

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4：拘束圧の影響調査

東洋建設（株） 正会員 ○鶴ヶ崎和博 和田眞郷 合田和哉
 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¹⁾。ここでは前報²⁾³⁾⁴⁾に引き続き、各種条件で礫材へ可塑状グラウトを充填して作製した固化改良供試体に対して三軸圧縮試験を行い、強度特性や破壊後の残留強度に及ぼす拘束圧の影響についての調査結果を示す。

2. 試験方法

試験条件を表-1に示す。試験は、拘束圧による強度への影響を調べる目的で、既報²⁾で示した充填不足供試体（発砲ビーズ混合・グラウト充填率80%：写真-1、2）と、礫材付着力不足（グリス塗布の礫材：グリス・オイル混合液への含浸：写真-3）でさらにグラウト充填率80%とした供試体に関して調査した。その他、破壊後の残留強度についても調査した。試験は礫材の強度試験と同様に中型供試体（ $\phi 100 \times h 200 \text{ mm}$ ）を用いて、有効拘束圧3種類（ $\sigma_3' = 50, 100, 200 \text{ kPa}$ ）、背圧20kPaに設定し、三軸 $\overline{\text{CU}}$ 試験を行った。供試体は全て養生28日を経ており、各拘束圧で3本ずつ行った。試験は圧密過程を経て軸圧縮過程へと移行した。軸圧縮は軸ひずみ速度0.3%/minで行い破壊強度を確認するとともに、残留強度を確認するために軸ひずみ10%程度まで試験は継続した。試験状況を写真-4に示す。固化体の破壊強度が大きいことが予想されたため、載荷能力等を加味して通常の中型三軸セルのなかに供試体をセットした後に、大型三軸装置のフレーム内で一連の試験を行った。

3. 試験結果および考察

1) グラウト材充填率80%のケース：図-1に充填率80%固化体の軸ひずみ・軸差応力の関係を示す。また図中の表に各ケースの最大軸差応力を示す。いずれの拘束圧の場合でも初期の早い段階でピークを迎えると同時に、その後、急速に強度は低下し、残留状態に至った。ピーク強度に関しては、今回の応力レベルにおいては拘束圧の影響はないようである。一方で残留強度は拘束圧の増加に伴い増加する結果となった。これについては供試体内のせん断面がもはや固結しておらず、単独の粒子同

表-1 試験条件

供試体条件	有効拘束圧 $\sigma_3' (\text{kPa})$	供試体本数
充填率80%	50	各3本
	100	
	200	
グリス塗布 + 充填率80%	50	各3本
	100	
	200	



