

ジオテキスタイルとの併用がセメント安定処理材料の強度定数におよぼす影響

SHEAR PROPERTY OF CEMENT TREATED MATERIALS
WRAPPED IN GEOTEXTILE

山田幹雄*・坪川 茂**・佐野博昭***・田辺和康****

by Mikio YAMADA, Shigeru TSUBOKAWA, Hiroaki SANÔ and Kazuyasu TANABE

1. はじめに

著者らは、文献1)において湖沼、港湾で浚渫した泥土、砂に廃棄物中間処理施設で粉碎した廃石膏ボード粉を混ぜ合わせ、これにセメント系固化材を添加した材料のCBR、コーン指数 q_c や一軸圧縮強さ q_u の経時変化を調べた結果を報告した。ここでは、さらに、材齢28日の供試体のレジリエントモデュラス M_r がクラッシュランや粒度調整砕石と比べても遜色のないことを根拠に、アスファルト舗装の断面構成を試算した結果も示した。

その断面設計において、交通量区分 N_3 (疲労破壊輪数 $N=30,000$ 回/10年)の路線を対象とするとき、湖沼底泥-海砂-廃石膏ボード粉を母材に安定処理した場合に限らず湖沼底泥-海砂を母材としても、上層に粒度調整砕石、下層にクラッシュランを使用する二層路盤よりも厚さの小さい一層路盤で現行の暫定破壊規準に合う舗装構造となる公算を得た。

一方で、先の室内試験では湖沼底泥や海砂が水分を過度に損失していない時点で活用することを前提に、設定含水比を差し当たりそれぞれの液性限界に置いて安定処理材料を作製した。したがって、これの用途を現道に求める上には、緩詰めでの築造が想定される路盤を当初からある程度拘束して支持力、強度の増加を助長する方策を予め提案しておかなければならないという課題が残された。

それに対処する1つの手掛かりとして、著者らはジオシンセティックスとの併用を試みることにした。具体的には、安定処理材料をジオシンセティックスの1種であるジオテキスタイル(織布)で包んで補強しようとするものであり、繊維材被覆による効用をせん断強さおよび強度定数を指標に調べてみた。

ここで、地盤材料をジオシンセティックスで包み込んで擁壁や盛土などの基礎に敷設、荷重分散効果を高めると同時にせん断抵抗力を向上して支持地盤の安定化を図る在来工法にマットレス工法がある。これを大別すると、(i)砕石-ジオグリッドの組み合わせによる方法^{2),3)}と(ii)砂または細礫-ジオテキスタイルの組み合わせによる方法^{4),5)}となる。

(i),(ii)ともに構造物直下の表層改良を主な目的とするので、置換の深さや幅を小さく見積もることができる点に特長があり、著者らの試案の拠り所となるものである。それでも、本研究ではジオシンセティックスで包む材料を浚渫土砂や廃石膏ボード粉とし、これらを一括して充当する趣旨を建設副産物の用途拡大に置くことに在来工法との違いがある。

次に、地盤材料とジオシンセティックスとの間の一面せん断抵抗特性を決定する試験方法に関して、1994年制定の地盤工学会基準JGS 0941を改正する案が2008年2月に提示された⁶⁾。改正案では、上下のせん断箱に詰めた土試料の間にジオシンセティックスを挟み、垂直力載荷のもと1mm/minの速度でせん断変位を与えたときの摩擦強さと摩擦定数(粘着力、摩擦角)とを求めるとされている。しかし、著者らの目指す「土試料をジオシンセティックスで包んだ供試体の直接せん断試験方法」については、未だ基準の制定に向けた検討に着手する運びにいたっていない模様である。

この論文では、次章以下に今回試行した定圧一面せん断試験の概要を供試体の作製手順をも含めて述べるほか、ジオテキスタイルの有無がせん断応力-せん断変位曲線の形状や強度定数(粘着力、せん断抵抗角)におよぼす影響、さらに、一軸圧縮強さと強度定数との関係について報告する。

2. 母材の物理的性質および固化混合物の作製条件

母材には、福井県と石川県との境に汽水を湛える北潟[きたがた]湖(周囲14km,面積2.73km²,最大水深4m)で浚渫した泥土(湖沼底泥)、北潟湖の南西方向

* 福井工業高等専門学校 教授 環境都市工学科 (〒916-8507 福井県鯖江市下司町), ** 福井工業高等専門学校 教育研究支援センター, *** 大分工業高等専門学校 教授 都市システム工学科, **** 福山大学 教授 工学部 建築・建設学科

約10kmの一級河川九頭竜〔くずりゅう〕川の河口に位置する福井新港で浚った砂(海砂)およびこれら2箇所のはぼ中間に在る建築物解体系石膏ボード分別機を備えた施設で処理された廃石膏ボード粉を用いた。

湖沼底泥の粒度組成のうち90.3%は粒径75 μ m未満の細粒分であり、土粒子の密度は2.38g/cm³、液性限界は170.5%である。pH[H₂O]は3.7で有機物含有量は26.9%、そして、安定処理後の強度発現を阻害または遅延するフミン酸、フルボ酸をそれぞれ3.5%、4.0%含んでいる。

海砂の砂分(粒径2000~75 μ m)含有率は91.2%であり、土粒子の密度と液性限界は2.63g/cm³と26.0%、pH[H₂O]は9.5である。塩化物イオン含有量は浚って埠頭用地に仮置きした当初で970mg/kg、およそ1年を経た時点では15mg/kgであった。室内試験には、仮置き期間が1年を越えた海砂を使用した。

廃石膏ボード粉の中には径2000~425 μ m程度のボード用原紙屑が散在しているものの粉自体の粒径は850 μ m未満と小さく、ふるい分けを行ったところ中砂分(850~250 μ m)が83%を、細砂分(250~75 μ m)が16%を占めていた。JIS A 1202の試験方法に倣って求めた粉の粒子密度は2.83g/cm³、JIS A 1203を準用して求めた水分量は15.3%である。また、pH[H₂O]は7.0であり、蛍光X線分析で調べた主成分はSO₃(46.0%)とCaO(33.9%)である。

