I－174　オイルダンパー付ガードフェンスの実物実験と解析

○神戸大学工学部　正員　枝村俊郎
建設省土木研究所　〃　栗田正雄
日本IBM　〃　東条是樹

1、まえがき

最も普通に用いられるガードフェンスは，ビームにW型断面の薄板成型材を用い，これを土中にたてこんだ鋼管で支持した形式のものである。この場合阻止される自動車に加わる衝撃の吸収は、ビームと支柱の基礎の土の弾性、塑性変形によって行なわれるわけである。

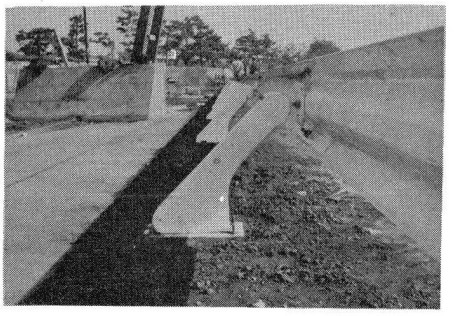


写真1　オイルダンパー付ガードフェンス

今回試験ならびに解析を行ったガードフェンスはこれと異なり、ビームとしては通常のW型断面材をそのまま用いるが、支柱に緩衝装置としてのオイルダンパーを附加したものである。写真1に支柱の外観を示す。オイルダンパーはカバーの中に内蔵されている。

本来、ガードフェンスに加わる荷重は、事故車輛であって、その重量、速度、方向の一定しない確率的なものである。これを考慮すれば、緩衝装置として、単に弾塑性的な要素だけでなく、速度に応答する要素をガードフェンスが持つことは、許容変形を可能な限り利用するために望ましいことであることが予想される。また、このような形式のガードフェンスのひとつのねらいは、基礎の永久変形を少なくして保守コストの引下げにあるとも考えられている。

このような特徴をもつガードフェンスに、実物自動車を衝突せしめ、ガードフェンス、及び、自動車の挙動を測定し、若干の解を行った。衝突試験設備としては、最近完成した建設省土木研究所千葉支所構内のガードフェンス試験設備を用いた。

2、実験設備、及び、実験器具

これまで行なわれたガードフェンスの実験の多くは、試験車の加速に斜面を利用していたが、この方法では，交通不便な所が実験場として選ばれることが多く、観測に困難が多かった。そのため，土木研究所千葉支所内に、ウィンチによって加速を行なう常設的な施設を作った。

写真2　自動車改造ウィンチ

ウィンチは、自動車（1955年型クライスラー）を改造したもので、後輪軸にドラムをとりつけたものであって（写真2）、加速距離は150mである。

加速中の誘導は、レールを試験車の前後にとりつけたローラーではさむことによって行なっている。（写真3）

実験は、1962年型ブルーバードによって行なわれた。オイルダンパー付ガードフェンスでは、時速60km、70km、80kmの3種の速度での実験がなされ、比較のため、普通型ガードフェンスで、時速70kmでの実験が行なわれた。衝突角はいずれも20度とした。

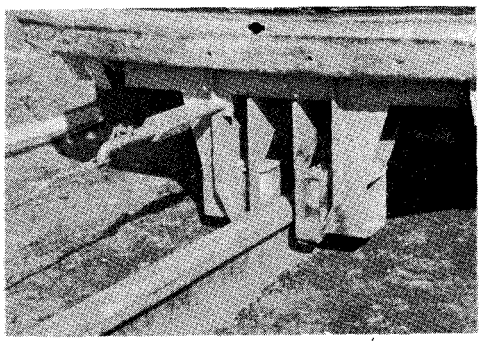


写真3　レールとガイドローラー

3、計測方法、及び　計測例

実験の計測には、直接測定、16mm撮影機での写真による測定、電気的測定を併用した。

①直接測定

車の軌跡、ガードレールの変形を測定した。

②16mm撮影機での写真による測定

16mm撮影機（D、B、ミリケン社　DBM4　400駒/秒）によって、衝突現象を上方より撮影し、16mmフィルムナナライザーによって、標定基準点、車輛、及び、ガードレール上のマークの座標を読みとった。基準点の地上座標、及び、写真座標より写真の標定を行ない、車輛、及び、ガードレール上のマークの写真座標を地上座標に変換し、これらより、車輛の位置、方向、速度、加速度、及び、レールの変形をもとめた。

