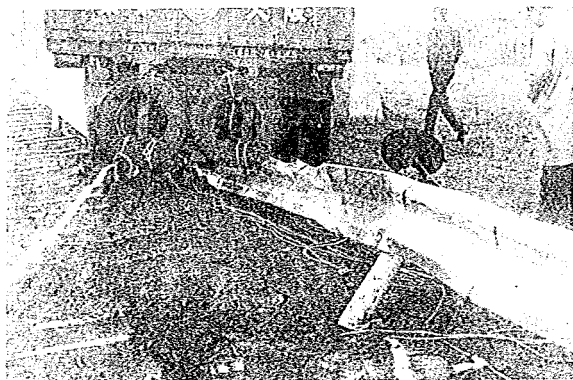
実験14：車はガードレールを乗り越え、
ビームが切断された。



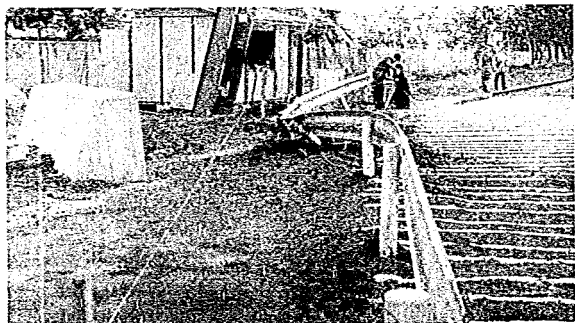
実験14：右前輪のビーム乗り越え



実験15：車は方向転換したが、その後転倒した。



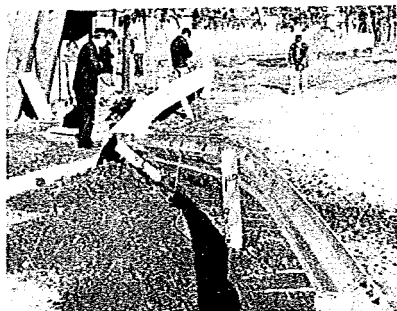
実験16：車はガードレールを乗り越こえ、
ビームが切断された。



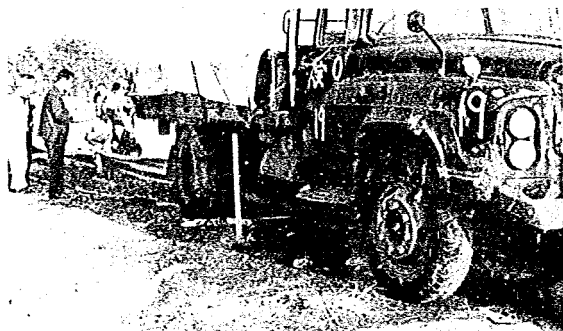
実験17：車はうまく方向転換した。



実験17：ガードレールに残った車輪の軌跡



実験18：車はうまく方向転換
した



実験19: 車はガードレールを乗り越こえ、
ガードレールをまたいだ。



実験19: ガードレールの変形

オートガード実車衝突実験報告書

昭和 43 年 3 月

建設省土木研究所道路研究室

目 次

I.	実験の目的	1
II.	実験の方法	2
III.	実験結果	11
IV.	実験結果の検討	29
V.	結 論	37

1. 実験の目的

過去において数多くの防護柵の実験が行われているが、それらのほとんどは土中建込み式のものについてである。

オートガードについても構造物上形式のものについては実験は行われていないが、近年高架道路の増加に伴って、その実験による安全性の確認の必要性が増して来た。

高架上は防護柵の機能上げ不利な箇所であるにもかかわらず、その転落防止能力は他の部分より大きいものが要求されることが多い。この点からその設計は急がれている。

本実験は乗用車すべ大型トラックの両車種を使用して、構造物上のオートガード・防護柵としての機能を調べるためのものである。

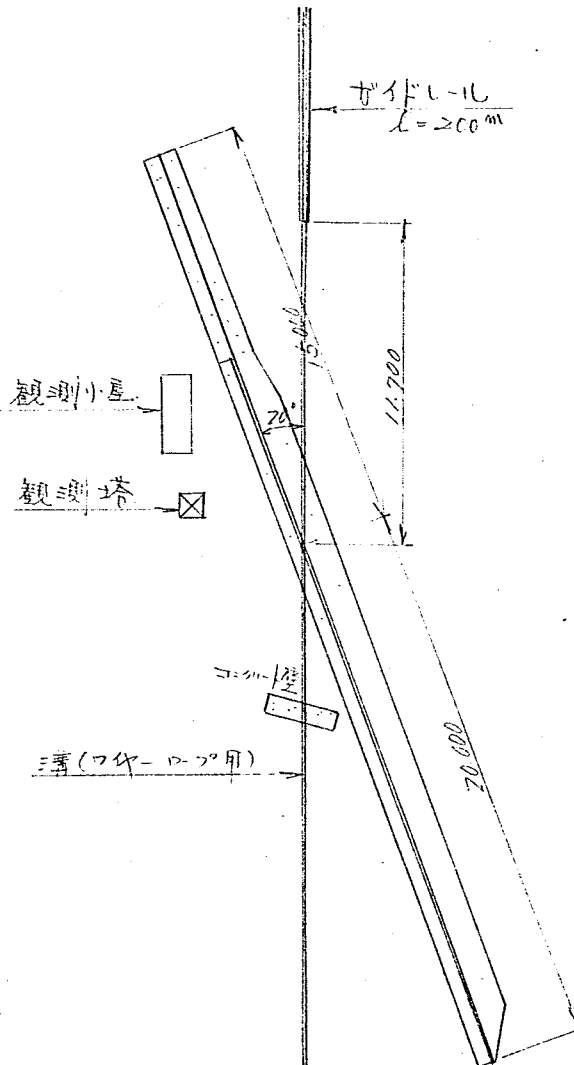
Ⅱ. 実験方法

A. 実験施設

実験に使用された施設は、土浦研究所千葉支所構内の防落柵実験施設である。これは、自動車(クライスラー - 1955年型, 180馬力)を改造したウレタン板で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取り付けられたローラーが加速路にかかれた金針道しーしに接しむことによりなされる。また、衝突地点より、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。(図-1 参照)

圖-1 實驗施設

$$S = \frac{1}{200}$$



B. 実験条件 および供試体 (実験おのり参照)

1. 衝突車

・ 車 種

No. 1, No. 2 — ニッサン P410 (ブルーバード)
(65年, 64年)

No. 3, No. 4 — 日野 TH16 (12年, 61年)