試験にあたって、湖沼底泥と海砂とを乾燥質量比1:1で組み合わせたものを母材A、2つの浚渫土砂と廃石膏ボード粉とを1:1:1で組み合わせたものを母材Bとした。これらの土質試験結果を表-1に示す。母材A、Bで土粒子の密度、透水係数やpHは異なるが、粒度組成、液性・塑性限界、最適含水比や最大乾燥密度などは似通っていることがわかる。

参考までに、湖沼底泥単体の最適含水比は50.7%、最大乾燥密度は1.00g/cm³、海砂単体ではそれぞれ17.9%、1.58g/cm³であり、母材AおよびBの締固め曲線は2つの浚渫土砂の締固め曲線の間から湖沼底泥単体の側に幾分偏って重畳している。

表-2に示すように、母材に添加する安定材にはセメント系固化材(一般軟弱土用:pH[H₂O]=12.6)を用い、添加率は母材の乾燥質量の10%または20%とした。ここで、湖沼底泥と海砂は液性限界を目標に含水比を調整し、廃石膏ボード粉は850 μ mふるいを通過した部分のみを水分を加減することなく配合した。母材A、Bにセメント系固化材を添加したときの含水比57~78%、それらの安定処理材料を内径150mm、容量2209cm³の容器(CBR試験仕様)に静的に充填したときの乾燥密度0.84~1.03g/cm³を、一軸圧縮試験や一面せん断試験に供する固化混合物

表-1 母材の土質試験結果

| 母材の種類 | A | B |
|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 母材の構成 | 湖沼底泥 および 海砂 | 湖沼底泥、海砂 および 廃石膏ボード粉 |
| 配合割合(乾燥質量比) | 1:1 | 1:1:1 |
| 土粒子の密度(g/cm ³) | 2.57 | 2.73 |
| 砂分(%) | 49.2 | 44.2 |
| シルト分(%) | 44.0 | 48.0 |
| 粘土分(%) | 6.8 | 7.8 |
| 均等係数 | — | — |
| 曲率係数 | — | — |
| 液性限界(%) | 109.1 | 102.6 |
| 塑性限界(%) | 47.6 | 44.7 |
| 塑性指数 | 61.5 | 57.9 |
| 最適含水比(%) | 38.3 | 39.4 |
| 最大乾燥密度(g/cm ³) | 1.20 | 1.23 |
| 透水係数(cm/s) | 4.03×10 ⁻⁷ | 3.47×10 ⁻⁶ |
| 有機物含有量(%) | 13.1 | 12.0 |
| 強熱減量(%) | 12.8 | 12.0 |
| pH[H ₂ O] | 4.4 | 6.5 |

表-2 母材へのセメント系固化材添加率および固化混合物の作製条件

| | Case I | Case II | Case III |
|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 母材* | A | B | B |
| セメント系固化材 添加率** | 20% [140kg/m ³] | 10% [86kg/m ³] | 20% [172kg/m ³] |
| 設定含水比 | 78% | 63% | 57% |
| 設定乾燥密度 | 0.84g/cm ³ | 0.96g/cm ³ | 1.03g/cm ³ |
| 締固め度*** | 70% | 78% | 84% |
| 充填方法 | 静的締固め | | |

* 湖沼底泥と海砂の含水比を液性限界に調整。

** 母材の乾燥質量に対する値。

*** 母材の最大乾燥密度に対する値。

表-3 拘束した固化混合物における一軸圧縮強さの経時変化¹⁾

[単位: MPa]

| | Case I | Case II | Case III | |
|---------------------|--------|---------|----------|------|
| 経過 日 数 (日) | 3 | 0.15 | 0.24 | 0.47 |
| | 7 | 0.26 | 0.31 | 1.77 |
| | 14 | 0.31 | 0.36 | 3.10 |
| | 21 | 0.47 | 0.39 | 3.71 |
| | 28 | 0.53 | 0.42 | 4.23 |

【備考】1日経過時に脱型した混合物は自立せず。

表-4 ジオテキスタイル(織布)の品質

| | | |
|------------------------|----------------------|----------------------|
| 厚さ (mm) | 0.25 | [試験方法] JIS L 1096 |
| 質量 (g/m ²) | 150 | |
| 引張強さ* (N/3cm) | 1570 | |
| 伸び率* (%) | 14 | |
| 引裂強さ* (N) | 350 | JIS A 1218 |
| 透水係数 (cm/s) | 5.0×10^{-3} | |

* 乾燥状態での測定値。

Case I～IIIの作製条件とした。なお、この条件下でのCase Iの平均飽和度は95% (平均間隙比2.2)、IIは94% (1.9)、IIIでは94% (1.7)であった。

表-3は直径約50mm、高さ約100mmの寸法に作製した固化混合物の強度発現過程を示す。作製には二つ割モールドを使用し、この中に詰めた安定処理材料をモールドごとラップフィルムで厳重に包んで実験室内の暗所に最長28日間静置した。固化混合物のモールドからの取り外しは、一軸圧縮試験の直前に行った。Case III (締固め度84%：前出表-2参照)の強度発現は大きいものの、I (70%)とII (78%)では28日を超過しても微増に止まる兆候が窺える。

したがって、とりわけCase I, IIの固化混合物とジオテキスタイルとの複合によってせん断抵抗力や強度定数がどのように変化するのかを詳細に調べることが、次の一面せん断試験における主眼となる。

