

可塑状グラウト増深工法の開発—その2：遠心模型実験結果の考察—

東洋建設 正会員 ○和田 眞郷 正会員 鷲見 遼太
あおみ建設 正会員 橋本 健 若築建設 正会員 壹岐 直之
りんかい日産建設 合田 和弘

1. 目的

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⁾。これまでに、施工方法や施工管理方法の検討²⁾、それに基づいた京浜港ドックで実施した実大規模の実証試験³⁾等から実用化に向けた検証が行われてきた。本報告では、実岸壁への増深工法実証施工⁴⁾に先立ち、その実岸壁に対する設計照査として遠心模型実験を実施し、その妥当性を検証した。

2. 実験概要

対象とする岸壁として、川崎港東扇島の船溜岸壁を選定した。当岸壁の断面図を図-1に示す。同図には増深計画断面も併せて示す。また、当断面を元に作製した模型縮尺 1/60 の模型地盤の概要図を図-2に示す。置換砂、埋土層には宇部珪砂を用い、置換砂部分は締固め度 80%程度になるよう締固めた。捨石層、裏込め層は粒径 2~4.75mm の礫材を空隙率 40%となるように作製した。ケーソン模型はアルミ製で、重量、重心を実物と合うよう模型内に散弾を配置した。なおケーソン模型底版の前趾、後趾、中央部の底版反力を計測するため、作用反力を計測する受圧板を底版に 4 箇所設置し、ロードセルを介して計測することを試みた。可塑状グラウト注入による改良体は、遠心載荷時の自重による無用な応力発生をなくすため、60G の遠心力場で、改良体上部の自重が作用している状態で 3 日間放置し硬化させた。なお、グラウトは 3 日で所定強度を発現する配合を事前に検討した。増深のための捨石掘削は、予め掘削面にワイヤーメッシュを設置し、捨石層を作製し、スクリージャッキにてワイヤーメッシュを吊り上げることで模擬した。

可塑状グラウトの硬化、掘削模擬完了後、加振実験を実施した。対象岸壁で想定される川崎港のレベル 1 地震波および加振時の基本加振波を図-3に示す。この加振波形は、レベル 1 地震波を卓越振動数 0.7Hz の単調振動にして、設計震度、PSI 値ともに地震波より大きくなる 50gal とした。

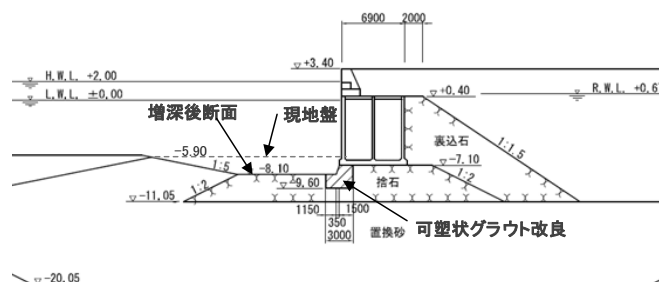


図-1 実証施工断面(川崎港東扇島)

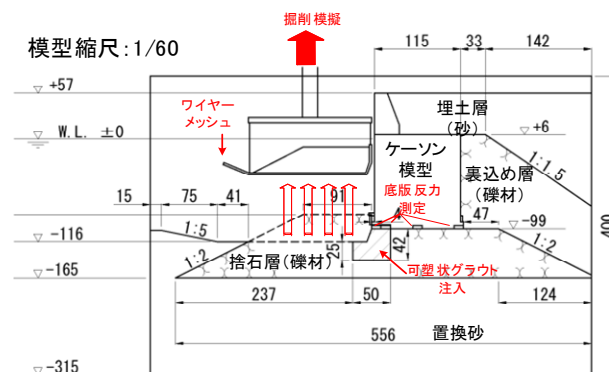


図-2 遠心模型断面図

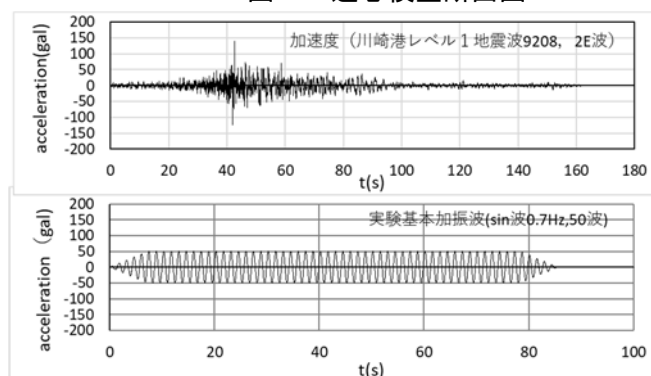


図-3 遠心実験における基本加振波

キーワード 重力式係船岸、増深、捨石、可塑状グラウト、遠心模型実験、数値解析
連絡先 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1丁目105番地神保町三井ビルディング
東洋建設株式会社 土木技術部 TEL:03-6361-5464

3. 実験結果

掘削模擬後の加振は、図-3 に示す地震波形(sin 波)は、当初の設定の 50gal では加振装置に与える変位量が小さくコントロールが困難なため加振は 100gal とした。その後、加振加速度の増加が変位やケーソン底版反力に及ぼす影響を把握するため、200gal→250gal→300gal→350gal と段階的に加速度を増加させた実験を引き続き実施した。増深断面の震度は、レベル 1 地震波で 0.19, 加振波 100gal で 0.30 程度、300gal で 0.45 程度である。

