

大型振動ローラーによる上総層群山砂の転圧効果について

国土交通省東京空港整備事務所 正会員 野口 孝俊
 東亜建設工業 ○正会員 堺谷 常廣
 東亜建設工業 正会員 榊原 務

1. はじめに

本報告は、羽田空港D滑走路建設工事において、大型振動ローラー（350kN級）による、盛土材の転圧効果を確認したものである。転圧試験では、千葉県で産出される上総層群の山砂を用いているが、この山砂はD滑走路工事で使用される盛土材料の主要材料である。転圧試験は、1層巻き出し厚120cmで転圧を行い、盛土内の密度分布を測定すると共に、盛土内の土圧分布を転圧回数毎に計測している。結果として、乾燥密度比 $D_c \geq 90\%$ を指標とした場合、約90cmまで転圧効果が及ぶ事が分かった。ただし、 D_c は JIS A 1205 (4.5kg法) によるものである。また、 $D_c \geq 90\%$ の盛土材の材料特性を評価するために、せん断特性、圧縮性、クリープについて室内試験を行い、 $D_c \geq 90\%$ における材料特性を把握している。内部摩擦角 $\phi = 33.6^\circ$ 、圧縮特性は設計荷重載荷後で $\Delta \varepsilon_v = 1.7\%$ 、クリープ特性として b 値 $= 4 \sim 6 \times 10^{-4}$ という結果が得られた。

2. 盛土材の材料特性

盛土材料は、千葉県内陸部の上総層群で採取された山砂である。粒径加積曲線及び材料の試験結果を図-1に示す。材料は均等係数 $U_c = 1.95$ と粒径が揃った山砂である。突固め曲線及び突固め試験結果は $\rho_{dmax} = 1.68 \text{ g/cm}^3$ 、 $W_{opt} = 16.5\%$ と一般的な砂である。(図-2)

3. 転圧による盛土内の乾燥密度分布

試験は、一層120cmに撒出した山砂を用いて0, 2, 4, 6, 8, 10, 16, 32回転圧、各転圧回数毎に土圧と盛土内の乾燥密度 ρ_d を計測した。 ρ_d の計測は、2孔式RIを使用し、深度5cm毎の平均値としている。転圧ローラーは(自重193kN、起振力343kN)を用いて転圧を行っている。図-3に ρ_d の深度分布を転圧回数毎に示す。また、撒出時の密度の影響を排除するために0回転圧時 ρ_{d0} を用いて正規化した密度増加率を計算し深度分布を図-4に示す。転圧効果の判定は、従来の薄層盛土 ($t=30\text{cm}$) で用いられている $D_c \geq 90\%$ を用いた。空港土木¹⁾では、乾燥密度を求める場合の ρ_{dmax} として Modified Proctor E_c (4.5法) による最大乾燥密度を用いて D_c を計算している。したがって、Standard Proctor E_c (2.5法) を用いた最大乾燥密度と比較すると ρ_d は小さな値となる。この盛土材料で4.5法と2.5法を比較すると、 ρ_{dmax} (2.5法) $= 0.97 \sim 0.95 \rho_{dmax}$ (4.5法) となった。