3. 一面せん断試験の概要および結果

3.1 供試体の作製手順および試験方法

表-4は、固化混合物の包み込みに採用したポリエステル繊維製のジオテキスタイル(織布)の品質をまとめたものである。当該品の引張強さは、第1章で述べたマットレス工法の(ii)に用いられる高強度ポリエステル繊維製ジオテキスタイルの規格(縦糸方向の引張強さ=4500～30000N/3cm)に比べると小さく、通常は軟弱地盤表層の強化や埋立護岸裏面の吸出し防止などに多用されている。

供試体の作製にあたっては亚克力板の上に内径100mm、高さ50mmのカッターリングを粘着テープで固定してから、リングの内面に厚さ0.1mmのPETフィルムを当て(写真-1, ①)、その後、ヒートカッターで400mm四方に裁断したジオテキスタイルの中央を凹部に沿って宛がい(②)、そこへ安定処理材料を締固め用円板で押しながら3ないし4回に分けて充填した(③)。48mmの高さに詰めた段階でジオテキスタイルの四隅を折り返して余分を切り取り、上面の重なり4枚の間の円周部分(縁)にのみ接着剤を塗布した(④)。作業終了と同時にカッターリングごとビニール袋に入れて密封し、20℃に調節した恒温器内に静置した。なお、ジオテキスタイルを併用しない場合の安定処理材料の充填高さは50mmとした。

使用した試験装置は文献7)にも紹介されている在来型であるが、標準寸法(直径60mm、高さ20mm)

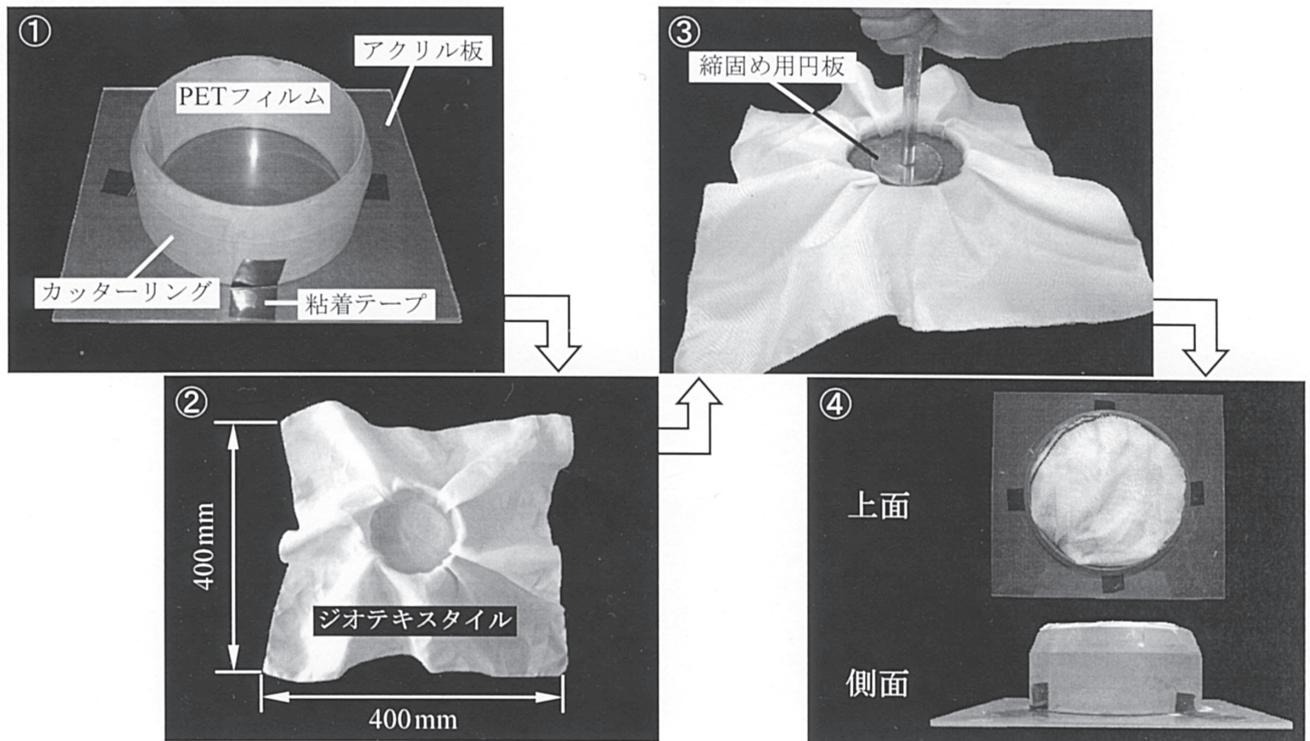


写真-1 ジオテキスタイルで包んだ固化混合物の作製手順

よりも大きい上記の供試体を入れるせん断箱を装着するためにフレームを改造してある。せん断荷重計の容量は4.9kN、せん断変位の測定限度は30mmであり、せん断変位速度は0.2mm/minに設定した。

供試体に加える垂直応力 σ について、アスファルト舗装の路面に49kNの輪荷重が接地直径300mmで作用するとき、厚さ60mmのアスファルト混合物層を通して上層路盤表面に伝わる垂直応力は接地中心で0.47MPa、半径150mmの隔たりでは0.16MPaとなる⁸⁾ことを根拠に、それに前出表-3に示した固化混合物の一軸圧縮強さ q_u の推移、すなわち、形成されたセメンテーションを破壊しない応力範囲とせん断荷重計の容量とを勘案して、Case IおよびIIは $\sigma = 0.15, 0.20, 0.25\text{MPa}$ の3段階、IIIに対しては $\sigma = 0.15, 0.20, 0.25, 0.30\text{MPa}$ の4段階とした。

カッターリング内の供試体をせん断箱に移したのはCase IおよびIIで2, 3, 7, 14日経過時、IIIでは2, 3, 7日経過時であり、いずれも垂直力载荷のもとで沈下の進行が確実に止まってからせん断を開始した。

