

超小型動的平板載荷試験装置による土の締固め管理と応答波形について

コサカ技研 正会員 佐藤 陽
コサカ技研 正会員 佐藤 賢宏
iTECS 協会 正会員 極壇 邦夫

1. はじめに

路床および路盤の強度評価法として、平板載荷試験や現場 CBR 試験が用いられている。しかし、これらの試験は、多くの費用、労力そして時間を必要とする。このような問題を改善するために、新たな地盤の強度評価を行うための試験として、小型 FWD 試験や(独) 土木研究所の特許に基づく超小型動的平板載荷試験¹⁾が検討されているが、各種地盤での適用例が少ないことから、広く普及するには至っていない。

土の締固め管理を対象にして、多数点測定による等高線的な面的管理をするために超小型動的平板載荷試験装置 (Impact Soil Tester) を用いて、実物大の試験盛土を造成し実験した結果から、地盤反力係数と締固め密度は相関があること、さらに地盤反力係数は地盤の支持力と関連していると推測されるので、面的かつ高品質の締固め管理が可能であることを報告した²⁾。

本文は、室内実験による乾燥密度と地盤反力係数との関係、地盤反力係数の増加に伴う打撃応答波形の挙動について報告する。

2. 締固め度合いと測定内容

本来は、現場実験の振動ローラの締固めエネルギーと一致させるように室内実験のランマーの質量、落下高さ、締固め回数を規定しなければならないが、今回は視点を变えて、Impact Soil Tester の地盤反力係数を現場実験と合致するように合わせて、そのときの密度を測定することとした。Impact Soil Tester を締固め地盤に自由落下させると地盤反力係数 (R30) はリアルタイムで測定できるので、迅速かつ正確な締固め管理が可能になる。

円形土槽は、既成のプレストレストコンクリート管を切断したもので、内径 600mm、肉厚 50mm、長さ 500mm である。底板に厚さ 20mm の鋼板を敷いた。鋼製の突固め棒は直径 217mm、重量は 5.14kg、衝突面積は 369 平方 cm である。使用した山砂は、砂分

97%、シルト分 3%、比重 2.627、自然含水比 17%である。



図-1 円形土槽と測定風景

土槽の乾燥密度の範囲は、昨年実施した実際の道路路盤に類似させた現場実験の乾燥密度の 1.45 ~ 1.58 とした。締固め層厚は 5cm 程度で全 8 層、鋼製の突固め棒の落下高さはほぼ 10cm に定めて、突き固め回数は各層 50 回から 150 回とした。突き固め終了後、8 層目で Impact Soil Tester により地盤反力係数を 21 点測定し異常値を除去し平均した。コアカッター法による密度試験は 8 層目で 3 点採取した。

3. Impact Soil Tester について

Impact Soil Tester (超小型動的平板載荷試験装置) は、衝撃による機械インピーダンスの理論を地盤に適用した装置で、加速度計を内蔵した約 5.5kg の重錘と、アンプ、信号処理回路の本体から構成される。サンプリングレートは、 $20\mu\text{sec}$ 、データ数は 2048、1 点の計測時間は約 3 秒である。

重錘が衝突するときの応力 σ は、インピーダンス Z と衝突速度 V の積である ($\sigma = Z \times V$)。インピーダンス Z は、弾性係数 E と密度 ρ の積の平方根である ($Z = \sqrt{E \times \rho}$)。

重錘を地盤に衝突させると地盤に反力が発生する。この反力は、地盤が破壊されない範囲では地盤の単位面積あたりのインピーダンスつまり弾性係数に比例する。衝突速度が速いと大きい反力が、遅いと小さい反力が生じる。反力と落下速度を測定すると、単位面積あたりの地盤反力係数 (バネ係数) が測定される。地盤反力係数 (R30)、最大反力 (F_{max})、衝突速度 (V)、

重錘質量 (M) の間には、

$$R30 = \frac{1}{M} \left(\frac{Fmax}{V} \right)^2$$

の関係式があり、地盤反力係数を直接測定できる。(独) 土木研究所で砂質地盤を造成し平板載荷試験 (K30) と比較実験した結果、 $(K30 = 1.529 \cdot R30, R^2 = 0.984)$ という非常に高い相関関係が得られた。

