

衝撃解析を用いた小型 FWD 用ゴムバッファの影響に関する検討

鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫、村本勝己
同上 正会員 鴨 智彦、桃谷尚嗣
福山コンサルタント 正会員 ○ 福島幸司、中野 聡

1. はじめに

道路舗装の構造評価に用いられる FWD 試験を地盤の剛性評価に適用するため、種々の地盤に対して FWD 試験を実施してきた。しかしながら、FWD 試験の衝撃荷重による地盤内応力の影響範囲が不明確なことから、載荷板上のゴムバッファの影響による地盤の挙動あるいは平板載荷試験との差異に関する検討が不十分であった。

本稿は、FWD 試験の実測値を衝撃解析を用いた逆解析^{1),2)}により、地盤の変形係数を把握するとともに、載荷板上に設置されるゴムバッファの変形係数の変化による影響の違いおよび平板載荷試験との影響の違いについて考察した結果を報告する。なお本研究については、運輸省の補助金による「軌道・地盤の効率的計測・評価法の開発」の一環として進められている。

2. 解析概要

本解析は、K 値の異なる地盤に対して、FWD 試験のシミュレーション解析を行うとともに、載荷板上に設置したゴムバッファの変形係数を変化させた場合の影響を解析的に把握した。

解析対象は、平板載荷試験の実施された 2 種類の砂地盤 (TYPEA: K_{30} 値 = 156MPa/m、TYPEB: K_{30} 値 = 81MPa/m) である。なお、本解析における FWD 試験は、図 1 に示す直径 9cm の載荷板を用いた小型 FWD 試験であり、この試験によって、荷重と変位の時刻歴応答を測定しその後の解析に用いている。

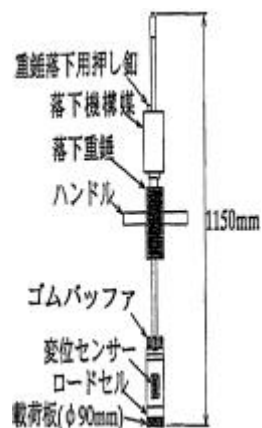


図 1 小型 FWD の概要

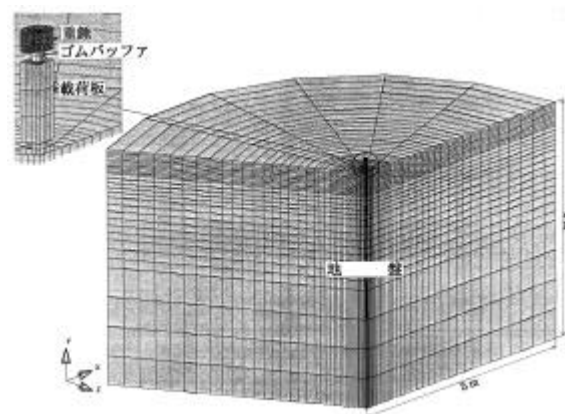


図 2 衝撃解析に用いた三次元 FEM 立体モデル

衝撃解析 (LS-DYNA) によるシミュレーション解析は、重錘を所定の高さから自由落下させ、その時に発生する載荷板の荷重と地盤の変位および応力を把握し、小型 FWD 試験の荷重と変位が一致するまで地盤の変形係数を変化させることによって行った。なお、シミュレーションに用いたゴムバッファの変形係数は、61.4MPa とした。これより得られた地盤の変形係数を用いて、次に載荷板上のゴムバッファの変形係数を 3 段階 (6.8MPa, 4.0MPa, 2.5MPa) 変化させ、応答値の傾向の違いを把握した。さらに、平板載荷試験の静的なシミュレーション解析および小型 FWD 試験の解析結果より、両者の試験の荷重の違いによる地盤の変形係数の評価および地盤内応力の影響の差異について考察した。なお、解析モデルは、載荷板上に設置されているゴムが離散的に 3 点配置されているため、図 2 に示す中心角 120 度の 3 次元 FEM 立体モデルとし、地盤の物性は線形として取り扱った。