Case I～IIIとは別に母材A, Bについても強度定数を求めた。供試体の作製にあたっては、母材を最適含水比に調整した上で最大乾燥密度を目標にカッターリングに詰めた(前出表-1参照)。垂直応力 σ は0.15, 0.20, 0.25MPaとし、作製当日に载荷した。

3.2 ジオテキスタイル併用の有無がせん断変位、せん断応力および強度定数におよぼす影響

せん断過程に先立つ圧密過程で生じた沈下量は、ジオテキスタイルをとみなわない供試体で0.1～1.1mmであり、垂直応力 σ が大きいほど、養生日数が短いほど大きくなる傾向にあった。一方、ジオテキスタイルで包んだ供試体では0.2～0.9mmとなったが、上面の重なり具合が必ずしも一様ではないことから σ や日数との関連は明確に現れなかった。

せん断応力 τ —せん断変位 δ 曲線の例を図-1に示す。ジオテキスタイルを併用しない供試体(上図)における τ の最大値 τ_f は $\delta_f = 3.9 \sim 6.1\text{mm}$ に生じ、垂直応力 σ に比例して増加することがわかる。同様に、ジオテキスタイルで包んだ供試体(下図)の τ_f も σ に依存するとともに、その τ_f は $\delta_f = 3.5 \sim 9.9\text{mm}$ ($\tau_{f\text{-initial}}$ と称する)および $\delta_f = 9.8 \sim 17.6\text{mm}$ ($\tau_{f\text{-final}}$)の2点に生じ、 $\tau_{f\text{-initial}}$ と $\tau_{f\text{-final}}$ とは等しいか、後者の方が多少大きくなることに特長がある。さらに、下図の $\tau_{f\text{-initial}}$ は上図の τ_f の4割増(Case I)ないし2割増(Case II, III)であり、材料の複合化による効果がせん断抵抗力の向上となって現れている。

ここで、Case Iの $\tau_{f\text{-initial}}$ のみが $\delta_f \geq 8.5\text{mm}$ で確認され、他の $\tau_{f\text{-initial}} - \delta_f$ とは経過を異にしている。この点に関しては、後出図-3で考察を加える。

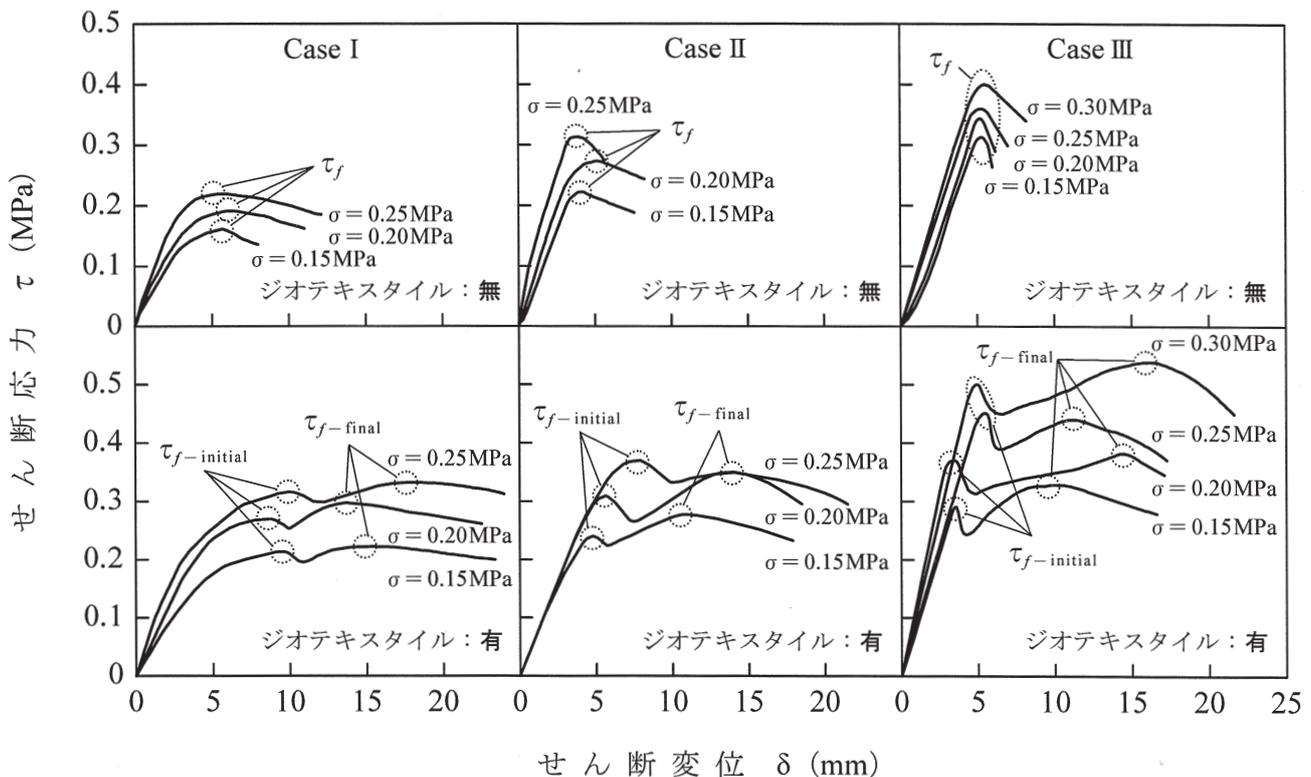


図-1 せん断変位の進行にともなうせん断応力の推移(養生日数3日)

