

粒度の異なる土系舗装の弾性波速度と圧縮・引張強度（その1）

信州大学工学部 正会員 河村 隆, 正会員 梅崎健夫
 信州大学工学部 学生会員○飯田紫乃
 (株) 土木管理総合試験所 熊田 正, 松山 寛
 (株) 平林組 横沢昌弘

1. はじめに 土質材料にセメントを添加した土系舗装は、公園の園路や歩道の舗装に多く適用されている。主材料となる土の凍上性には土質が大きく影響し、粒径 0.02mm 未満の土粒子の割合が 30%を越える場合は凍上性が非常に強いと分類されており¹⁾、主材料の粒度によっては土系舗装の凍害劣化が懸念される。著者らは、土系舗装の繰り返し凍結融解試験を実施し、細粒分含有率が異なる場合の凍結融解特性について検討してきた²⁾。凍結融解に伴うクラックの発生は、材料の強度や供試体内の間隙水の移動に関連しており、凍結時には間隙水の凍結膨張が生じるため、引張り強度に大きく依存していると考えられる。

本文では、細粒分含有率の異なる土系舗装に対して、弾性波速度試験と圧裂引張り試験を実施した。

2. 試料および試験の概要 土試料には、佐久土、川砂および若里シルトを用いた。佐久土と川砂に細粒分を多く含有する若里シルトを混合して、粒度の異なる混合土を用意した。佐久土と川砂および若里シルトの混合比は、乾燥質量比で 66 : 34 : 0, 52 : 28 : 20, 33 : 17 : 50 とした。粒径 0.02 mm 未満の細粒分含有率 $F_{0.02}$ は、それぞれ 10, 19, 32%である。図-1 にそれぞれの粒度分布を示す。

気乾状態の混合土に加水して含水比を調整し、表乾飽水状態とした。普通ポルトランドセメント、土質改良剤³⁾、顔料、水を表-1 に示す配合で混合して、約 7 分間攪拌したものを円柱型枠(内径 50 mm, 高さ 100 mm) に打設した。気温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $85 \pm 5\%$ の室内ユニットにおいて空中養生を行った。打設翌日に脱型して空中養生を継続した。打設後 21 日目に供試体を切断した後、耐水サンドペーパーで端面整形して、直径 50 ± 1 mm, 高さ 50 ± 2 mm の供試体とした。空中養生をさらに継続して、打設後 27 日目に弾性波速度試験(岩石の弾性波速度計測(JGS 2564-2020)に準拠)を実施した。各ケースに 6~11 本の供試体に対して、超音波速度測定装置ソニックビューアー-SX(応用地質株式会社)を用いて、P 波と S 波速度を計測した。P 波/S 波発信子(固有振動数 200 kHz/100 kHz)・受振子を用い、密着圧力は 40 kN/m^2 とした。さらに、28 日目に圧裂引張り試験(岩石の圧裂引張り試験(JGS 2551-2020))を実施した(写真-1)。各ケース 6~11 本の供試体に対して、载荷速度 $0.02 \text{ N/mm}^2/\text{sec}$ (破壊までの時間 1~2.5 min) とした。

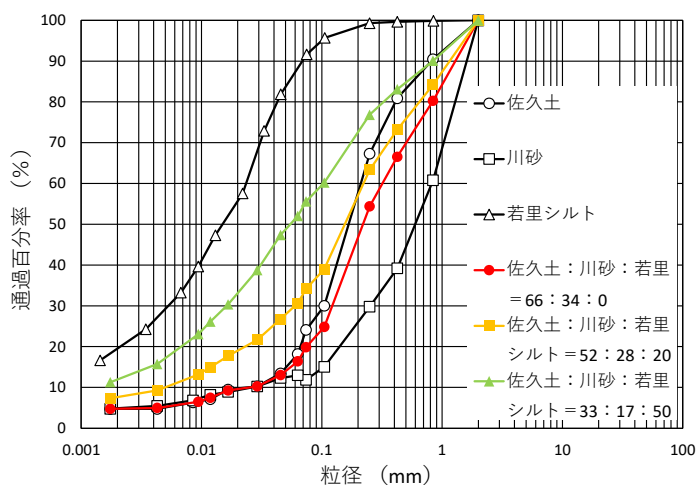


図-1 粒度分布

表-1 配合条件

| ケース | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------|---------|----------|----------|
| 佐久土 : 川砂 : 若里シルト | 66:34:0 | 52:28:20 | 33:17:50 |
| 細粒分含有率 ($F_{0.02}$) (%) | 10 | 19 | 32 |
| 佐久土 (kg/m^3) | 788 | 637 | 401 |
| 川砂 (kg/m^3) | 413 | 334 | 210 |
| 若里シルト (kg/m^3) | 0 | 243 | 612 |
| セメント (kg/m^3) | 335 | 338 | 341 |
| 土質改良剤 (A+B) (kg/m^3) | 38.4 | 38.8 | 39.1 |
| 顔料 (kg/m^3) | 5.4 | 5.4 | 5.5 |
| 水 (kg/m^3) | 327 | 377 | 408 |
| 水セメント比 (%) | 98 | 111 | 120 |



(a)ケース 1

(b)ケース 2

(c)ケース 3

写真-1 圧裂引張り試験のピーク強度時の供試体の一例

3. 試験結果および考察 図-2 に P 波速度 V_p と S 波速度 V_s を比較して示す. 細粒分含有率によらず両者の関係は原点を通る 1 本の直線となり, その傾きは 1.7 程度である.

