

低い締固めエネルギーによる盛土の貫入抵抗と飽和度の関係

山口大学大学院 学生会員 ○杉下裕輔
 栄建設コンサルタント(株) 正会員 野村英雄
 山口大学大学院 学生会員 杉村直樹
 山口大学大学院 国際会員 鈴木素之

1. はじめに 近年、地震や豪雨により盛土の崩壊が多発している。特にゲリラ豪雨といわれる局地的な集中豪雨に関しては、現在の盛土の設計では想定されていないレベルの降雨量を受ける可能性がある。すなわち、このような豪雨では、盛土内の水が速やかに排水されず溜まることで、盛土が崩壊する危険性がある。したがって、供用後の盛土の締固め度や排水機能、ひいては盛土材質を再評価することが必要となっている。中国地方では盛土材としてまさ土が用いられていることが多いため、まさ土からなる既設盛土の品質を評価するには、まさ土特有の力学特性と関連づけつつ、非破壊検査のようなアプローチで盛土の締固め度の評価手法を開発する必要がある。本研究では、低コストで実績の多い簡易動的コーン貫入試験による密度管理した土層から得られる貫入抵抗値をもとに、まさ土盛土の締固め度を算出する方法を提案することを目的としている。そこで、本文では、その結果と考察について述べる。



写真-1 ベロフラムシリンダーの載荷板と締固め土槽

2. 土槽における貫入試験方法 今回、土槽実験に用いた試料は山口県宇部市で採取したまさ土（土粒子密度 2.620g/cm^3 、最大粒径 9.8mm 、平均粒径 1.19mm 、均等係数 5.65 、曲率係数 2.35 ）である。実験は、写真-1に示す締固め用の土槽（奥行 50cm ×幅 50cm ×高さ 100cm ）を用いて、含水比を調整した試料に対して大型ベロフラムシリンダーを用いて上載圧 $\sigma_v=200\text{kN/m}^2$ を載荷して静的に締固めて、大型供試体を作成した。この土槽において、3層に分けて構築した供試体に対して、供試体表面に載荷する σ_v を変化させた条件で簡易動的コーン貫入試験を実施した。図-2に土槽における静的締固めによる締固め曲線と突固めによる締固め試験(JIS A 1210)による締固め仕事量が異なる場合の締固め曲線を示す。土槽による締固め時の締固め仕事量は $110\sim 220\text{kJ/m}^3$ に相当すると考えられ、低い締固めエネルギーで構築された盛土に対応することがわかる。

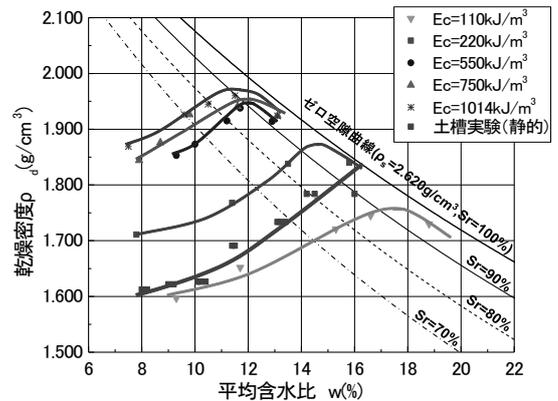


図-2 土槽実験による締固め曲線

3. 貫入抵抗に及ぼす飽和度の影響 図-3に土槽実験の全実験ケースにおける σ_v と平均 N_d' の相関を示す。なお、 N_d' は簡易貫入試験における1回の貫入量を 10cm に相当する回数に換算したものであり、平均 N_d' は、分割して作製した土層毎に N_d' を平均した値である。同図より、平均 N_d' は σ_v の増加に対してほぼ直線的に増加するが、増加勾配は飽和度 S_r によって異なることが確認できる。そこで、不飽和状態の土に対する貫入試験の結果に対して、 S_r と平均 N_d' の関係

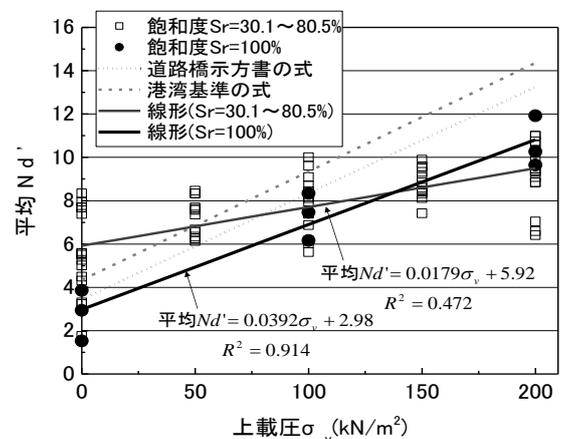


図-3 平均 N_d' と上載圧 σ_v の関係

を図-4に整理した。なお、同図には後述する浸水試験での平均 N_d' と S_r の関係も併せて示している。図-4 から S_r の増加に伴って平均 N_d' は減少し、その勾配は各 σ_v' においてほぼ同じであることが、 S_r によって切片が異なることがわかる。そこで N_d' 、 σ_v' 、 S_r の関係は次式のように表すことができる。

$$N_d' = 0.0179 \cdot \sigma_v' - 6.96 \cdot \frac{S_r}{100} + 9.03$$

ここに、 σ_v' : 有効上載圧(kN/m²)、 S_r : 飽和度(%)である。

なお、図-5に締固め度と平均 N_d' 値の関係を示すが、静的で低いエネルギーにより締固めたまき土の場合、締固め度が増加しても平均 N_d' 値はむしろ低下する。これは、乾燥密度の増加に伴う強度増加よりも、飽和度の増加に伴う強度低下が大きかったためと考えられる。

