

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5：潮汐や地震時荷重に対する動的特性

東洋建設（株） 正会員 ○和田眞郷 合田和哉 鶴ヶ崎和博
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、これまでの静的な載荷試験²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾に引き続き、可塑状グラウトを注入した改良体の潮汐や地震時荷重に対する動的特性について調査した。

2. 試験方法

繰返し載荷試験は潮汐と地震動を想定し、図-1に示すモデル断面を参考に、ケーソン底板反力より繰返し荷重を決定した。試験ケースを表-1に示す。試験は既報²⁾で示した充填率80%の大型供試体(φ300×h600mm)を対象とし、三軸試験装置を用いて有効拘束圧 $\sigma_3'=100\text{kPa}$ 、背圧=20kPaのもと、一定の鉛直力を加えた状態で軸圧制御による繰返し載荷を行った。各試験とも潮汐履歴を加えた後に、複数の地震履歴に移行した。繰返し回数は、年に数回の豪雨時等に発生する潮位差を想定した潮位変動（前面水位LWLで背面水位が地表面まで上がった場合と前面HWLで背面残留水位の場合）として、10000回を与えた。地震は基本100回としたが、破壊時まで確認する場合は、それ以上の回数を継続した（ケース2, 3）。繰返し載荷は正弦波により与え、周期は潮汐を2秒、地震を10秒とした。写真-1に供試体のセット状況を示す。供試体の微小なひずみを計測するため、変位計測にはL.D.T.（Local Deformation Transducer）を使用した。

3. 試験結果および考察

1) 潮汐履歴：図-2に、潮汐履歴10000回分の経過時間と軸ひずみの関係の一例を示す。長期の繰返し履歴に対して、軸ひずみの蓄積が伺えるが、非常に小さく無視できる程度である。1回あたりの載荷履歴に相当する振幅には最後まで変化は認められない。図-3に主要な波数段階での軸ひずみと軸差応力の関係を示す。応力やひずみレベルともに微小なためグラフはループにならずにがたつきがあるが、どの段階とも同様の軌跡を描いており、ひずみ幅や勾配などの変化も見られない。設定の潮汐履歴に対して影響は受けないものと評価できる。この図より読み取れる弾性係数は $4.0\times10^4\text{MN/m}^2(\simeq0.2/0.0005(\%))$ 程度であった。

キーワード：捨石マウンド、固化改良、増深、可塑状グラウト、動的特性

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

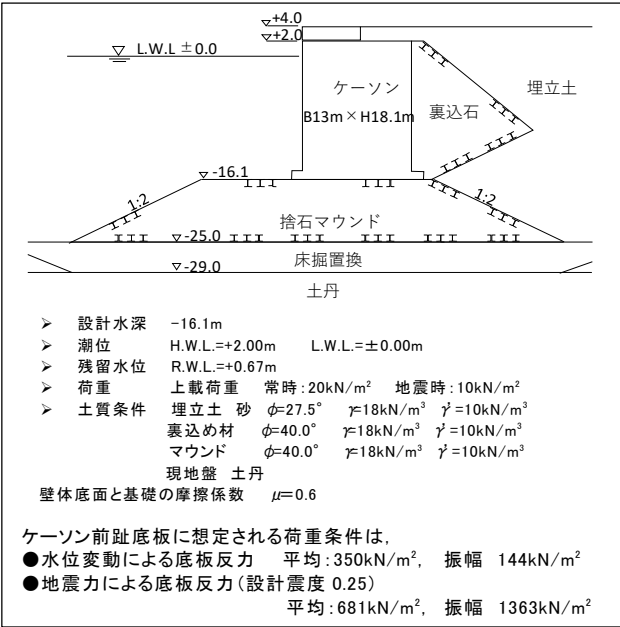


図-1 想定モデルと載荷条件の設定

表-1 試験ケース

case	潮汐履歴			地震履歴		
	鉛直力 (MN/m²)	繰返し(回) (MN/m²)	載荷回数	鉛直力 (MN/m²)	繰返し(回) (MN/m²)	載荷回数
1	0.35	0.2	10000	1	2	100
				2	4	100
2	0.35	0.2	10000	2	4	100
				4	8	135(破壊)
3	0.35	0.2	10000	3	6	1000
				5	10	328(破壊)

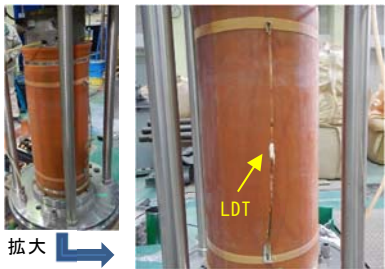


写真-1 三軸装置への供試体セット状況

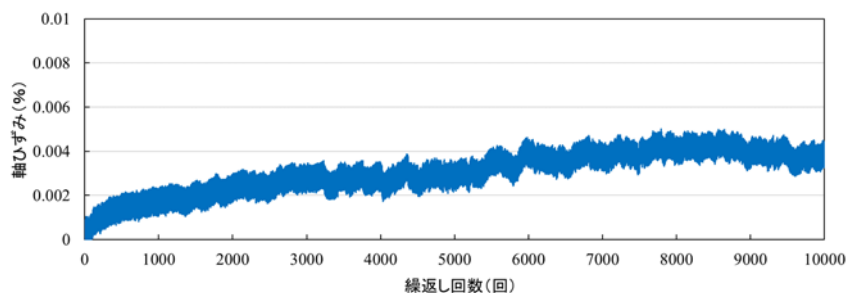


図-2 潮汐履歴における繰返し回数と軸ひずみの関係 (ケース 3)

