

# 簡易サンプリングで採取した砂質堤防土の力学特性の評価

堤防, 三軸圧縮試験, サンプリング手法

名城大学  
名城大学大学院  
建設技術研究所  
土木研究所

国際会員 小高猛司・崔 瑛  
学生会員 ○尤 源・田村太郎  
国際会員 李 圭太  
国際会員 石原雅規

## 1. はじめに

堤防の開削工事や開削調査などの際は、堤体内部の堤体土を採取する絶好の機会であるが、短時間に効率よく、かつ高品質なサンプリングを実施することが望まれる。本報では、打ち込み式簡易サンプラーと塩ビ管を用いた2種類の手法で、乱れの少ない堤体土を採取するとともに、三軸試験を実施して力学特性の観点から異なるサンプリング手法の試料の品質について検討した結果を示す。

## 2. 採集法の概要

サンプリングを実施したのは、開削工事中の砂質堤防であり、堤体内部の堤体土のサンプリングを実施した。サンプリング方法は次の2種類である。方法A：短管太径の塩ビ管をそのまま堤体に打ち込む方法、方法B：長管細径の塩ビ管を内管とする特製の2重管サンプラーを打ち込む方法。

方法Aは内径100mmの塩ビ管(VP100)を長さ190mmに切断し、片側の端面をグラインダーで鋭利に削って刃先に加工している。この塩ビ管を、極力土を乱さないように丁寧に打ち込み、その後、手掘りで周囲の土を取り除いて取り出す。1本の塩ビ管につき、三軸試験の1本の供試体になるために、同一箇所から多数のサンプリングをする必要がある。方法Bで使用した2重管サンプラーは内径71mm、長さ1mの薄肉塩ビ管(VU65)を内管としてセットでき、土質に応じて変更可能な脱着防止具も用意した。サンプリングの手順は、ハンマーを用いて打ち込み、打ち込んだサンプラーを引き抜き、解体して内管の採取試料を養生して、最後はサンプラーを引き抜く。

方法A, Bいずれの試料も、採取後に実験室に搬入してから凍結し、直径50mm、高さ100mmの円柱供試体に成型した。その後、凍結供試体を三軸試験装置に設置し、二重負圧法による飽和化を行った後、15時間程度の静置によって供試体を完全に解凍した。初期有効拘束圧は50, 100および150kPaとし、 $\overline{CU}$ 試験を実施した。載荷速度はいずれの試験でも0.1%/minとした。

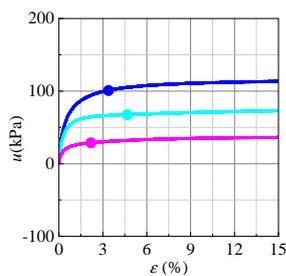
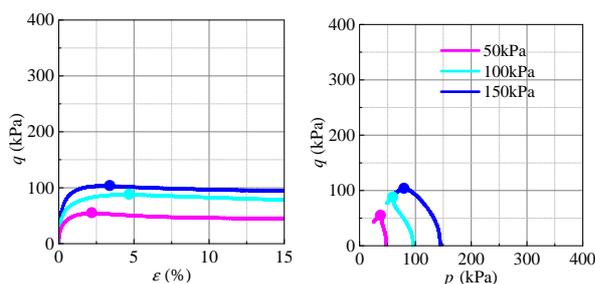


(a) 方法 A



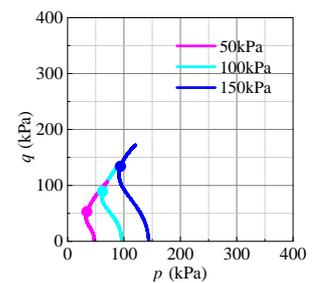
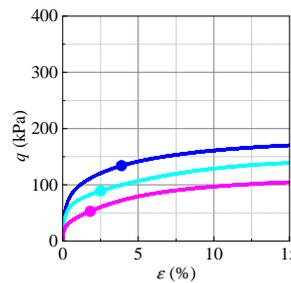
(b) 方法 B

写真1 試料採集の様子



左上: 軸差応力~軸ひずみ  
左下: 有効応力経路  
右上: 間隙水圧~軸ひずみ

図1  $\overline{CU}$  試験結果 (方法 A)



左上: 軸差応力~軸ひずみ  
左下: 有効応力経路  
右上: 間隙水圧~軸ひずみ

図2  $\overline{CU}$  試験結果 (方法 B)

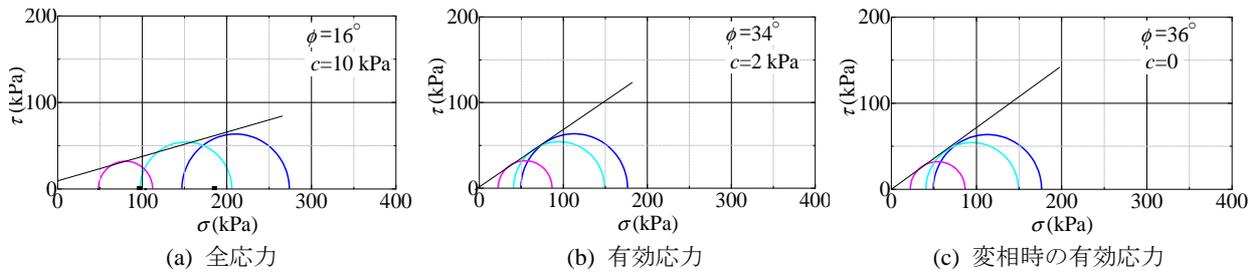


図3 モールの応力円(方法 A)

