

農業用ため池整備事業実施に関する
手引書
【実践編】

2023年8月

北海道農政部

はじめに

これまで北海道農政部では、ため池の建設や維持管理について最良の方法を検討してきた。

本書はこれら既存の資料も参考とし、堤高 15m 未満のフィルタイプの農業用ため池を整備していく上で必要となる調査、設計、施工に関する内容を取りまとめたものである。また、本書は、2022 年 7 月に発行した「農業用ため池整備事業実施に関する手引書」からより実践的な内容を取りまとめた。内容は一つの項目を「質問と回答」というカルテタイプとし、今後の更新も見据えて加除が可能な形式とした。

本書が、北海道のため池整備に関わる道職員、地元建設業、施設管理者、市町村職員、建設コンサルタントの方々の手助けになれば幸いである。

2023 年 8 月 北海道農政部

総目次

| | |
|--------------------|-----|
| 1. 調査 | 1 |
| 1.1 ため池調査 | 1 |
| 1.2 材料調査 | 11 |
| 1.3 その他の調査 | 45 |
| | |
| 2. 設計 | 47 |
| 2.1 堤体の設計 | 47 |
| 2.2 洪水吐の設計 | 84 |
| 2.3 取水施設の設計..... | 90 |
| 2.4 緊急放流施設の設計..... | 100 |
| 2.5 液状化の検討 | 103 |
| | |
| 3. 施工 | 109 |
| 3.1 施工計画 | 109 |
| 3.2 施工 | 120 |
| 3.3 施工管理 | 142 |
| | |
| 4. 管理 | 153 |
| 4.1 挙動確認 | 153 |
| 4.2 維持管理 | 162 |

細目次

1. 調査

1.1 ため池調査

- (1) ボーリング調査..... 1
質問：既設堤体や基礎地盤を調査するためのボーリングについて、孔配置や必要な試験等に何があるか教えて下さい。
- (2) テストピット調査..... 5
質問：既設堤体の性状把握・評価を行う場合、ボーリング調査以外の調査手法に何があるか教えて下さい。

1.2 材料調査

- (1) 三軸圧縮試験実施上の留意点..... 11
質問：既設堤体、基礎地盤および新規盛土材料の強度を求めめるために行う三軸圧縮試験の留意点を教えて下さい。
- (2) 三軸圧縮試験の試験条件..... 17
質問：三軸圧縮試験を実施する場合の試験条件について教えて下さい。
- (3) 土取場調査 21
質問：堤体材料の土取場調査を行う上での留意点を教えて下さい。
- (4) 室内土質試験の整理方法..... 25
質問：盛土材料調査結果のうち、室内土質試験結果のとりまとめ方法を教えて下さい。
- (5) 改修に使用する盛土材料の適否..... 28
質問：土取場や購入先から調達可能な盛土材料について、押え盛土材料としての適用性を簡便に評価する方法を教えて下さい。
- (6) 転圧試験 40
質問：転圧試験実施の際の留意点を教えて下さい。

1.3 その他の調査

- (1) 施工後の調査..... 45
質問：改修工事実施後に堤体に変状が認められた場合の対処方法について教えて下さい。

2. 設計

2.1 堤体の設計

- (1) 基礎地盤に必要な物性..... 47
質問：堤体の基礎地盤に必要な強度や透水性について教えて下さい。
- (2) 設計値の検討..... 49
質問：設計値検討における留意点を教えて下さい。
- (3) せん断強度の設定..... 51
質問：堤体材料の三軸圧縮試験を実施していない場合の、せん断強度の設定方法を教えて下さい。
- (4) 岩盤の設計値の設定..... 53
質問：岩盤の設計値をN値から推定する方法を教えて下さい。

| | |
|--|-----|
| (5) ドレーンの設計..... | 58 |
| 質問：ドレーンの設計にあたり、ドレーン材の粒度で注意することを教えて下さい。 | |
| (6) 安定計算に用いる設計水平震度..... | 63 |
| 質問：堤体の安定計算に用いる設計水平震度の設定方法を教えて下さい。 | |
| (7) 堤体の改修方法..... | 66 |
| 質問：現状のため池堤体の安全率が基準値未満の場合、堤体の改修方法にはどのようなものがあるか教えて下さい。 | |
| (8) 押え盛土の設計..... | 74 |
| 質問：堤体の安定対策で実施する押え盛土における設計上の留意点を教えて下さい。 | |
| (9) 基礎掘削線の設定..... | 79 |
| 質問：堤体の基礎掘削線の設定に対する留意点を教えて下さい。 | |
| 2.2 洪水吐の設計 | |
| (1) 改築の必要性..... | 84 |
| 質問：洪水吐の改築の必要性を評価する際に注意することを教えて下さい。 | |
| (2) 補修方法 | 87 |
| 質問：導水路等から漏水が確認された場合の対応方法について教えて下さい。 | |
| 2.3 取水施設の設計 | |
| (1) 置換基礎 | 90 |
| 質問：設計時の想定地盤に対して、局所的に支持層が深い場合や、全面的に支持層が深い場合の現場対応の方法を教えて下さい。 | |
| (2) 補修方法 | 93 |
| 質問：土砂堆積で下部の取水孔が埋設された状態の対処方法について教えて下さい。 | |
| (3) 既設底樋の補修設計..... | 96 |
| 質問：既設底樋を補修または補強する場合の調査、設計方法について教えて下さい。 | |
| 2.4 緊急放流施設の設計 | |
| (1) 既設放流設備の活用方法..... | 100 |
| 質問：緊急放流施設に対して、既設放流設備を有効に活用する方法を教えて下さい。 | |
| 2.5 液状化の検討 | |
| (1) 液状化検討の必要性..... | 103 |
| 質問：ため池改修における液状化検討の必要性や留意点などを教えて下さい。 | |
| (2) 液状化判定の実施方法..... | 106 |
| 質問：液状化判定の方法を教えて下さい。 | |
| 3. 施工 | |
| 3.1 施工計画 | |
| (1) 施工計画 | 109 |
| 質問：既設ため池の補修工事について、供用しながら施工計画を立案する際の留意点を教えて下さい。 | |

