

非破壊試験による盛土のり面の品質評価とその適用性

九州大学大学院 学生会員 ○末永 伶士

九州大学大学院 正 安福規之 正 大嶺聖 正 ハザリカヘマンタ 正 スマンマンナダール

(株)浅川組 谷山充

1.はじめに

盛土は盛土材が容易に手に入れば経済的かつ環境問題にも対応できる構造物である。建設後時間とともに安定化してゆき、耐用年数は一般に鋼・RC 構造物と比べ長いとされる。これらのことから、盛土は今後ともなくてはならない構造物であるが、現在盛土の性能の検査には不確定な要素が多く含まれており、そのため盛土の設計において安全側の判断がなされてきた¹⁾。しかし、盛土の総合性能は締固めがよいほど間違いなく向上する。加えて、盛土のり面を直接的に管理する規定はなく、管理規定に改善の余地があると考えられる。本研究は盛土のり面の締固め管理手法の提案を目標として取り組んだものであり、本研究室で開発され実績のある重錘落下式たわみ測定装置²⁾ (Falling Weight Deflectometer、以下 FWD 装置) を用いて盛土のり面の品質評価を行った。

2.改良型FWD 装置によるFWD係数の考え方

重錘を地盤に落下させ、ロードセルと加速度計により荷重と加速度を測定し、荷重は載荷板の面積で除して応力を求め、得られた加速度を2階積分することにより変位を求める。最大応力を σ_{max} 、その応力が得られた時間における変位を u_{max} とすると、「FWD 係数」 k_f は次式で与えられる³⁾。

$$k_f = \sigma_{max} / u_{max} \text{ (MN/m}^3\text{)} \quad (1)$$

3.締固め度、含水比を変えた場合の FWD 係数の変化

今回は、締固め度(式(2))や含水比と FWD 係数の関係を調べるために、まず締固め試験を行った。その結果は、図 2 に示している。最大乾燥密度 1.88g/cm^3 、最適含水比 13.3% になっていて、ふるい分けをする前の締固め試験の結果は、最大乾燥密度 2.03g/cm^3 、最適含水比 8.7% となり、礫分を取り除くことで最大乾燥密度は小さく、最適含水比は大きくなるのがわかる。つぎに、締固め曲線において、含水比と締固め度を変えて、FWD 測定を行った。また、礫分が多いと FWD 係数のバラツキが大きくなるため、今回は 4.75mm でふるった試料で実験を行った。その結果を、図 3,4 に示している。

図 3 は最適含水比付近における締固め度と FWD 係数の関係である。この図をみると、予測通り締固め度が大きくなるにつれて FWD 係数が大きくなっており、締固め度と FWD 係数に正の相関がみられる。

図 4 では、締固め度 95%と 90%の FWD 係数を見ると、締固め度が同等であれば、最適含水比より乾燥

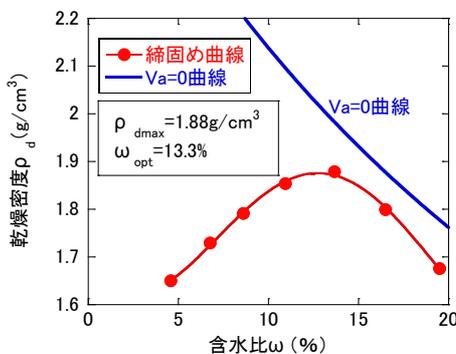


図 2 締固め曲線

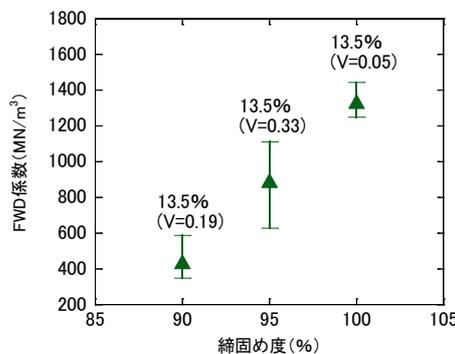


図 3 室内実験での FWD 係数と締固め度

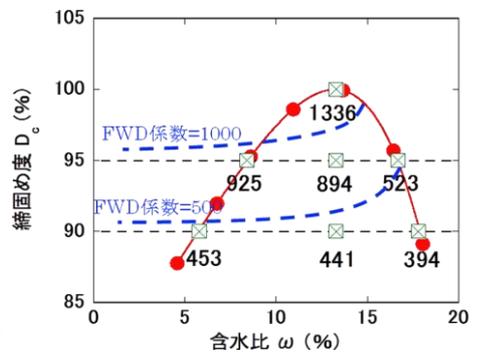


図 4 締固め度や含水比を変えた場合の FWD 係数の変化

キーワード 締固め度 含水比 改良型 FWD 装置

連絡先 〒819-0385 福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 1108-2 九州大学 地盤工学研究室

では、FWD 係数がほぼ等しい値を示しているのに対して、湿潤側では FWD 係数は小さくなっている。つまり、締固め度が等しい場合、最適含水比より湿潤側になると、土の剛性が大きく低下する傾向がうかがえる。

$$D_c = \frac{\rho_d(\text{現場測定})}{\rho_{dmax}(\text{室内締固め試験})} \times 100 (\%) \quad (2)$$