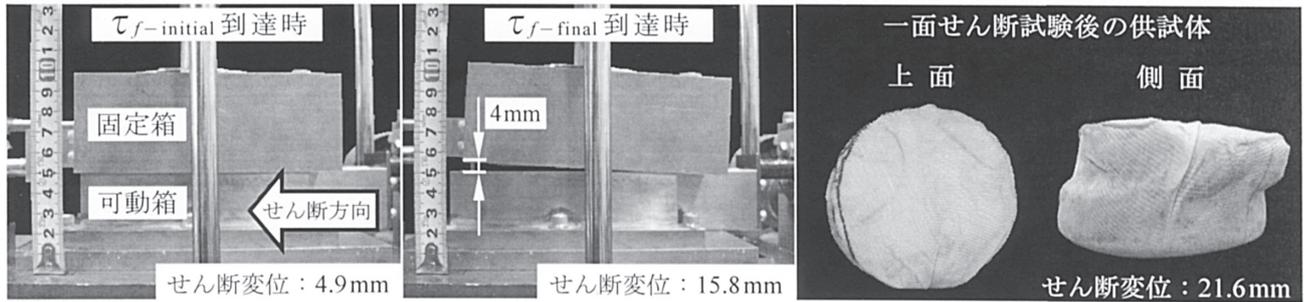


写真-2 ジオテキスタイルで包んだ固化混合物のせん断過程 (Case III, 養生日数3日, $\sigma = 0.30\text{MPa}$)

写真-2は $\tau_{f\text{-initial}}$, $\tau_{f\text{-final}}$ に達した時点のせん断箱の状態およびせん断過程を終えた供試体の外観を示す。いずれの試験でも, $\tau_{f\text{-initial}}$ を確認した後せん断の進行とともに固定箱は徐々に傾き, $\tau_{f\text{-final}}$ 到達時の可動箱との離れは5mm程度となった。また,せん断箱から取り出した供試体を目視した限りにおいて,ジオテキスタイルに破損の痕は認められなかった。

なお,機器の調整と慣熟とを兼ねた予備試験で, $\tau_{f\text{-initial}}$ にいたって間も無く装置の作動を止めて慎重にジオテキスタイルを剥がしてみたところ,この段階で固化混合物は上下に確実に分離していた。

在来型の装置でせん断中に生じる幾分かの傾斜は,

加圧板が加圧軸に固定されていない構造上の制約によるもの⁷⁾であるが,著者らは次の強度定数の算定には計測精度の高い $\tau_{f\text{-initial}}$ を採用することにした。

図-2は,Case I~IIIにおける垂直応力 σ とせん断強さ τ_f , $\tau_{f\text{-initial}}$ との関係をまとめたものである。ジオテキスタイル併用の有無にかかわらず,せん断抵抗角 ϕ_d (上図), $\phi_{d\text{-initial}}$ (下図)はともに経時的に大きくなるものの, σ ごとの $\tau_{f\text{-initial}}$ は τ_f と比較してCase Iで1.2倍増($\sigma = 0.15\text{MPa}$)~1.4倍増($\sigma = 0.25\text{MPa}$),IIで1.1倍増(0.15MPa)~1.3倍増(0.25MPa),IIIでは同値(0.15MPa)~1.3倍増(0.35MPa)であることから,角度差の平均はCase Iで15°,IIで13°,III

