

機能性土系舗装の圧縮強度、保水性および吸水性と乾燥密度および間隙率の関係

信州大学工学部 正 河村 隆, 正 梅崎健夫

信州大学大学院 学○川田幸広

信州大学技術部 正 山下伊千造, 外谷憲之

(株) 平林組

横沢昌弘, 浦野孝明

1. はじめに 打設密度の異なる機能性土系舗装供試体に対して、圧縮強度試験、保水性および吸水性試験を実施し、圧縮強度、保水および吸水特性と乾燥密度および間隙率の関係について検討した。

2. 試料および供試体 図-1 に主材料である土質材料の粒径加積曲線を示す。佐久土、7号砕石、川砂(含水比 $w=0.5\sim4\%$)を体積比 5:3:2 で混合した土質材料 40L に対して、普通ポルトランドセメント 10kg, 水 7.5~8L, 土質改良剤¹⁾(株)SL 化学研究所, SL-1900 および SL-1900Z) 1.08L, 顔料(酸化鉄) 0.16kg を混合して約 7 分間攪拌したものを型枠に打設した。打設時の土質材料の含水比と加水量を考慮して算定した水セメント比 W/C は約 90%, 単位水量は 194~244kg/m³, 単位セメント量は 243~306kg/m³ がある。圧縮強度試験には円柱型枠(直径 100mm, 高さ 200mm)を、保水性および吸水性試験には角形型枠(200×200×深さ 60mm)を用いた。いずれの場合も混合した試料を 3 層に分けて型枠に詰め、突き棒による突き数を変えることによって、3 種類の密度(乾燥密度 $\rho_d \approx 1.6, 1.7, 1.9\text{g/cm}^3$)の供試体を作製した。

3. 試験方法 空中養生 28 日後の供試体に対して、コンクリートの圧縮強度試験(JIS A 1108-2006)と建築材料や保水性インターロッキングブロックに対して実施される保水性および吸水性試験(JSTMH 1001)^{2), 3)}を実施した。圧縮強度試験では、供試体の上面仕上げとしてセメントペーストを用いたキャッピングを行った。保水性試験では、110℃で乾燥させた供試体(乾燥質量 m_s)を 24 時間水浸させ、密閉容器内にて 30 分水切りした後、絞った濡れウエスで目に見える水膜をぬぐい、湿潤質量 m_w を測定し、保水量 $W_h=(m_w-m_s)/V$ (V :全体積)を算定した。吸水性試験では、乾燥供試体の下部 5mm を 30 分間水浸させた後、保水性試験と同様の方法で水切りして、質量 m_a を測定し、相対吸水率 $w_a=(m_a-m_s)/(m_w-m_s) \times 100(\%)$ を算定した。また、供試体を粉砕して土粒子密度 ρ_s も求めた。

4. 結果および考察 図-2 に圧縮強度試験の結果を示す。破壊ひずみは 0.5~0.8%程度であり、一般的なコンクリートの破壊ひずみ 0.2%程度の約 3~4 倍である。

図-3 に圧縮強度 σ_c と乾燥密度 ρ_d および固相率 $100-n$ の関係を示す。ここで固相率は、間隙率 n ($n=(V_v/V) \times 100 = \{1-(\rho_d/\rho_s)\} \times 100(\%)$, V_v :間隙体積)に基づいて定義される指標であり、式(1)に示すように、全体積 V に対する固相体積 V_s の比を百分率で表したもので、 ρ_d と一義的な関係にある。

$$100-n=100-(V_v/V) \times 100 = (V_s/V) \times 100 = \{(V_s/m_s)/(V/m_s)\} \times 100 = (\rho_d/\rho_s) \times 100 (\%) \quad (1)$$