| | |
|--|-----|
| (2) 運搬路の確保..... | 113 |
| 質問：堤体材料の搬入や掘削土の搬出に必要な運搬路を確保する際の留意点を教えて下さい。 | |
| (3) 旧底樋の閉塞..... | 116 |
| 質問：旧底樋を閉塞する際の留意点を教えて下さい。 | |
| 3.2 施工 | |
| (1) 基礎地盤検査..... | 120 |
| 質問：基礎地盤検査の受検方法や準備する資料について教えて下さい。 | |
| (2) 着岩部の施工..... | 129 |
| 質問：遮水ゾーンの着岩部およびコンクリート構造物面などにおける施工上の留意点を教えて下さい。 | |
| (3) 盛立材料の調整..... | 133 |
| 質問：盛土材料に混合材を使用する場合の留意点を教えてください。 | |
| (4) 盛立面の越冬面処理方法..... | 136 |
| 質問：盛立が複数年に跨る場合の越冬面の取扱いと冬期施工について、留意点を教えて下さい。 | |
| (5) 盛立箇所の管理..... | 138 |
| 質問：盛立工事における転圧管理において、現場で確認を行った具体事例を教えてください。 | |
| (6) 仮設例 | 140 |
| 質問：工事用道路において、現場条件を確認後、施工時の対応で変更した事例を教えてください。 | |
| 3.3 施工管理 | |
| (1) 品質管理の目的..... | 142 |
| 質問：堤体盛土における品質管理の留意点を教えて下さい。 | |
| (2) 堤体材料の良否判断基準..... | 144 |
| 質問：品質管理において、材料の良否の判断基準があれば教えて下さい。 | |
| (3) 密度管理の方法..... | 145 |
| 質問：堤体盛土施工における密度管理の方法と留意事項を教えてください。 | |
| (4) 透水性管理の方法..... | 149 |
| 質問：堤体盛土施工での透水性管理について、方法と留意点を教えて下さい。 | |
| 4. 管理 | |
| 4.1 挙動確認 | |
| (1) 貯水計画、挙動確認方法..... | 153 |
| 質問：盛立工事完了後の安定性確認と初期湛水における挙動確認の留意点を教えて下さい。 | |
| (2) 供用開始後の挙動確認方法..... | 158 |
| 質問：挙動確認から供用開始への移行、供用開始後の挙動確認のポイントを教えてください。 | |
| 4.2 維持管理 | |
| (1) 管理作業 | 162 |
| 質問：ため池の平常時と非常時に作業すべき内容やポイントを教えてください。 | |

- (2)点検方法 166
質問：導水路等にクラックや継目の開きが見られる場合の点検方法について教えて下さい。
- (3)機能保全計画..... 169
質問：ため池の安全性評価と対策の考え方を教えて下さい。

【付録】 ため池関連用語集

1. 調 査

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
|------------|---|----------|------------|-------|-----|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 1/4 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (1)ボーリング調査 | | |
| 質問 | <p>・既設堤体や基礎地盤を調査するためのボーリングについて、孔配置や必要な試験等に何があるか教えて下さい。</p> | | | | |
| 適用基準・参考図書等 | <p>・土地改良事業設計指針「ため池整備」(H27.5) p11-p12 ・ため池土質調査マニュアル(案)(R3.3) p29-p37</p> | | | | |
| 回答・その他 | <p>(1)ボーリング調査を実施する目的 ボーリングは、以下を目的として実施する。 ・既設堤体および基礎地盤の硬軟・材質の確認 ・堤高の確認 ・標準貫入試験の実施（強度等の確認） ・室内土質試験用の試料採取 ・水位観測用の水位計の設置（堤体内浸潤線の確認）</p> <p>(2)ボーリング実施上の留意点 ・ため池の規模に応じて、既設堤体の評価、安定解析が可能な検討断面が作成できるボーリングの位置、本数、深度を適切に設定する必要がある。 ・検討に用いる横断面図が作成できる配置とする。 ・掘削深度（基礎地盤まで掘削するか、掘止め深度をどうするか）。 ・試料採取や水位観測孔を別孔とするか。 ・サンプリング方法 ・サンプリング用途や孔内で実施する各種原位置試験に適合した孔径の選定</p> | | | | |

| | | | | |
|------|-------|----------|----------|-------|
| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |

| | | |
|----|-----------|------------|
| 項目 | 1.1 ため池調査 | (1)ボーリング調査 |
|----|-----------|------------|

質問
・既設堤体や基礎地盤を調査するためのボーリングについて、孔配置や必要な試験等に何があるか教えて下さい。

・基本的なボーリングの配置は、上流、天端付近、下流に1本ずつの3本とする。
・ため池の規模に応じて本数は検討する。

回答・その他

・実線は現堤体、破線は対策後断面のイメージ。
・ボーリング位置は、現堤体と基礎地盤の把握を目的として配置。

2.1.2 地質調査及び土質試験

ため池及びため池周辺の地盤状況を把握し、その工学的性質を明らかにするために必要な地質調査及び土質試験を行うものとする。

(1) 堤体及び堤体基礎地盤の調査
堤体及び堤体基礎地盤の調査は、ボーリング調査を原則とする。

a. 調査の種類と目的
ボーリング孔を利用した調査の種類及び目的は、図-2.1.1 に示すとおりである。

b. ボーリング位置及び本数の決定
ボーリング位置及び本数は、堤体最大断面の中央及び上下流1箇所ずつの計3箇所を標準とする(図-2.1.2)。ただし、谷池の袖部、皿池等の堤長が長い場合は現場諸条件を考慮し追加調査を行う。

図-2.1.2 ボーリング位置と本数の標準例

c. ボーリングの深度
ボーリングの深度は、基礎地盤面からおおむね5m又は堤高相当の深さのいずれか浅い方を標準とする(図-2.1.3)。この深度までを調査することにより、各設計段階で必要とする地盤の透水性及び強度を把握するには十分と考えられる。なお、ここでいう基礎地盤面は、既存資料により、又はボーリング作業により判断されるが、判断が困難な場合は現況堤体断面の高さとしてよい。

