

締固め度に着目した盛土法面の品質評価

九州大学工学部 学○末永怜士

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 スマンマナンドール

(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、耐用年数は鋼・RC 構造物と比べ物にならないくらい長い。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。しかし、現在の盛土法面を直接的に管理する規定はない。加えて、著者らの実施した 2011 年 9 月のフィールド実験の調査結果から、盛土の法面は総じて盛土の天端に比べて締固め度が小さく、90%以上締固まっていなかった所が多数散見された。本研究では、盛土法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、その中で本文では著者らが試作した改良型 FWD 装置を用いて行った室内での締固め度に関する実験とその評価結果について報告する。

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 $\sigma_{\max}$ 、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¹⁾。

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

3.規格外のモールドを用いた締固め試験と FWD 測定の概要

今回は、締固め度(式 (2))と FWD 係数の関係を調べるために、最適含水比において、締固め度を変えて FWD 測定を行った。そのために、まず締固め試験を行った。通常、モールドを使用した際に、内径が小さいために FWD 係数がモールドの影響を受けると考え、規格外のモールドを用いて締固め試験と FWD 測定を行った。また、事前に実施したフィールド調査²⁾では礫が多く、FWD 係数のデータのバラツキが大きかったため、今回の実験はフィールド実験と同じ土を 4.75mm でふるい分けし、使用した。試験器具は内径 28.6cm、高さ 30cm のモールドと 4.5kg のランマーを使い、1 層 6cm の 5 層で締固め試験を実施した。一層の突固め回数は仕事量の定義(式(3))より、仕事量が等しくなるように計算した結果、今回は 288 回で締め固めた。その後、最適含水比付近で締固め度を変えて、FWD 測定を行った。



図 1 FWD 測定の様子

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

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B}{V} \quad (3)$$

E_c : 仕事量(kJ/m³)、 W_R : ランマーの重量(kN)、 H : ランマーの落下高(m)、 N_B : 層あたりの突固め回数、 N_L : 層の数、 V : モールドの容積(m³)

4.実験結果と考察

締固め試験結果は図 3 に示すような曲線になり、最大乾燥密度 1.88g/cm³、最適含水比 13.3%になった。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/cm³、最適含水比 8.7%とな

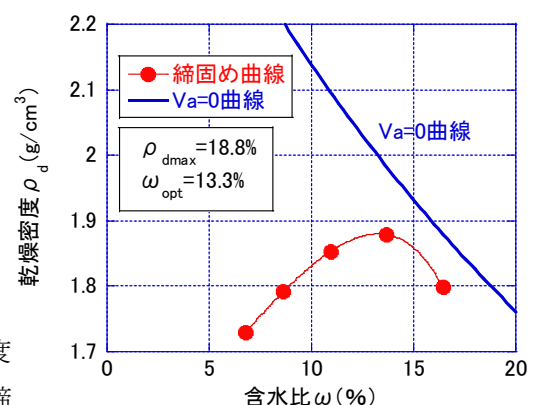


図 3 締固め曲線

って、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ことが知れる。

今回、規格外のモールドを用いた締固め試験の結果を利用して、最適含水比付近で締固め度を変えて FWD 測定を行った。その結果は図 4 に示している。この試験の結果は予測通り、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 5、図 6 はそれぞれ盛土天端と法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/cm^3 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、ある現地で実施した試験盛土の場合、天端と法面どちらにおいても室内実験で得られているような FWD 係数と締固め度の関係は見いだせなかった。今回のケースでは、締固め度が増加しても FWD 係数の有意な増加の傾向は見られない。また、図 4、図 5、図 6 をみると、室内実験に比べ、フィールド実験では変動係数が大きな点がいくつか見られる。これは、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るべきであろう。

図 7 は、すべての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、天端に比べて法面の 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、天端に比べて法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. まとめ

本文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。

- ・室内実験では、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。
- ・礫分が少なくなること、FWD 係数のバラツキは減少する。
- ・締固め度が小さいと結果として、FWD 係数のバラツキは大きくなる。
- ・通常の施工において、盛土法面の締固め度は天端のそれよりも総じて小さい。

6. 今後の課題

盛土法面における効果的な締固め度の管理手法の検討が求められる。

7. 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)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 2)スマンマナンダール et al: Quality of embankment slope based on compaction energy :A case study. 第 66 回土木学会研究発表会, pp.1~3, 2011

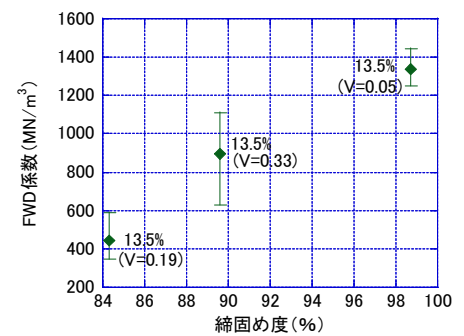


図 4 室内実験での FWD 係数と締固め度

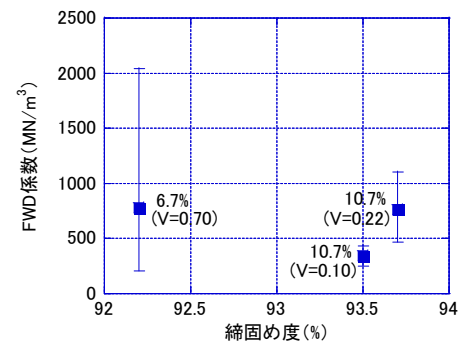


図 5 フィールド実験での天端の FWD 係数と締固め度

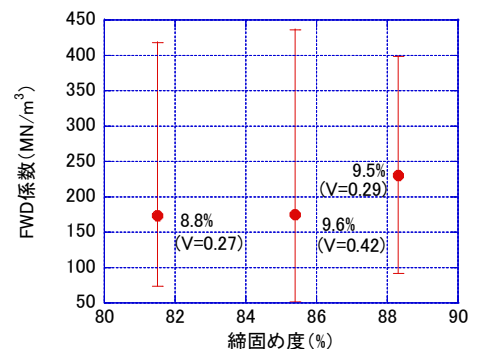


図 6 フィールド実験での法面の FWD 係数と締固め度

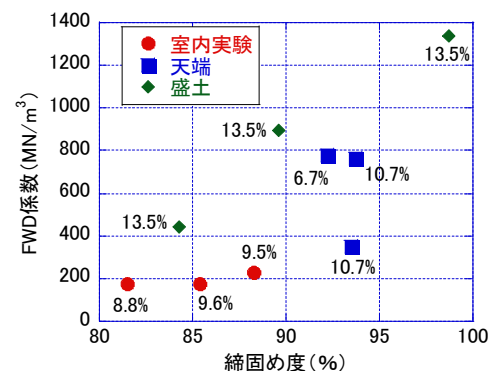


図 7 FWD 係数と締固め度のまとめ