

富士海岸元富士樋管閉塞対策への沿岸漂砂 上手側構造物の影響に関する水理模型実験

服部博,大西竜太,松田知也

沼津河川国道事務所 工務第一課 (〒410-8567静岡県沼津市下香貫外原3244-2)

富士海岸富士工区(静岡県富士市)に位置する元富士樋管は、富士川河口からの沿岸漂砂による吐口閉塞が問題となっており、これまでに様々な対策が実施されてきたが、抜本的な解決には至っていない。本研究では、遠藤ら(2018)が水理模型実験において最適案として選定した「突堤移設+吐口背後掘削」に対して、現地への適用を踏まえ、平常時波浪や撤去が課題となる既設突堤先端部を残置した場合に、樋管閉塞軽減効果に与える影響を把握するための水理模型実験を行い、効果的な閉塞対策について検討することを目的とする。

キーワード: 水理模型実験, 樋管吐き口閉塞, 突堤

1. はじめに

元富士樋管は、富士海岸富士工区に位置し、四ヶ郷用水路及び元富士2号排水路の用水・排水を、海岸堤防を通過して駿河湾に流すことを目的として設置したものであり、昭和59年12月に完成した(図-1, 写真-1, 写真-2)。計画流量は $43\text{m}^3/\text{s}$ 、計画確率は1/30であり、函の断面は幅 3.4m ×高さ 2.1m の3連構造となっている。吐口は、富士川河口からの沿岸漂砂に配慮し東側に開口している。

この元富士樋管は従来より沿岸漂砂による吐口閉塞が問題となっているため、平成27～28年度に抜本的な閉塞対策について数値シミュレーション等により検討し、効果的と考えられる閉塞対策案の抽出を行った。さらに、遠藤ら(2018)により、閉塞対策案に対する水理模型実験

これについて、平常時波浪に対する土砂堆積や突堤の必要性、既設突堤先端部を残置した場合の土砂堆積効果への影響を検証した。



写真-1 元富士樋管吐口(平成31年1月30日撮影)

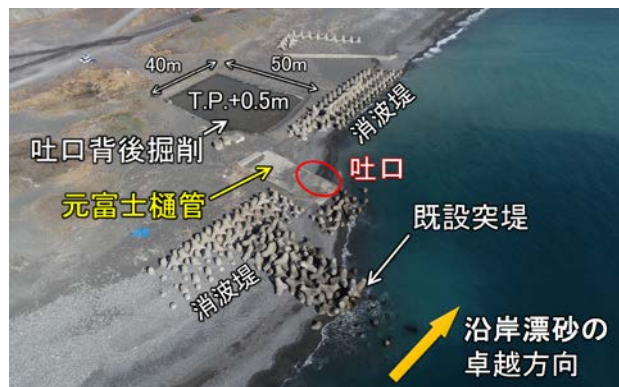


写真-2 元富士樋管空撮(平成31年1月30日撮影)



図-1 元富士樋管位置図

が行われ、「突堤移設+吐口背後掘削」が樋管閉塞対策として効果的であるとの結果を得た。

2. 実験概要

樋管閉塞対策工による面的な地形変化を把握するため、長さ 30m ×幅 16m の平面水槽を用いた移動床実験を行っ

た。

実験条件を表-1に示す。なお、本実験は遠藤ら(2018)の実験との比較のため、施設配置や波浪条件(潮位条件含む)以外は同じ条件とした。

(1) 実験ケース

実験ケースは図-2に示す4案とした。なお、ケース番号は遠藤ら(2018)の実験からの通し番号としている。

ケース6(突堤移設+吐口背後掘削 平常時波浪)は、遠藤ら(2018)で最適案とされたケース5(突堤移設+吐口背後掘削 高波浪)に対して平常時波浪の樋管閉塞軽減効果への影響を把握するためのケースである。ケース7(突堤撤去+吐口背後掘削 高波浪)は、突堤移設の必要性を把握するためのケースである。ケース8(突堤一部残置+吐口背後掘削 平常時波浪)及びケース9(突堤一部残置+吐口背後掘削 高波浪)は、土砂に埋没した既設突堤先端部が撤去できない場合を想定したケースである。これは、残置した突堤の一部が離岸堤のように機能し、残置した突堤の岸側に土砂が堆積することで樋管吐口が閉塞する可能性があることを想定したものである。