図-2.1.3 標準的なボーリング深度

d. 各種試験等の方法及び頻度

(a) ボーリング孔径
ボーリング孔径は、調査試験目的に応じて決定する必要があるが、透水試験及び標準貫入試験を行う場合は66mm以上、不攪乱試料の採取を行う場合は96mm以上を標準とし、採取対象土質に適合するサンプリング方法で実施する。また、孔壁や堤体を変質・変状させないように、土質に適した掘削方法を決定する。

(b) 透水試験
透水試験は、パッカー法により、掘進することに連続して行う。ただし、ボーリング孔径が自立しないような土質(水の多い砂や礫等)の場合は、ケーシング法が良好な結果が得られることがある。試験長は2mを標準とするが、透水性が大きい場合は、試験長を短くして透水箇所を確認する。また、基礎地盤面付近にあっては試験長をできる限り短くする。注水圧は、堤体に影響が及ばない範囲とする。

(c) 標準貫入試験
標準貫入試験は一般に1mごとに実施するが、土層に変化があれば可能な限り、少なくとも各層に1回は実施する。

(d) PS 検層、密度検層及び孔径(キャリパー)検層
PS 検層、密度検層及び孔径検層は一般に1mごとに実施するが、土層に変化があれば可能な限り、少なくとも各層に1回は実施する。

(e) 水位
堤体内水位並びに基礎地盤内水位は既存ため池の耐震診断の際に必要な場合もあるため、ボーリング調査時に安定した孔内水位を記録する。




| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
|--------|---|----------|------------|-------|-----|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 3/4 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (1)ボーリング調査 | | |
| 質問 | <p>・既設堤体や基礎地盤を調査するためのボーリングについて、孔配置や必要な試験等に何があるか教えて下さい。</p> | | | | |
| 回答・その他 | <p>【実施例】 ため池</p> <p>・検討断面（代表断面）の地質横断面図が作成できることを踏まえたボーリング孔配置とした。</p> <p>・検討断面が堤体最大断面となるよう、改修当時の設計図なども参考とする。</p> | | | | |
| | H28 農地防災 地区 地質調査2 調査報告書 p6 | | | | |


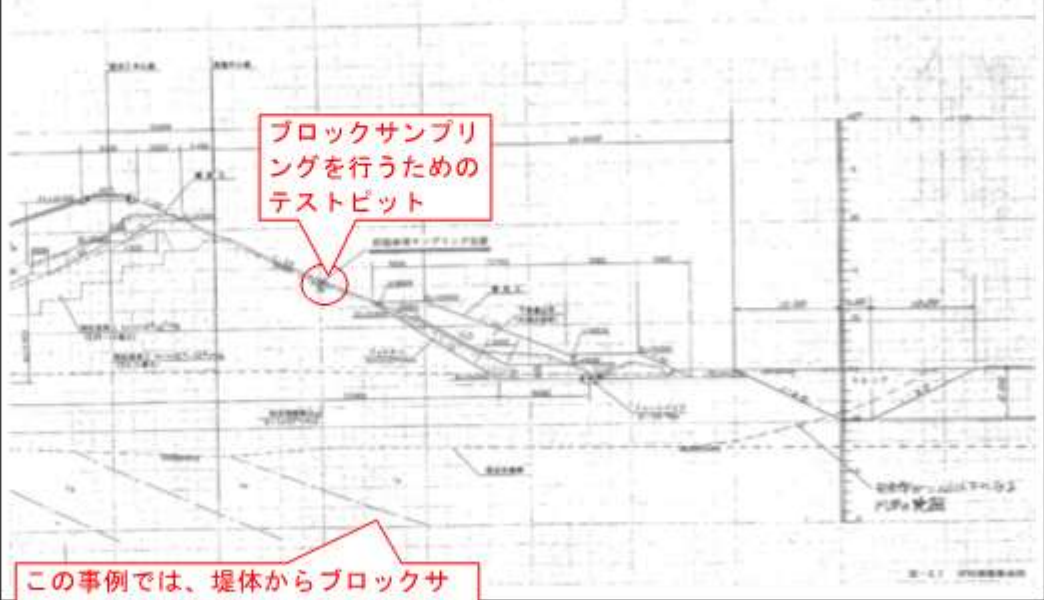
| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
|-------------------------------|---|----------|------------|-------|
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (1)ボーリング調査 | |
| 質問 | <p>・既設堤体や基礎地盤を調査するためのボーリングについて、孔配置や必要な試験等に何があるか教えて下さい。</p> | | | |
| 回答・その他 | <p>【実施例】 ■ ため池</p> <p>・横断面は安定計算を行うことを踏まえ、上流方向の長さを決める。</p> <p>調査地点にはAIの層が分布していなかった</p> | | | |
| H28 農地防災 ■ 地区 地質調査2 調査報告書 p11 | | | | |



| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
|------------|---|----------|-------------|-------|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (2)テストピット調査 | |
| 質問 | ・既設堤体の性状把握・評価を行う場合、ボーリング調査以外の調査手法に何があるか教えて下さい。 | | | |
| 適用基準・参考図書等 | なし | | | |
| 回答・その他 | <p>(1)テストピット調査を実施する目的</p> <p>既設堤体の性状把握・評価には通常の場合、ボーリング調査を実施するが、詳細な評価を行うためにテストピット調査を実施する場合がある。テストピット調査は材料の状況把握が可能なこと、原位置での試験が可能などの優位点がある。</p> <p>テストピット調査の実施は必須ではなく、まずはボーリング調査を優先的に実施するのが一般的である</p> <p>テストピット調査は、以下を目的として実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既設堤体の硬軟・材質の確認 ・原位置試験の実施（現場密度試験・現場透水試験） ・室内土質試験用の試料採取 ・不攪乱試料の採取（ブロックサンプル） <p>(2)テストピット調査実施上の留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試験や試料採取が実施可能な大きさとする。 ・埋戻し土を確保して、しっかりとした転圧による復旧を行う。 | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
|--------|--|----------|--------------|-------|-----|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 2/6 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (2) テストピット調査 | | |
| 質問 | <p>・既設堤体の性状把握・評価を行う場合、ボーリング調査以外の調査手法に何があるか教えて下さい。</p> | | | | |
| 回答・その他 | <p>【実施例】 ため池</p> <p>この事例では、ボーリングとテストピットを実施。 堤体材料に比較的礫分が多く、大きな径で試料を採取すべきとの判断からテストピットを実施。</p> <p>図-2.3.1 テストピット調査地点</p> | | | | |
| | H7 防災ダム 地区1委託業務 報告書 pII-46 | | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
|--------|---|----------|--------------|-------|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (2) テストピット調査 | |
| 質問 | <p>・既設堤体の性状把握・評価を行う場合、ボーリング調査以外の調査手法に何があるか教えて下さい。</p> | | | |
| 回答・その他 | <p>【実施例】 ため池</p> <p>この事例では、ボーリングとテストピットを実施。 堤体材料に比較的礫分が多く、大きな径で試料を採取すべきとの判断からテストピットを実施。</p> <p>前頁の堤体部拡大図</p> <p>H7 防災ダム 地区1委託業務 報告書 pII-46</p> | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
|--------|--|----------|--------------|-------|-----|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 4/6 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (2) テストピット調査 | | |
| 質問 | ・既設堤体の性状把握・評価を行う場合、ボーリング調査以外の調査手法に何があるか教えて下さい。 | | | | |
| 回答・その他 | <p>【実施例】 ■■■■■ ため池</p>  <p>下流法面のテストピット</p>  <p>上流側テストピットで実施した現場透水試験(変水位法)</p>  <p>上流側テストピットで採取した試料(試験内容に応じて採取量を決める)</p> <p>H7 防災ダム ■■■■■ 地区1委託業務 報告書(巻末資料)</p> | | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
|--------|--|----------|--------------|-------|-----|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 5/6 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (2) テストピット調査 | | |
| 質問 | <p>・既設堤体の性状把握・評価を行う場合、ボーリング調査以外の調査手法に何があるか教えて下さい。</p> | | | | |
| 回答・その他 | <p>【実施例】 ■ ダム</p>   <p>この事例では、堤体からブロックサンプル（不攪乱試料）を採取した。</p> <p>H9 防災ダム ■地区設計1業務 報告書 p23-24</p> | | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
|--------|--|----------|--------------|-------|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |
| 項目 | 1.1 ため池調査 | | (2) テストピット調査 | |
| 質問 | <p>・既設堤体の性状把握・評価を行う場合、ボーリング調査以外の調査手法に何があるか教えて下さい。</p> | | | |
| 回答・その他 | <p>【実施例】■■■ダム</p>   <p>採取したブロックサンプル</p> <p>H9 防災ダム ■■■地区設計1業務 報告書 巻末資料</p> | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
|------------|--|----------|------------------|-------|-----|
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 1/6 |
| 項目 | 1.2 材料調査 | | (1)三軸圧縮試験実施上の留意点 | | |
| 質問 | ・既設堤体、基礎地盤および新規盛土材料の強度を求めると行う三軸圧縮試験の留意点を教えてください。 | | | | |
| 適用基準・参考図書等 | <ul style="list-style-type: none"> ・土地改良事業設計指針「ため池整備」(H27.5) p14-p15 ・ため池土質調査マニュアル(案)(R3.3) p29-p37 ・地盤材料試験の方法と解説(R2.12) p593-p610 | | | | |
| 回答・その他 | <p>(1)三軸圧縮試験を実施する目的</p> <p>安定計算を行うために必要となる基礎地盤、既設堤体や新規盛土材料のせん断強度(粘着力c、内部摩擦角ϕ)を求めると実施する。</p> <p>攪乱試料(テストピットから採取及び新規盛土材料)を用いての三軸圧縮試験についての説明は、以下のとおりとなるが、ボーリング孔から採取した試料を用いた三軸圧縮試験については、「ため池土質調査マニュアル(案)」を参考とする。</p> <p>(2)三軸圧縮試験実施上の留意点</p> <p>三軸圧縮試験は、供試体径、拘束圧、供試体の密度条件など決めなければならない条件が複数あるが、統一されていないのが現状である。このため、三軸圧縮試験の実施に当たっては、特に以下に留意する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・供試体径： <ul style="list-style-type: none"> 試料の最大粒径に応じて設定する。 詳細は、「地盤材料試験の方法と解説」を参考とする。 ・試料の最大粒径： <ul style="list-style-type: none"> 供試体径によって決めることが多い。 供試体径10cmの場合の最大粒径は19mm、同じく15cmの場合は37.5mm、30cmの場合は53mmとする場合が多い。 ・含水比 <ul style="list-style-type: none"> 自然含水比や施工管理基準に応じて設定する。 ・乾燥密度 <ul style="list-style-type: none"> 締固め試験結果や現場密度試験結果から設定する。 ・拘束圧 <ul style="list-style-type: none"> ため池の土被りは一般的に小さいので、低拘束圧で試験を実施する。 ・詳細は、「ため池土質調査マニュアル(案)」を参考とする。 | | | | |

| | | | | | |
|------|-------|----------|----------|-------|-----|
| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 2/6 |

| | | |
|----|----------|-------------------|
| 項目 | 1.2 材料調査 | (1) 三軸圧縮試験実施上の留意点 |
|----|----------|-------------------|

質問

・既設堤体、基礎地盤および新規盛土材料の強度を求めめるために行う三軸圧縮試験の留意点を教えて下さい。

b. 三軸圧縮試験等の室内試験と堤体の安定解析

(a) 改修堤体

堤体の安定解析では、締め固めエネルギー $E_c = JIS \times 100\%$ での室内締め固め試験結果で得られるD値95% (=最大乾燥密度の95%密度)以上を設計締め固め密度 (図-2.2.2に示す $0.95\rho_{dmax}$ 以上)として、図-2.2.2の●点 (設計締め固め密度 [D値95%以上の湿潤側]) の状態で三軸圧縮試験の供試体を作製するものとする。

