短繊維混合固化処理土の強度・靱性および吸水膨張特性

| 石川工業高等専門学校 | 正会員 | 重松宏明 |
|------------|------|-------|
| 金沢大学 | 学生会員 | 〇山栗祐樹 |
| 大鉄工業株式会社 | | 西田大晃 |

1. 緒言

本研究は, 筆者らがこれまで開発してきた石灰系固化材¹⁾に, 短繊維を組み合わせて土質改良を施した固化処理土 (以後, 短繊維混合固化処理土と呼ぶ)の力学特性を明かにすることを目的としている. そのために, シルト質の粘性土試 料を処理対象土として用意し, これに石灰系固化材と短繊維を異なる配合で混ぜ合わせて作製した供試体に対して, 圧 密非排水三軸圧縮(CU)試験を実施した. また, CU試験の結果をベースにして圧縮タフネスを求め, 短繊維混合固化処 理土の靱性(toughness)の工学的評価を試みた. さらに, 近年頻繁に起こる局所的集中豪雨を想定し, 水浸試験も併せて 行い, 短繊維混合固化処理土の吸水膨張特性についても検証した.

2. 室内実験の概要

実験で使用する短繊維は、石川県内の繊維会社から毎年大量に排出される長さ 10~20mm 程度のポリエステルである.石灰系固化材は、工業用消石灰を母材とし、 これに石膏(廃石膏ボードを再生させた半水石膏)と珪質土(シリカを主成分とする廃 材)の2種類を添加材としたものである.各原料の比率は乾燥質量比で消石灰2に 対して、石膏1、珪質土1である.処理対象土にはシルト質粘性土を用いた(以後、 藤森土と呼ぶ).表-1に藤森土(0.425mm ふるい通過分)の物理特性を示す.

表-1 藤森土の物理学特性 土粒子の密度ps(g/cm³) 2.689 最大乾燥密度ρ_{dmax} (g/cm³) 1.601 最適含水比wopt(%) 22.9 砂分 (%) 12.7 シルト分(%) 76.9 10.4 粘土分(%) 液性限界w_L(%) 43.8 塑性限界wp(%) 21.0 塑性指数 I_P 22.8 活性度A 3.93

試料調整および供試体(直径 5cm,高さ10cm)の作製方法について説明する. 先 ず,加水調整した藤森土に所定の混合率(表-2 参照)で固化材を混ぜ合わせた後, インキュベーター内にて一定温度(20°C)のもと,3 日間湿潤養生させる. この間にエ トリンガイト反応が起こる. 養生終了後,よく解きほぐした短繊維を所定の混合率 (0.5%,1.0%)で土試料に混ぜ合わせ,円筒形の割型モールドに詰めて静的に締め 固める. その後脱型し,所定の圧密応力 σ_c '(=20,50kN/m²)のもと, \overline{CU} 試験を開始 する. なお,表-2の基本配合に従って作製したすべての供試体の含水比と乾燥密度 は,処理対象土である藤森土の最適含水比 w_{opt} (=22.9%)と最大乾燥密度 ρ_{dmax} (=1.601g/cm³)と同じ値になるように設定してある.

| 圭 2 | İ 木和스 | (お榀啠昰 | 100g 当たり) |
|------------|--------------|-------|-------------|
| オマーム | 本小阳石 | | 1009 = 1(9) |

| | 短 | 繊維混合率 | 0% | 0.5% | 1.0% | |
|----|---|-----------|-----------|------|------|--|
| | 固 | 化材混合率 | 8% | | | |
| | A | 短繊維(g) | 0 0.5 1.0 | | | |
| | B 土質材料(g) | | 92.0 | 91.5 | 91.0 | |
| | 固 | C 消石灰(g) | 4.0 | | | |
| | 化 | D 半水石膏(g) | 2.0 | | | |
| | 材 | E 珪質土(g) | 2.0 | | | |
| | 加 | 水量*(g) | 22.9 | | | |
| *: | *: 加水量 = $(A + B + C + D + E) \times \frac{W_{opt}}{100}$ | | | | | |