③電気的測定

約1m離れたスイッチの開閉時間間隔によって車の速度を、車の前席下にとりつけた加速度計によって進行方向の加速度を、ガードレールにとりつけたストレインゲージによってレールのひずみを、又、板バネを利用した変位計によってダンパーのストロークを測定した。

以上の各種計測によって多くの資料が得られたが、その例を以下にしめす。図1は、写真よりもとめた車の重心の動きである。図2は、同じく写真よりもとめた、車の重心の加速度である。図3は電気計測よりもとめたダンパーのピストンストロークである。

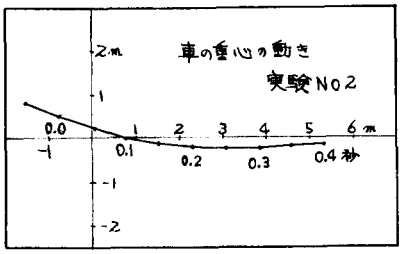


図1

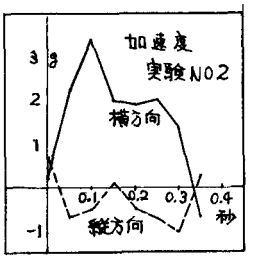


図2

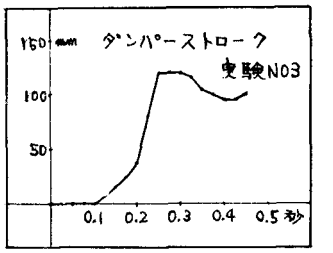


図3

4. 数値解析

支持の構造は模型的には図－4のようになる。 力の釣合関係より，

$$R \cdot L \sin(\theta+\theta_0) = F \cdot l_1 \sin\varphi$$

$$F = \frac{R \cdot L \sin(\theta+\theta_0)}{l_1 \sin\varphi}$$

正弦定理より，

$$\frac{l_2}{\sin\varphi} = \frac{\sqrt{l_1^2+l_2^2-2l_1 l_2 \cos(\theta+\theta_0)}}{\sin(\theta+\theta_0)}$$

故に

$$F = R \cdot L \frac{\sqrt{l_1^2+l_2^2-2l_1 l_2 \cos(\theta+\theta_0)}}{l_1 l_2}$$

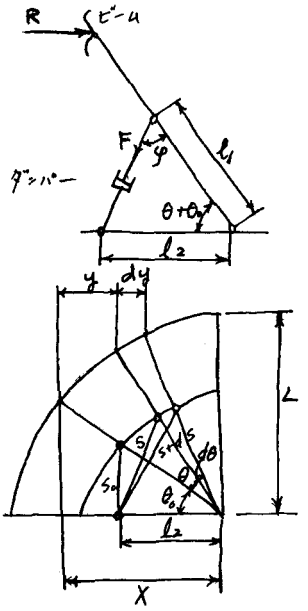
オイルダンパーの特性式を

$F = C\left(\frac{ds}{dt}\right)^2$ とすると，

$$\frac{ds}{dt} = \sqrt{\frac{R \cdot L \sqrt{l_1^2+l_2^2-2l_1 l_2 \cos(\theta+\theta_0)}}{C \cdot l_1 l_2}}$$

ビーム位置における支点の移動速度とダンパーピストンの移動速度の関係は，

$$\frac{dy}{dt} = \frac{L\sqrt{l_1^2+l_2^2-2l_1 l_2\cos(\theta+\theta_0)}}{l_1 l_2}\frac{ds}{dt}.$$