(2) 平常時波浪

平常時波浪は、エネルギー平均波を使用した。平成22年～平成27年の原観測所(元富士樋管より東に約10km, T.P.-45m)の波浪観測データを用いて、遠藤ら(2018)と同様に、平面二次元波浪変形計算により、元富士樋管沖(T.P.-20m程度)の波浪条件を求めた。この結果、平常時波浪の実験での入射波は、波高1.1m, 周期6.5s, 波向きをS方向とした。また、平常時波浪造波時の潮位は平均潮位のT.P.±0.0mを採用した。ここで、S方向は汀線に対して70°となるため、模型を傾けて再現した。波浪の造波は、吐口周辺の地形変化が収束傾向を示すまで実施した。

(3) 地形

実験の初期地形は、深浅測量成果を基にモデル化した地形を設定した(図-3)。ここで、元富士樋管から移設後突堤までの区間は掘削し、元富士樋管下手側の地形と同じ断面とした。ただし、ケース7(突堤撤去+吐口背後掘削 高波浪)は、既設突堤整備以前の状況を再現するため、樋管上手側も樋管下手側と同地形とした。また、ケース9(突堤一部残置+吐口背後掘削 高波浪)の初期地形は、吐口が閉塞しやすい条件としてケース8(突堤一部残置+吐口背後掘削 平常時波浪)の8時間造波後の地形とした。

(4) 計測項目

1時間毎の地形変化を面的に把握するため、3Dレーザ

ースキャナで地形を計測した。

表-1 実験条件

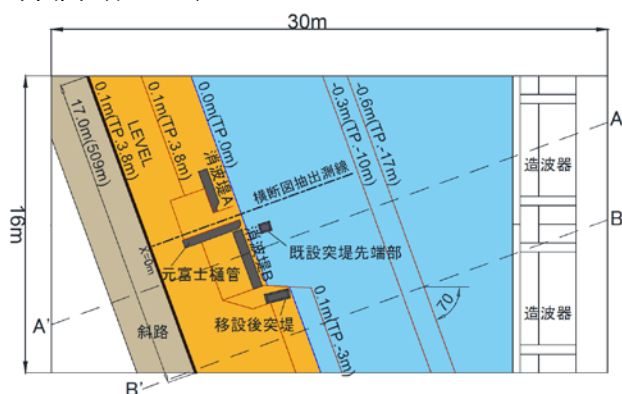
項目	条件
実験水槽	長さ 30m×幅 16m×深さ 1m
実験縮尺	1/30
波浪条件	高波浪：波高 8.3cm(2.5m), 周期 1.64s(9.0s), 造波時間 4 時間(21.9 時間) 平常時波浪：波高 3.7cm(1.1m), 周期 1.19s(6.5s), 造波時間 8 時間(43.8 時間) 不規則波(修正ブレードシュナイダー・光易型)
潮位条件	高波浪：2.1cm(T.P.+0.62m, H.W.L.) 平常時波浪：0cm(T.P.±0.0m, M.W.L.)
底質粒径	$d_{50}=0.2\text{mm}(4.0\text{mm})$
実験ケース	ケース 6：突堤移設+吐口背後掘削 平常時波浪 ケース 7：突堤撤去+吐口背後掘削 高波浪 ケース 8：突堤一部残置+吐口背後掘削 平常時波浪 ケース 9：突堤一部残置+吐口背後掘削 高波浪

()は現地スケールを示す

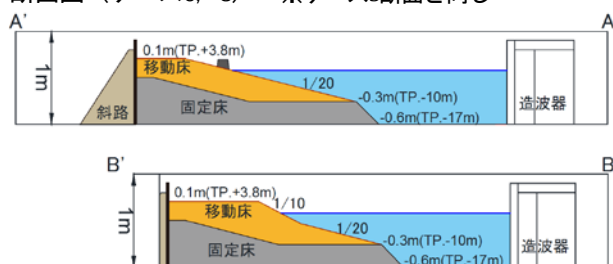


図-2 実験ケース(施設配置)