図-3 に P 波速度 V_p , S 波速度 V_s と細粒分含有率 F_{002} の関係を示す. 両者の関係は, 細粒分含有率が少ないほど, P 波速度と S 波速度が大きくなる直線関係となる. 各ケースにおける P 波速度と S 波速度のそれぞれの最大値と最小値の比は, 1.03~1.20 の範囲であり, 測定値のばらつきはさほど大きくない.

図-4 に細粒分含有率と圧裂引張り強度の関係を示す. 前述した写真-1 に示したように, 破壊時には供試体の中心付近に直線的な縦クラックが発生する. 細粒分が少ないケース 1 (佐久土:川砂:若里シルト=66:34:0) の圧裂引張り強度が低く, ケース 1 よりも細粒分が多い 2 つのケースの方が高い. 図-3 に示した P 波速度と S 波速度と細粒分含有率の関係とは逆の傾向である. 各ケースにおける圧裂引張り強度の最大値と最小値の比は, 1.61~1.88 であり, P 波速度と S 波速度と比較して測定値のばらつきが大きい.

4. まとめ 得られた主な知見は以下のとおりである. ① 細粒分含有率によらず, 土系舗装の P 波速度は S 波速度の 1.7 倍程度である. ② P 波速度と S 波速度と細粒分含有率の関係は, 細粒分含有率が少ないほど, P 波速度と S 波速度が大きくなる直線関係となる. ③ 一方, 圧裂引張り強度は, 細粒分が少ないほど小さくなる.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 18K04300 (研究代表者: 信州大学 河村 隆) の助成を受けた. 付記して謝意を表します.

【参考文献】1) Kaplan, C. W.: Freezing Test for Evaluating Relative Frost Susceptibility of Various Soils, DTIC Document, 1974. 2) 河村 隆, 梅崎健夫, 松高芽生, 横沢昌弘, 小平計美: 土系舗装における X 線 CT 画像に基づく凍結融解特性 (その 3), 土木学会第 76 回年次学術講演会, V-434, pp.1-2, 2021. 3) (株) SL 化学研究所 HP, <<http://www.sl-kagaku.com/>> (2022.12.16 アクセス).

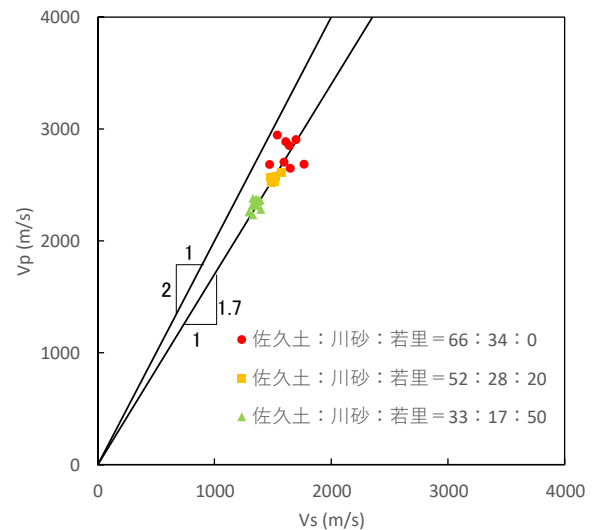


図-2 P 波速度と S 波速度の関係

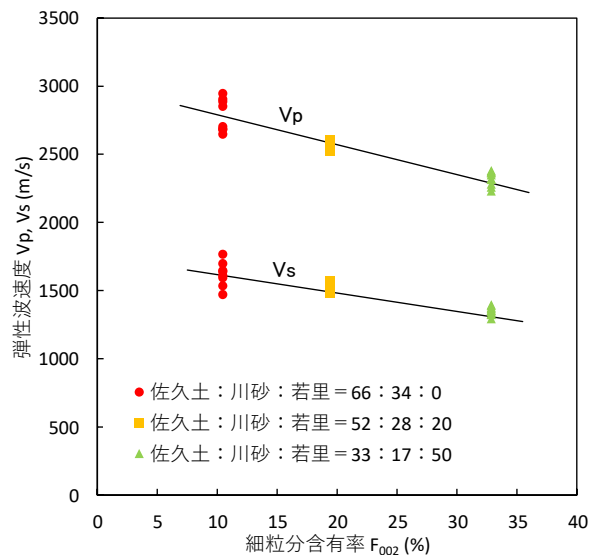


図-3 細粒分含有率と P 波速度および S 波速度の関係

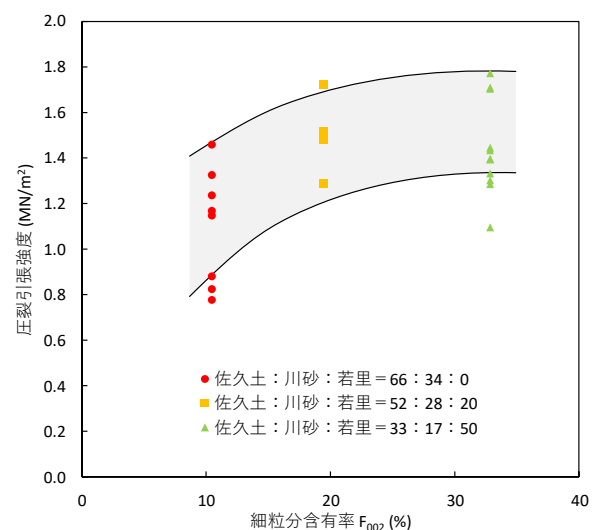


図-4 細粒分含有率と圧裂引張り強度の関係