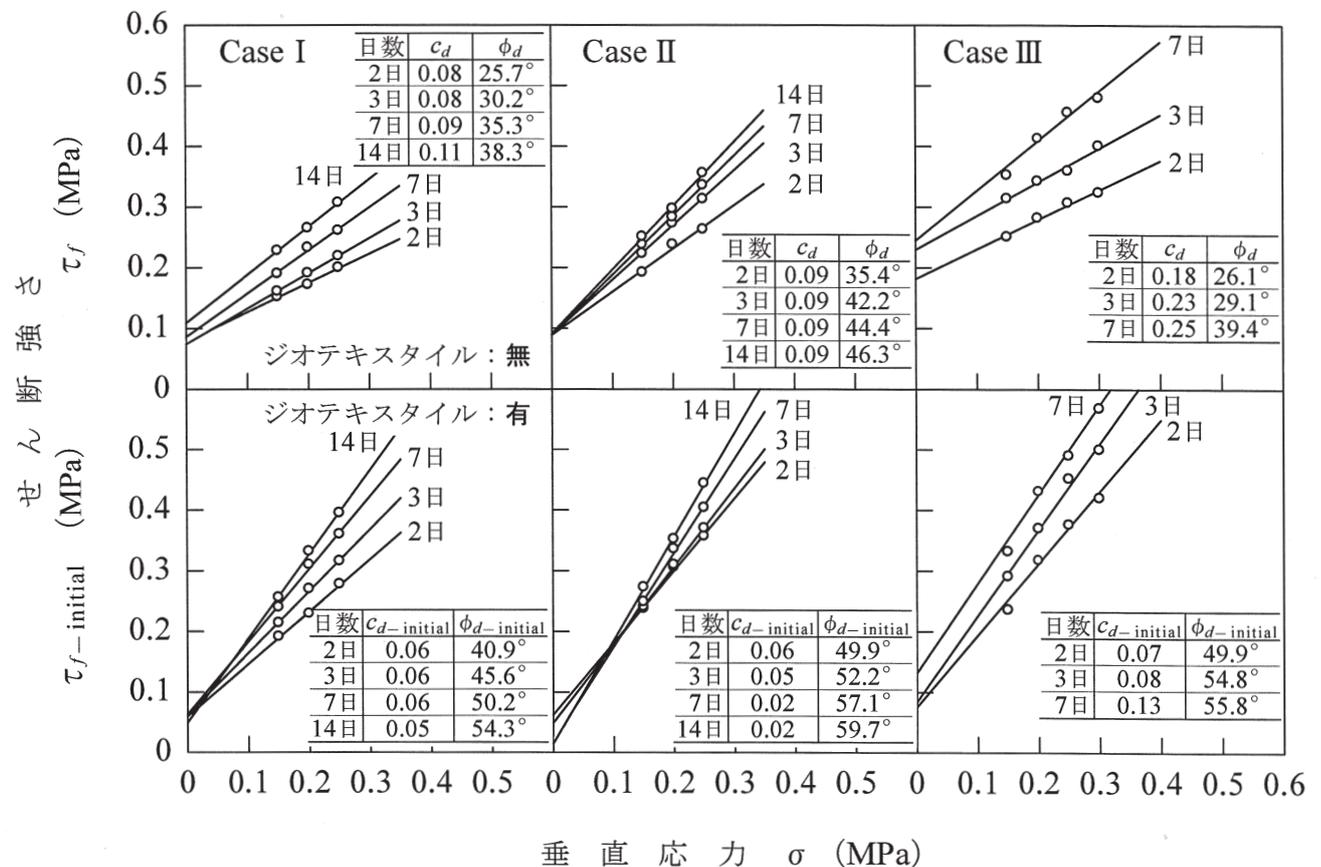


図-2 養生日数の経過ともなう粘着力およびせん断抵抗角の変化

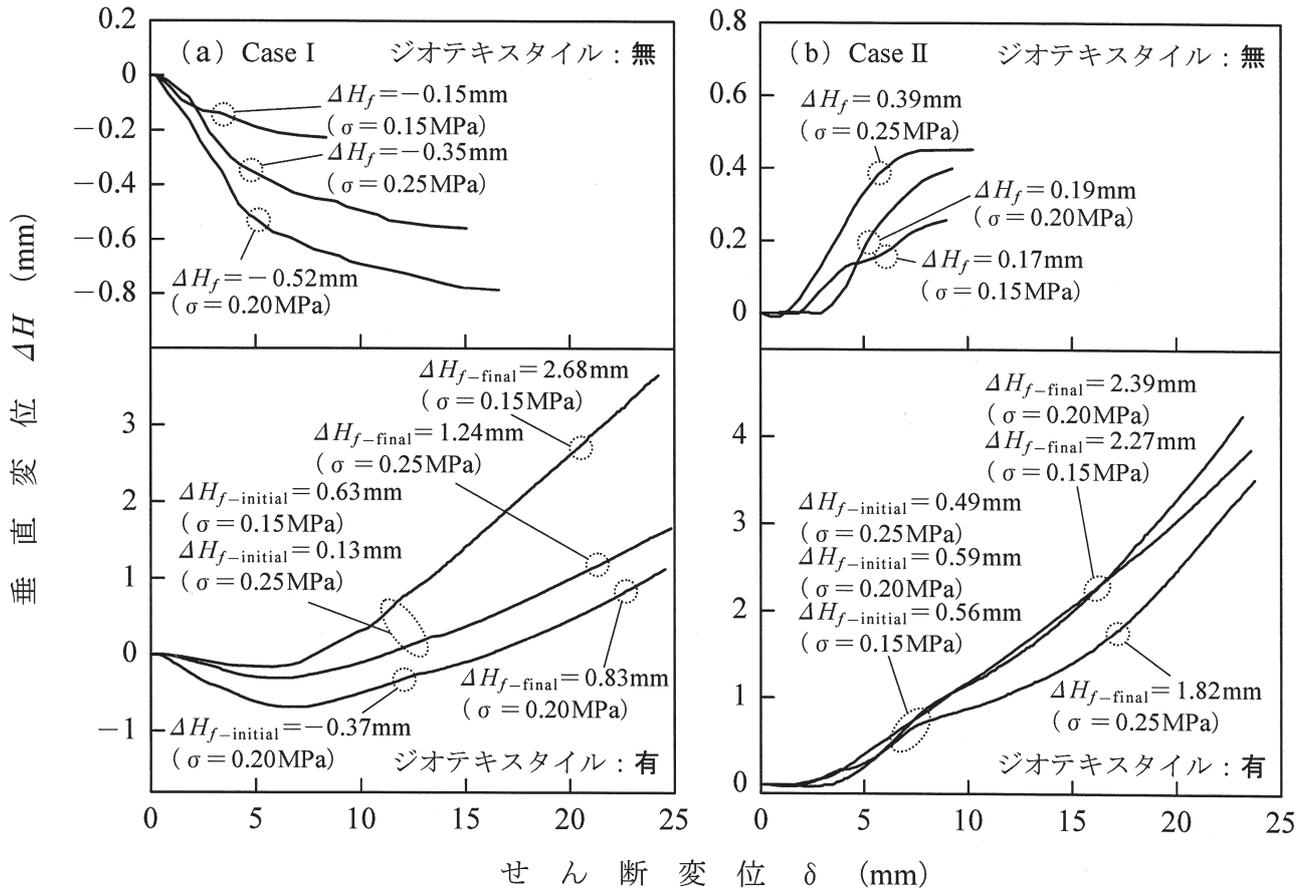


図-3 垂直変位-せん断変位曲線の例 (Case I および Case II, 養生日数 2 日)

では 22° となっている。その反面、粘着力についてはジオテキスタイルをとまなわれない供試体で求めた c_d の方が全般に大きいことがわかる。

母材の強度定数としてはAの $\phi_d = 36.5^\circ$, $c_d = 0.01$ MPa, $\phi_{d-initial} = 45.3^\circ$, $c_{d-initial} = 0.01$ MPaであり、Bではそれぞれ 39.6° , 0.01 MPa, 47.3° , 0.01 MPaであった。諸値の中で ϕ_d に着目すると、砂質土で得られるせん断抵抗角 $\phi_d = 30^\circ \sim 45^\circ$ に近いといえる。

次に、垂直変位 ΔH -せん断変位 δ 曲線の例を図-3に示す。破線の丸印(○)はせん断強さ τ_f および $\tau_{f-initial}$, $\tau_{f-final}$ を生じた δ を表し、図にはそのときの ΔH を記入してある。(a)のように、Case Iでは24個の供試体の全てがせん断当初から負のダイレイタンスを呈し、Case IIとIIIの供試体(全48個)では(b)のように正のダイレイタンスを呈した。これには作製した固化混合物中の粒子間隙の大小、言い換えれば、締固め度の違いが関与していると判断される。ただし、 ΔH と垂直応力 σ との関係は明らかでなかった。また、Case Iにおいてジオテキスタイルで包んだ供試体の曲線((a), 下図)をみると、 $\tau_{f-initial}$ は収縮から膨張に転じた後に生じており、これがCase II, IIIよりも δ_f が大きくなった原因と考えられる。

