

礫材空隙への可塑状グラウト充填による改良体の強度特性

ーその1：改良体評価の課題と実験概要

東洋建設（株） 正会員 ○合田和哉 和田真郷 伊藤 輝
 五洋建設（株） 正会員 小笠原哲也
 東亜建設工業（株） 正会員 三枝弘幸

1. はじめに

既設重力式係船岸の増深工法として、捨石マウンドの一部を注入・固化することで、法線位置を変更せずに増深を可能とする工法が提案されている（図-1）¹⁾。これまでに二次元的な充填性の確認¹⁾、施工方法や施工管理方法の検討²⁾、それに基づき京浜港ドックで実施した実大規模の実証試験³⁾から実用化に向けた検証が行われてきた。その結果、可塑状グラウトを用いることで、捨石マウンド内にほぼ想定通りの範囲に充填可能なこと、注入・捨石掘削などの一連の施工が可能なること、必要とされる改良体強度を十分満たすことなどが確認できた。今回は設計や施工に資するためのより詳細なデータを取得する目的で室内要素試験を行った。ここでは実施工で想定される改良体強度を評価する上での課題と、その確認のために設定した試験ケースおよび供試体作製方法について述べる。

2. 課題と試験ケースの設定

課題となる以下の施工条件及び荷重条件に対して、図-2に示す検討ケースと試験方法を設定した。各強度を評価するための一軸圧縮試験に加え、拘束圧の影響や繰返し载荷履歴を考慮するための三軸試験や引張強度を評価するための割裂引張強度試験を一部含んでいる。

- 1) 間隙の夾雑物や施工条件により発生する充填不足。
- 2) 捨石表面付着物等による捨石とグラウト材の付着力不足。
- 3) ケーソン底面の未充填部の捨石接触点での応力集中による局所破壊。
- 4) 潮汐履歴や地震荷重等の繰返し载荷に対する耐久性。

3. 試験概要

1) 礫材試料：図-3に粒度を示す。実物相当の粒度（家島産捨石）に対してほぼ相似になるように、粒径60~30mm（A試料）と粒径20~10mm（B試料）を準備し、A試料は大型供試体に、B試料は中型供試体に主として用いた。

2) 供試体の作製方法：供試体は大型、中型ともに2つ割りモールド内に作製した。目標空隙率は40%³⁾（間隙比 $e=0.67$ ）とし、試料を均等に5層に分け、高さを管理しつつモールド内に投入した。その後、モールド下部より通水を行って飽和し、最後にグラウト材を同じく供試体下部より注入して水と入替えた。供

キーワード：捨石マウンド、固化改良、増深、可塑状グラウト、強度特性

連絡先：東洋建設土木技術部 千代田区神田神保町 1-105 Tel：03-3518-5464

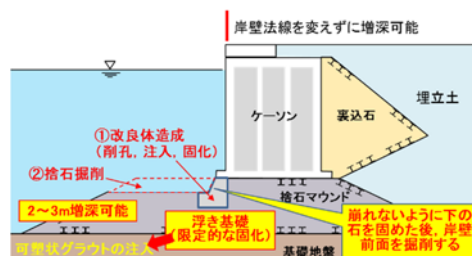
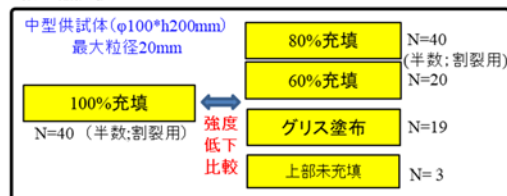
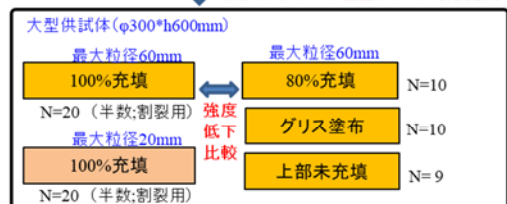


図-1 増深工法の概念図

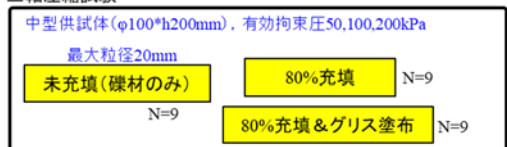
一軸圧縮試験



供試体サイズや粒径サイズによる比較



三軸圧縮試験



繰返し三軸試験

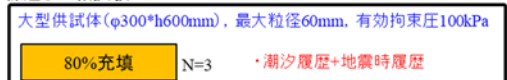


図-2 検討ケースおよび試験方法 (N:本数)