写真-1 ビーズ混合（右80%）

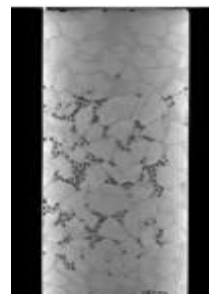


写真-2 80%充填供試体 CT 画像



写真-3 グリス塗布の礫材

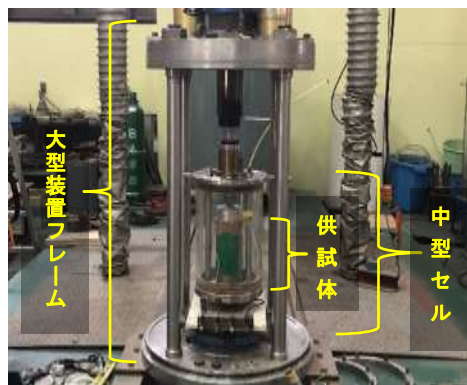


写真-4 試験装置および試験状況

キーワード：捨石マウンド、固化改良、増深、可塑状グラウト、三軸圧縮試験

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設（株） 鳴尾研究所 Tel：0798-43-5903

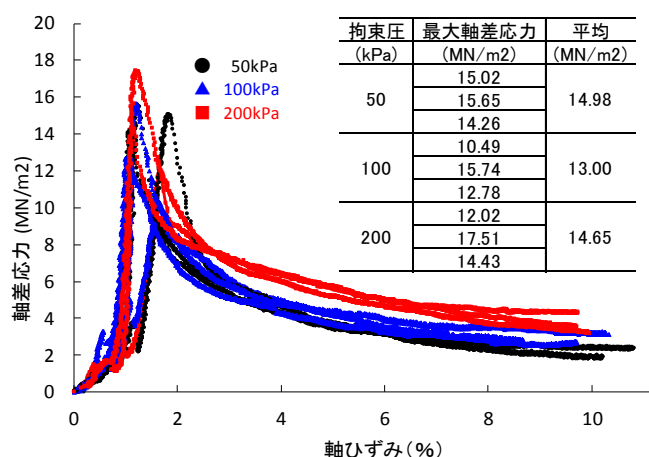


図-1 充填率 80%供試体の軸差応力と軸ひずみの関係

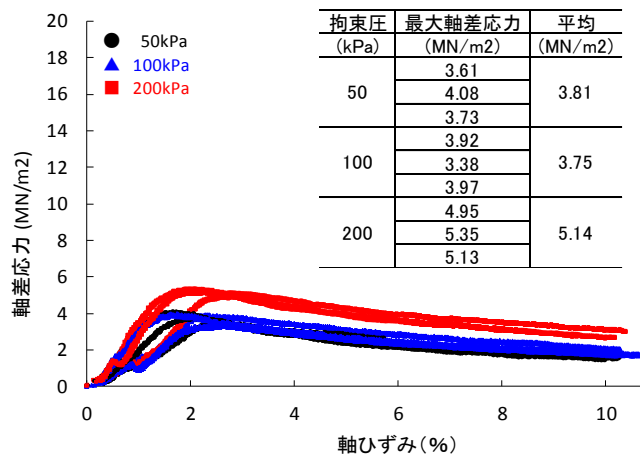


図-2 グリス塗布+充填率 80%供試体の軸差応力と軸ひずみの関係

土のかみ合わせによる接触へと移行したため、摩擦抵抗としての振る舞いをしたからであろう。なお試験初期において、いずれも曲線に不安定な箇所が見受けられるが、これは写真-4に示すようないくつもの装置・治具を介したことによるベディングエラーと考えている。写真-5に試験後の供試体を示す。残留強度に至るまで圧縮しているのでピーク直後の状況は予測できないが、供試体端部に縦クラックがいくつも入っていることから、ごく初期の段階で端部および周縁部で引張破壊が始まり、その後急激にせん断面へと応力が集中し、せん断破壊に至ったものと思われる。同じ中型サイズでの一軸圧縮強度³⁾と比較するとほぼ同等か若干低いレベルであった。

2) 礫材付着力低減(グリス塗布)+充填率 80%のケース: 図-2に礫材の付着力を低減し、さらに充填率 80%とした供試体の軸ひずみ-軸差応力の関係を示す。充填率 80%供試体に比べて急激ではないが、いずれの拘束圧においてもピーク強度を有した。ピーク後はなだらかに強度低下していき残留状態へ移行した。拘束圧 200kPaにおいてピーク強度、残留強度ともに他の拘束圧よりも高い傾向にあるが、拘束圧 100kPaと 50kPaでは明確な拘束圧の影響は認められなかった。写真-6に試験後の供試体を示す。終了後には上下端面部の円錐状のブロックを残して、供試体は完全に分離するような状態であった。試験直後は礫材表面のグリスが残留した状態で、周囲のグラウト固化体と礫は完全には固結しておらず、簡単に引き剥がせた。これより圧縮時における供試体の示すピーク強度は主としてグラウト固化体が発揮する強度で、グラウト固化体が破壊した後は粒子間の摩擦抵抗が主体となるものと思われる。ピーク強度は充填率 80%供試体の 1/3 程度であった。強度に対する摩擦抵抗力としての寄与分が大きい分、高拘束圧でのピーク強度や残留強度に対して拘束圧の影響が顕れやすくなったものと思われる。

4. おわりに

ここでは、各種供試体の拘束圧の影響について調べた。ピーク強度については今回の応力レベル(拘束圧 200kPa 以下)では明確な影響はなかったが、残留強度では拘束圧が高くなるほど大きい結果となった。

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) 水谷ほか: 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) 合田ほか: 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—その 1, 第 74 回年次学術講演会 (投稿中)
- 3) 小笠原ほか: 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—その 2, 第 74 回年次学術講演会 (投稿中)
- 4) 三枝ほか: 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—その 3, 第 74 回年次学術講演会 (投稿中)

写真-5 実験後状況
(ビーズ混合)写真-6 実験後状況
(グリス塗布)