圧縮強度 σ_c は、乾燥密度 ρ_d および固相率 $100-n$ が大きくなるほど、すなわち間隙が少ないほど大きくなる。

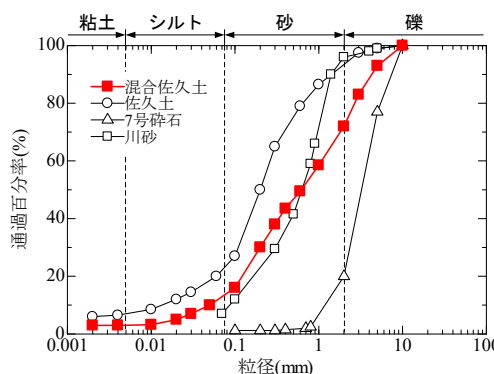


図-1 土質材料の粒径加積曲線

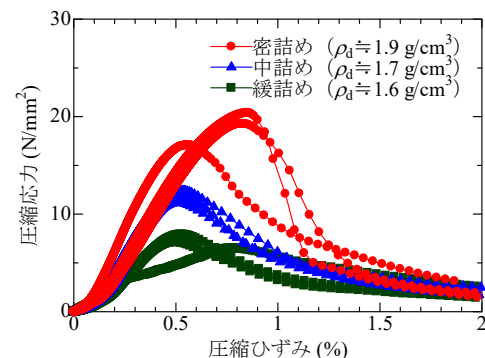


図-2 圧縮ひずみと圧縮応力の関係

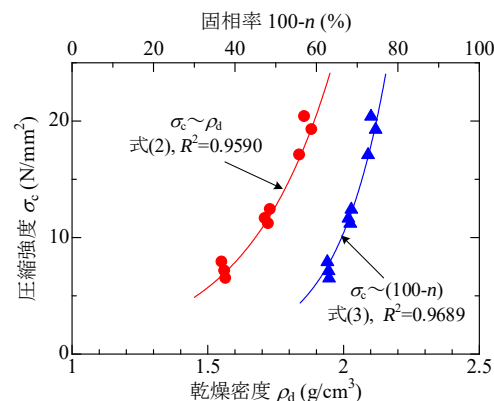


図-3 圧縮強度と乾燥密度および固相率の関係

キーワード 土系舗装, 圧縮強度, 吸水性, 保水性, 乾燥密度, 間隙率

連絡先 〒380-8553 長野市若里 4-17-1 信州大学工学部水環境・土木工学科 TEL 026-269-5289

$\rho_d = 1.55 \sim 1.88 \text{ g/cm}^3$, $100-n = 62 \sim 75\%$ ($n = 25 \sim 38\%$) の変化に対して, $\sigma_c = 6.5 \sim 20.4 \text{ N/mm}^2$ と 3 倍程度変化しており, 密度と間隙率が圧縮強度に及ぼす影響は大きい. ポーラスコンクリートにおいて, 圧縮強度と空隙率の関係は指数関数で評価できることが提案されている⁴⁾. 本試験においても σ_c と ρ_d および $100-n$ に対して, 指数関数による近似を行った. 得られた関係を式(2), (3)に示す.

$$\sigma_c = 0.047 \exp(3.2\rho_d) \quad (2)$$

$$\sigma_c = 0.047 \exp\{0.081(100-n)\} \quad (3)$$

決定係数 R^2 は図中に示すとおりであり, 式の精度は比較的高く, ρ_d もしくは n を求めることにより, σ_c を予測することが可能である.

図-4 に保水性および吸水性試験より得られた保水量 W_h と相対吸水率 w_a の関係を示す. W_h と w_a の間には一義的な関係が認められ, 保水量が高いほど, 相対吸水率も高く, 両者の関係は式(4)で近似できる.

$$W_h = 0.99 w_a + 155 \quad (4)$$

保水性能を表す指標として, JIPEA による品質規格³⁾に, $W_h \geq 150 \text{ kg/m}^3$ および $w_a \geq 70\%$ と規定されている. いずれの密度においても, W_h は規定を満たしているものの, w_a は規定未満である.

W_h および w_a は, 土系舗装の間隙に保たれる水量および吸い上げられる水量を意味しており, 間隙体積に依存すると考えられる. 図-5, 6 に w_a および W_h と $100-n$ および ρ_d の関係をそれぞれ示す. w_a および W_h は, いずれも, n から算定される $100-n$ および ρ_d とそれぞれ一義的な関係にある. 図-5 に示すように, $100-n = 62 \sim 75\%$ ($n = 25 \sim 38\%$), $\rho_d = 1.55 \sim 1.88 \text{ g/cm}^3$ の変化に対して, 相対吸水率は $w_a = 16 \sim 62\%$ と 4 倍程度変化しており, $100-n$ および ρ_d の影響は大きい. 一方, 図-6 に示すように, 保水量は $W_h = 170 \sim 220 \text{ kg/m}^3$ でいずれも 150 kg/m^3 以上であり, $100-n$ および ρ_d の影響は, σ_c および w_a の場合(図-5)と比較して大きくない. σ_c と ρ_d および $100-n$ の関係と同様に指数近似から得られた関数を式(5)~(8)に示す.