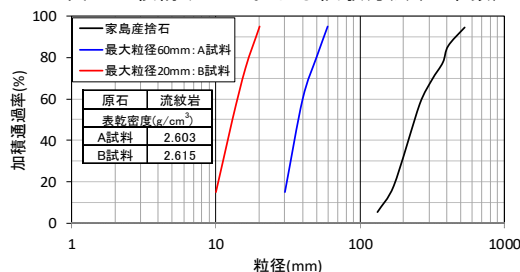


図-3 試料の粒度曲線

試体作製状況を写真-1に示す。なおグラウト材の注入は、注入圧に抵抗できるようにコンクリートブロックを搭載した鋼製蓋を設置した状態で行った。供試体は水中養生を行い、各強度試験は28日を目処に実施した。試験に際しては、適切な端面整形を行い、上部未充填供試体は石膏による表層キャッピングを行い試験に供した。今回使用した可塑状グラウトの配合は表-1に示すとおりで、呼び強度は「重力式係船岸の新しい増深工法の開発」¹⁾で試算された24N/mm²である。

3) 各課題に対応した特殊な供試体の作製方法：基本的には前述の方法で供試体を作製したが、各課題に対応するべく以下の事前処理等を行った。

- i) 充填不足を再現した供試体：グラウト材が一部未充填の状態を再現するために、礫材間隙に発泡ビーズを混入した。ビーズを混合した供試体（グラウト80%充填率）のCT画像を写真-2に示す。ビーズが供試体内に適度にばらついた状態で不均一に保持されていることがわかる。
- ii) 固化材と礫の付着不足を再現した供試体：礫材をシリコンオイルとシリコングリス混合溶液に含浸させ、礫材表面をコーティングした。
- iii) 上部未充填供試体の再現：グラウト注入まで行った後に、表層の一定深さ（礫材の平均粒径程度）を一旦試料・固化材ともに除去した。その後、再度所定密度になるように礫材のみ投入し固化させ、表層部のみ礫材が剥き出しとなる供試体を作製した。

4. 試験に用いた基本礫材の強度特性

礫材単独の三軸CD試験結果を以下に示す（図-2の未充填のケース）。試験はB試料を対象に中型供試体で行った。試験時の有効拘束圧は50, 100, 200kPaに設定し、背圧は20kPaとした。試験は各拘束圧で3本ずつ実施した。図-4に軸差応力最大値と拘束圧の関係およびモール＝クーロンにて整理した強度定数を示す。3種類の拘束圧に対してせん断抵抗角 ϕ_d は48.6度となった。試験後は目立った粒子破碎もみられず、今回の拘束圧レベルでは粒子破碎の影響はないものと思われる。

5. おわりに

改良体の強度を評価する上での課題と設定した試験ケースおよび供試体作製方法を示した。以降の論文において、各ケースの試験結果を示す。最後に、本調査を実施するにあたりまして、国土交通省 国土技術政策総合研究所、(国研) 港湾空港技術研究所に多大なるご協力とご指導をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1)水谷崇亮, 森川嘉之, 渡部要一, 菊池喜昭, 合田和哉, 加藤繁幸, 小笠原哲也：重力式系船岸の新しい増深工法の開発, 港湾空港技術研究所資料 No1277,2013.12.

2)(一社)日本埋立浚渫協会, (国研)海上・港湾・航空技術研究所港湾空港技術研究所：重力式係船岸の増深工法に関する施工の手引き (案), 2016.

3)小笠原哲也, 和田眞郷, 野口孝俊, 菅 崇：京浜港ドックにおける重力式系船岸増深工法の実用化に向けた実証試験, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 74.No.2, pp. I_390-I_395,2018.



写真-1 供試体の作製・グラウトの注入状況
表-1 可塑状グラウトの配合表

配合(1m ³ 当たり)						
基材			可塑材			
普通セメント kg	水 kg	高性能減水剤 kg	可塑剤A kg	可塑剤B kg	可塑剤C kg	水 kg
1212	485	6.06	0.06	6.06	2.5	121

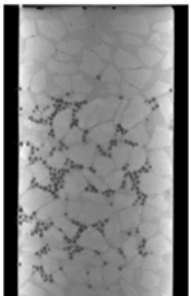


写真-2 80%充填供試体 CT 画像

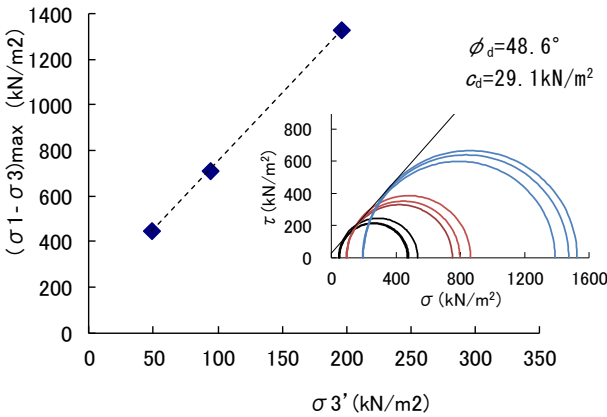


図-4 破壊時の軸差応力と拘束圧の関係およびモール＝クーロン円