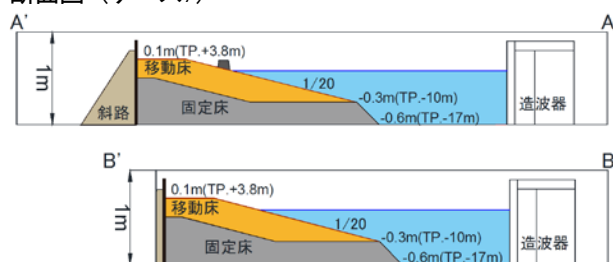
平面図（ケース8）



断面図（ケース6, 8） ※ケース5断面と同じ



断面図（ケース7）



断面図（ケース9）

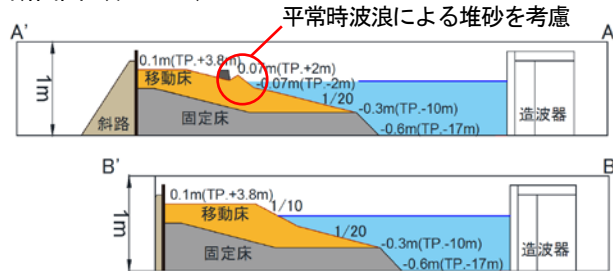


図-3 模型平面図及び断面図

表-2 構造物の諸元

施設名	諸元
移設後突堤	天端延長 1.1m(33m), 天端幅 0.4m(11m), 天端高 0.3m(TP.+7.9m), 多層積(空隙率 50%)
既設突堤先端部	天端延長 0.5m(14m), 天端幅 0.4m(11m), 天端高 0.1m(TP.+2.5m), 1層積
消波堤 A	天端延長 2.3m(69m), 天端幅 0.5m(15m), 天端高 0.1m(TP.+3.0m), 1層積
消波堤 B	天端延長 3.3m(100m), 天端幅 0.5m(15m), 天端高 0.1m(TP.+3.0m), 1層積

()は現地スケールを示す

3. 実験結果

以下に、実験終了時まで(高波浪：4時間後、平常時波浪：8時間後)の断面変化(樋管から東側0.2m地点(現地スケール：東側6.0m地点)、図-3 平面図 横断面抽出測線)及び吐口周辺の写真を示す。

(1) ケース6(突堤移設+吐口背後掘削 平常時波浪)

実験開始から3時間後に樋管先端のX=5.05m付近にバームが形成され、8時間後には沖側のX=5.15m付近に移動している(図-4)。また、8時間後のバーム高はY=0.065m(現地スケール:TP.+1.95m)となり、吐口前面に多少の堆砂が見られたが、樋管内の堆砂は僅かであった。

ここで、平常時は樋管からの流水が吐口周辺の地形変化に与える影響が大きいものと考え、8時間後の地形に対して樋管に通水した状態での実験を30分間実施した。なお、通水の流量は現地換算で毎秒1t程度とした。その結果、写真-3に示すように水の流れが樋管下手側へ移動し、海へ抜ける状況を確認した。同様の現象は過去に現地でも確認されている(写真-4)。

(2) ケース7(突堤撤去+吐口背後掘削 高波浪)

実験開始から2時間後に樋管吐口岸側のX=4.4m付近にバームが形成され、4時間後にはX=4.55m付近に移動している(図-5)。また、4時間後のバーム高はY=0.075m(現地スケール:TP.+2.25m)であり、吐口前面に堆砂し、樋管内には大量の土砂が堆砂した(写真-5)。

(3) ケース8(突堤一部残置+吐口背後掘削 平常時波浪)

実験開始から3時間後に樋管先端のX=5.1m付近にバームが形成され、8時間後にはX=5.0m付近に移動している(図-6)。8時間後のバーム高はY=0.05m(現地スケール:TP.+1.50m)である。樋管吐口周辺地形はケース6と同様に吐口前面に多少の堆砂が見られたが、樋管内の堆砂は僅かであったため、樋管から排水可能と判断した。

(4) ケース9(突堤一部残置+吐口背後掘削 高波浪)

実験開始から1時間後にX=4.9m付近にバームが形成され、4時間後にはX=4.7m付近に移動している(図-7)。また、4時間後のバーム高は樋管天端付近のY=0.09m(現地スケール:TP.+2.70m)であり、吐口がほぼ閉塞した。