4. 飽和度の上昇が貫入抵抗に与える影響 既設盛土が浸水して飽和度が変化した場合を想定し、供試体作製後の浸水に伴う S_r の変化が N_d' に与える影響を調べた。実験は、4層に分けて構築した土層に対して、載荷板によって供試体表面から100kN/m²の上載圧を与えた状態で、土槽下部から給水し供試体を浸水させた。貫入試験は、浸水させる前の状態(No.1)、供試体の下半分を浸水させた状態(No.2)、供試体上面まで浸水させた状態(No.3)の計3ケースで行った。土槽の浸水状況と飽和度は、貫入孔跡で観測できる土槽内水位と土層表面から10cmの深さに設置した土壤水分計から確認した。なお、浸水に伴ってコラプス沈下が発生し、供試体体積が約5%減少した。図-6に S_r の上昇に伴う N_d' の深度分布の変化を示す。底面から5cmの範囲のデータは、土槽底面からの影響を受けているため、除外した。同図より、浸水に伴い、 S_r は36%から52%に上昇し、 N_d' がほぼ半減した。一方、 S_r が52%から79%に上昇した時は、 N_d' の変化はほとんど見られなかった。図-4は浸水時の N_d' と S_r の変化を追加したものである。同図より、現在の飽和度に至った経路の違いにより、 N_d' が異なることが分かった。

5. まとめ 実験結果から、低いエネルギーで締固めたまき土の貫入抵抗値は飽和度の影響を強く受ける。また盛土築造後の浸水に伴う飽和度の変化によって、貫入抵抗値は大きく減少するが、ある飽和度を超えると貫入抵抗値の減少は緩やかになることがわかった。

【参考文献】1) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2000。

2) 社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007。

【謝辞】本研究は財団法人鹿島学術振興財団研究助成金によって実施されたものである。ここに記して関係各位に謝意を申し上げる。

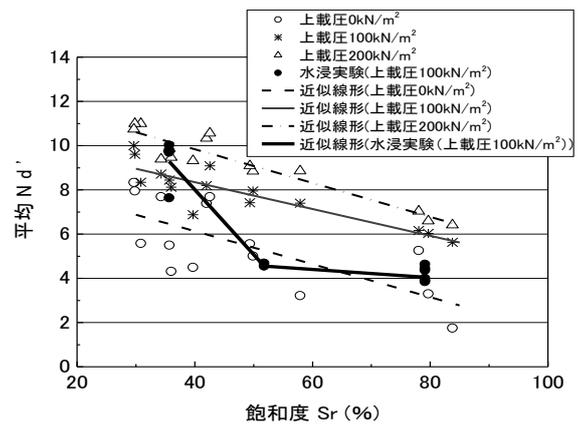


図-4 平均 N_d' と飽和度 S_r の関係

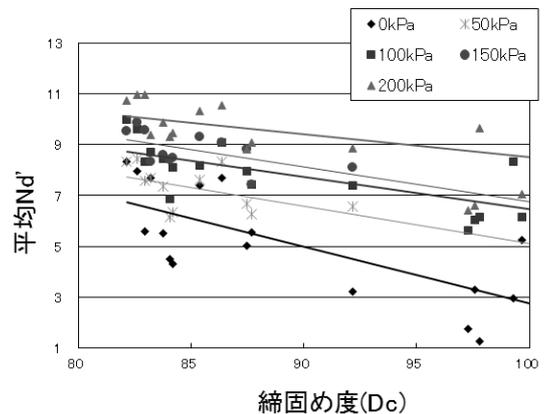


図-5 低エネルギーにおける締固め度と貫入抵抗の関係

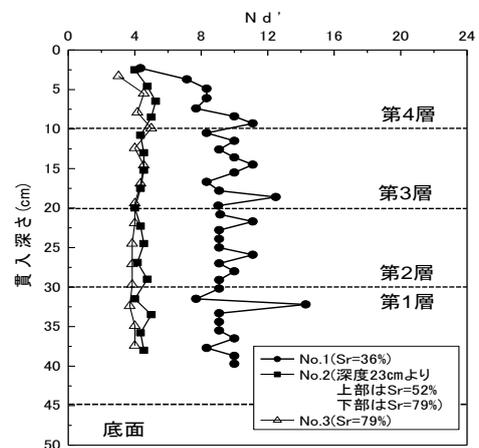


図-6 N_d' の深度分布