ただし、●点の含水比 w_{wet} が盛土施工困難な高含水比となり、

$$w_{dy} < w_f < w_{wet}$$

ここに、 w_{dy} : 設計締め固め密度 [D値95%] の乾燥側含水比
 w_{wet} : " " の湿潤側含水比
 w_f : 自然含水比

(注) 三軸圧縮試験の拘束圧を設定する際には、想定されるすべり面にかかる土被り厚を考慮して適切に設定する必要がある。

となる場合には、自然含水比の変動が予想される湿潤側含水比 w_f にて設計締め固め密度の供試体としてもよい (ただし、 w_f は図-2.2.2のハッチの範囲内とする)。

図-2.2.2 三軸圧縮試験供試体の作製条件

回答・その他

- ・新規盛土材料を試験する場合の供試体作製例。
- ・既設堤体の強度を攪乱試料を用いて試験する場合は、現場密度試験結果等も踏まえて試験条件を設定。

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
|--------|--|----------|------------------|-------|-----|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 3/6 |
| 項目 | 1.2 材料調査 | | (1)三軸圧縮試験実施上の留意点 | | |
| 質問 | <p>・既設堤体、基礎地盤および新規盛土材料の強度を求めるために行う三軸圧縮試験の留意点を教えてください。</p> | | | | |
| 回答・その他 | <p>【参考資料】試験条件等</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p><三軸圧縮試験の対象></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 各堤体盛土材料（新堤体、旧堤体、遮水性ゾーンなど）を対象とする。 ▶ 軟弱地盤が厚く発達するなど、基礎地盤の強度が解析結果に大きく影響することが想定される場合には、基礎地盤も対象とする。 <p><供試体作成></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ トリプルサンプリング等により採取した乱れの少ない試料（不攪乱試料）を用いることを原則とするが、試料の採取が困難な場合や材料が不均質で代表する試料が採取できない場合には、乱した試料を再構成して使用することも考える必要がある。 ▶ 供試体作成にあたっては、極力、礫が少なくばらつきが少なそうな箇所を選定する。そのためには、試料を多めに採取しておいた方がよい。 <p><試験条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 土のせん断強さは、図-12.3に示すとおり、排水条件に強く依存することから、三軸圧縮試験の試験条件は、現場で想定される排水条件（透水性とせん断破壊に至る時間スケール）を十分に考慮して選択する必要がある。 ▶ 本マニュアル（案）では、地震時の破壊という非常に短い時間スケールの問題を扱うことを考慮して、表-12.1に示す4試験条件（UU、CU、CU-bar、CD）のうち、CU-bar条件（圧密非排水せん断、せん断時の間隙水圧測定あり：JGS 0523）を標準とする。 ▶ 細粒土はもちろんのこと、粗粒土（砂、砂質土、細粒分の多い礫質土を含む）であっても、地震時に非排水せん断を行うことが想定される場合には、CU-bar試験を実施しておく。 ▶ 透水性が非常に高く、地震時であっても排水条件下でせん断が起こる（すなわち、ダイレイタンスによる正または負の間隙水圧が発生しない）と想定される場合にはCD試験（圧密排水せん断：JGS 0524）でもよい。なお、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」²⁶⁾では、10%粒径D_{10}が1mmを超えるものを「透水性が高く液状化しにくいもの」として液状化判定の対象から除外している。このことから、D_{10}が1mmを超えるような礫質土であれば、地震時においても排水条件下でせん断が起こるとみなしてもよいと考える。ちなみに、Hazen式（$k=0.01 \times D_{10}^2$ (m/s)；D_{10}(mm)）²⁷⁾を適用してD_{10}から透水係数kを算出すると、$D_{10}=1$mmに対して$k=1 \times 10^{-2}$ m/s（$k=1 \times 10^0$ cm/s）を得る。 ▶ CU-bar試験では、全応力表示のc、ϕと有効応力表示のc'、ϕ'が得られる。これらのうち全応力表示のc、ϕは、三軸圧縮試験の際に使用した軸圧σ_1（最大主応力）及び側圧σ_3（最小主応力）をそのまま使用してモールの応力円により求めた強度定数であり、CU試験で得られるc_{cu}、ϕ_{cu}に相当する。一方、有効応 <p><small>²⁶⁾ (公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，p.166，平成29年11月。 ²⁷⁾ (社)関東地質調査業協会：現場技術者のための地質調査技術マニュアル，p.152，平成17年11月。</small></p> </div> <p>ため池土質調査マニュアル（案）(R3.3) 北海道農政部農村振興局農村整備課 p30</p> | | | | |

| | | | | |
|------|-------|----------|----------|-------|
| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |

4/6

| | | |
|----|----------|-------------------|
| 項目 | 1.2 材料調査 | (1) 三軸圧縮試験実施上の留意点 |
|----|----------|-------------------|

質問
・既設堤体、基礎地盤および新規盛土材料の強度を求めるために行う三軸圧縮試験の留意点を教えてください。

【参考資料】試験条件等

力表示の c' 、 ϕ' は、三軸圧縮試験の際に使用した軸圧 σ_1 (最大主応力)及び側圧 σ_3 (最小主応力)からせん断破壊時のダイレイタンスに伴う間隙水圧 Δu を控除した値をそれぞれ最大主応力、最小主応力としてモールの応力円により求めたものであり、CD試験で得られる c_u 、 ϕ_u と実用上同一のものとみなされる²⁸⁾。したがって、CU-bar試験は実用上CU試験とCD試験を兼ねるものと位置付けることができる。