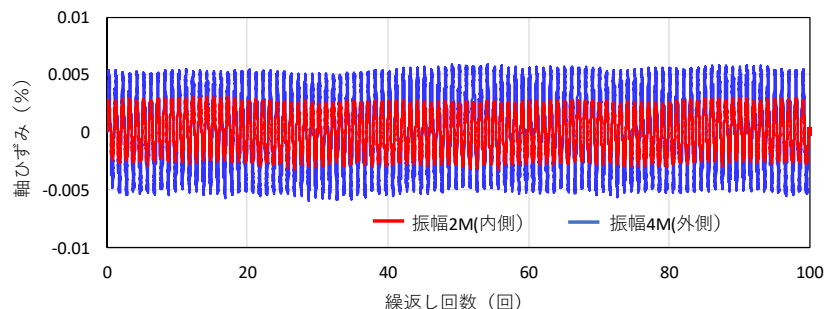


図-4 地震履歴における繰返し回数と軸ひずみの関係 (ケース 1)

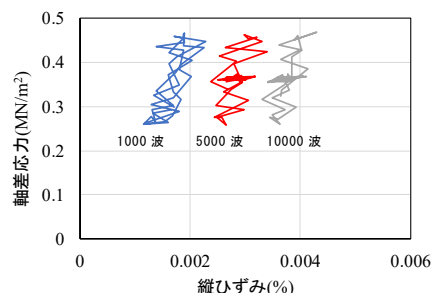


図-3 潮汐での载荷曲線 (ケース 3)

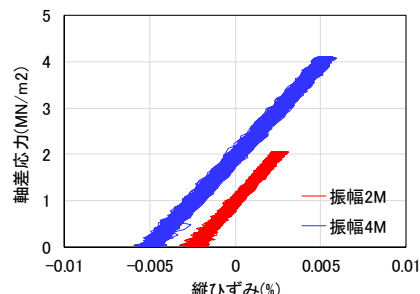


図-5 地震载荷履歴曲線 (ケース 1)

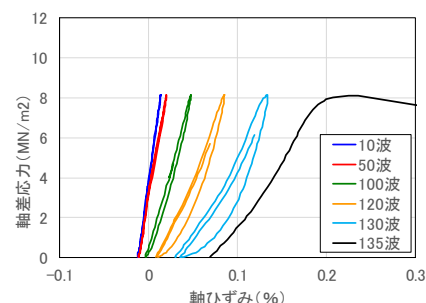


図-6 载荷履歴曲線 (ケース 2: 振幅 8M)

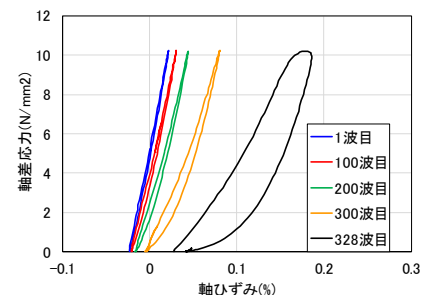


図-7 载荷履歴曲線 (ケース 3: 振幅 10M)

2) 地震時履歴：図-4にケース1の繰返し回数と軸ひずみの関係を、また図-5に軸ひずみと軸差応力の関係（全波形）を示す。2種類の载荷条件に対して安定したひずみ分布を示すとともに、ひずみの蓄積は認められない。設計震度0.25で設定された荷重条件相当(振幅2MN/m²)に対しては影響ないものと評価できる。図-5より、弾性係数は潮汐履歴とほぼ同等の4.0×10⁴MN/m²程度であった。一方、破壊まで载荷を継続したケース2とケース3について、ケース2では振幅8MN/m²(135波目)にて、ケース3では10MN/m²(328波目)にて破壊した。図-6と図-7にそれぞれ最終载荷ステージの軸差応力と軸ひずみの関係について、主要回数での波形を示している。これより波数の増加とともに履歴曲線が右側に移行しひずみが蓄積していること、ひずみの蓄積とともに剛性は低下していること、履歴曲線も1回あたりのループの面積が広がり内部エネルギーが徐々に消費されていること、等がわかる。また破壊荷重や繰返し回数の差は供試体の違いによるものと思われるが、いずれも軸ひずみが0.2%付近において破壊を迎えていることが伺える。ただし、これらの繰返し破壊特性や履歴減衰特性を結論付けるには十分なデータおよび考察が不足しているため、今後の課題と考えている。

4. おわりに

本報では可塑状グラウトを注入した改良体の動的特性について繰返し三軸試験により調査した。その結果、想定した潮汐作用や地震時の荷重とともに問題なく強度が発揮されることがわかった。今後は、繰返し破壊特性や履歴減衰特性などについても検討を進める予定である。

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）
- 5) 鶴ヶ崎ほか：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4 第74回年次学術講演会（投稿中）