4. フィールド実験による盛土の経時変化と室内実験の FWD 係数の比較

図 4 は室内実験の最適含水比付近における締固め度と FWD 係数の関係である。そのため、最大乾燥密度 1.88g/cm³、最適含水比 13.3%である。この図をみると、予測通り締固め度が大きくなるにつれて FWD 係数が大きくなっており、締固め度と FWD 係数に正の相関がみられる。

実験的に盛土を作成し、意図的に天端とのり面の締固め度をそれぞれ変えて FWD 測定を行った⁴⁾⁵⁾。また、その盛土を放置し、約 4 ヵ月後 FWD 測定を行った。図 5、図 6 はそれぞれ盛土の天端とのり面におけるフィールド実験のデータである。そのため、最大乾燥密度は 2.03g/cm³で締固め度を計算し、最適含水比は 8.7%である。これらの図から、時間が経つと、天端、のり面ともに盛土の締固め度と FWD 係数が増加し、グラフの各点が右上にスライドしているのが分かる。また、グラフの各点で変動係数が増加していることがわかる。この要因として、降雨によって表面が削れ、礫分が露出したことが考えられる。

図 3、図 5、図 6 をみると、ある現地で実施した試験盛土の場合、天端とのり面どちらにおいても室内実験で得られたような FWD 係数と締固め度に明確な比例関係は見いだせなかった。また、室内実験に比べ、フィールド実験では変動係数が大きくなっている。これは、実際のフィールドには礫分が多いためだと考えられる。現地で実施されている一般的な締固め管理に基づく施工において、この程度の FWD 係数のバラツキ（不確実性）は潜在していると考えられるべきであろう。

図 7 は、フィールド実験での締固め度と FWD 係数の関係をまとめている。これをみると、天端に比べてのり面の FWD 係数が小さくなっている。つまり、一般的な盛土の造成では、天端に比べてのり面の締固め管理は十分でなく、今後検討する余地が残されていると考えられる。

5. 結論

本研究では締固め度に着目して地盤の初期剛性を表す FWD 係数について検討した。その結果、以下の知見を得た。

- ・ 初期含水比が同等であれば、FWD 係数と締固め度に明確な正の相関がみられた。
- ・ 締固め度が同等であれば、最適含水比より湿潤側は、FWD 係数が著しく低下する傾向を有する。
- ・ FWD 係数を用いることで、盛土のり面の品質評価に活用できる可能性を示した。
- ・ 時間が経つことで、盛土の天端、のり面ともに、締固め度と FWD 係数は増加する。
- ・ 礫が少なくなることで、FWD 係数のバラツキは減少する。
- ・ 通常の施工において、盛土のり面の締固め度と FWD 係数は天端のそれよりも総じて小さい。

[謝辞] 本研究は、(株)浅川組の共同研究としての支援を得て行われたものである。 [参考文献] 1) 龍岡文夫：盛土の締固め管理と設計の協働の必要性 基礎工, pp.2-9, 2009 2) 眞寛：非破壊試験によるセメント安定処理土の強度の推定 九州大学修士論文, pp.28-51, 1999 3) 二宮久：締固め度に着目した降雨浸透における斜面の健全度評価に関する基礎研究 九州大学修士論文, pp.29-33, 2009 4) Suman Manandhar et al :Future of static and dynamic field compaction of embankment slope. 土木学会西部支部研究発表会 , pp.413-414, 2012 5) 末永伶士：締固め度に着目した盛土法面の品質評価 土木学会西部支部研究発表会 , pp.411-412, 2012

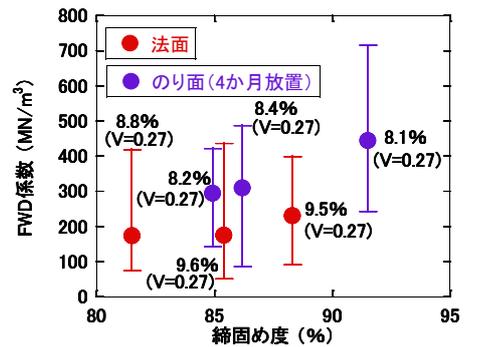


図 5 フィールド実験でのり面の FWD 係数と締固め度

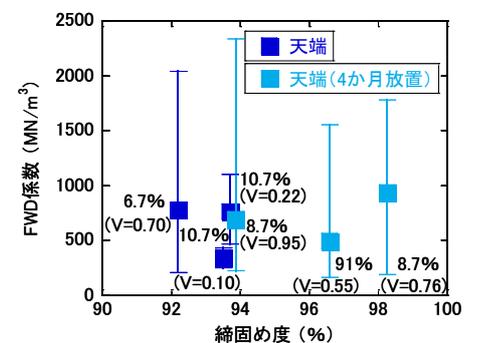


図 6 フィールド実験での天端の FWD 係数と締固め度

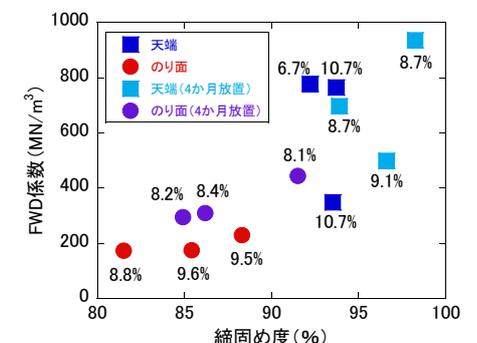


図 7 締固め度と FWD 係数のまとめ