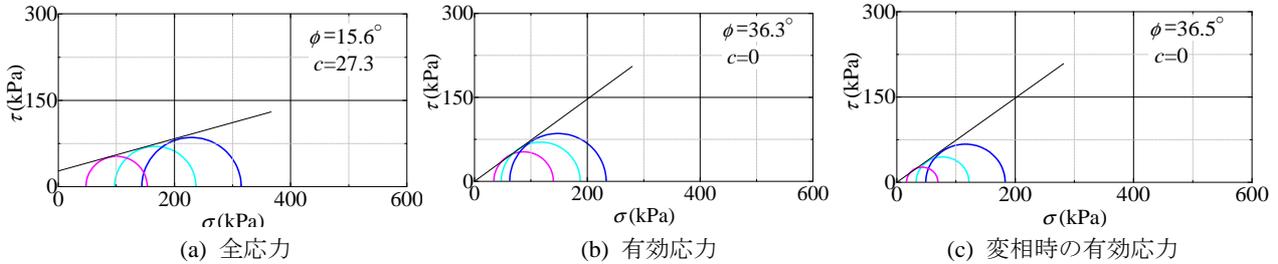


図3 モールの応力円(方法 B)

### 3. 試験結果

図1および2にそれぞれ、方法A、方法および方法Bで採取した供試体での試験結果を示す。図1より、 $\overline{CU}$ 試験ではいずれの有効拘束圧の試験も、軸ひずみ2.5%程度まで軸差応力が増加し、その後ひずみ軟化が見られる。有効応力経路を見ると、いずれの供試体でもせん断初期に塑性圧縮し、ゆる詰め傾向を示している。

図2より、軸差応力～軸ひずみ関係は $\overline{CU}$ 試験ではいずれの有効拘束圧の試験も、軸差応力はせん断終了時まで増加し続けているが。また、有効応力経路を見ると、いずれの供試体でもせん断初期に塑性圧縮し、その後正のダイレイタンスーが発現するなど密詰め傾向を示している。この試験結果のみで一般的な見方をすれば、同じ場所、同じ土を使っても、全然違う結果を示している。これは方法Bが現地の堤防土を忠実に表現しているとすれば、方法Aは何らかの要因による「乱れ」によりゆるんだと解釈できる。逆に、方法Aが現地の堤防土を忠実に表現しているとすれば方法Bはサンプラー打ち込み時に密実化したと解釈できる。しかし、両図を比較すると、どの有効拘束圧においても、軸ひずみ2.5%程度で方法Aが軟化するまでは、応力ひずみ関係ならびに有効応力経路のいずれも両方法はほぼ一致しており、方法Aと方法Bは同じ試験結果と言える。

図3、4は三軸試験より得られたモールの応力円と破壊規準線を示す。(a)、(b)はそれぞれ同じ $\overline{CU}$ 試験を地盤工学会の三軸試験の試験基準によって全応力と有効応力で整理した結果であり、(a)はいわば $\overline{CU}$ 試験結果と同等と解釈できる。全応力で整理した場合、見かけの粘着力が発生し、内部摩擦角は非常に小さくなる。見かけの粘着力については、方法AとBの間で差が生じていることがわかる。これは、全応力で評価する場合には、最大軸差応力の値をそのまま「(非排水)せん断強さ」として扱うことに起因している。砂質土のように正のダイレイタンスーを示す材料においては、非排水条件下での体積拘束で増加する軸差応力の大きさがそのまま粘着力の増加として現れる。さらにその増加量は、砂質試料のわずかな乱れの影響などで簡単に変わりうることに注意が必要である。今回の方法AとBにおいては、サンプリングの方法の違いによって両者の試験結果の後半に相違が見られたことから、この粘着力の差に最も大きく現れたと解釈でき、このように試料の状態に敏感な試験値は、設計定数として使用するには不確実性が大きく適切ではないと考えている。そこで(c)に、著者ら<sup>1)</sup>が既往の研究において提案してきた変相状態の有効応力で評価したモールの応力円と破壊規準線を示す。ここで、変相状態とは、図1に示すように最大軸差応力を示すようなゆる詰め傾向の場合はその軸差応力が最大となる状態と考え、図2のように密詰め傾向の場合には過剰間隙水圧が最大となる状態と考える。変相状態により決定した内部摩擦角 $\phi_p$ は方法AとBでほぼ同じ値を示しており、これは上述のように二つの方法では小ひずみレベルの変相状態までの試験結果がほとんど同じだったことを反映した結果である。

### 4. まとめ

本報で示した堤防の他にも、今回の方法AとBと同じ2種類のサンプリング方法を用いて試料採取し、三軸試験結果の比較を実施している<sup>2)</sup>。ただし、その現場においては、方法Bの2重管サンプラーを半分の長さとすることによって、現場でのハンドリングと試料の乱れの軽減を図った。なお、三軸試験の結果は本報とほぼ同様であり、変相状態で土質定数を評価するのであれば、サンプリング方法による違いはそれほど大きくない。

参考文献：1) 小高ら：河川堤防の安全性照査に用いる適切な強度定数の検討，第59回地盤工学シンポジウム，2014。

2) 小高ら：砂質堤体土の簡易サンプリングとその強度特性の評価，第3回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム，2015。