

土中型プレキャストコンクリート ガードフェンスの衝撃応答解析

日本サミコン 技術部研究開発課 正会員 小林一隆
防衛大学校 土木工学科 正会員 香月 智
同 上 正会員 石川信隆
九州大学 工学部建設都市工学科 正会員 太田俊昭

1. 緒言

欧米諸国においては、中央分離帯突破等の重大交通事故を防止するために、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）が広く普及している。近年、我が国においても建設省土木研究所を中心として、PGFの安全性能を実験的に検証する研究¹⁾が行われている。また、筆者らはPGFの単体およびプレストレスによって連結した連結PGFについて、それぞれ模型実験と衝撃応答解析^{2), 3), 4)}を行い、PGFの挙動を解明してきた。本報告は、連結用のPC鋼棒による復元力を単体PGFの外力として作用させることにより、PGFの立体挙動を単体と連結の2段階解析を用いて考察しようとしたものである。

2. 解析法

2.1 単体PGFの解析モデル

まず単体PGFの断面方向の解析は図-1のようなモデルを用いて行う²⁾。つまり、PGFを1質点とし、埋め戻しの土を引張り力に抵抗しない圧縮ばねとした。また、模型車両は緩衝材として発泡スチロールを装着したので、これをモデル化した局部ばねと局部ダッシュポットに置き換えるものとした。計算は運動方程式をマトリックス法を用いたウィルソンθ法で解くものとした。

2.2 連結PGFのPC鋼棒の復元力の算出法

次に、PC鋼棒のy軸方向の軸力を図-2のように算出し、これを図-1の復元力として加算するものとした。すなわち、PC鋼棒はアンボンドの状態では配置されているので、各断面応力一定として軸力を算出した。いま、図-2の(h-i)間を例にとると要素間の変位後の距離(ℓ_h)およびPC鋼棒の増加延長(ΔL_p)は次のように求めることができる。

$$\ell_h = \sqrt{(y_i - y_h)^2 + (x_i - x_h)^2} \quad , \quad \Delta L_p = \sum_{i=1}^{n-1} \ell_i - L_p \quad (1a, 1b)$$

ただし、 L_p はPC鋼棒の初期総延長を示す。したがって、変形後にPC鋼棒に作用する総軸力(P_{pc})は次のようになる。

$$P_{pc} = P_{pe} + (A_p \cdot E_p / L_p) \Delta L_p \quad (2)$$

ただし、 P_{pe} : 初期緊張力、 A_p : PC鋼棒の断面積、 E_p : PC鋼棒の弾性係数。また、要素間の回転変位角 β および(h-i)間に作用するy方向の力 P_{pch_i} は次式から求まる。

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{y_i - y_h}{x_i - x_h} \right) \quad , \quad P_{pch_i} = P_{pc} \sin \beta \quad (3a, 3b)$$

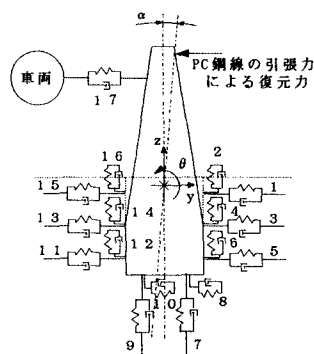


図-1 単体PGFの解析モデル
(y-z軸)

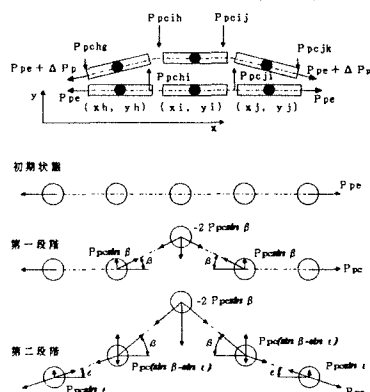


図-2 連結PGFの復元力の算出
(x-y軸)

