

文献調査による小型 FWD の K 値と K_{30} 値の比較・検討

室蘭工業大学工学部 正会員 木幡行宏
室蘭工業大学大学院 学生会員 ○更谷聡彦

1. はじめに

現在、路床・路盤の施工管理は、道路の平板載荷試験による K_{30} 値を用いて評価する場合が多い^{例え、1)}。しかし、道路の平板載荷試験は多大な労力や測定時間を費やし、また、反力装置を必要とする、といった問題点がある。このことから反力装置を必要とせず、持ち運びが容易で比較的正確な測定を迅速に多数行うことができる重錘落下によるポータブルタイプの荷重・たわみ測定装置、小型 Falling Weight Deflectmeter (以下、小型 FWD という。)を用いた路床・路盤の施工管理が試みられている。本研究では、過去に報告された文献(文献数 22)より、小型 FWD と道路の平板載荷試験の測定結果をもとに、種々の地盤に対する小型 FWD による K 値(以下、 $K_{P,FWD}$ 値と示す。)と K_{30} 値との関係について比較・検討した。

2. 小型 FWD による $K_{P,FWD}$ 値の算出方法

小型 FWD で用いられる載荷板直径は、道路の平板載荷試験で一般的に用いられる載荷板直径 30 cm とは異なるため、30 cm 相当の K 値を $K_{P,FWD}$ 値として、次式により算出される^{2)・3)}。

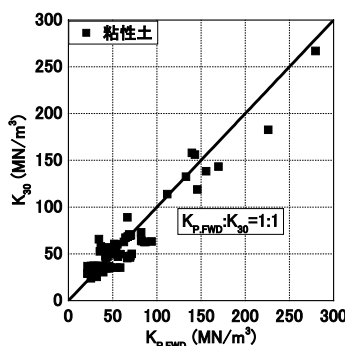
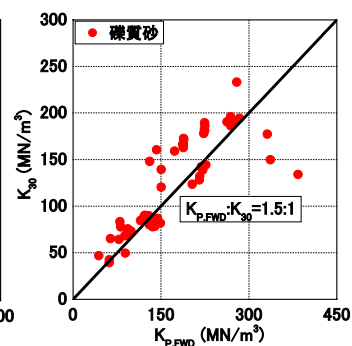
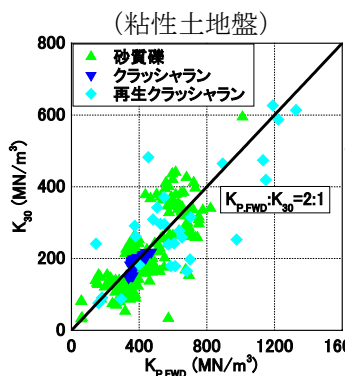
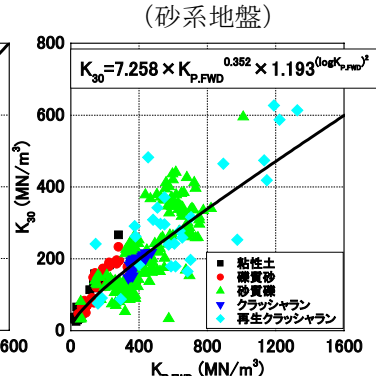
$$K_{P,FWD} = (P_{P,FWD,\phi} / \delta_{P,FWD,\phi}) \times (\phi_{P,FWD} / \phi_{PLT}) \quad (\text{MN/m}^3)$$

ここに、 $P_{P,FWD,\phi}$: 小型 FWD のたわみ量 $\delta_{P,FWD,\phi}$ 時の小型 FWD の載荷応力 (kN/m^2)、 $\delta_{P,FWD,\phi}$: 小型 FWD のたわみ量 (mm)、 $\phi_{P,FWD}$: 小型 FWD の載荷板直径 (cm)、 ϕ_{PLT} : 道路の平板載荷試験の載荷板直径 (30 cm)