4 実験結果および考察

4.1 地盤反力係数と乾燥密度

現場で振動ローラによって締め固め実験したデータ (黒丸) に室内の円形土槽土締め固め実験データ (白丸) を加えたものを図-2 に示した。両者はほぼ同等の分布を示しているため、簡易な室内実験によって現場での盛土締め固め結果を推量できる可能性があることが分かった。しかし、残差が大きいので土の種類や締め固め方法などの実験条件を詳細に規定した実験が必要と考えている。

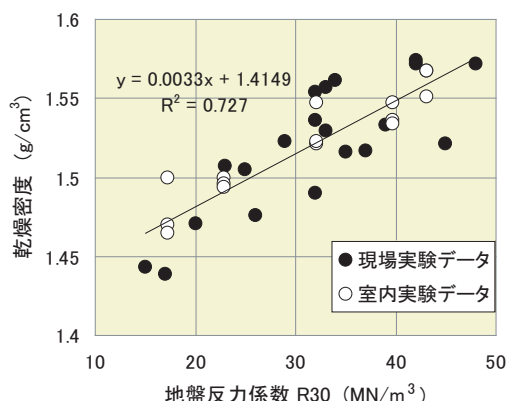


図-2 円形土槽による地盤反力係数と乾燥密度

4.2 応答波形の特徴抽出 (図-3 参照)

重錘が地盤に衝突したときの応力は、理論的には地盤の弾性係数と密度の平方根に衝突速度の積であるが、実際の締め固め地盤は砂礫などが混じっているため均質等方とはみなされない場合もある。

地盤反力係数だけでなく、応答波形から最大反力、立ち上がり時間、立ち下がり時間などを考慮して総合的に判断すると、より正確な数値が得られると思われる。Impact Soil Tester は、測定時の応答波形がすべて記録されているので、波形の特徴を分析することができる。

4.3 締め固め度合いと応答波形

図-4 に地盤反力係数 R30 に対応した典型的な応答波形を示した。地盤反力係数 R30 が大きいと最大反

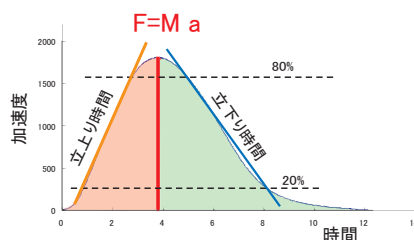
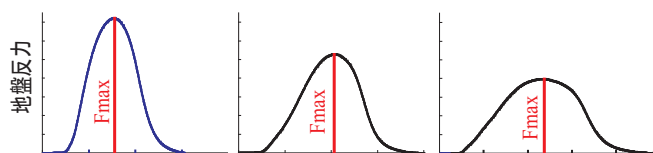


図-3 地盤の応答波形の特徴

力は大きく、立ち上がり時間と立ち下がり時間が短い高いピークを持った波形となるが、R30 が小さいとならから横に広い波形となる。締め固め度合いが小さいと、重錘は地盤にめり込み右端のような立ち下がり時間が長い波形になる。振動ローラで晴天時に過剰締め固め状態になると最大反力は増加しているのに地盤反力係数が減少することがあるが、そのようなときの判断に有効と思われる。一般的な傾向として、地盤反力係数の増加に比例して乾燥密度は大きくなり、地盤反力の増大、立ち下がり時間は短くなる。



反力係数	乾燥密度	最大反力	立ち上がり時間	立ち下がり時間
13	1.478	794	165	612
27	1.530	1055	175	502
43	1.556	1442	146	382

図-4 締め固め度合いと応答波形の数値

5. まとめ

Impact Soil Tester の地盤反力係数 R30 に重点をおいた室内実験の結果、乾燥密度と地盤反力係数の相関関係は現場実験とほぼ同等の結果が得られることがわかった。

回帰式の残差が大きいので検討しなければならないが、現場で使用する盛土地盤の締め固め程度の校正式を Impact Soil Tester を用いて室内実験で求めて、現場での締め固め施工管理に活用できると思われる。

今後は、現場の締め固め条件と同じ条件で室内試験を行い、乾燥密度と地盤反力係数の相関関係が検討すれば現場での締め固め施工管理の有効な手法となると考えられる。

参考文献

- 1) 境友昭, 極檀邦夫; 重錘落下による地盤反力係数の測定、第 41 回地盤工学研究発表会論文集、2006、PP.975 ~ 976
- 2) 佐藤 陽, 西村 盛男, 向井 秋男, 極檀 邦夫; 超小型動的平板載荷試験装置を用いた土の締め固め管理方法について、土木学会第 62 回年次学術講演会 CD-ROM, 2007