ここで、残置した既設突堤先端部の吐口閉塞への影響を確認するため、残置していた既設突堤先端部を撤去し、高波浪を1時間造波した。その結果、吐口周辺のバーム頂点位置が陸側に押し込まれたことにより、吐口閉塞が改善する傾向がみられた。

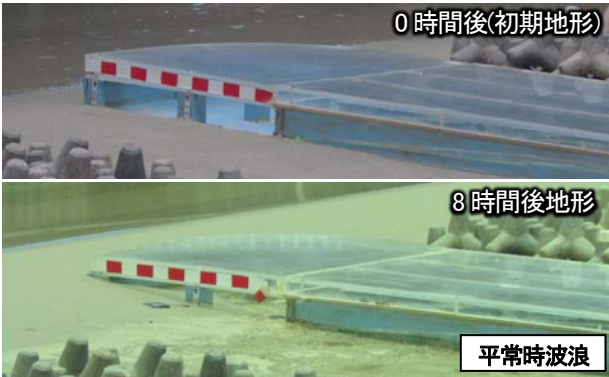
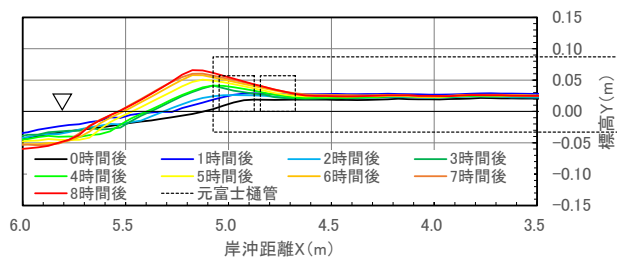


図-4 ケース6(突堤移設+吐口背後掘削) 実験結果

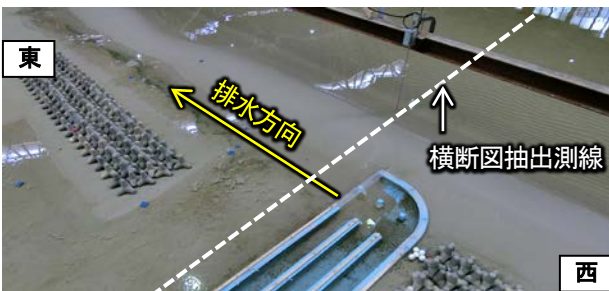


写真-3 樋管通水時の状況(8時間後地形)



写真-4 現地の状況(平成22年7月撮影)

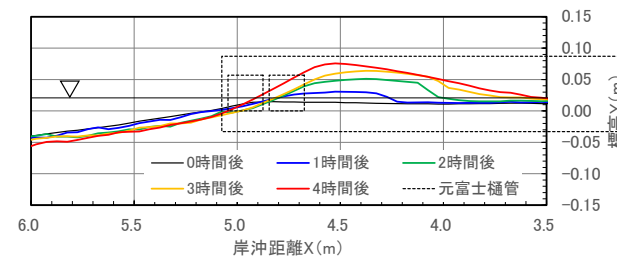


図-5 ケース7(突堤撤去+吐口背後掘削) 実験結果



写真-5 ケース7(突堤撤去+吐口背後掘削) 樋管内部の状況

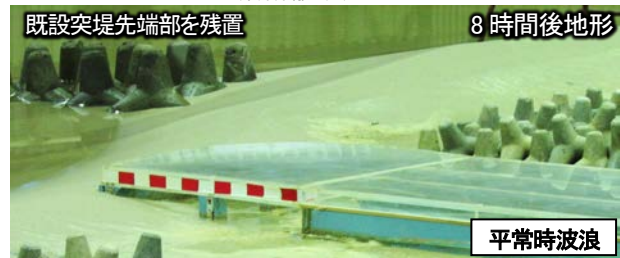
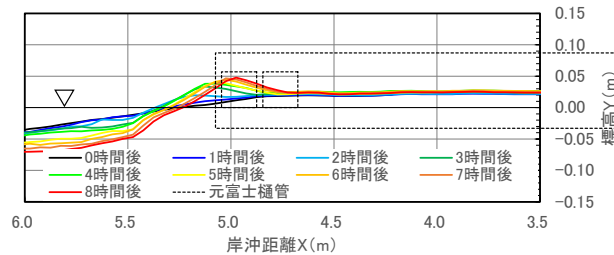