図－4 オイルダンパー付支持の模型と dy, ds の幾何学的関係

また

$$y = X - L\cos(\theta+\theta_0).$$

ダンパー常数 C の推定には，トロフコに重量物を積載し，実物支持に衝突せしめた記録を利用した。トロフコの衝突時の初速 v_0 が既知であると，

$$\frac{1}{2}m v_0^2 = \int_0^{S_{max}} F\,ds = C\int_0^{S_{max}} \left(\frac{ds}{dt}\right)^2 ds \fallingdotseq C\sum\left(\frac{\Delta s}{\Delta t}\right)^2 \cdot \Delta s$$

実験結果

エネルギー t-m/m²	C	エネルギー	C
4.3	0.341	21.8	0.442
6.2	0.480	37.5	0.350
8.0	0.480	39.5	0.365
10.5	0.563	39.5	0.800
15.8	0.546		

(C : cm, kg, sec unit)

数値解析には C = 0.8 を使用した。

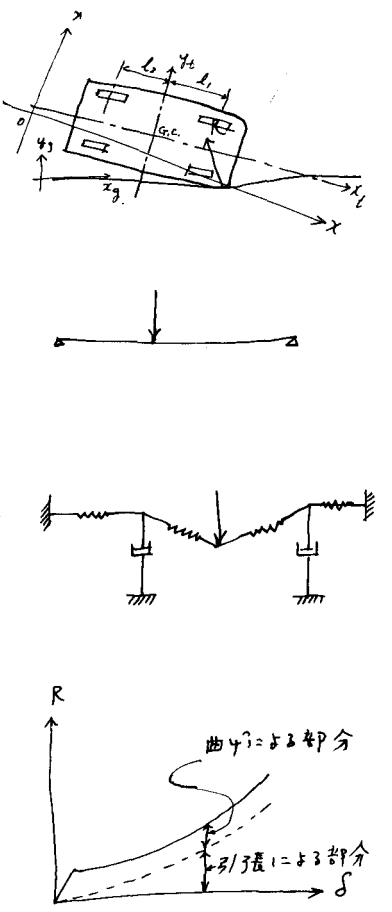
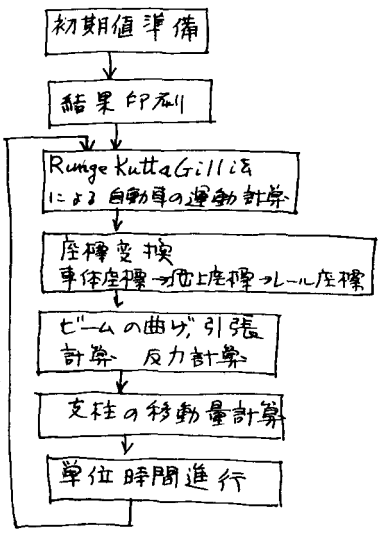
自動車とガードフェンスの衝突現象は本来極めて複雑な現象で，多数の要因がこれに関与している。
ここでは，自動車の運動をその操縦性安定性の力学理論に習って剛体の平面運動と見なし，外力として，ガードフェンスからの反力，路面からのコーナリングフォース，ころがり摩擦抵抗のみを考慮する。実験時においては勿論0，また前輪は完全固定であるので，数値解析においても同様に仮定した。

ガードフェンスについては，ビームに関しては曲げと引張の合成を考え，支柱については オイルダンパーの特性 を考える。

このような場合について現象を電子計算機中において 再現することとした。

計算の結果と実験結果を対比すると，自動車の受ける反力が計算結果では予想より高く，従って，実験結果よりも自動車の受ける減速度が大（実験約 3.5g，計算 5.5g），また自動車がレールより早く離脱する傾向を持った。
これは ガードフェンス側 のモデルがかなり単純に過ぎること，特に基礎が 土中埋込部から移動するがこれを考慮に入れていないこと，また 自動車側の前頭部の変形（今回の実験を通じて内方へ 20 cm，前後方向へは 100 cm 程度，レール接触部において）を考慮に入れていないこと等によるものと考えられる。

計算結果の詳細については 講演時に述べる。



図－5 自動車およびガードフェンスの模型。