3. 解析結果

(1) 小型 FWD 試験のシミュレーション結果

小型 FWD 試験の解析結果として TYPEA 地盤の小型 FWD 試験結果と衝撃解析結果の比較を図 3 に示す。このように、地盤の変形係数を変化させると、荷重と変位の応答値の変化は、変位の方が顕著であり、地盤の変形係数が 50MPa の場合の解析値は、小型 FWD 試験結果と良い対応を示している。

キーワード：FWD 試験、小型 FWD 試験、平板載荷試験、支持力、衝撃解析、変形係数

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7276 FAX 042-573-7432

〒136-0071 東京都江東区 亀戸 2-25-14 TEL 03-3683-0721 FAX 03-5628-7211

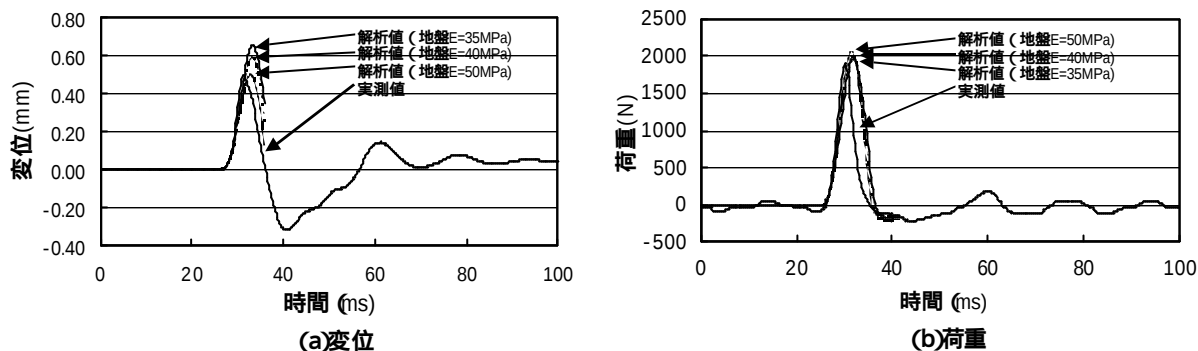


図3 小型FWD試験結果と衝撃解析結果の比較 (TYPEA:重錘落下高さ 10 cm)

(2) ゴムバッファの変形係数を変化させたパラメータ解析

ゴムバッファの変形係数を変化させたパラメータ解析を行った結果として、TYPEA 地盤のゴムバッファの変化と荷重と変位振幅の関係を図4に示し、ゴムバッファの違いによる最大応答値の比較を図5に示す。このように、ゴムバッファの変形係数が減少するにつれ、荷重と変位の振幅は小さくなり、周期が長くなる傾向であった。これは、ゴムバッファの変形係数が変化しても地盤に伝達される衝撃力のエネルギーは一定に保たれているためであろうと考えられる。

また、最大応答値の傾向は図5に示すように、解析値と実測値はいずれも、変位は、地盤の違いによる差異が現れているが、荷重はほぼ同程度であった。

(3) 平板載荷試験と小型FWD試験の解析結果の比較

平板載荷試験と小型FWD試験の解析結果の比較を表1に示す。

表1 静的および衝撃荷重による地盤の変形係数および応力の影響比較

地盤 TYPE	静的荷重 (平板載荷試験)				衝撃荷重 (小型 FWD 試験) (重錘落下高さ 10 cm)			
	変位 係数 (MPa)	荷重 (N)	応力*1 (MPa)	ひずみ*1	変位 係数 (MPa)	荷重 (N)	応力*1 (MPa)	ひずみ*1
A	26 ~ 28	1210 ~ 1360	0.005 ~ 0.1	1.0×10^{-3} ~ 2.4×10^{-3}	50	2064 (1890)	0.02 ~ 0.28	1.6×10^{-3} ~ 3.9×10^{-3}
B	15	730	0.005 ~ 0.06	1.0×10^{-3} ~ 2.4×10^{-3}	45	1972 (1787)	0.02 ~ 0.27	1.6×10^{-3} ~ 4.1×10^{-3}