表-12.1 三軸圧縮試験の使い分けと求められる強度定数の表示方法²⁹⁾

| 試験方法 | 土質の状態 | 土質 (用いられる場合) | 求められる強度定数の表示方法 |
|----------------------|---|--------------------------------------|---|
| 非圧密非排水(UU) | 増加荷重がすべて土中に発生した過剰間隙水圧で受け持たれる | 飽和した粘土 (飽和土の低い土) | 粘着力度 : c_u 内部摩擦角 : ϕ_u |
| 間隙水圧の測定無しでの圧密非排水(CU) | 載荷によって圧密され強度が増加した後、排水が生じないように急激な荷重を受ける | 飽和した粘土 (飽和土の粗粒土) | 粘着力度 : c_{cu} 内部摩擦角 : ϕ_{cu} |
| 間隙水圧の測定有りでの圧密非排水(CU) | 載荷によって圧密され強度が増加した後、排水が生じないように急激な荷重を受ける | 飽和した粘性土 (飽和土の粗粒土) | [有効応力の場合] 粘着力度 : c' 内部摩擦角 : ϕ' [全応力の場合] 粘着力度 : c_{cu} 内部摩擦角 : ϕ_{cu} |
| 圧密排水(CD) | 載荷によって圧密され強度が増加し、その後の荷重が有効応力として土粒子間に伝わる | 飽和した土 (最大粒径が20mm程度を超えて飽和していない粗粒土) | 粘着力度 : c_u 内部摩擦角 : ϕ_u |

回答・その他

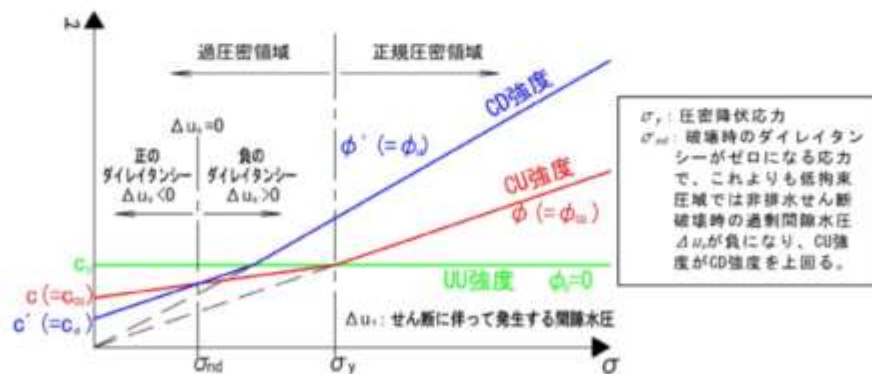
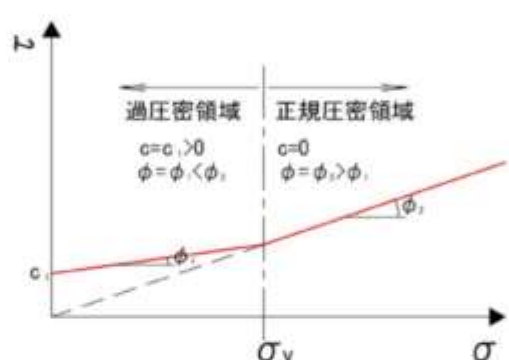


図-12.3 基準的排水条件に対する土の強度(模式図)

※UU強度は σ_y で圧密された状態を初期状態としている。

²⁸⁾ 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕、p. II-101、平成16年4月。

²⁹⁾ 国土交通省鉄道局監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物、p. 431、平成24年1月。

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
|--------|--|----------|------------------|-------|
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |
| 項目 | 1.2 材料調査 | | (1)三軸圧縮試験実施上の留意点 | |
| 質問 | <p>・既設堤体、基礎地盤および新規盛土材料の強度を求めるために行う三軸圧縮試験の留意点を教えて下さい。</p> | | | |
| 回答・その他 | <p>【参考資料】試験条件等</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p><側圧(圧密応力)の設定></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般にため池堤体の安定計算においては、内部摩擦角よりも粘着力が重要な指標となるが、側圧が大きく、試験条件が正規圧密状態になると、粘着力を適切に評価できない懸念がある(図-12.4)。加えて、安定計算上、円弧すべりは堤体深部ではなく、堤体内の比較的浅所を通ることになる場合が多い。これらのことから、低拘束圧域を重視した試験を実施することが望ましい。  <p style="text-align: center;">図-12.4 応力履歴の違いによるc、φの差異(概念図)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 側圧については、各種指針・基準等に明確なルールがあるわけではないが、「フィルダムの調査・設計から施工まで」に以下の記述³⁰⁾があるので、これを参考にするとよい。 <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>「せん断試験で一組の強度定数(c、φ)を求めるのに数種の側圧(または垂直圧)について試験する。この場合、一般に最大側圧(σ_{max})は、対象材料が堤体内で受ける鉛直応力の0.5倍とし、側圧は0～σ_{max}の等分点としている例が多い」</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 令和2年度耐震点検の事例では、対象材料が堤体内で受ける最大鉛直応力が200kN/m²程度を下回る場合には、試験可能な最小側圧(20～30kN/m²程度)とのバランスを考慮して、最大側圧を一律100kN/m²前後に設定しているケースが多い。 ▶ 令和2年度耐震点検業務における側圧設定値及び考え方の一例を表-12.2に示す。 <p style="font-size: small; margin-top: 20px;">³⁰⁾ (社)土質工学会：「フィルダムの調査・設計から施工まで」、p.105、昭和58年11月。</p> </div> | | | |
| | ため池土質調査マニュアル(案)(R3.3)北海道農政部農村振興局農村整備課 p32 | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|----------|------------------|-------|-------|--------|----------|----------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 項目 | 1.2 材料調査 | | (1)三軸圧縮試験実施上の留意点 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 質問 | <p>・既設堤体、基礎地盤および新規盛土材料の強度を求めめるために行う三軸圧縮試験の留意点を教えてください。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 回答・その他 | <p>【実施例】 ため池</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>3.4.2 締固め・現場密度試験結果</p> <p>下図に堤体の締固め曲線と現場密度試験の関係を示し、概要を以下に列記する。</p> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>堤体No.</th> <th>Wn (%)</th> <th>Wopt (%)</th> <th>ρ dmax (g/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>旧堤体No.1</td> <td>23.9%</td> <td>17.8%</td> <td>1.722</td> </tr> <tr> <td>旧堤体No.2</td> <td>30.2%</td> <td>20.8%</td> <td>1.618</td> </tr> <tr> <td>新堤体No.3</td> <td>29.2%</td> <td>22.8%</td> <td>1.570</td> </tr> </tbody> </table> <p>※○は自然含水比を表す</p> <p>※○は現場密度試験の結果</p> <p>図-3.13 堤体の締固め曲線と現場密度の関係</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 含水比の違いにより、締固め曲線に若干の違いが認められる。 ・ いずれの試料とも自然含水比 W_n の乾燥密度 ρ_d が最も小さく、乾燥側に最適含水比 W_{opt}・最大乾燥密度 ρ_{dmax} がある。 ・ 現場密度試験による堤体の締固め度を算出すると No.1 で 77.9%、No.2 で 83.3%、No.3 で 90.8% であり、上流側の飽和条件の締固め度が非常に低い。 ・ ただし、この値が堤体の締固め度を表しているため、三軸圧縮試験や透水試験の供試体は、この密度に合わせて作成した。 </div> | | | | 堤体No. | Wn (%) | Wopt (%) | ρ dmax (g/cm³) | 旧堤体No.1 | 23.9% | 17.8% | 1.722 | 旧堤体No.2 | 30.2% | 20.8% | 1.618 | 新堤体No.3 | 29.2% | 22.8% | 1.570 |
| 堤体No. | Wn (%) | Wopt (%) | ρ dmax (g/cm³) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 旧堤体No.1 | 23.9% | 17.8% | 1.722 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 旧堤体No.2 | 30.2% | 20.8% | 1.618 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 新堤体No.3 | 29.2% | 22.8% | 1.570 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>H28 農地防災 ため池地区 地質調査2 調査報告書 p26</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; color: red;"> <p>締固め試験や現場密度試験の結果から三軸圧縮試験の供試体条件を設定する。</p> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 | |
|------------|--|----------|-----------------|-------|-----|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 | 1/4 |
| 項目 | 1.2 材料調査 | | (2) 三軸圧縮試験の試験条件 | | |
| 質問 | ・三軸圧縮試験を実施する場合の試験条件について教えてください。 | | | | |
| 適用基準・参考図書等 | ・ため池土質調査マニュアル(案)(R3.3) p29-p37 | | | | |
| 回答・その他 | <p>(1) 三軸圧縮試験実施の目的 堤体の安定計算を行う際は、せん断強度（粘着力cと内部摩擦角ϕ）が必要となる。このせん断強度を得るために三軸圧縮試験を実施する。</p> <p>(2) 強度設定に対する留意点 不攪乱試料の場合に必要な試験条件の拘束圧において、ため池は一般的に土被り圧が小さい（堤高が低い）ため、小さな拘束圧で試験を行うことを検討する必要がある。</p> <p>また、三軸圧縮試験は一般的に高価なため、実施試験数は少ないことが多い。このため、複数点の試験を実施し、総合的にせん断強度を設定する必要がある。</p> | | | | |

