

変形係数に着目したコア材の締固め管理について

鹿島建設(株) 正会員 ○辻 良祐 藤崎勝利 吉田 輝 小林弘明 小原隆志
(独) 水資源機構 正会員 坂本博紀 坂井田輝

1. 背景および目的

土の締固め管理手法として現在主流となっている締固め度 D_c 値による管理では、室内突固め試験に基づいて最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} を設定しているが、近年の土工機械の性能向上により、現場における締固めエネルギー（以後 Compaction Energy Level : CEL）は室内試験のそれを大きく上回ってきている可能性がある。また、室内突固め試験は材料をある程度限定して行われるため、材料品質の変動に十分対応できないことも懸念される。その意味では、 D_c 値による管理は土の締固め状態を正確に把握可能な手法とは言にくい。これに対し、龍岡ら¹⁾ は飽和度 S_r に着目することで、現場と室内の CEL の乖離や材料品質の変動に関わらず、最適な締固め状態が達成できることを示している。 S_r による管理の具体的な方法は各種考えられるが、今回、いわゆる過転圧現象（締固めの進行に伴う剛性低下）が生じる細粒分を含む材料を対象に、 S_r の代用指標としての剛性（変形係数 E ）の適用性を検討したのでその結果について報告する。

2. 試験概要

建設中の
小石原川ダ
ムのコア盛
立試験²⁾に

表-1 盛立試験ケース

ケース名	仕上がり厚	層数	転圧機械	転圧回数 N	施工含水比 (全粒径)
Case1	30 cm	3層	10 t 級平滑振動ローラ	0, 2, 4, 6, 8, 10, 16	12.9%
Case2			19 t 級振動タンピングローラ	0, 4, 6, 8, 10, 16	13.0%

において、転圧回数ごとに落球探査法³⁾で締固め土の変形係数を測定し、転圧回数 N と現場密度試験（突き砂法）による乾燥密度 ρ_d ならびに飽和度 S_r との関係を調べた。表-1 に盛立試験ケースを示す。コア材は最大粒径 $D_{max}=150\text{mm}$ の細粒分質砂礫（GFS）であり、参考文献 2) に示すものと同一である。室内突固め試験結果（Walker-Holtz 法により全粒径に礫率補正済）を図-1 に示す。

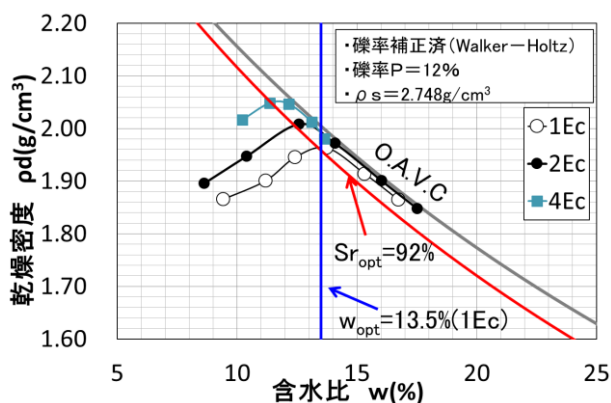


図-1 締固め曲線



写真-1 落球探査法

3. 変形係数の測定方法

落球探査法は、対象地盤に加速度センサーを内蔵した半球型重錘（下面の曲率半径：12cm、質量：19.1kg）を高さ 50cm から自由落下させることで地盤の変形係数を取得するものである（写真-1）。加速度センサーにより着地時の衝撃波形の長さである接触時間を測定し、これを Hertz の理論式に代入して変形係数を算出する³⁾。

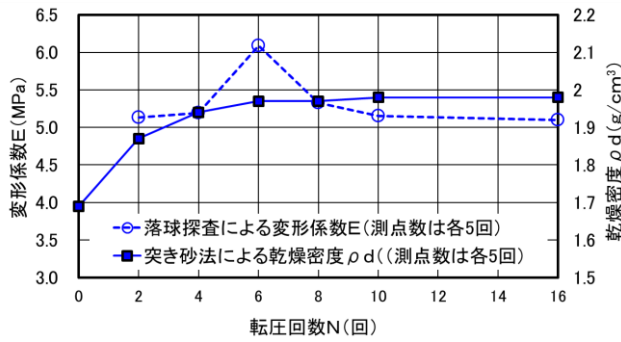
4. 試験結果

Case1、Case2 の測定結果をそれぞれ図-2、図-3 に示す。各図において（a）に転圧回数 N と E の関係および N と ρ_d との関係、（b）に E と S_r の関係を示している。図-2、3（a）から、締固めの進行により $N=6$ 回以降に ρ_d の増加が収束すると同時に、 E が減少に転じていることがわかる。したがって、施工時にこの E の減少傾向を確認することで、締固めの最大効果を間接的に確認できる可能性がある。また図-2、3（b）には、図-1 に示した締固め曲線（礫率補正後）のピーク（ ρ_{dmax} 、 w_{opt} ）に概ね共通した最適飽和度¹⁾ $S_{r_{opt}}$ を併記している。これによると、 $N=6$ 回以降の E が減少する過程では、 ρ_d と S_r がほぼ一定の値に収束