3.3 一軸圧縮強さと強度定数との関係および六価クロム、ふっ素の溶出試験結果

図-4は、固化混合物の一軸圧縮強さ q_u (前出表-3参照)と図-2に記載した粘着力(c_d , $c_{d-initial}$), せん断抵抗角(ϕ_d , $\phi_{d-initial}$)との関係を、一面せん断試験で得たデータと対照可能な $0.15 \leq q_u \leq 1.77$ MPaで整理したものである。

この図において、強度定数は $q_u \leq 0.36$ MPa (Case I, IIが該当)と $q_u \geq 0.47$ MPa (Case III)とで傾向が異なることがわかる。すなわち、前者の範囲で粘着力は q_u の変化に対して微増(c_d : 記号○, △)もしくは漸減($c_{d-initial}$: ●, ▲)であり、せん断抵抗角は 16° (ϕ_d : ○, △)および 14° ($\phi_{d-initial}$: ●, ▲)大きくなっている。一方、後者の範囲では c_d (□), $c_{d-initial}$ (■)ともに q_u に応じて微増するものの、 $q_u = 0.47$ MPaで c_d は2.5倍の増加となることに特長がある。せん断抵抗角は $q_u = 0.47$ MPaで 17° (ϕ_d : □)~ 5° ($\phi_{d-initial}$: ■)小さくなり、 $q_u = 1.77$ MPaにおいて 10° (ϕ_d)ないし 1° ($\phi_{d-initial}$)の角度増となっている。

このように、固化混合物の締固め度80%程度を境に、せん断強さの基底を成す粘着力とせん断抵抗角との重みに違いが生じるようである。

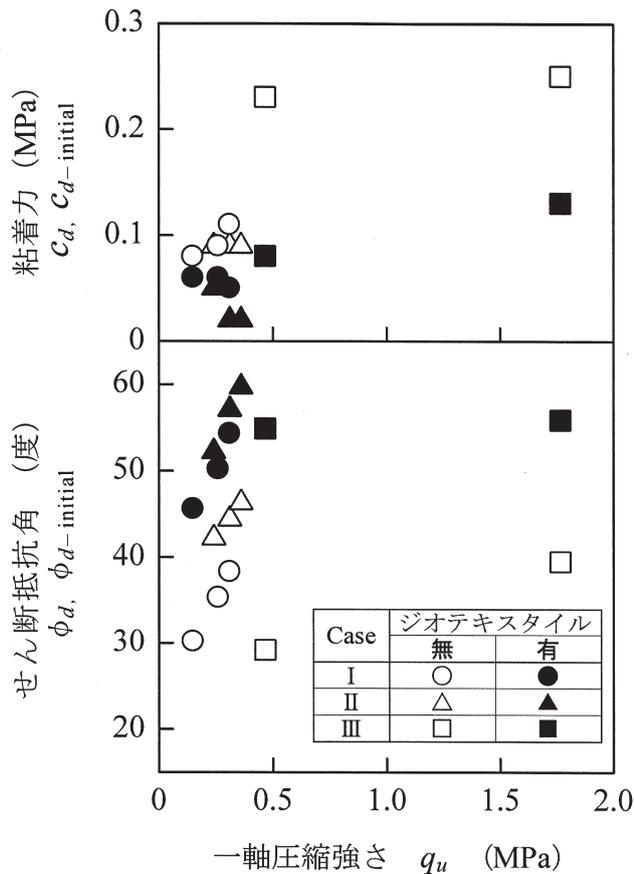


図-4 一軸圧縮強さと粘着力、せん断抵抗角との関係

既往の研究で、固化混合物をジオテキスタイルで包んだ供試体の一面せん断試験から求めた強度定数と一軸圧縮強さとの関連を照査した事例は見当たらないが、非圧密非排水(UU)あるいは圧密排水(CD)条件の三軸圧縮試験を通して、セメント系固化材を添加した土砂そのものの粘着力およびせん断抵抗角の土質、配合量や材齢による違いを強度発現過程に比較した結果は数多く報告されている。

例えば、UU条件で母材が建設汚泥であるときの粘着力 c_u は一軸圧縮強さ $q_u \leq 0.3\text{MPa}$ において概ね $q_u/2$ に相当し、せん断抵抗角 ϕ_u は q_u の増加($< 0.6\text{MPa}$)に応じて大きくなる⁹⁾としている。同じ条件で母材を砂質土、粘土、腐植土、関東ロームとした試験¹⁰⁾では、 c_u は $q_u (0.15 \sim 2.1\text{MPa})$ と密接に関連するものの、 ϕ_u は関東ロームを除いて微増に止まったようである。その関東ロームについて、CD条件で試験を行った文献¹¹⁾によれば、 $q_u (0.2 \sim 0.7\text{MPa})$ とともに粘着力 c_d は大きくなる傾向、せん断抵抗角 ϕ_d は変わらない(残留応力状態)か、小さくなる(最大応力状態)傾向にあったとのことである。

これらの事例と本研究とでは母材、供試体の寸法や実験様式が異なるので、得られた強度定数を対比

することは困難である。それでも、文献^{9)~11)}における粘着力 c_u, c_d をまとめると $0.03 \sim 0.56\text{MPa}$ (セメント系固化材配合量 $45 \sim 224\text{kg/m}^3$)であり、先の図-4の c_d (記号○, △, □)は配合量の点からみて極端に逸脱した値ではないといえる。