・ 衝突角 — 20度

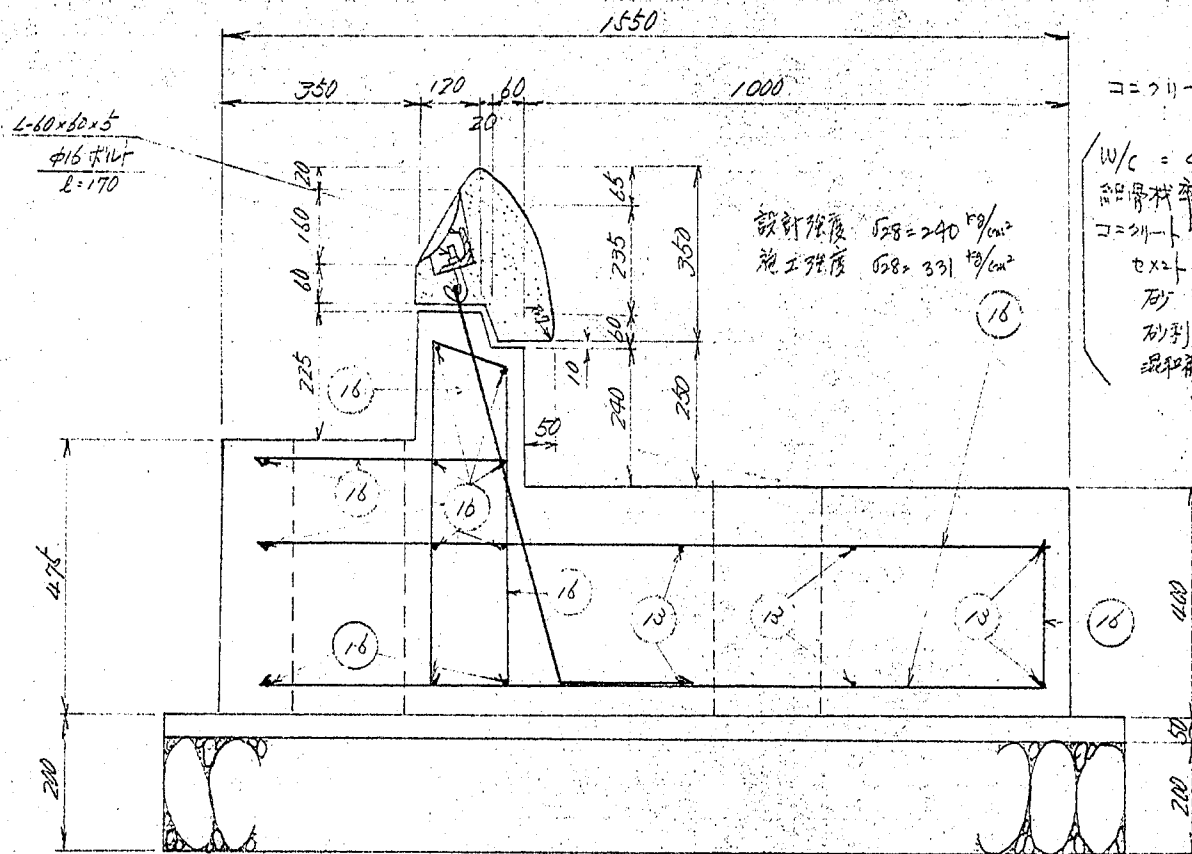
・ ハンドル — ビニール線にて固定 (実験おのりはロープにて固定)

2. オートガード および基礎

図-2, 図-3 に示す。

3. オートガード は 1回毎に取換た。

18T-3. オートガード および 基礎 1/10



C. 測定

1. 歪測定

オートガード裏面壁、アーカーにとりつけた歪ゲージ(位置は図-4に示す)によって歪測定を行った。

使用機器

ゲージ ; 共和

ストレーンアンプ 共和 DPM 6AT

電磁ピックアップ 三菱 FR 102

2. 減速度

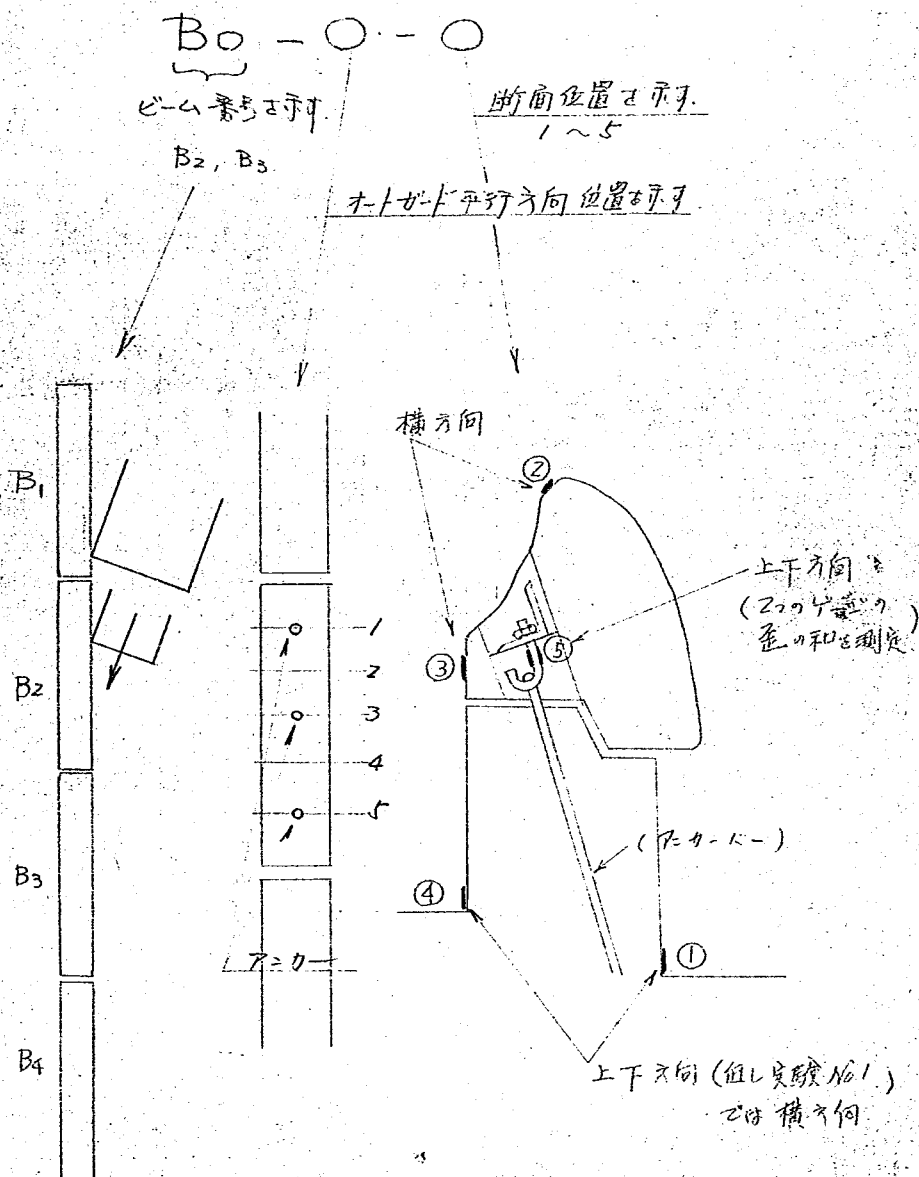
衝突車運転席においた(乗用車の場合シート上、貨物車の場合シート下)減速度計の信号をFM送信して減速度を測定した。

使用機器

加速度計 共和 120A, -10G, 20G

FM送受信機 ツルモ ST 412

図-4 歪ゲージの位置と番号つけ方



3. 写真撮影

上方より ミリケン DBM 4A にて 400コマ/秒

前方より ベルハウエル H16 . 64

横方向より ボレックス H16 . 64

上方より写真から、0.05秒間隔の車の動き
(屋根上の車の動き)を調べ、車の速度、減速度
の変化を試みた。減速度は、加速度計によるもので
平均的になっているため、最大値は小さくなる。

実験おしめ

		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4.	備考
衝突車の条件	車 種	ブルーバード	ブルーバード	日野TH16	日野TH16	
	重 量	1.05	0.935	13.15	13.52	t
	速 度	62	95	33	45	Km/h
	衝突角エッジ	1.90	3.9	6.6	12.6	±m
オートガード の被害	最大変位	14	46	—	—	mm
	破 壊	B2一部 小破	B2一部 小破	B2 0.6m 破壊	B2 1m以上 大破	
衝突車の被害	被 害	右前輪 破壊	右前部 大破	右前後輪 バネ破壊	右前輪 大破	
	修理見積額	73	全損	271	全損	千円
概 況		かなり良好	衝突車横転	右前輪乗越し	右前後輪 乗越し	

Ⅲ 実験結果

A. 概況 (実験までの参照)

・ 実験 1.