図-6 ケース8(突堤一部残置+吐口背後掘削) 実験結果

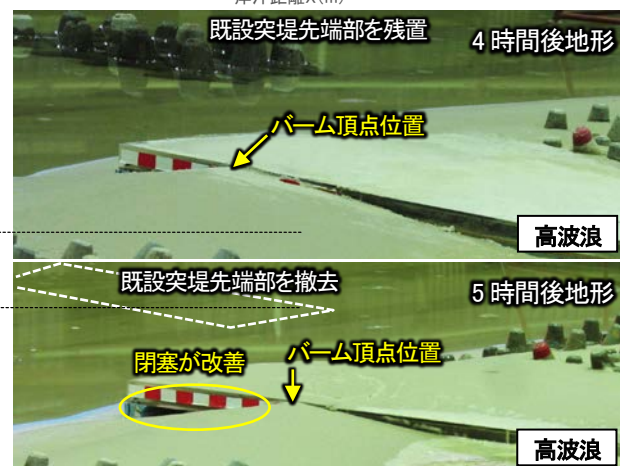
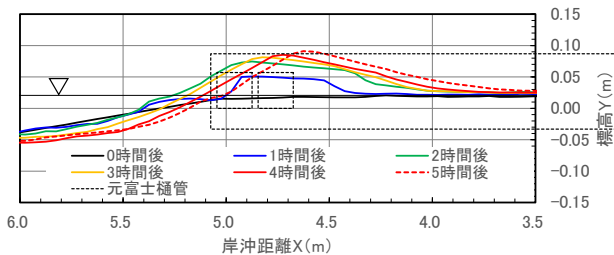


図-7 ケース9(突堤一部残置+吐口背後掘削) 実験結果

4. 考察

(1) 平常時波浪に対する影響

ケース6(突堤移設+吐口背後掘削 平常時波浪)の結果

より、吐口前面に多少の堆砂が見られたが、排水可能であることが確認されたため(写真-3)、突堤移設+吐口背後掘削は平常時波浪に対しても効果があるといえる。

(2) 突堤移設の必要性

図-8に0時間後～4時間後のブロック別の土量変化を示す。ケース5(突堤移設+吐口背後掘削 高波浪)では、区間aの堆砂量が多いことから、沿岸漂砂は移設後突堤先端を通過後、主にそのまま沖側を通過していると推察される。一方、ケース7(突堤撤去+吐口背後掘削 高波浪)では突堤を撤去したことで、沿岸漂砂は汀線際(区間c)を通過する量が多いため、バーム形成に寄与する漂砂量が多くなり、吐口前面の堆砂に影響したと推察される。

これにより、ケース7では汀線際の沿岸漂砂が元富士樋管により捕捉されているのに対し、ケース5では移設後突堤がコントロールポイントとなり、吐口周辺の堆砂が抑制され、吐口閉塞が軽減されたと推察される(写真-6)。

以上から、既設突堤撤去後は、元富士樋管の沿岸漂砂上手側に突堤を移設する必要がある。

(3) 既設突堤先端部残置の影響(平常時波浪)

ケース6(突堤移設+吐口背後掘削 平常時波浪)とケース8(突堤一部残置+吐口背後掘削 平常時波浪)を比べると、既設突堤先端部を残置したケース8は全て移設したケース6より吐口周辺のバームの規模が小さい(図-4、図-6)。これは、残置した既設突堤先端部が沿岸漂砂を捕捉し、既設突堤先端部の沿岸漂砂下手側が侵食域となったためと推察される(図-9)。

以上から、平常時波浪では既設突堤先端部の残置による吐口閉塞への影響はない。

(4) 既設突堤先端部残置の影響(高波浪)

既設突堤を全て移設したケース5(突堤移設+吐口背後掘削 高波浪)は吐口が閉塞しなかったが(写真-6)、既設突堤先端部を残置したケース9(突堤一部残置+吐口背後掘削 高波浪)は吐口が閉塞した(写真-7)。これは、残置した既設突堤先端部が離岸堤のような機能を発揮し、既設突堤先端部の背後にトンボロが形成されたためと推察される。