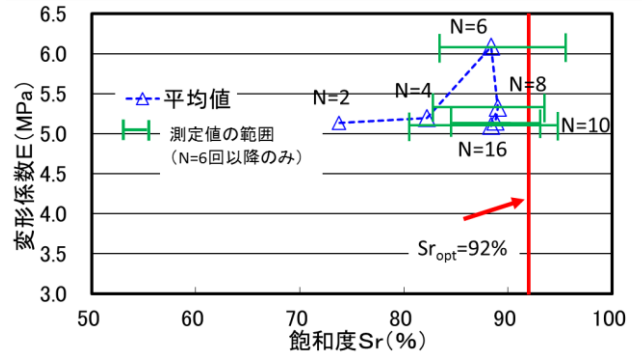
キーワード 締固め管理、飽和度、変形係数、盛立試験、落球探査

連絡先

〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6481

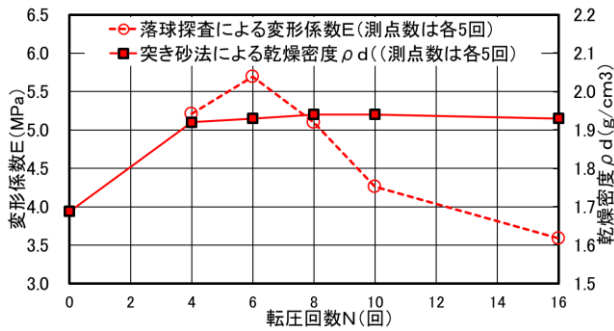


(a) Eと ρ_d の関係

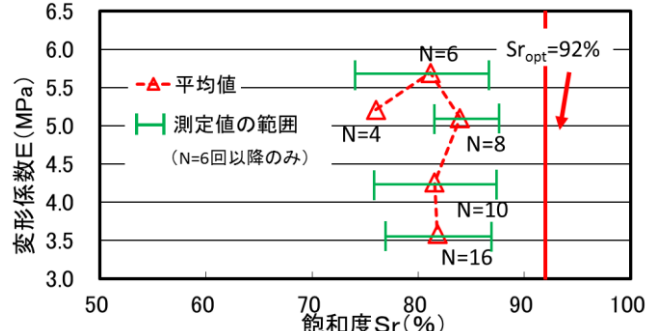


(b) EとSrの関係

図-2 Case 1 試験結果(平滑振動ローラ)



(a) Eと ρ_d の関係



(b) EとSrの関係

図-3 Case 2 試験結果(振動タンピングローラ)

している。なお、この時のSrは Sr_{opt} に比較して、Case 1の平滑振動ローラでは約3%小さく、またCase 2の振動タンピングローラでは約10%小さくなった。両者でSrが異なる要因としては、転圧機械の違いによる締固め機構やCELが異なることが一因であると考えられる。

5. 既往事例の再評価

過去に行った類似のコア材の盛立試験⁴⁾(表-2に試験ケース、図-4に粒径加積曲線を示す)の結果を同様に整理したものを図-5に示す。本例においても、転圧回数の増加とともに ρ_d とSrの一定値に収束し、Eが減少に転じている。

表-2 盛立試験ケース

転圧機械	施工含水比 (全粒径)
10 t 級平滑振動ローラ	13.6% ($w_{opt}=12.5\%$)

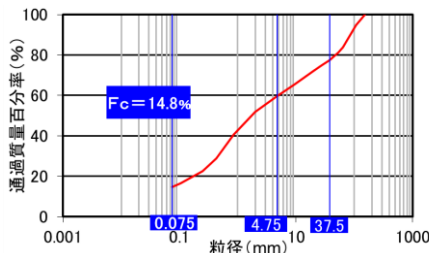
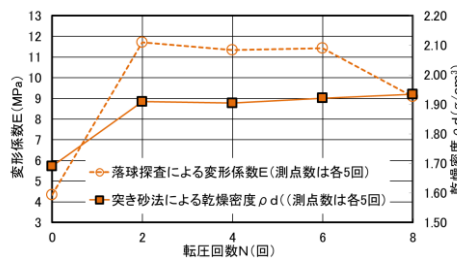
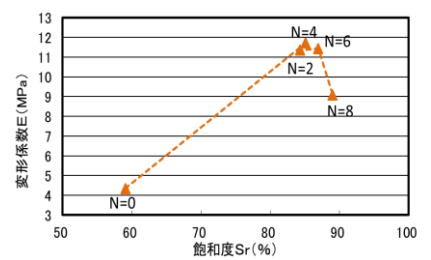


図-4 粒径加積曲線



(a) Eと ρ_d の関係



(b) EとSrの関係

図-5 試験結果

6. おわりに

本稿では、2種類のコア材を対象とした盛立試験結果を使って、変形係数Eと乾燥密度 ρ_d および、飽和度Srの関係に着目した締固め管理手法について検討した。その結果、Eの減少傾向の確認によって、 ρ_d およびSrがほぼ一定値に収束したことが確認でき、この関係に基づいた締固め管理の可能性を見出した。今後も室内試験も含め、データを蓄積して検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 龍岡文夫、藤代健司、須藤雅人、川辺翔平、菊池喜昭：盛土の締固め⑤、基礎工、Vol. 41、No. 11、pp. 96-99、2013。
- 2) 坂本博紀、曾田英揮、小林弘明、龍岡文夫：フィルダムのコアゾーンにおける締固め状態の評価事例、土木学会第72回年次講演会。
- 3) 北本幸義、吉田輝、池尻健、川野健一：ヘルツ理論を基礎とした地盤や岩質の迅速な物性評価手法、地盤工学会誌 Vol. 63 No. 4、pp. 14-17、2014。
- 4) 池尻健、北本幸義、吉田輝、川野健一、Jiaye Wu：落球探査による盛土の施工管理、土木学会第64回年次講演会。