オートガードに衝突した乗用車はかなり短時間で方向転換し (0.2 秒でオートガードと平行), 8 度 α 脱出角でオートガードを抜けた (0.4 秒後)。車が接触したオートガードは B2 1 本のみであり, その最大残留変形は 16^{mm}であった。

車体が右側に傾いたが (最大 15 $^{\circ}$), 転倒しなかった。

衝突車の右前輪のサスペンションが破壊したが車輪の離脱はしなかった。

・ 実験 2.

衝突車は短時間で方向転換し (0.1 秒でオートガードと平行), 12 度 α 脱出角でオートガードを抜けたが (0.3 秒後), この時既にかなり右側に傾いており, 離脱直後に完全に横倒しとなり, このまま土のうに衝突して一回転し大破した。(全損 - 修理する価値のない程度)

車が接触したオートガードはほとんどB2
1本のみであり、その最大残量形状は46 mmであった。

・ 実験 3

衝突直後右前輪がオートガードの一部
(B2の端部 0.6 m 程度) を破壊すると同
時に脱輪し (最高 0.7 m 程度) オートガ
ードを乗り越えた (0.2 秒後)。この後前
輪軸がオートガード上にまたがり (0.6 秒後
以降)、オートガードをけずりながら進行し
停止した。

右前輪のブッシュボルトと右後輪の懸
架バネが切断された。

・ 実験 4

衝突直後右前輪がオートガードの一部 (B2
の端部 1.0 m 程度) を破壊すると同時に
車軸が折れ離脱した。

車は右前部がオートガードをまたいだ形で
進行したが、この後右後輪がオートガード
に衝突して脱輪し (最高 0.7 m 程度)

オートガードをのりこした。後輪軸がオート
ガードをまたいでけがりをから前進し停止した。
車は前輪およびエンジン下部を中心に大
破した（全損）

3. 測定項目別結果

1. オートガード および壁の歪

図-5~9に示す。なお正負に關しては引張りを
正と正にとっている。供試コンクリートの応力と歪の
關係は以下の通りである。(圧縮側2回の試験の平均)

歪	-200	-500	-1000	-1500	μ
応力	60	135	250	320	kg/cm^2

また、このコンクリートの圧縮強度は 360 kg/cm^2 である。
アーカーの鉄筋は16本あり、その両側に貼った2枚
のゲージの歪の和を測定している。歪と軸力との
關係は以下の通りである

歪	500	1000	μ
軸力	1.04	2.08	トン

2. 車の減速度

加速度計による記録を図-10に示す。

また上より写真よりよくた記録を図-11に示す。

3. 車の動き

車の後輪の軌跡を図-12, 13に示す。

また、車の速度の変化(写真より)を図-14に示す。

图-5 系 实验 1.

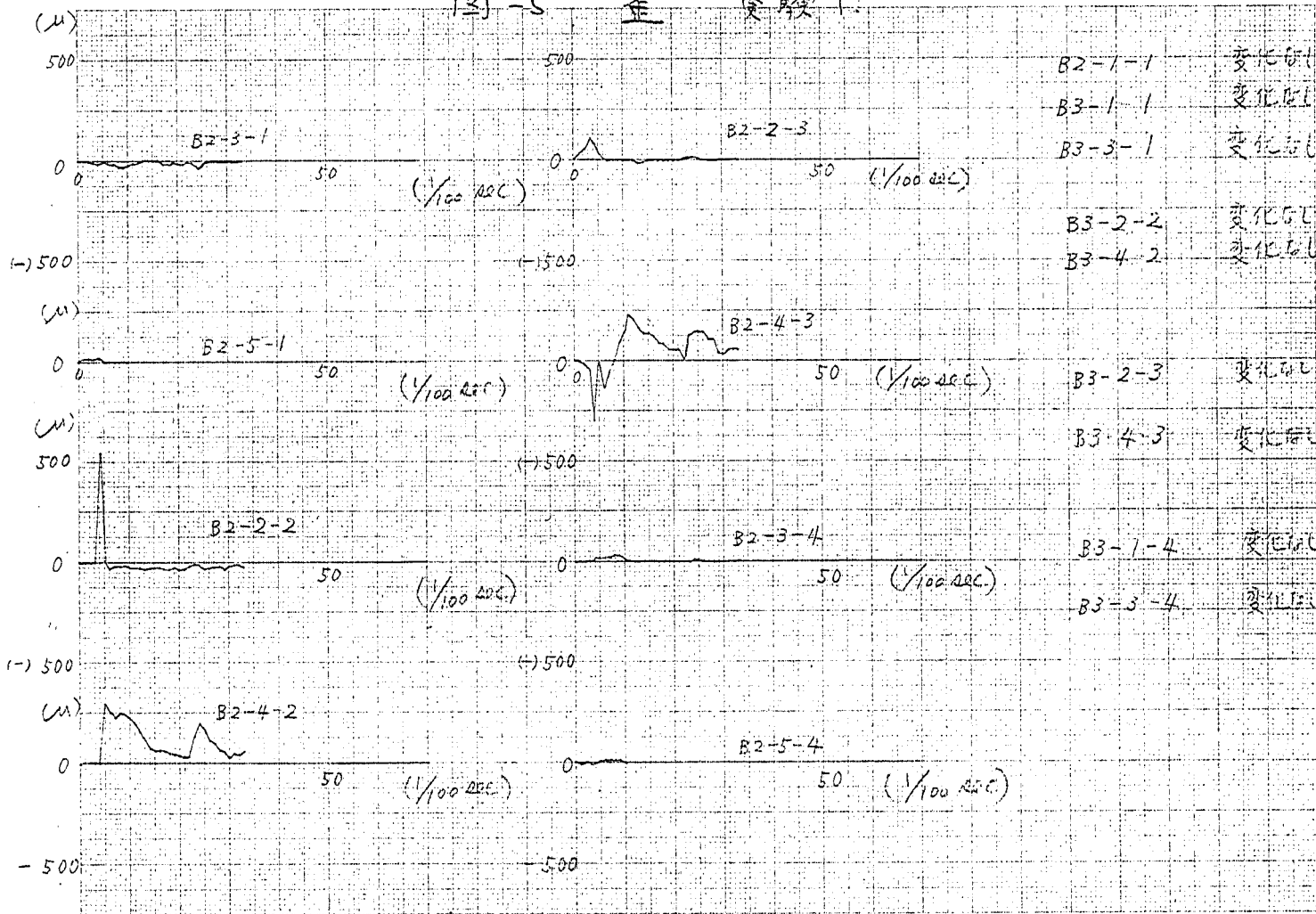
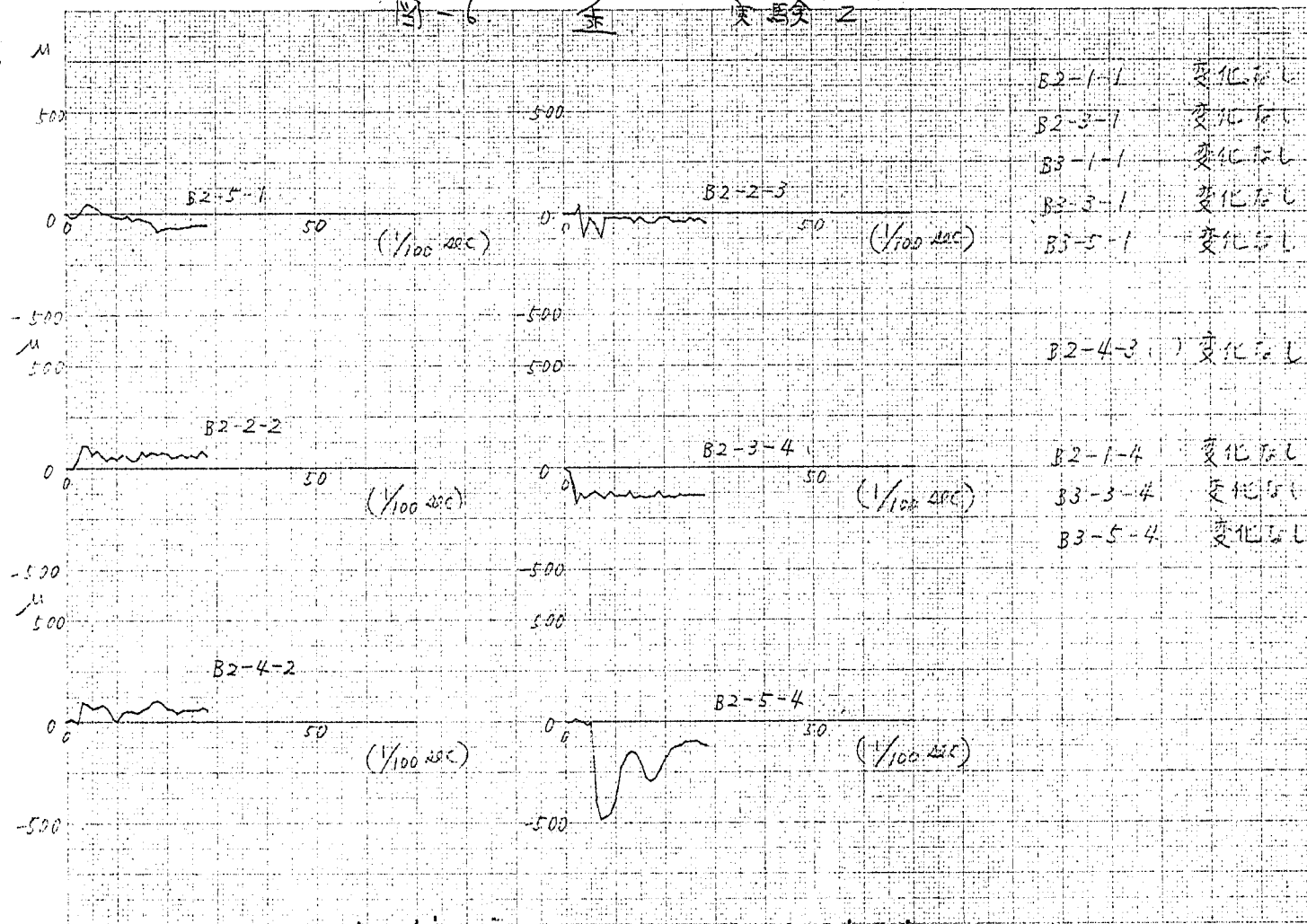


