

I - 556

土中型プレキャストコンクリートガードフェンス
の模型実験に対する衝撃応答解析

日本サミコン㈱	正員	○小林 一隆
防衛大学校土木工学科	学生員	奥田 将樹
防衛大学校土木工学科	正員	石川 信隆
九州大学建設都市工学科	正員	太田 俊昭

1. 緒言

欧米では車両の突破を防ぐ剛性防護柵として、コンクリート製プレキャストガードフェンス(以下、PGFと呼ぶ)が普及しており、その種類には固定型と移動型がある。固定型にはボルトで基礎コンクリートに完全固定するタイプと、PGF本体を土中に埋め込むタイプ(以下、土中型と呼ぶ)があるが、施工の容易性および緩衝効果の観点から、土中型PGFがより効果的であると考えられている。先に著者ら¹⁾は、PC鋼線で連結した土中型連結PGFの衝撃模型実験を行い、PGF全体の変位分布および衝突体車両の受ける加速度について検討を行ったが、ここでは、剛体ばねモデルを用いて模型実験に対する衝撃応答解析を行い、実験結果と比較検討を行ったものである。

2. 解析の概要

(1)解析モデル 衝撃実験は図-1に示すように、衝突車両の前面を発泡スチロールで模擬した160kgf(20tトラックに相当)の重錘を土中型連結PGF供試体に衝突させるものである。実験に用いたPGF供試体は図-2に示す3種類と、Aタイプのフーチング部分をボルトで固定した固定型の4種類である。この衝撃実験結果の一部は既に報告¹⁾したので、ここでは図-3に示すような剛体ばねモデルを用いて衝撃応答解析を試みた。すなわち、PGFを各要素間にPC鋼線をモデル化した軸力ばねと、せん断キーをモデル化した曲げばねを有する剛体質点の離散化モデルに置換し、車両とPGFの間は局部ばねと局部ダッシュポットで置き換えるものとした。なお、各PGFの背面には、土をモデル化した圧縮方向のみに作用する土ばねおよび土のダッシュポットを設けた。

(2)入力データ まず、衝突点に設けた局部ばねの定数は、図-4に示すように実験に用いた発泡スチロールの静的実験を行うことにより求めた。また、局部ダッシュポットの係数は、初期ばね定数 k と重錘質量 m から決定する($C=2h\sqrt{mk}$ 、ただし、 $h=0.6$)のものとした。また、軸力は連結用のPC鋼材($\phi 5.0$)を介して各要素間で伝達されるものとし、軸力ばね定数は次式より算出した。

$$Kn = Ap \times \frac{E_p}{L}$$

$$= 0.196 \times 2.0 \times \frac{10^8}{100} = 3,298 \text{ kgf/cm} \quad \cdots (1) \text{ 土ばね定数}$$

ただし、 Kn : PGFの軸力ばね定数(kgf/cm), Ap : PC鋼材の断面積(cm^2)

E_p : PC鋼材の弾性係数(kgf/ cm^2), L : 要素間距離(cm)

次に、実験においてはPC鋼線を1.5tfの緊張力で締め付けたので、軸力と変位の関係を図-5のような弾塑性ばねに設定した。また曲げモーメントは、せん断キーを介して各要素間で伝達されるものとし、曲げ

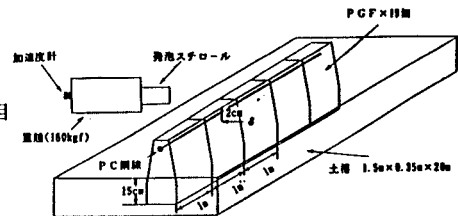


図-1 衝撃実験の概要

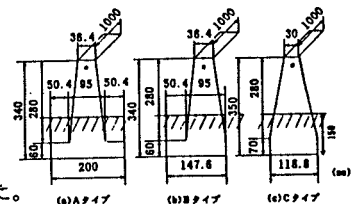


図-2 供試体の種類

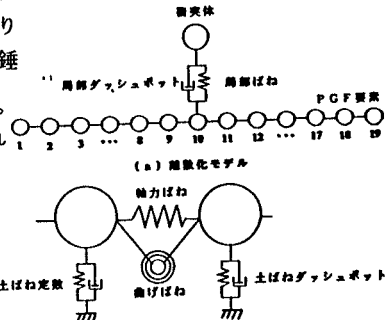


図-3 解析モデル

ばね定数は静的実験の結果から逆算して求めた。その結果、回転角と曲げモーメントは供試体タイプにかかわらず硬化型の弾塑性性直線を示した。Cタイプの結果を図-6に示すが、計算は図中の解析モデルの直線で行った。さらに、土ばね定数については、土圧による反力のみで荷重が発生する単体の静的載荷実験²⁾の結果を利用し、Cタイプの場合は図-7に示すような軟化型の弾塑性モデルとした。ここで、砂の減衰係数は減衰定数を0.03とし³⁾、ばねと並列するダッシュポットの係数については、以下のように算出した。

$$C_c = 2h\sqrt{mKc}$$

$$= 2 \times 0.03 \times \sqrt{(77.1/980) \times 125.0} = 0.19 \text{ kgf} \cdot \text{sec/cm} \quad \dots (2)$$

