

地盤剛性が小型 FWD 測定値に及ぼす影響の解析的検討

中央大学大学院 学生会員 久保寺貴彦 フェロー 姫野賢治
 鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫 正会員 桃谷尚嗣

1. はじめに

小型 FWD 測定において、衝撃緩和材の剛性や載荷力率が測定値に影響を与えることが指摘されている。そこで、これまで、小型 FWD を対象として、衝撃緩和材の剛性が測定値に及ぼす影響について、弾性モデルを用いた衝撃解析により、衝撃緩和材と地盤の剛性をパラメータとした検討を行い¹⁾、また、粘弾性モデルを用いた衝撃解析により載荷力率が測定値に与える影響について重錘の質量、落下高さをパラメータとした検討を行ってきた²⁾。今回、これまでの検討に引続き、地盤剛性が測定値に与える影響を粘弾性モデルを用いた衝撃解析により重錘の質量、落下高さをパラメータとした検討を行ったので報告する。

2. 解析概要

解析は、図 1 に示すように軸対象による粘弾性モデルを用いた LS-DYNA による衝撃解析である。荷重の着目点は、載荷板下の接触面であり、変位の着目点は、載荷板下中心である。地盤と衝撃緩和材を粘弾性体とした。粘弾性解析のせん断弾性係数の緩和現象は、図 2 に示す 3 要素の Kelvin モデルで表現した。3 要素の Kelvin モデルの構成式を式(1)に示す。

$G(t) = G_{\infty} + (G_0 - G_{\infty})e^{-\beta t}$ …… 式(1) （ここに、 G_0 ：初期せん断弾性係数、 G_{∞} ：後期せん断弾性係数、 β ：粘性項を含んだ定数）

モデルの中で、地盤と衝撃緩和材解析については粘弾性体、そのほかは弾性体とし、地盤剛性は 3 種設定した（Case A, B, C）。用いた粘弾性体、弾性体の物性値を表 1, 2 に示す。なお、地盤の剛性は、対象土の三軸圧縮試験、平板載荷試験の値を参考にし、衝撃緩和材は、実際の衝撃緩和材の一軸圧縮試験、動特性試験の値を参考に設定した。ここで、Case B の値を用い、重錘の質量 3kg、落下高さ 100mm について解析および実測値による荷重～変位曲線を図 3 に示す。解析および実測値とは近似した結果が得られている。解析は、重錘の質量を 4 種、落下高さを最大 7 種変化させて行った。

3. 解析結果

図 4 に落下高さと最大荷重（時刻歴荷重波形でのピーク値）との関係を示す。図中の波線は同じ載荷荷重を示したものである。各重錘の質量とも落下高さが高くなると最大荷重は増加する傾向を示し、地盤剛性が高い Case A で顕著である。

図 5 に落下高さと載荷時間との関係を示す。各重錘の質量とも落下高さが高くなると載荷時間は小さくなり、最大荷重が同じでも、重錘の質量が変化すると載荷時間も変化している。また、地盤剛性が高くなると載荷時間が短くなる傾向にある。

表 1 粘弾性体の物性値

		密度 (g/cm ³)	ポアソン比	体積弾性係数 (MPa)	G_0 (MPa)	G_{∞} (MPa)	β (1/ms)
地盤	Case A	2.03	0.3	333	154	18.0	7.6
	Case B	2.03	0.3	167	76.9	9.0	3.8
	Case C	2.03	0.3	83.3	38.5	4.5	1.9
衝撃緩和材		0.96	0.49	172	3.46	2.16	0.0965

表 2 弾性体の物性値

	密度 (g/cm ³)	弾性係数 (MPa)	ポアソン比
載荷板	7.85	2.1×10^5	0.3
躯体	5.05	2.1×10^5	0.3
重錘	可変	2.1×10^5	0.3