図-6. 歪 実験 2



NO. 401C

JIS A4 150H-250%

圖-7 正 實驗 3.

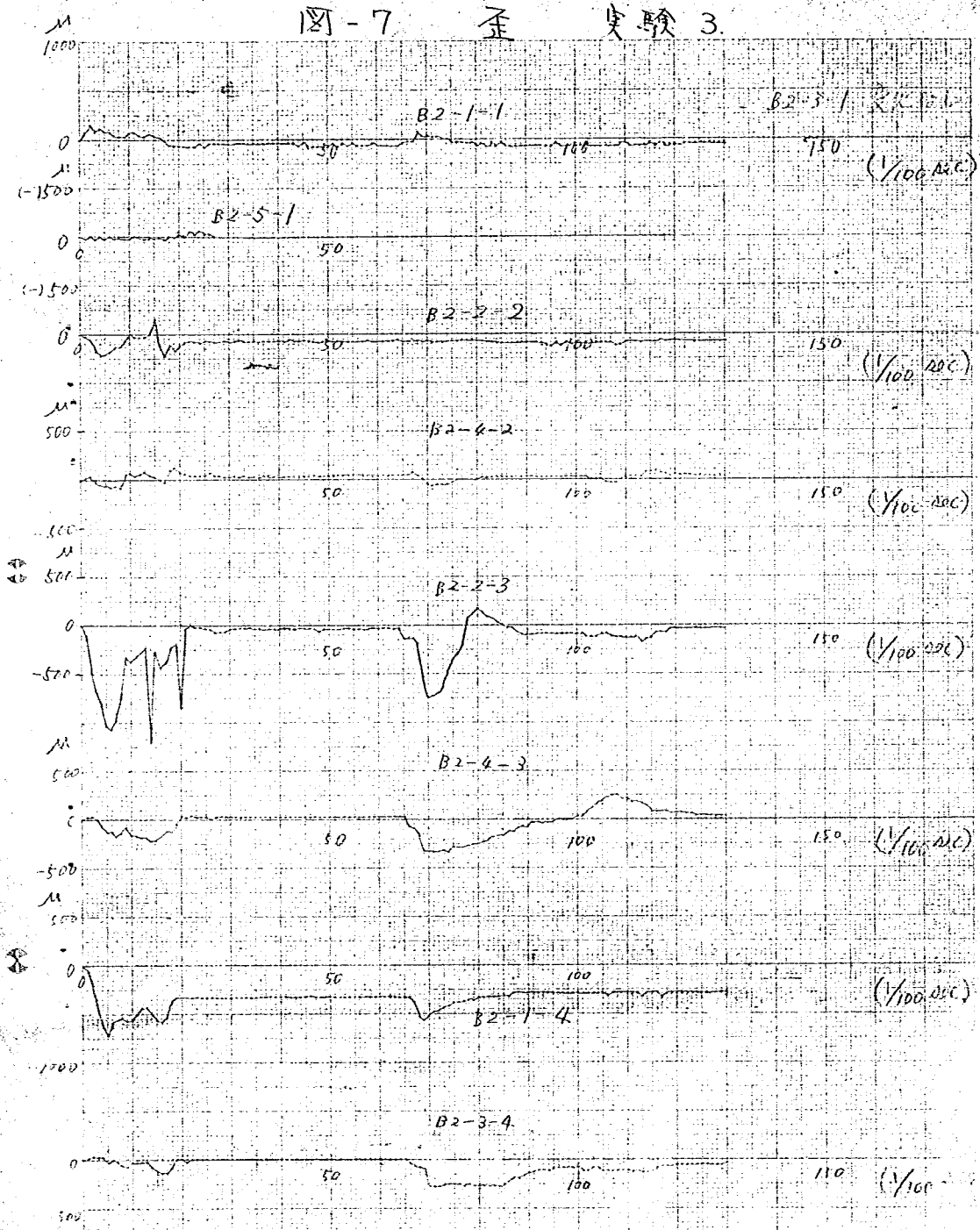
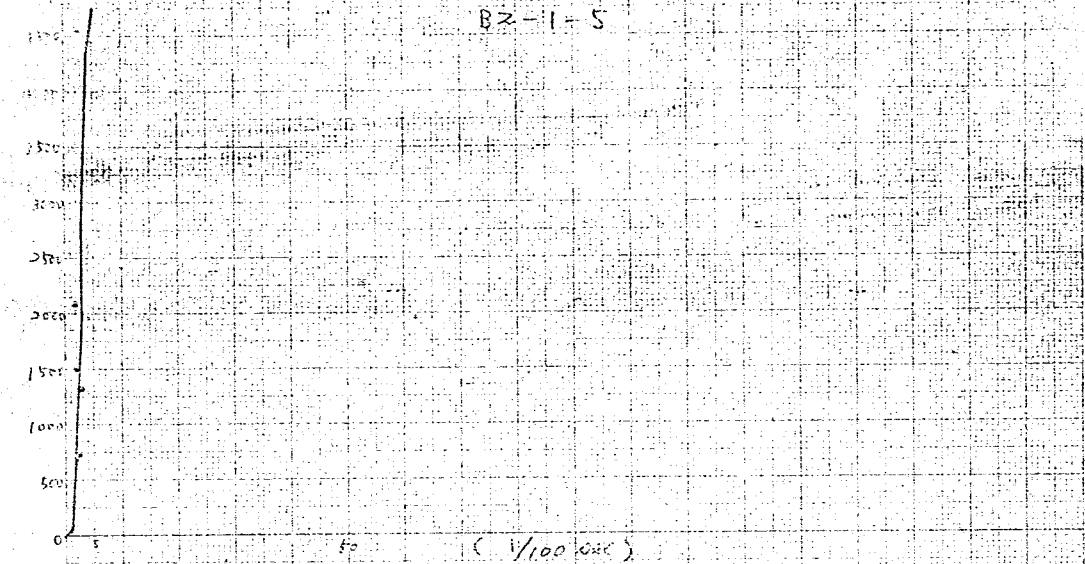