$$w_a = 57000 \exp\{-0.10(100-n)\} \quad (5)$$

$$w_a = 57000 \exp(-4.1\rho_d) \quad (6)$$

$$W_h = 770 \exp\{-0.019(100-n)\} \quad (7)$$

$$W_h = 770 \exp(-0.75\rho_d) \quad (8)$$

w_a および W_h に対する近似線の R^2 は $0.6 \sim 0.9$ 以上であり, 式の精度は比較的高く, n もしくは ρ_d を求めることにより, w_a および W_h を予測することが可能である.

5. まとめ 得られた主な知見は以下のとおりである. ①圧縮強度および相対吸水率は, 乾燥密度および固相率(間隙率)の影響を大きく受ける. ②保水量に及ぼす乾燥密度および固相率(間隙率)の影響は, 圧縮強度および相対吸水率ほど大きくなく, 本試験の条件ではいずれの場合も 150 kg/m^3 以上であり, 保水性は高い. ③圧縮強度, 保水量および相対吸水率と乾燥密度および固相率(間隙率)の近似式の精度は高く, 乾燥密度もしくは間隙率を求めることにより, 圧縮強度, 保水量および相対吸水率を推定することが可能である.

参考文献 1)土系舗装の(株)SL 化学研究所 HP, <<http://www.slkagaku.co.jp/>> (2017.4.3 アクセス). 2)田坂太一, 鈴木澄江: JSTM H 1001 (建築材料の保水性, 吸水性及び蒸発性試験方法)の制定について, 建材試験情報, Vol.51, 7 月号, pp.22-27, 2015. 3)一般社団法人インターロッキングブロック舗装技術協会(JIPEA): 保水性舗装用コンクリートブロックの品質規格, 2005. 4)大谷俊浩, 村上聖, 佐藤嘉昭, 三井宜之, 平居孝之: ポーラスコンクリートの圧縮強度推定式の構築に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 70 (590), pp.25-30, 2005.

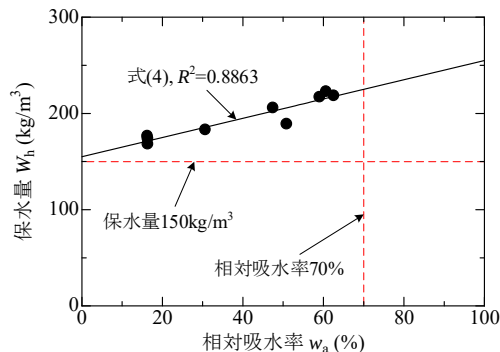


図-4 保水量と相対吸水率の関係

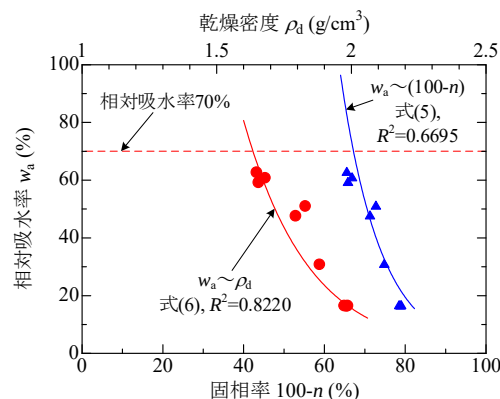


図-5 相対吸水率と固相率および乾燥密度の関係

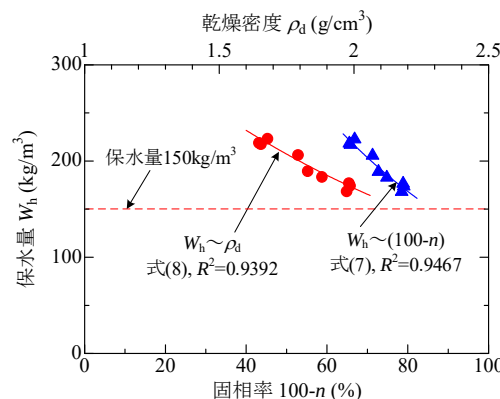


図-6 保水量と固相率および乾燥密度の関係