キーワード：小型 FWD, FEM, 粘弾性, 衝撃解析

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1796

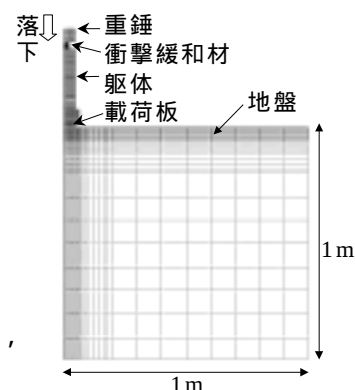


図 1 解析モデル

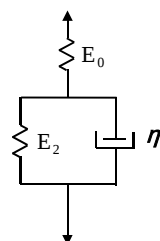


図 2 3 要素の Kelvin モデル

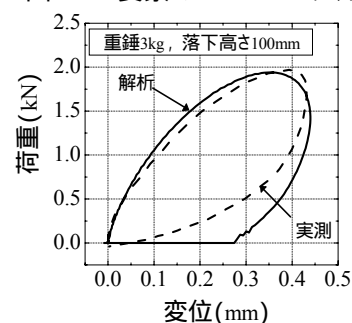


図 3 荷重～変位曲線

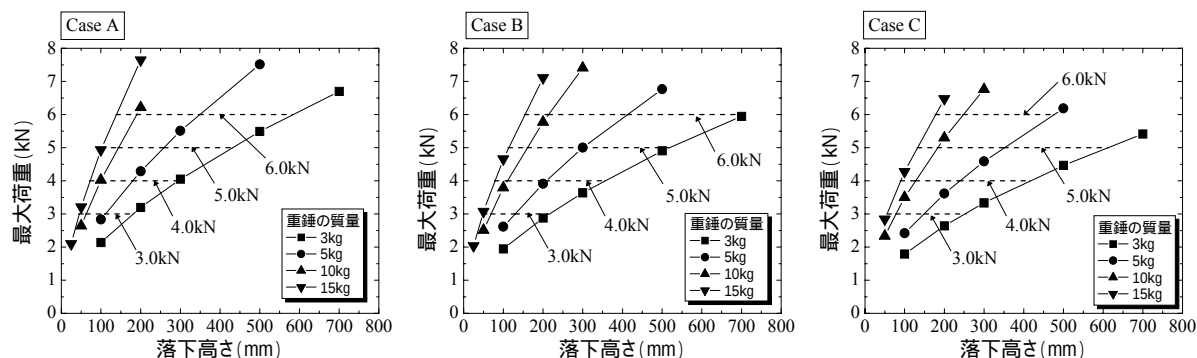


図4 落下高さと最大荷重（地盤：Case A, B, C）

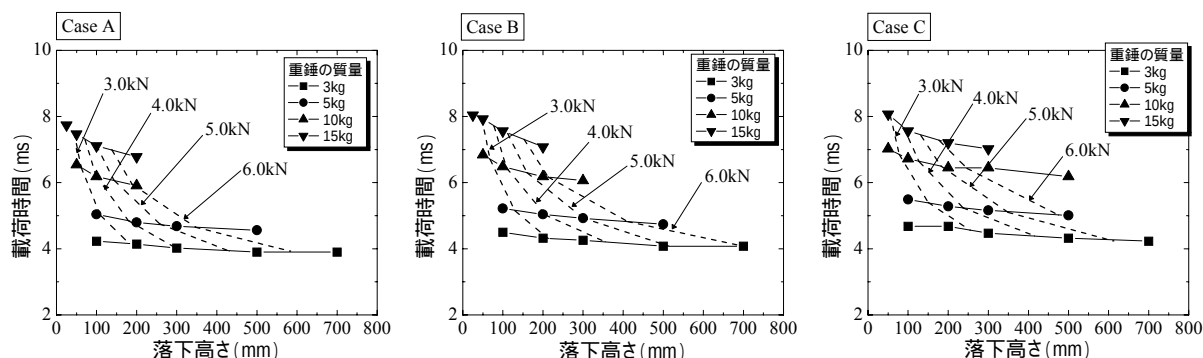


図5 落下高さと载荷時間（地盤：Case A, B, C）

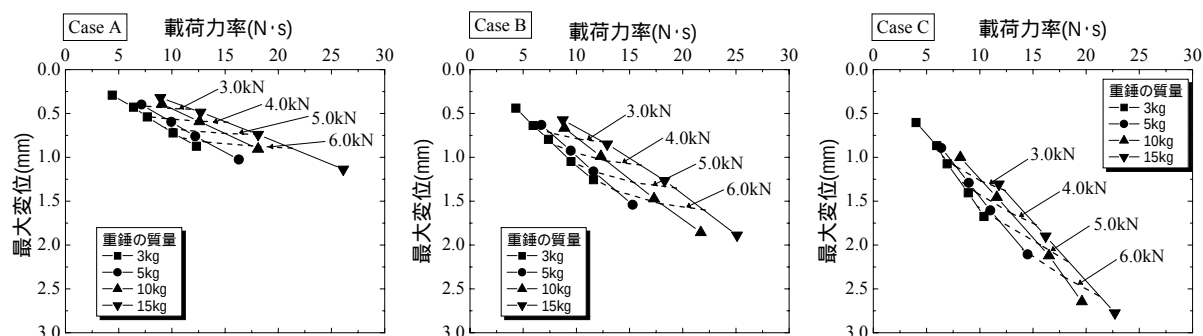


図6 载荷力率と最大変位（地盤：Case A, B, C）

図6に载荷力率と最大変位との関係を示す。载荷力率の増加とともに最大変位は大きくなり、その傾向は地盤剛性の低いCase Cで顕著である。また、地盤剛性によらず、同じ最大荷重であっても重錘の質量により载荷力率は異なる傾向にある。

図7に地盤の剛性と単位変位当たりの载荷力率（図6の同一荷重における、载荷力率と最大変位関係である破線の傾き）との関係を示す。地盤剛性の増加とともに単位変位当たりの载荷力率は大きくなり、地盤剛性が低い場合は最大荷重の違いによる差はほとんど無いが、地盤剛性が高くなると最大荷重の違いによる差が大きくなることを示している。

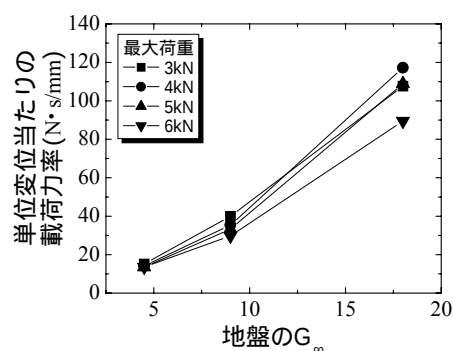


図7 地盤剛性と単位変位当たりの载荷力率

4. おわりに

今回の検討により、小型 FWD 試験での重錘の質量、落下高さ、地盤の剛性が測定値に与える影響の把握ができた。今後、小型 FWD 本体を含め、測定条件の変化による測定値の補正方法の検討を進めていきたい。

【参考文献】

- 1) 久保寺貴彦, 関根悦夫, 桃谷尚嗣, 姫野賢治: 小型 FWD に関する衝撃解析 - 衝撃緩和材の剛性の影響 -, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集, 第 部門, pp.114~115, 2001.10
- 2) 久保寺貴彦, 関根悦夫, 桃谷尚嗣, 姫野賢治: 小型 FWD に関する衝撃解析 - 载荷エネルギーの検討 -, 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集, 第 部門, pp.885~886, 2002.9