图-8

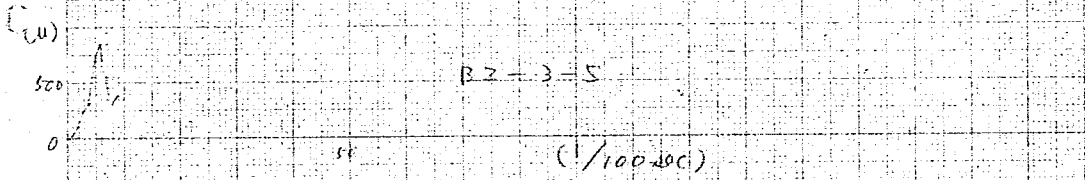
至

实验 3

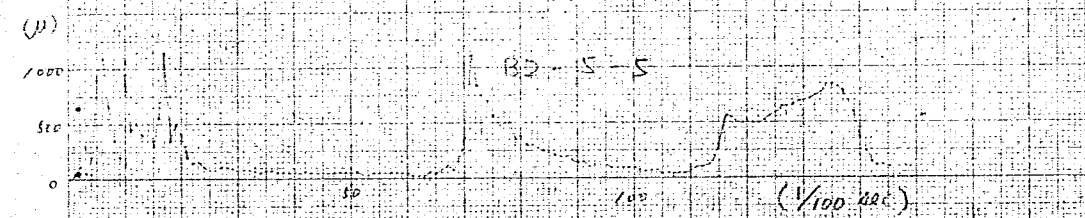
B2-1-5



B2-3-5



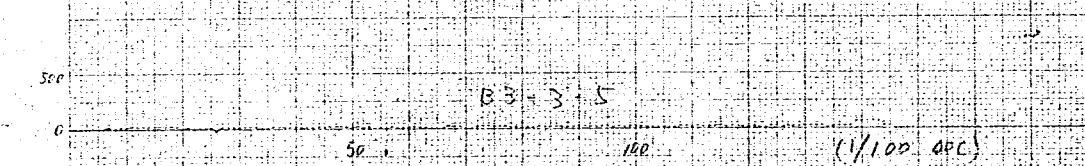
B3-5-5



B3-5-5



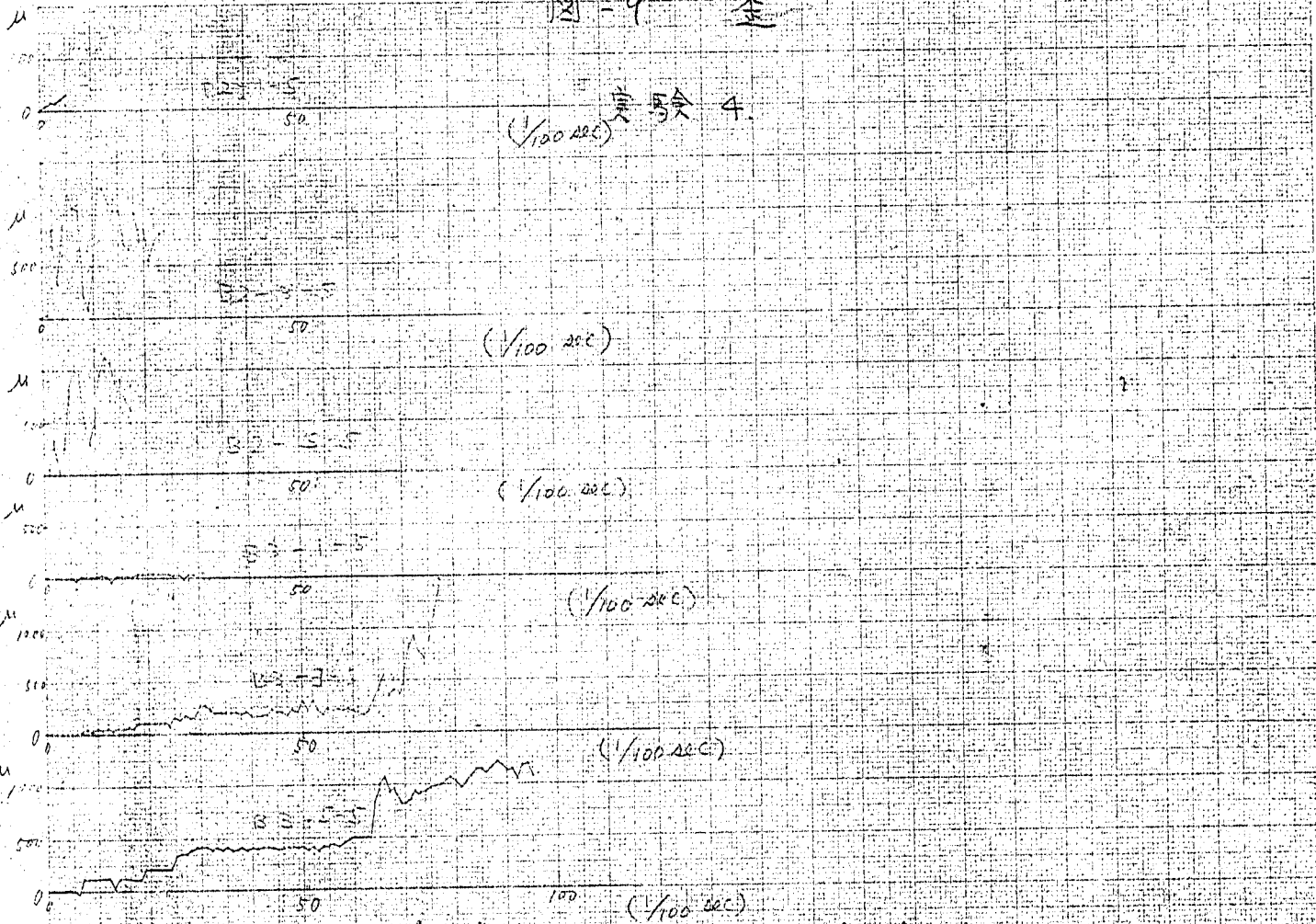
B3-3-5



(B3-1-5) 变化 111

圖-9 全

(1/100 sec) 実験 4.