周知のように、セメント系固化材を用いて安定処理した材料は、稀に土壤環境基準 0.05mg/l を上回る六価クロムを溶出する場合がある。そこで、材齢7日のCase I~IIIの溶出量をJIS K 0102 65.2.1の方法で分析したところ、全ての検体で 0.01mg/l 未満であった。また、石膏ボードは新材、廃材を問わず原料である天然石膏や化学石膏(排煙脱硫石膏、磷酸石膏など)自体に $60 \sim 800\text{mg/kg}$ のふっ素が含まれており、今回扱った廃石膏ボード粉も土壤環境基準 0.8mg/l を超える 3.2mg/l (JIS K 0102 34.1の分析方法に準拠)であった。このため、Case IIおよびIIIについては六価クロムと併せてふっ素の溶出量も調べた。その結果、いずれも 0.3mg/l であり、当該基準を満足することが確かめられた。これには、水に難溶のふっ化カルシウム(CaF_2)の生成が関与しているものと考えられる。

4. まとめ

著者らは定圧一面せん断試験を通して、締固め度 $70 \sim 84\%$ で作製した建設副産物を母材とする固化混合物の強度定数とこれを汎用的なジオテキスタイル(織布)で包んだ場合の強度定数とを比較することで、安定処理材料-繊維材料の複合がせん断抵抗特性におよぼす影響を調べた。この研究で得られた新たな知見を要約すると、次の4つとなる。

- (1) せん断応力 τ -せん断変位 δ 曲線において、ジオテキスタイルで包んだ供試体の τ は2点で卓越する。このうち、最初の卓越で中の固化混合物は破壊するが、ジオテキスタイルの有する引張強さと伸びの効用により、第二の卓越でも τ は低下しない。
- (2) 垂直応力とせん断強さとの関係において、せん断抵抗角は養生日数の経過とともに大きくなる。それでも、ジオテキスタイルで包んだ供試体とこれを併用しない供試体との角度差は $13^\circ \sim 22^\circ$ にいたる。一方、粘着力については後者の方が全般に大きい。
- (3) ジオテキスタイル併用の有無にかかわらず、締固め度 80% 未満で作製した固化混合物のせん断強さはせん断抵抗角に依存する兆候が認められるのに対して、およそ 85% で作製した固化混合物では粘着力の関与する部分が多くなる傾向にある。
- (4) 廃石膏ボード粉には原料由来のふっ素が含まれているので、これだけを土砂に混合すると土壤環境基準に抵触する恐れがある。その不溶化措置の1つ

として、セメント系あるいは石灰系の安定材を添加することは有用と判断される。ただし、配合試験の折に溶出量を土壤環境基準に照合する必要がある。

次の段階では、廃棄物中間処理施設の構内に長さ5m、幅3m、掘削深さ約0.2～0.25mの区画を3つ設けて一連の作業である①ジオテキスタイルの敷設、②バックホウによる安定処理材料の敷ならしとバケットでの締固め、③材料の包み込みが円滑に行えるかどうかを確かめることにしている。続いて、一層路盤の上に厚さ60mmのアスファルト混合物を舗設、10tダンプトラックの往来に供して路面の状態を観察しながら、車載式FWDで定期的に計測したたわみ量の逆解析から性能設計に資する弾性係数を定める計画にある。これら屋外での検証の経過や演算結果については、稿を改めて報告することとしたい。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、実験資材のジオテキスタイルおよび廃石膏ボード粉をご提供いただいた前田工織株式会社の吉田眞輝氏および株式会社吉勝重建の矢野智孝氏に厚く御礼申しあげる。さらに、一面せん断試験やデータの整理に携わった福井工業高等専門学校・専攻科環境システム工学専攻、本科環境都市工学科の学生諸君に謝意を表す。

この論文で報告した室内試験は、(独)日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(C)[期間：2007年度～2009年度、代表者：山田幹雄]の一部として行ったものであることを付記する。

参考文献

- 1) 山田幹雄・三田村文寛・吉田眞輝・矢野智孝・佐野博昭・田辺和康：廃石膏ボード粉を混入して安定処理した浚渫土の支持力特性と道路構成材料としての活用に関する検討, 建設用原材料, 第16巻, 第1号, pp.29-36 (2008)

- 2) 落合英俊・林 重徳・塚本良道・朱 宰佑：ジオグリッドマットレス基礎の荷重分散効果とその評価, 第8回ジオテキスタイルシンポジウム発表論文集, pp.18-28 (1993)
- 3) 弘中淳市・平井貴雄・谷津 淳：載荷実験によるマットレス工法の補強メカニズムの解明, ジオシンセティックス論文集, 第20巻, pp.211-216 (2005)
- 4) マンスリーマエダ：アダムウォール工法&スタビランカ(マットレス工法), 6月号 (2007)
- 5) マンスリーマエダ：敷設材工法「スタビランカ」&補強土壁工法「ユニットキャップ工法」, 3月号 (2008)
- 6) 学会基準「JGS 0941 土とジオテキスタイルの摩擦特性試験方法」の改正案について：土と基礎, 第56巻, 第2号, pp.44-46 (2008)
- 7) (社)地盤工学会：土質試験－基本と手引き－(第一回改定版), pp.121-134 (2001)
- 8) (社)土木学会：舗装工学ライブラリー3 多層弾性理論による舗装構造解析入門－GAMESを利用して－, pp.52-55 (2005)
- 9) (財)先端建設技術センター：建設汚泥リサイクル指針, pp.173-175 (1999)
- 10) 金城徳一・酒巻克之・田坂行雄・高倉 篤：土を固める原理と応用－3.改良土の特性－：土と基礎, 第52巻, 第11号, pp.59-66 (2004)
- 11) 矢島寿一・橋本 剛・小俣武生・樋口耕太：セメント改良土の材令に伴うせん断特性の変化について、セメント及びセメント系固化材を用いた固化処理土の調査・設計・施工方法と物性評価に関するシンポジウム発表論文集, pp.351-356 (2005)

(2008年11月受付 2009年1月受理)