また、K 値にはひずみレベル依存性があるため、上式の $P_{P,FWD,\phi}$ は、それぞれの載荷板直径に応じた載荷板直径 30 cm に相当するたわみ量 1.25 mm での載荷応力となる。すなわち、小型 FWD の載荷板直径が 9 cm, 10 cm, 20 cm であれば、たわみ量がそれぞれ 0.375 mm, 0.417 mm, 0.833 mm ($1.25 \text{ mm} \times \phi_{P,FWD}/30 \text{ cm}$) に対応する載荷応力となる。

3. $K_{P,FWD}$ 値と K_{30} 値の関係

図 - 1~3 は $K_{P,FWD}$ 値と K_{30} 値の関係を地盤材料ごとに示したものである。砂系、礫系の地盤における締固め程度や、小型 FWD の緩衝用ゴムバッファの個数や硬度の違いなどの要因によって、 $K_{P,FWD}$ 値にばらつきが生じられると思われるが、それぞれの地盤材料における $K_{P,FWD}$ 値と K_{30} 値の関係は、粘性土地盤のような剛性の小さい地盤では 1:1 (図 - 1)、粘性土よりも剛性の大きい砂系地盤では 1.5:1 (図 - 2)、さらに剛性の大きい礫系地盤では 2:1 (図 - 3) の関係にあることがわかる。図 - 4 は図 - 1~3 に示したすべての地盤材料のデータをまとめて示したものである。図中の曲線は $K_{P,FWD}$ 値~ K_{30} 値関係を両対数グラフで曲線回帰して得られたフィッティングカーブである。全体的に見ると、 $K_{P,FWD}$ 値~ K_{30} 値関係はデータのばらつきが見られるものの、概ね一義的な関係にあると思われる。

図 - 1 $K_{P,FWD}$ と K_{30} 図 - 2 $K_{P,FWD}$ と K_{30} 図 - 3 $K_{P,FWD}$ と K_{30} 図 - 4 $K_{P,FWD}$ と K_{30}

キーワード：剛性評価、路床・路盤、小型 FWD、 K_{30} 値、文献調査

連絡先：〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 Tel:0143-46-5281 Fax:0143-46-5283

4. K_{30} 値への換算係数 a の検討

地盤の剛性にはひずみレベル依存性や拘束圧依存性があるために、地盤の変形係数は一定とはならず、地盤材料によっても異なる。また、前述したように、小型 FWD の緩衝用ゴムバッファの個数や硬度の違いなどによって $K_{P,FWD}$ 値にばらつきが生じることも考えられる。本研究では、 $K_{P,FWD}$ 値を K_{30} 値に換算するためには図 - 1～4 に示した $K_{P,FWD}$ 値～ K_{30} 値関係をより詳細に検討する必要があると考え、収集・整理したデータに関する $K_{P,FWD}$ 値と換算係数 $a(=K_{P,FWD}/K_{30})$ の関係を地盤材料ごとに求めた。図 - 5～9 に、それぞれの地盤材料ごとの $K_{P,FWD}$ 値～換算係数 a 関係における回帰式と換算係数のばらつき程度を表す変動係数を示す。図 - 5, 6 に示す粘性土、礫質砂における換算係数の変動係数はほぼ同程度の値を示し、比較的ばらつきは小さいといえる。図 - 7 に示す砂質礫の換算係数は 0.7～6.0 まで広い範囲にばらついており、変動係数は図 - 5～9 の中では最も大きい値を示した。このことから、 $K_{P,FWD}$ 値から K_{30} 値を精度良く推定することは難しいと思われる。図 - 8 に示すクラッシュランにおける変動係数は図 - 5～9 の中では最も小さく、ばらつきは小さい。図 - 9 に示す再生クラッシュランは図 - 7 の砂質礫と同様にばらつきが大きい。図 - 10 は、図 - 5～9 に示すすべてのデータを整理したものであり、図 - 4 から得られた回帰式を利用して $K_{P,FWD}$ と換算係数 a の関係式を算出した。図に示すように、全体的な傾向として、換算係数は地盤の剛性レベルが大きくなるとともに増加傾向にあり、概ね $K_{P,FWD}$ と換算係数 a の関係式で示される。以上より、小型 FWD から得られる $K_{P,FWD}$ 値から K_{30} 値を推定する場合には、剛性レベルに応じて、換算係数を求めることにより概ね可能であることがわかる。ただし、砂質礫や再生クラッシュランの場合には、データのばらつきが大きかったことから、推定される K_{30} 値の使用には、十分、注意する必要があると考えられる。