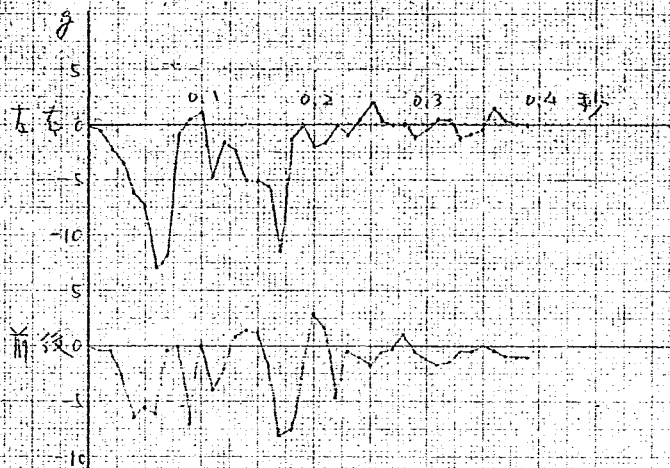
NO. 431C

6.25

MS 44 180 X 250

図-10 減速度 (加速度計 1.5g)

実験 2



実験 3

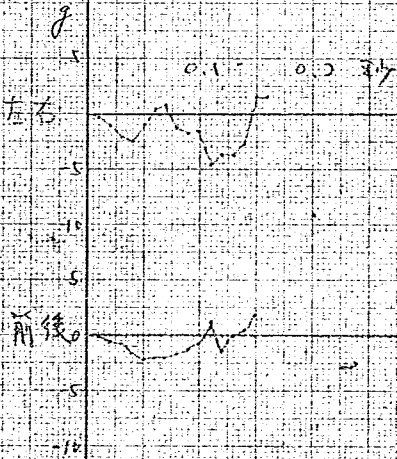
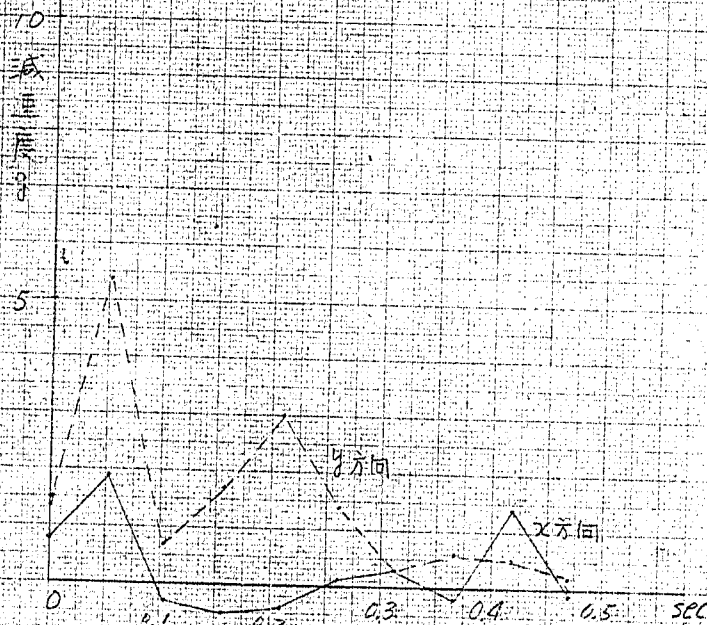
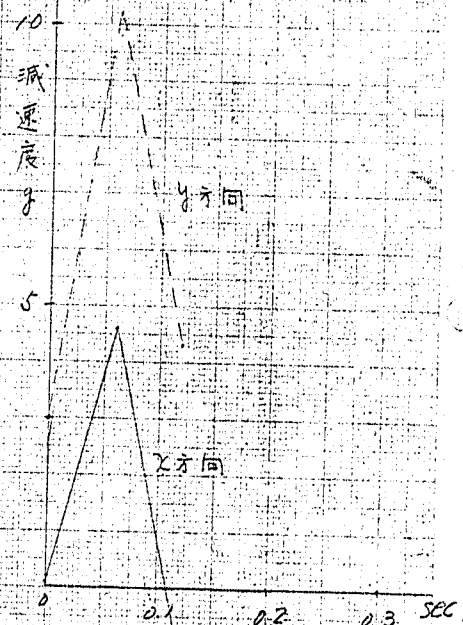


図-11 減速度

実験 1



実験 2



注: X方向とはオットー方向, Y方向とはX方向に垂直方向をいう。

22

図-11-2 第2

実験 No. 3

波
速
長
(m)

5.0

波不問

波不問

(波)

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

0.7

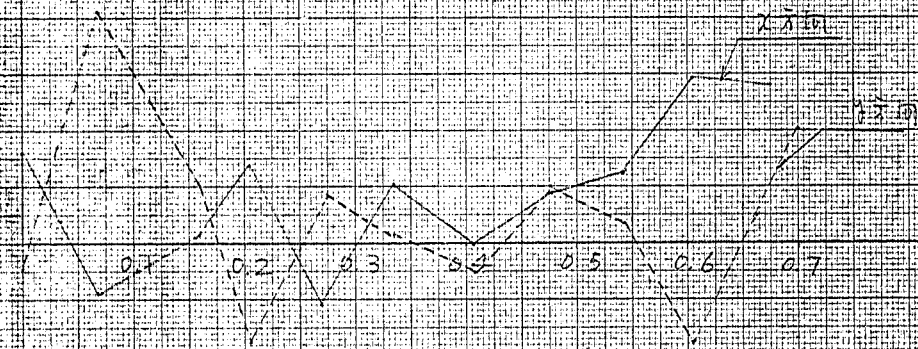
23

図一十一 読之

算盤 No. 4

計算
速度

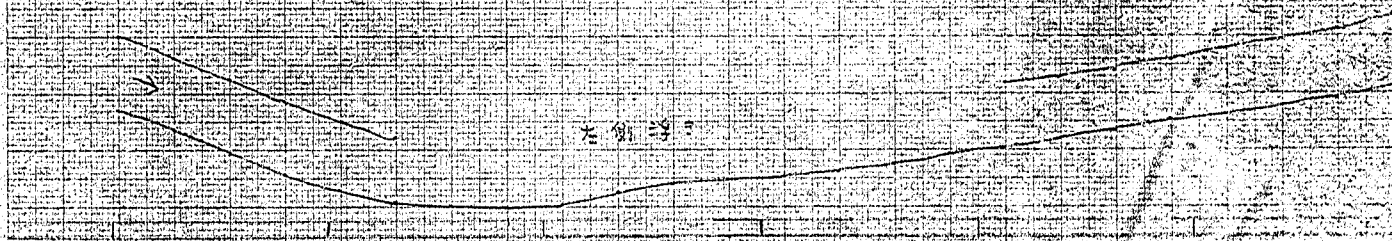
5.0



(利)

29
图 12 車軌跡 (後輪)