3. 短繊維混合固化処理土の強度および靱性

図-1 および2はCU 試験の結果を示す. 先ず, 図-1 の軸差応力-軸ひずみ関係から挙動全体を見てみると, 短繊維混合固化処理土は G_c'の高低に関係なく, 短繊維混合率の増加に伴って著しい強度発現効果が見られる. しかも, せん断の進行とともに軸差応力は増大し続け, 軸ひずみ 15%を過ぎても破壊には至らず(ピーク強度には達せず), 明瞭なひずみ硬化挙動を示している. したがって, 藤森土のようなシルト質土を処理対象土とし, かつ表-2 に示す配合の範囲であれば, 短繊維と本固化材との組み合わせは非常に良好で, 強度と靱性の両者を併せ持つ材料の性質へと改良が期待できる. 図-2 の有効応力径路から短繊維混合固化処理土のダイレイタンシー特性を見てみると, 短繊維混合率の高低に関係なく, すべての条件でせん断初期から正のダイレイタンシーを示し限界状態に至っていることが分かる. 限界状態線(CSL)上における応力比 M(=q/p)に目を向けると, 短繊維混合率の増加に伴って M は大きくなっていることから, 短繊維と石灰系固化材の両者を組み合わせることによって, 土粒子間の摩擦抵抗は大きくなることが理解できる.

図-3 は、日本コンクリート工学会 (JCI) 規準²⁾で定められている繊維補強コンクリートの圧縮タフネスを定義したものである. 筆者らは、この JCI 規準に準拠して求めた圧縮タフネスを用いて、短繊維混合固化処理土の靱性を評価した. 図に示

キーワード 短繊維, 三軸試験, 強度, 靱性

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 076-288-8168

-1000

800

600

400

200

1200

-1000

(KN/m² 008

stress o

100 A00

Dev

200

q (kN/m²)

stress

Deviator :

すように、一連の \overline{CU} 試験の結果から、供試体の変形量 δ_{tc} がひずみに換算して15%となるまでの荷重-変形曲線下の面積を求め、これを圧縮タフネス T_cとした.図-4 に各圧密応力 σ_c における圧縮タフネス T_cと短繊維混合率の関係を示す.図-4(a)より、固化材未混入の場合には、短繊維の多少による T_cの変化はほとんど見られないことから、短繊維のみの混合では靱性を向上させることはできない、これに対して、短繊維と石灰系固化材を組み合わせた場合(図-4(b)(c))は、短繊維の混入量を増やすことによって T_cが比例的に増大している.これは、短繊維と固化材の組み合わせによって、靱性に富んだ材料の性質へと変化していくことを意味する.

4. 短繊維混合固化処理土の吸水膨張特性

短繊維混合固化処理土の吸水膨張特性 を把握するため, CU 試験と同じ方法で供試体を作製 し, インキュベーター内(40℃)にて乾燥させた後, CBR 試験用モールドを用いて水浸試験を行った. なお,供試 体の側面は無拘束状態とし,上面には 49N の加圧板を 載せ,軸方向に一定荷重(=24.7kN/m²)を作用させた. 図-5 に結果を示す. 図より, 短繊維混合率 0%, 0.5%, 1.0%の供試体は 3 者ともに,水浸開始と同時に著しい 吸水膨張を示した. そのうち短繊維未混入の供試体は 2 時間を過ぎたあたりで一気に崩壊した. これに対して, 短繊維を混ぜ合わせた供試体は,数時間を過ぎたあた りから膨張は収束し始めるものの,止まっていない. ま た, 短繊維を混ぜ合わせた供試体は 60 日経過した後も 変状・崩壊せず, 円筒形の形状を維持していた.

5. 結言

本研究で得た知見をまとめると、①藤森土のようなシ ルト質土を処理対象土とし、かつ本研究の配合(固化材 混合率 8%,短繊維混合率 1%以内)の範囲であれば、 短繊維と本固化材との組み合わせは非常に良好で、強 度と靱性の両者を併せ持つ材料の性質へと改良が期待 できる. ②短繊維混合固化処理土は著しい吸水膨張特 性を有しているものの、変状・崩壊には至らない.

参考文献 1) 重松宏明・西澤誠・藪下諒二・吉村康平・田中 均・辻要:廃石膏ボード由来の半水石膏を混合した石灰安定 処理土の強度発現特性,土木学会論文集 C(地圏工学)Vol. 69, No. 2, pp.272-284, 2013. 2)公益社団法人日本コンクリ ート工学会:繊維補強コンクリートの圧縮強度及び圧縮タフネ スの試験方法, JCI 規準集, pp.73-76, 2004.



1200