ただし、 C_c ：減衰係数、 $h=0.03$ 、 m ：PGFの質量、

Kc ：土ばね定数（初期勾配）

(2) 解析の基本式

計算は、オイラー法を用いて行い、時間刻みは 10^{-5} とした。よって、PGFと衝突車両の加速度、速度、移動量は以下の式で表される。

$$\alpha(t) = \frac{F(t)}{m_i} \quad \dots (3a)$$

$$v(t) = v(t-\Delta t) + \alpha(t) \times \Delta t \quad \dots (3b)$$

$$d(t) = d(t-\Delta t) + \frac{v(t) + v(t-\Delta t)}{2} \times \Delta t \quad \dots (3c)$$

ただし、 $\alpha(t)$ 、 $v(t)$ 、 $d(t)$ 、 $F(t)$ ： t 時刻における加速度、速度、移動量、および作用力、 m_i ： i 質点の質量

3. 数値計算例および考察

以下にCタイプの解析結果を詳述する。図-8は模擬車両に生じた加速度の時刻歴応答を示したもので、実験値と比較している。これより、計算値は実験値に比べ時間的に位相のずれを生じているが、最大加速度の値は良く一致している。実験値において最大値が遅れる原因としては、PGF供試体に傾斜がついていること、また解析の面で衝突点のフォークトモデルにおけるダッシュポットの力が大きく影響していることなどが考えられ、そのため最大加速度が衝突の瞬間に発生するためと思われる。この衝突点のモデル化に対してはさらに検討する予定である。図-9は、各供試体タイプにおいて解析から得られた最大変位分布を実験値と比較したものである。これを見ると、計算値は実験値ほど局所的な変位分布は出ていないが、衝突点における値は、約10%の誤差以内で概ね一致している。実験において変位がより局所的に発生した原因としては、やはりせん断キーのねじれ破壊とPGFの回転による変位が影響しているためと思われる。

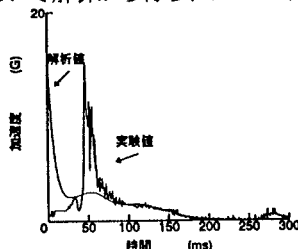


図-8 加速度～時間関係
(Cタイプ)

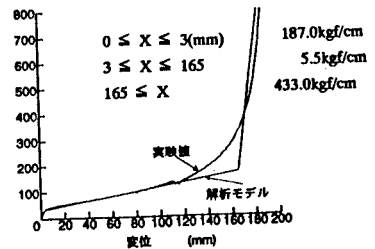


図-4 発泡スチロールの荷重
～変位関係

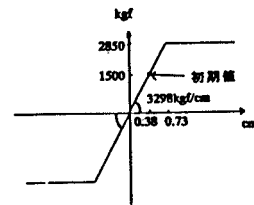


図-5 軸力ばねモデル

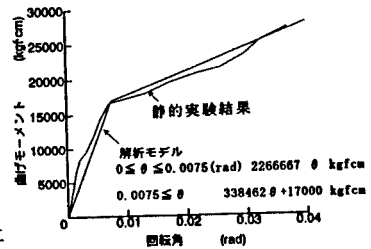


図-6 曲げばねモデル(Cタイプ)

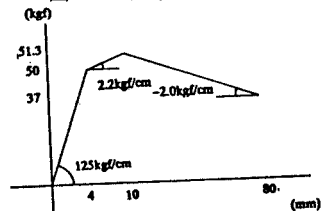


図-7 土ばねモデル(Cタイプ)

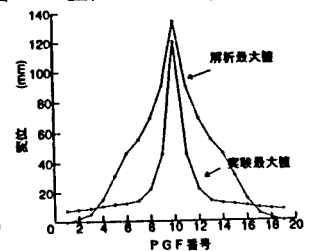


図-9 PGF変位分布
(Cタイプ)

参考文献 1) 奥田将樹、小林一隆、石川信隆：土中埋め込み式プレキャストコンクリートガードフェンスの衝撃模型実験、土木学会第22回関東支部技術研究発表会概要集、pp.36～37、1995年3月 2) 奥田将樹、小林一隆、石川信隆：土中型プレキャストガードフェンスの単体挙動に関する衝撃実験、土木学会第21回関東支部技術研究発表会概要集、pp.98～99、1994年3月 3) F. E. リチャード・J. R.、J. R. ホール・J. R.、R. D. ウッズ：土と基礎の振動、pp.377～379、鹿島出版会、1986年1月