実験番号 1



実験番号 2

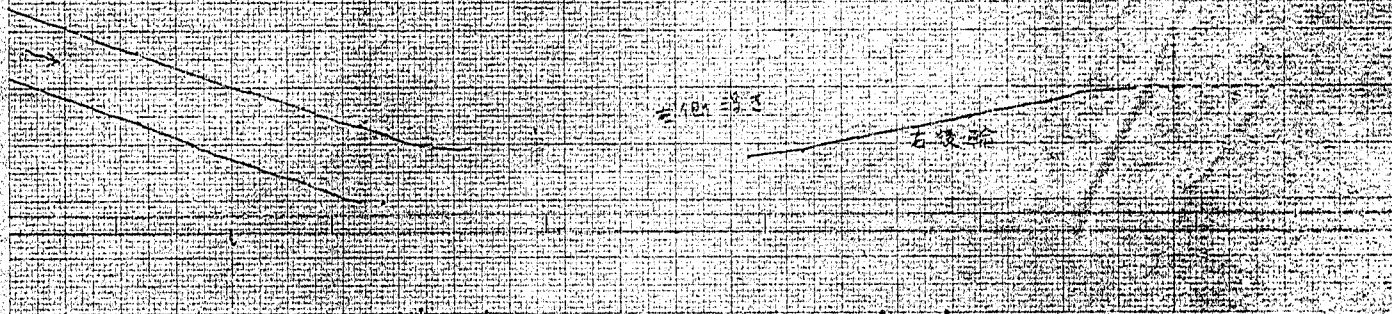
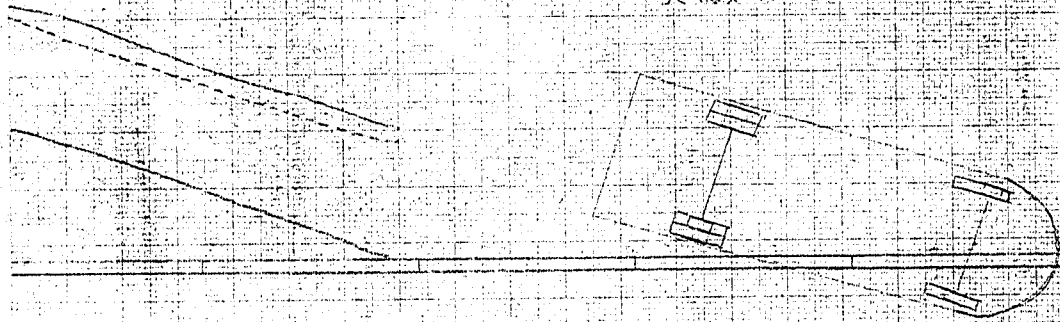
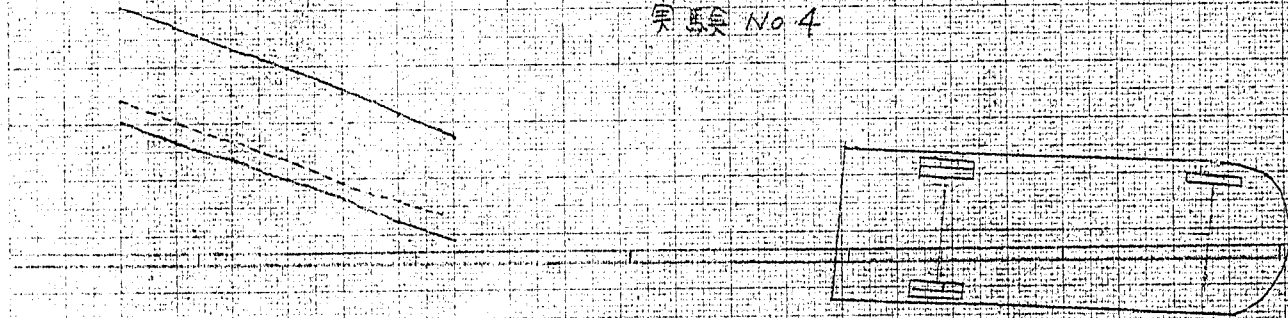


圖-13 車の軌跡 (後輪)

実験 No 3



実験 No 4



27

図-14 観測

観測 No.3

水深
(m)

15.0

10.0

5.0

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

0.7

0.8

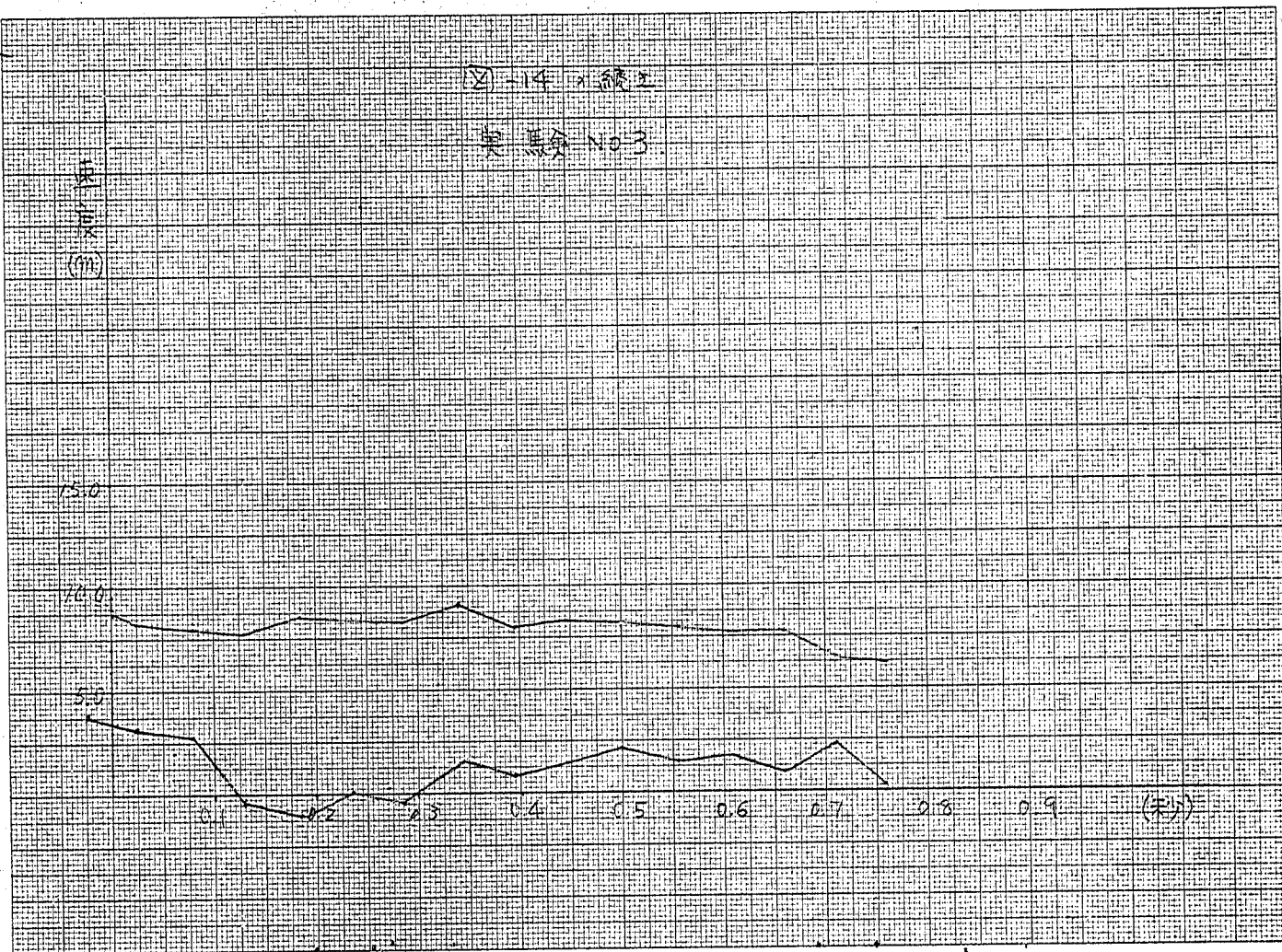
0.9

(分)



JIS A4 180×250^{mm}

NO.401C



21-14, 統計

実験 No. 4

振幅
(mm)

15.0

10.0

5.0

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

0.7

0.8

(秒)

IV 実験結果の検討

A 乗越しについて

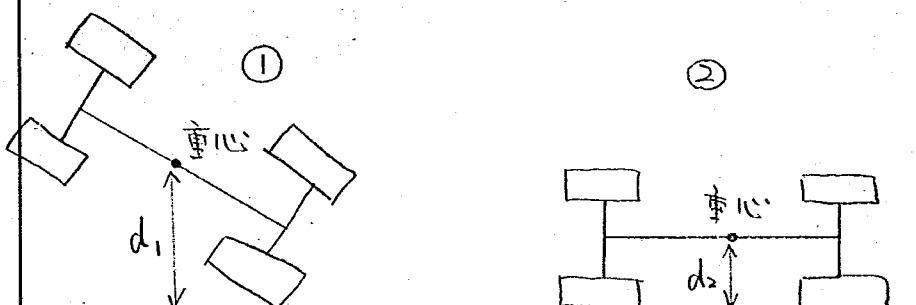
本実験においては完全なる乗越しは起らなかったが、貨物車の実験においては部分的な乗上げが生じた。