*1: 載荷板直下の値を示す ()内は実測値

このように、両試験のシミュレーション解析より評価した地盤の変形係数は、TYPEA が約 1.9 倍、TYPEB が 3 倍程度と小型 FWD 試験の衝撃解析結果の方が、いずれも大きくなった。また、TYPEA、TYPEB 地盤ともに、載荷板近傍の地盤内では、 10^{-3} レベルのひずみが発生しており、この場合の地盤の変形係数の解析値は、三軸試験結果の 10^{-3} ひずみレベルの変形係数の実測値と概ね同程度であった。

5. まとめ

本研究で用いた衝撃解析によって、小型 FWD による重錘落下時の荷重と地盤の変形および応力を解析的に把握することができた。さらに、ゴムの変形係数を変化させたパラメータ解析により、載荷板に作用する荷重および地盤変位の傾向の差異がわかった。また、平板載荷試験と小型 FWD 試験の荷重レベルを合わせた場合、両者の試験による地盤応力の影響は、ほぼ同程度であることもわかった。本研究では地盤の応力 - ひずみ関係を線形として取り扱っており、今後は、地盤の非線形性状として、R - O モデル等を用いて地盤の塑性化の傾向を把握することが課題である。

【参考文献】1) 静的載荷および動的載荷による地盤変形特性の解析的検討、2) 鴨智彦, 関根悦夫: H FWD 用ゴムバッファの硬度が測定値に及ぼす影響について、土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集 / 第 部門, pp20 ~ 21, 1998.10

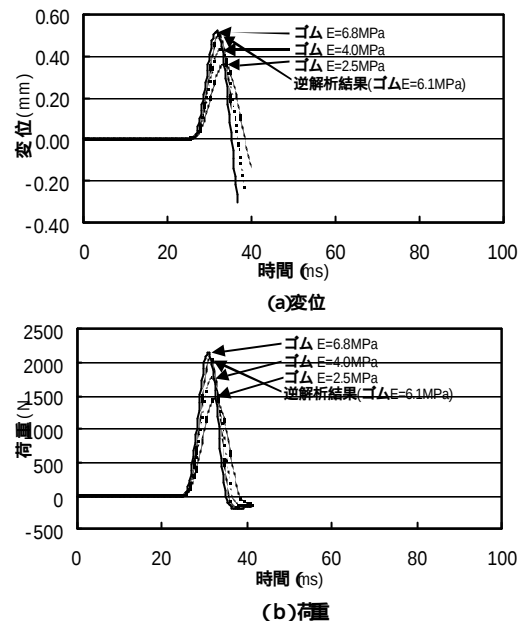


図4 ゴムバッファの変形係数の違いによる変位と荷重の変位振幅の関係 (TYPEA:重錘落下高さ 10 cm)

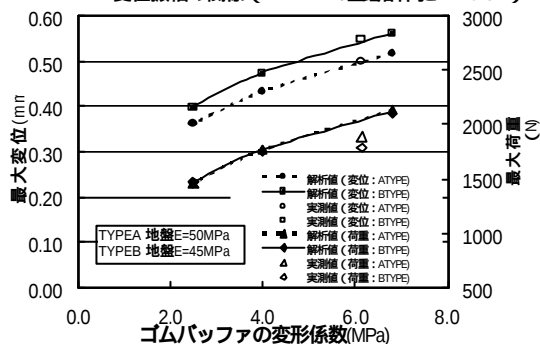


図5 ゴムバッファの変形係数の違いによる最大応答値の比較(重錘落下高さ 10cm)