5. まとめ

過去に報告された文献より、小型 FWD と道路の平板載荷試験の測定結果をもとに、種々の地盤に対する $K_{P,FWD}$ 値と K_{30} 値の関係を収集・整理した結果、以下に示す知見が得られた。

- 1) $K_{P,FWD}$ 値～ K_{30} 値関係において、測定データにばらつきが見られるものの、粘性土のように剛性の小さい地盤では 1:1、砂系地盤では 1.5:1、礫系地盤では 2:1 の関係にある。
- 2) 換算係数 a を求めることで、 $K_{P,FWD}$ 値から K_{30} 値を推定することが可能であると思われるが、砂質礫や再生クラッシュランの場合には、データのばらつきが大きかったことから、推定される K_{30} 値の使用には十分、注意する必要がある。

【参考文献】 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説，省力化軌道用土構造物，丸善，1999.11。
2) 舗装工学ライブラリー 2，FWD および小型 FWD 運用の手引き，丸善，2002.12，pp.65-74。 3) 関根悦夫：FWD を用いた鉄道盛土の施工管理，基礎工，vol.34，No.8，2006.8，pp.71-73。

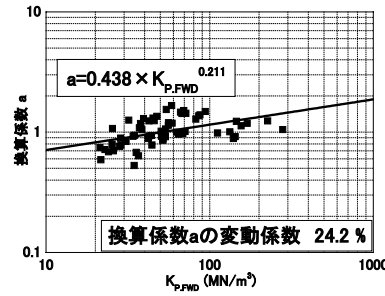


図 - 5 $K_{P,FWD}$ と換算係数 a
(粘性土)

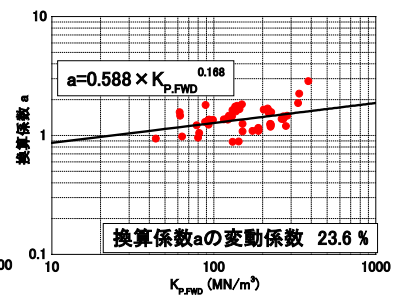


図 - 6 $K_{P,FWD}$ と換算係数 a
(礫質砂)

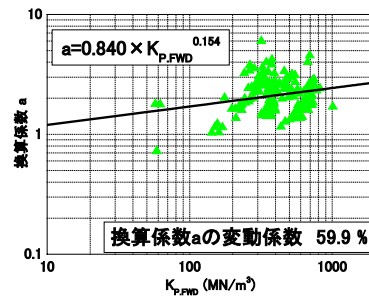


図 - 7 $K_{P,FWD}$ と換算係数 a
(砂質礫)

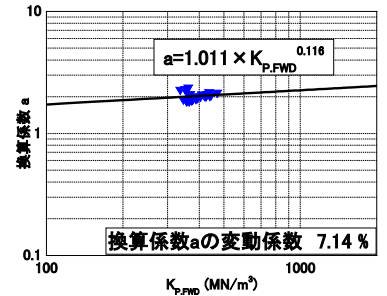


図 - 8 $K_{P,FWD}$ と換算係数 a
(クラッシュラン)

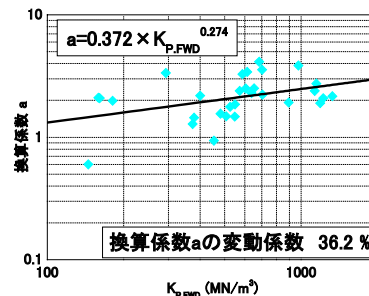


図 - 9 $K_{P,FWD}$ と換算係数 a
(再生クラッシュラン)

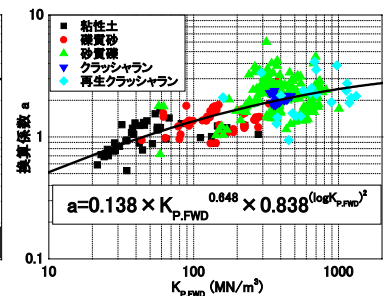


図 - 10 $K_{P,FWD}$ と換算係数 a
(すべての地盤材料)