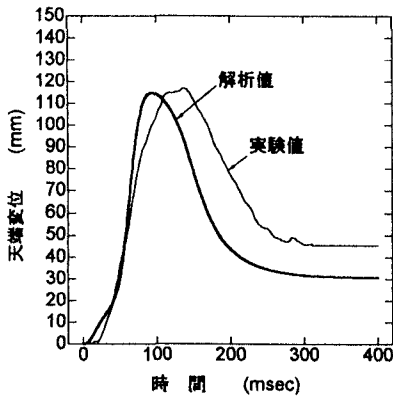


図-3 衝突点 PGC の天端変位～時間関係

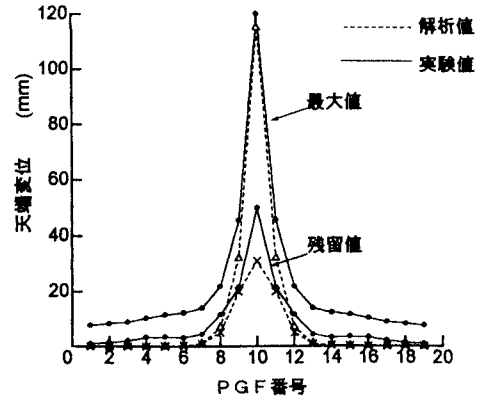


図-4 PGC の変位分布

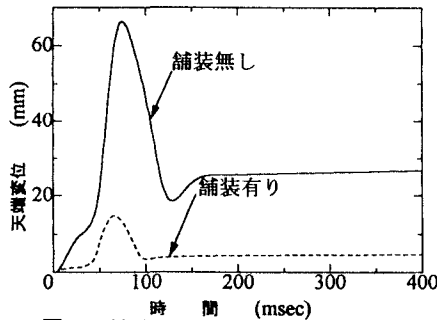


図-5 舗装の影響(衝突速度100km/h)

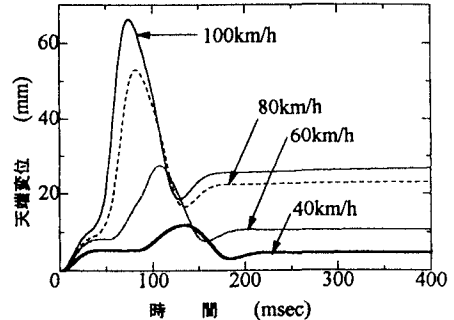


図-6 車両の衝突速度の影響

以上より、要素iに作用する復元力は次のように表すことができる。

$$P_{pc}(i) = P_{pci}h + P_{pcij} = -P_{pci}h + P_{pcij} = P_{pc}(-\sin\beta + \sin(-\beta)) \quad (4)$$

3. 計算例

以下に本解析法を用いて行った計算例を示す。なお、車両衝突条件は重量を20tf(大型貨物車両)とし、衝突角度および速度をそれぞれ20度、100km/hとした。まず、本解析法の妥当性を検証するために、模型実験結果との比較を行う。衝突点 PGC の天端変位～時間関係を図-3に示す。また、各 PGC の天端における最大変位と残留変位の分布を図-4に示す。衝突点以外の PGC の最大変位分布に若干の差が見られるが、衝突点の変位については本解析法は実験結果を良くシミュレートできていると思われる。次に、実際の構造に適用した場合のいくつかの計算例を示す。なお、実験においては砕砂を人力によって埋め戻したために、平板載荷試験より得られた鉛直方向地盤反力係数が4.24kgf/cm³と非常に柔らかい値を示していた。しかし、路盤上に設置する場合は、良好な支持力を有している堅い状態であるために、鉛直方向地盤反力係数を8.0kgf/cm³として以下の計算を行うものとした。さて、衝突事故による2次災害を防ぐためには、PGFが転倒しないことや、対向車線を侵さないことが重要である。いま、舗装の有無と車両の衝突速度をパラメータとして計算を行うと、衝突点 PGC (1/5モデル) の天端変位～時間関係は図-5および図-6のようになる。これらの計算結果より、舗装によって天端変位を約80%低減できることや、衝突速度が60km/hを越えると変位量が急に大きくなること、さらに大型貨物車両の衝突によってもPGFが転倒せず復元することがわかる。

参考文献) 1) 瀬尾卓也, 酒井洋一ほか: プレキャストコンクリート製防護柵の実車衝突実験について, 土木学会第2回落石等による衝撃問題に関する講演論文集, pp. 65~70, 平成5年6月; 2) 奥田将樹, 小林一隆, 石川信隆, 太田俊昭: Impact Behavior of the Unit Body of Precast Concrete Guardfence Buried into the soil, 3rd KERENSKY CONFERENCE, pp. 465~470, 1994年7月; 3) 奥田将樹, 小林一隆, 石川信隆: 土中埋め込み型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回関東支部技術発表会概要集, pp. 36~37, 平成7年3月; 4) 小林一隆, 奥田将樹, 石川信隆, 太田俊昭: 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, 土木学会第50回年次学術講演会概要集第1部(B), pp. 1112~1113, 平成7年9月