図-4 に各地震後のケーソン天端の水平、および鉛直変位(実物換算値)の履歴を示す。加振加速度が 100gal では、ケーソンの移動量は水平、鉛直ともに 0.05m 未満とわずかであった。

同検証断面で実施した増深後の FLIP 解析結果(地震波 9208: 図-5 参照)では、ケーソン天端の残留変位は水平方向 0.145m, 鉛直方向 0.058m でケーソンは海側に前傾する傾向であった。遠心模型実験結果は変位の傾向は概ね一致するが、変位量は小さい値であった。

図-6 に FLIP 解析で算出した底版反力(地震時最大値, 地震終了時)の分布図を示す。同図には、比較のため 100gal で加振したケースの底版反力の最大値, 地震後の残留値を併せて示した。同図から地震時最大値, 地震終了時の地盤反力分布は, FLIP 解析結果, 遠心模型実験結果とも概ね一致した。

図-7 に各加速度での底版反力の最大値, 地震終了時の残留値の分布図を示す。最大値については、加振加速度増加にともないケーソン前趾, 後趾の反力も増加し、ケーソンの海側への前傾により前趾に大きな反力が発生するようである。地震時のについてはケーソン底版の健全性について検討する必要があると考えられる。残留値についても、前趾の反力はケーソンが前傾することで加振前の初期状態より大きな反力が残留することがわかった。

4. まとめ

遠心模型実験による FLIP 解析結果の検証では、ケーソン天端の変位量, ケーソン底版に作用する反力分布ともに想定内あるいは概ね一致し、当該岸壁での増深工法の実証施工が実施可能であると判断した。本報告は、(国研)港湾空港技術研究所から公募された「革新的社会資本整備研究開発推進事業」に対して、五洋建設(株)・東洋建設(株)・東亜建設工業(株)・若築建設(株)・あおみ建設(株)・(株)本間組・みらい建設(株)・りんかい日産建設(株)の 8 社で行ったものの一部である。

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: 重力式系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. 4)小笠原哲也,合田和哉,和田眞郷,三枝弘幸,田中良典: 可塑状グラウト増深工法の開発—その 5:実岸壁での現場実証—, 土木学会第 78 回年次学術講演会 (投稿中)

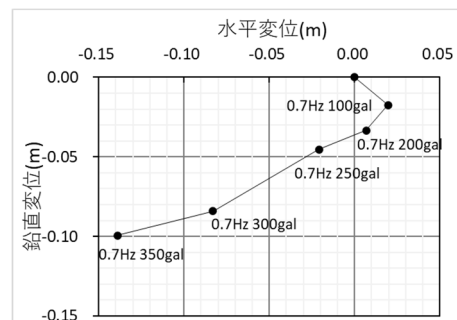


図-4 地震後のケーソン天端の変位

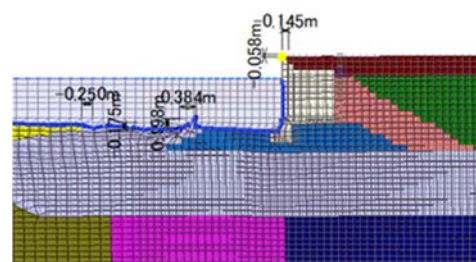


図-5 ケーソン周辺の変位 (FLIP 解析結果)

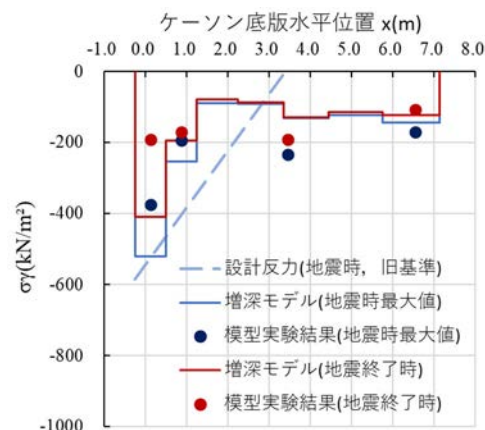


図-6 底版反力分布(地震時最大, 終了時)

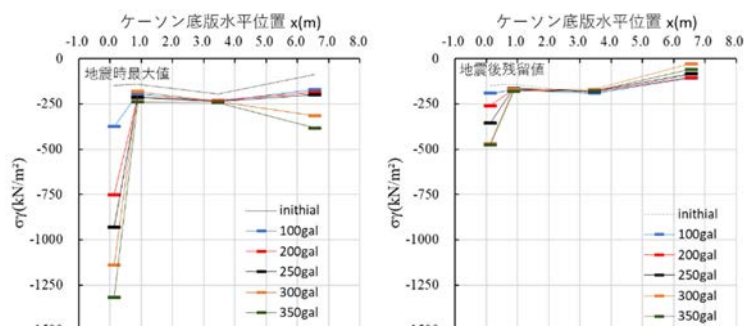


図-7 各加速度での底版反力分布(地震時最大, 終了時)