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
|--------|---|----------|-----------------|-------|
| 工種 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |
| 項目 | 1.2 材料調査 | | (2) 三軸圧縮試験の試験条件 | |
| 質問 | ・三軸圧縮試験を実施する場合の試験条件について教えてください。 | | | |
| 回答・その他 | <p>【参考資料】試験条件等</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p><三軸圧縮試験の対象></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 各堤体盛土材料（新堤体、旧堤体、遮水性ゾーンなど）を対象とする。 ▶ 軟弱地盤が厚く発達するなど、基礎地盤の強度が解析結果に大きく影響することが想定される場合には、基礎地盤も対象とする。 <p><供試体作成></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ トリプルサンプリング等により採取した乱れの少ない試料（不攪乱試料）を用いることを原則とするが、試料の採取が困難な場合や材料が不均質で代表する試料が採取できない場合には、乱した試料を再構成して使用することも考える必要がある。 ▶ 供試体作成にあたっては、極力、礫が少なくばらつきが少なそうな箇所を選定する。そのためには、試料を多めに採取しておいた方がよい。 <p><試験条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 土のせん断強さは、図-12.3に示すとおり、排水条件に強く依存することから、三軸圧縮試験の試験条件は、現場で想定される排水条件（透水性とせん断破壊に至る時間スケール）を十分に考慮して選択する必要がある。 ▶ 本マニュアル（案）では、地震時の破壊という非常に短い時間スケールの問題を扱うことを考慮して、表-12.1に示す4試験条件（UU、CU、CU-bar、CD）のうち、CU-bar条件（圧密非排水せん断、せん断時の間隙水圧測定あり：JGS 0523）を標準とする。 ▶ 細粒土はもちろんのこと、粗粒土（砂、砂質土、細粒分の多い礫質土を含む）であっても、地震時に非排水せん断を行うことが想定される場合には、CU-bar試験を実施しておく。 ▶ 透水性が非常に高く、地震時であっても排水条件下でせん断が起こる（すなわち、ダイレイタンスによる正または負の間隙水圧が発生しない）と想定される場合にはCD試験（圧密排水せん断：JGS 0524）でもよい。なお、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」²⁶⁾では、10%粒径D_{10}が1mmを超えるものを「透水性が高く液状化しにくいもの」として液状化判定の対象から除外している。このことから、D_{10}が1mmを超えるような礫質土であれば、地震時においても排水条件下でせん断が起こるとみなしてもよいと考える。ちなみに、Hazen式 ($k=0.01 \times D_{10}^2$ (m/s) ; D_{10}(mm))²⁷⁾を適用してD_{10}から透水係数kを算出すると、$D_{10}=1$mmに対して$k=1 \times 10^{-2}$ m/s ($k=1 \times 10^0$ cm/s)を得る。 ▶ CU-bar試験では、全応力表示のc、ϕと有効応力表示のc'、ϕ'が得られる。これらのうち全応力表示のc、ϕは、三軸圧縮試験の際に使用した軸圧σ_1（最大主応力）及び側圧σ_3（最小主応力）をそのまま使用してモールの応力円により求めた強度定数であり、CU試験で得られるc_{cu}、ϕ_{cu}に相当する。一方、有効応 <p><small>²⁶⁾ (公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，p.166，平成29年11月。 ²⁷⁾ (社)関東地質調査業協会：現場技術者のための地質調査技術マニュアル，p.152，平成17年11月。</small></p> </div> <p>ため池土質調査マニュアル（案）(R3.3) 北海道農政部農村振興局農村整備課 p30</p> | | | |

| | | | | |
|------|-------|----------|----------|-------|
| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |

3/4

| | | |
|----|----------|-----------------|
| 項目 | 1.2 材料調査 | (2) 三軸圧縮試験の試験条件 |
|----|----------|-----------------|

質問

・三軸圧縮試験を実施する場合の試験条件について教えてください。

【参考資料】試験条件等

方表示の c' 、 ϕ' は、三軸圧縮試験の際に使用した軸圧 σ_1 (最大主応力)及び側圧 σ_3 (最小主応力)からせん断破壊時のダイレイタンスに伴う間隙水圧 Δu を控除した値をそれぞれ最大主応力、最小主応力としてモールの応力円により求めたものであり、CD試験で得られる c_u 、 ϕ_u と実用上同一のものとみなされる²⁸⁾。したがって、CU-bar試験は実用上CU試験とCD試験を兼ねるものと位置付けることができる。

表-12.1 三軸圧縮試験の使い分けと求められる強度定数の表示方法²⁹⁾

| 試験方法 | 土質の状態 | 土質 (用いられる場合) | 求められる強度定数の表示方法 |
|----------------------|---|--------------------------------------|---|
| 非圧密非排水(UU) | 増加荷重がすべて土中に発生した過剰間隙水圧で受け持たれる | 飽和した粘粒土 (飽和土の深い土) | 粘着力度： c_u 内部摩擦角： ϕ_u |
| 間隙水圧の測定無しでの圧密非排水(CU) | 載荷によって圧密され強度が増加した後、排水が生じないように急激な載荷を受ける | 飽和した粘粒土 (飽和土の粗粒土) | 粘着力度： c_{cu} 内部摩擦角： ϕ_{cu} |
| 間隙水圧の測定有りでの圧密非排水(CU) | 載荷によって圧密され強度が増加した後、排水が生じないように急激な載荷を受ける | 飽和した粘性土 (飽和土の粗粒土) | [有効応力の場合] 粘着力度： c' 内部摩擦角： ϕ' [全応力の場合] 粘着力度： c_{cu} 内部摩擦角： ϕ_{cu} |
| 圧密排水(CD) | 載荷によって圧密され強度が増加し、その後の荷重が有効応力として土粒子間に伝わる | 飽和した土 (最大粒径が20mm程度を超える飽和していない粗粒土) | 粘着力度： c_u 内部摩擦角： ϕ_u |

回答・その他

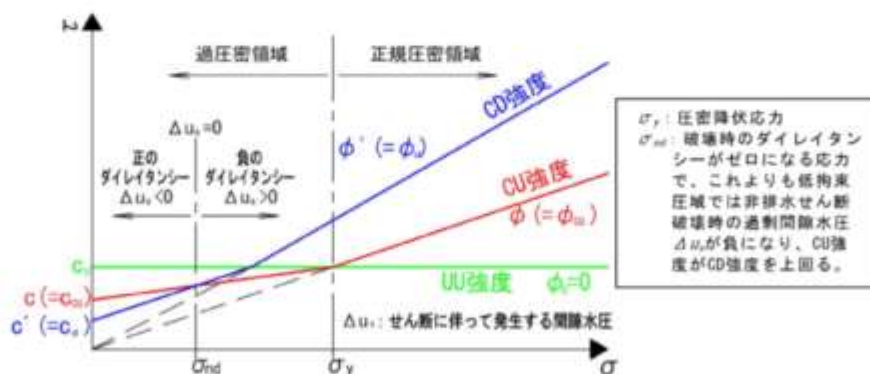


図-12.3 基準的排水条件に対する土の強度(模式図)

※UU強度は σ_y で圧密された状態を初期状態としている。

²⁸⁾ 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕、p. II-101、平成16年4月。

²⁹⁾ 国土交通省鉄道局監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物、p. 431、平成24年1月。

| 事業段階 | 事業実施前 | 事業実施(前期) | 事業実施(後期) | 事業完了後 |
|--|--|----------|-----------------|-------|
| 工程 | 1. 調査 | 2. 設計 | 3. 施工 | 4. 管理 |
| 項目 | 1.2 材料調査 | | (2) 三軸圧縮試験の試験条件 | |
| 質問 | <p>・三軸圧縮試験を実施する場合の試験条件について教えてください。</p> | | | |
| 回答・その他 | <p>【参考資料】試験条件等</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p><側圧(圧密応力)の設定></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般にため池堤体の安定計算においては、内部摩擦角よりも粘着力が重要な指標となるが、側圧が大きく、試験条件が正規圧密状態になると、粘着力を適切に評価できない懸念がある(図-12.4)。加えて、安定計算上、円弧すべりは堤体深部ではなく、堤体内の比較的浅所を通ることになる場合が多い。これらのことから、低拘束圧域を重視した試験を実施することが望ましい。 <p style="text-align: center;">図-12.4 応力履歴の違いによるc、φの差異(概念図)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 側圧については、各種指針・基準等に明確なルールがあるわけではないが、「フィルダムの調査・設計から施工まで」に以下の記述³⁰⁾があるので、これを参考にするとよい。 <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>「せん断試験で一組の強度定数(c、φ)を求めるのに数種の側圧(または垂直圧)について試験する。この場合、一般に最大側圧(σ_{max})は、対象材料が堤体内で受ける鉛直応力の0.5倍とし、側圧は0～σ_{max}の等分点としている例が多い」</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 令和2年度耐震点検の事例では、対象材料が堤体内で受ける最大鉛直応力が200kN/m²程度を下回る場合には、試験可能な最小側圧(20～30kN/m²程度)とのバランスを考慮して、最大側圧を一律100kN/m²前後に設定しているケースが多い。 ▶ 令和2年度耐震点検業務における側圧設定値及び考え方の一例を表-12.2に示す。 <p style="font-size: small; margin-top: 20px;">³⁰⁾ (社)土質工学会：「フィルダムの調査・設計から施工まで」、p.105、昭和58年11月。</p> </div> | | | |
| ため池土質調査マニュアル(案)(R3.3) 北海道農政部農村振興局農村整備課 p32 | | | | |