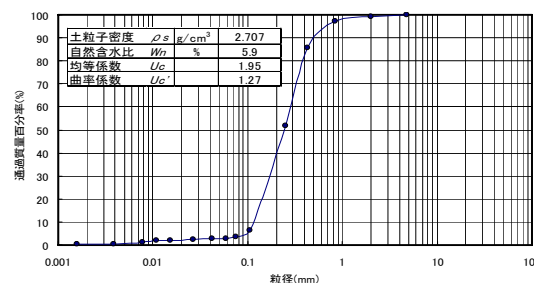


図-1 山砂の粒径加積曲線

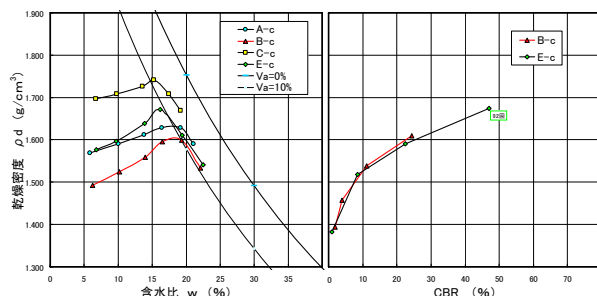


図-2 突固め・CBR試験結果

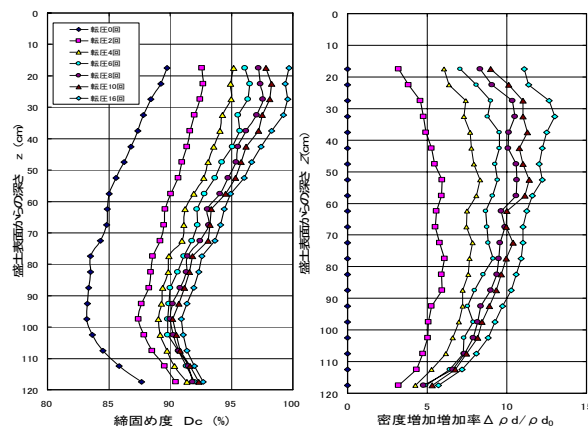
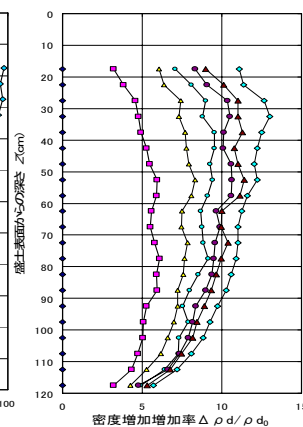
図-3 ρ_d の深度分布

図-4 密度増加率

キーワード 羽田Dラン 厚層化盛土 大型振動ローラー 揚土 連絡先〒135-0064 東京都江東区青海 2丁目地先中央防波堤外(その1) 東京国際空港羽田D滑走路外工事、護岸・埋立(IV) 工区 TEL 03-3599-3840

本報告では、修正 CBR との比較を行うために、 $E-c^{(2)}$ により D_c を計算している。転圧効果を D_c で判定した場合、6 回転圧時に深度 90cm で $D_c \geq 90\%$ となっている。また、密度増加率も約 90cm で変曲点となっているため、転圧効果がおよぶ深度は、90cm と考えるのが妥当である。GL-100cm 以深で、密度増加がみられるが、撤出時の密度分布の影響と考えられる。これらから、山砂と大型ローラー（350 kN 級）を組み合わせした場合、概ね 90cm まで転圧効果が及ぶ事が確認された。

4. 盛土の土中応力

転圧時に GL-30, 60, 90, 120cm に土圧計を設置し、土中応力を計測した結果を図-5 に示す。転圧回数が増すと応力も増加し、深さ方向に応力は小さくなる。併せて、図中に Boussinesq の理論解で近似した値を記載している（ $\phi=780$ 、 $P=400 \text{ kN/m}^2$ ）。この結果から、静的な解析による近似が可能であることが分かる。土中応力は、GL-30cm と GL-60cm を比較すると下層 90cm の応力は上層 30cm の 1/3 程度であるため、せん断特性や圧縮性について検証を行っている。