乗上げは他方車に影響を与えないという点では望ましい結果ではあるが、列のきつめすばは乗越しの危険段階である。特に実験中においては後輪がどの程度解上っており、これはオートガードの高より高く衝突条件が厳しくなった場合には乗越しの可能性を生ずることを示している。このため、路外逸脱を必ず防止しなければならぬ箇所においては後ろにコンクリート壁等を併用すべきであろう。しかし乗越したとしてもオートガードによってかなりエネルギーが失われた後であるからコンクリート壁等の負担は軽くなる。

B 転倒について

実験中において衝突車の転倒があった。これは明らかにオートガードの設置高の低きによる。

完全に側面壁にどの程度の角度で衝突した車に依り、転倒条件を簡単に考へてみる。



状態①は衝突開始時②は重心が最も壁に近くなった状態である。そこで $d_1 - d_2$ ぶんだけ衝突が始まってから重心の動き得る距離を計算してみると(車と壁の破壊かなどとして)

ブルバード 0.41 m (空車)
(実験1, 2使用, 乗車)

TH16 1.28 m (実験4条件)
(実験3, 4使用, 大型トラック)

トヨエース 0.46 m (空車)
(小型トラック)

" 0.60 m (最大積載)

①から②へ移るのに力が平均的にかかる時間は
この力は 壁直交方向のエネルギーを $d_1 - d_2$ 割ったものがあり

ブルバード $F = 0.985 V^2 \text{ kg}$ (V の単位は km/h)

TH16 $F = 4.86 V^2$

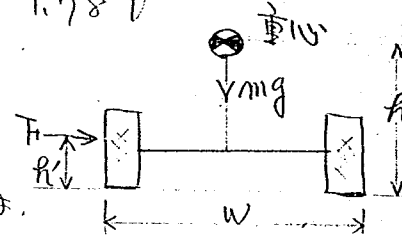
トヨエース(空) $F = 1.15 V^2$

トヨエース (最大) $F = 1.78 V^2$

一方車、転倒条件は

$$\frac{W}{2} \cdot mg < F(h - h')$$

であり前記の各車においては、



ブルバード $F > 593 / (0.565 - h')$

TH 16 $F > 15700 / (1.13 - h')$

トヨエース (空) $F > 891 / (0.568 - h')$

トヨエース (最大) $F > 1795 / (0.77 - h')$

(ただし、TH 16、トヨエースにおいては荷の重心を荷台上 20cm とした)

この両者より転倒を生ずる限界の V と h' の関係を求める

ブルバード $V^2 = 602 / (0.565 - h')$

TH 16 $V^2 = 3230 / (1.13 - h')$

トヨエース (空) $V^2 = 275 / (0.568 - h')$

(最大) $V^2 = 1010 / (0.77 - h')$

オートガートの中心高 0.40 m において方がかかるとすればそれに対応する V は

ブルバード $V = 60 \text{ km/h}$

TH 16 $V = 67$

トヨエース (空) $V = 68$

トヨエース (最大) $V = 52 \text{ km/h}$

これらの速度は高速道路に於いてはかなり低い水準であり、衝突速度が20度の場合、劇的なオトガードは転倒をおこさせやすいと言える。

これに従う実験2の転倒は当然であり、実験1も限界値であったと仮定するが、実際には路面の厚さもあり、これよりは多少有利と見られる。実験3, 4は乗り上げが少いため、この条件とは完全に異なる。

もし着地点が0.50m, 0.60mであった場合には上記のVは下記のごとくなる

	0.50 m	0.60 m
ブルバート	$V = 96 \text{ km/h}$	$\infty \text{ km/h}$
TH 16	$V = 72$	78
トヨエース (空)	$V = 107$	∞
トヨエース (最大)	$V = 61$	77

なおトヨエース (最大) に於いて $h' = 0.40 \text{ m}$ とし衝突速度を変化させた場合、限界のVの値は以下のごとくなる

高度	5	10	15	20	30	高
V	107	75	60	52	41	km/h

C 車両、人員の被害

車両に生じた最大減速度は実験 2 において 14g、実験 3 において 5g であった。写真より実験 1 では実験 2 の半分程度の減速度と思われる。前記(転倒の項)の考察によれば“車に生ずる減速度は下記とする。

ブルーバード $0.00113 V^2 g$

TH16 $0.000367 V^2 g$

トヨエース(空) $0.00100 V^2 g$

(最大) $0.000785 V^2 g$

これより、実験 1、2 の場合を推定すれば

実験 1 では 4.4g、実験 2 では 10.2g と

なるが、これは平均的な考え方であり、

実験の値の方が大きいのは、当然であって、むしろ

少ないと思われる。実験 1 において 0.1 秒間の平均は 5.6g である。

これは計算において車両側の変形を考えていないためであろう。

実験 2 で生じた減速度はかなり大きいものであるが、致命的なものではない。

しかし、転倒等の二次事故による被害は、大きな問題となろう。

車両の損害は実験 2, 3, 4 において大きかった。実験 2 においては、土のうへ衝突後の転倒による部分がかかりあるため割引く必要があるが、右前輪はオートガードへの衝突で完全に破壊しており、土のうに衝突しなくとも転倒はおこっており。

大きな損害はまぬがめない。実験 3, 4 では前輪の破壊のほか、車がオートガード上に乗り上げたため、エンジン下部の被害が加わっている。

実験 4 の衝突車は後輪が、オートガードをまたいだため、用意したレッカー車では、けん引が、できずオートガード上で分解し、処分した。

以上の損害は、過去の実験に比べると大きいが、過去の実験はすべて土中建設機式の防護柵についてであり、本実験のように積込物上という防護柵としては、不利な条件のもとでの実験では、そのため公平な比較とは行かない。

D. オートガードの被害

実験1.2においては、オートガードの被害は小さく、美観上取り換える必要はあるが防護柵としての機能を失うほどのものではなかった。

実験3.4においては、オートガードの片持ち梁部分が完全に破壊した。

この部分は、本形式のオートガードにおいて最も弱点であり、土中式オートガードと同様に連続的な構造を考えるべきであると思われる。

ただし、オートガードの強化は下部構造に関するため、すべての車両もオートガードにて止めるのではなく、後方にコンクリート壁等をもうけて二段構えの形式とするのも一つの方策であろう。

E. エッジ効果

オートガードの大きな機能として、エッジでタイヤをかみ車輪を転向させるエッジ効果があげられているが、本実験ではそれが認められなかった。

ハンドルを固定したためであろうと考えられるが、現実の車を考えた場合、すべての車に対してエッジ効果を示すような構造は、むずかしいと思われる。

大型トラックの場合前輪のオイルはタイヤより外に出ており、また乗用車においてもタイヤのオイルより出てくる厚さはそれほど大きくはない。

エンジンの高さを20cm以下にすればすべての車に対してエンジン効果を示す可能性はあるかもしれないが、この場合前記の転倒の問題がより大きくなる。

V 結論

1. 本実験における荷重条件（最大 12.6 t/m^2 設置要綱 A 荷重をわずかに下まわる）において衝突車の乗越しは生じなかった。ししトニクの実験においては乗上げが生じた。
2. 乗用車の速度での実験（ $V = 95 \text{ km/h}$ ）において衝突車は転倒した。これは 所 知 には、供試オートサートの高さが低くなるためである。
3. 車に生じた減速度はかなり大きかったが構造物上の防護柵としてはやぶがたいと思われる。
4. 供試オートサートは各ビームが連結されているためビーム端部が弱点となっている。
 アニカーの位置の変更またはビームの連結によってこの部分の速度を増すべしである。