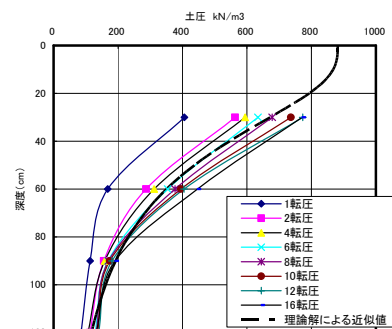


図-5 盛土内の土中応力

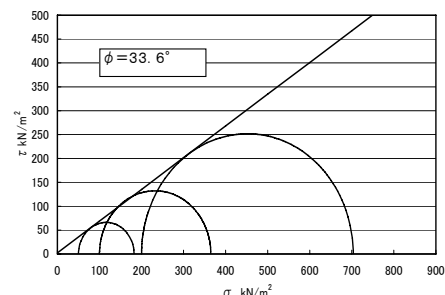


図-6 山砂の内部摩擦角

5. 盛土の材料特性

(1) せん断特性

せん断特性を確認するために、三軸圧縮排水試験を行い、内部摩擦角 ϕ を求めている。供試体は、撤出時を想定し、 $\rho d=0.85D_c$ に突き固めた供試体を用いてせん断試験を行っている。圧縮後の ρd は $D_c=85 \sim 88\%$ となった。せん断試験結果は、 $\phi=33.6^\circ$ なり、(図-6) 一般的に砂の内部摩擦角は、 30° 程度であることを考えると盛土の性能上、十分なせん断性能を満たす事が分かる。

(2) 盛土の圧縮性

転圧試験での下層部の土中応力は、約 $P=180 \text{ kN/m}^2$ である。工事の載荷荷重が、約 $P=300 \text{ kN/m}^2$ であるため、盛土の圧縮が発生する。そのため一次元圧縮試験を行い、盛土の圧縮について検証を行った。図-7 に圧縮試験結果を示す。一般的に 1~3% と言われているが、 $\Delta P=120 \text{ kN/m}^2$ の場合は鉛直歪みの増分 $\Delta \varepsilon_v=1.7\%$ と計算された。

(3) 盛土の長期圧縮性

盛土の長期圧縮性は、石井の研究³⁾により ρd と b 値を求め、その相関性があることが報告されている。本報告でも同様に、クリープ特性として b 値を求めた。 ε_v と b 値は次の関係にある。

$$\varepsilon_v = a + b \cdot \log t \quad a: \text{即時沈下量} \quad t: \text{載荷時間 (分)} \quad b: \text{係数}$$

図-8 にクリープ試験結果を示す。 b 値は、載荷荷重が増加すると大きくなる。 D_c の増加に伴い小さくなり、概ね 85% を超えると平衡状態となる。 $D_c=90\%$ で b 値 $=4 \sim 6 \times 10^{-4}$ となっており、石井の研究結果の b 値 $=4 \sim 12 \times 10^{-4}$ と同様の結果となった。D 滑走路工事の揚土厚が約 15m で 30 年後の長期圧縮量を計算すると $S \approx 5 \text{ cm}$ となり、盛土全体に与える影響は少ないと考えている。

参考文献 1) (財) 港湾空港建設技術センター 空港土木共通仕様書 P18-10 2) 地盤工学会 土質試験の方法と解説 P253 3) 石井恒久 道路盛土の圧縮沈下について 土と基礎 25-2(231)1977

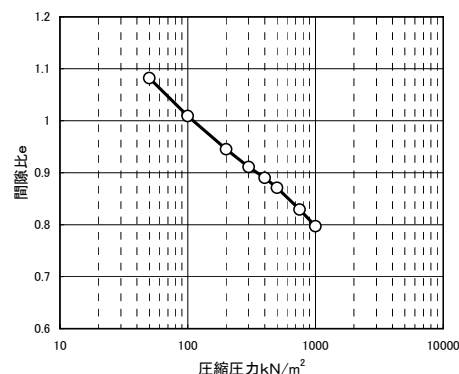


図-7 山砂の一元圧縮試験結果

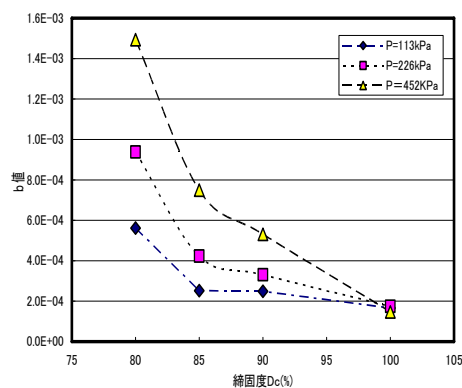


図-8 $D_c \sim b$ 値の関係