ここで、ケース9の4時間後に対して既設突堤先端部を撤去し、1時間造波した。その結果、移設後突堤と元富士樋管の間の汀線が後退し、吐口閉塞が改善された(写真-7)。

以上から、既設突堤先端部の残置は、高波浪時には吐口閉塞への影響があるといえる。

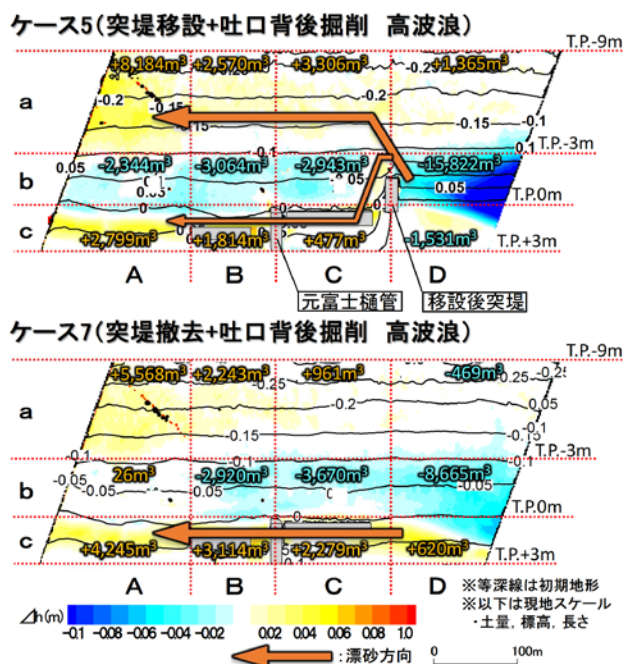


図-8 ケース5、7の0時間後～4時間後の地盤高の差分

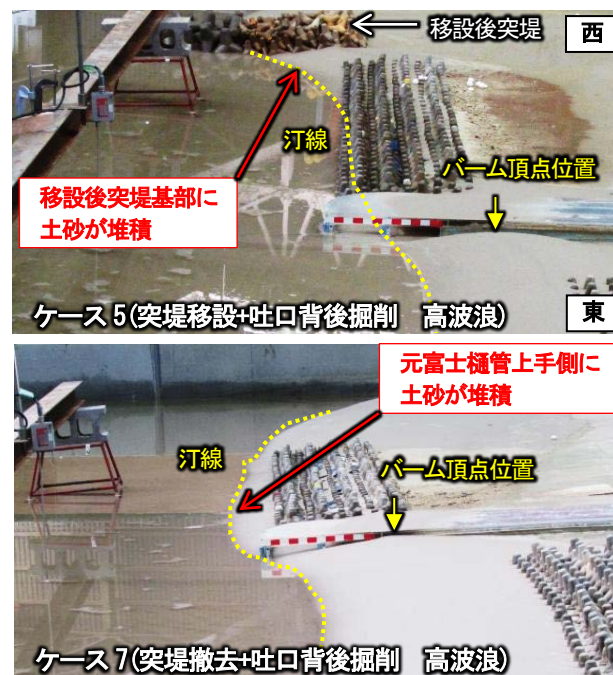


写真-6 移設後突堤の有無による造波後の汀線形状(4時間後)

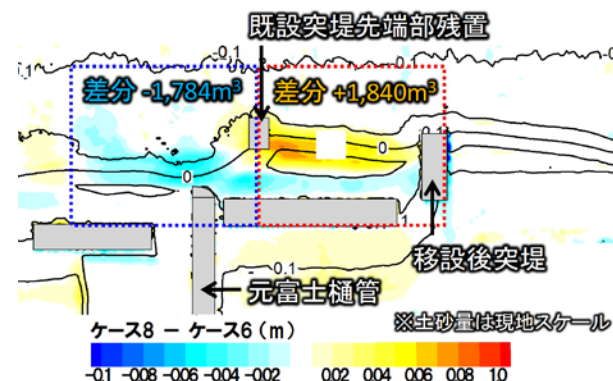


図-9 ケース6、8の8時間後の地盤高の差分図

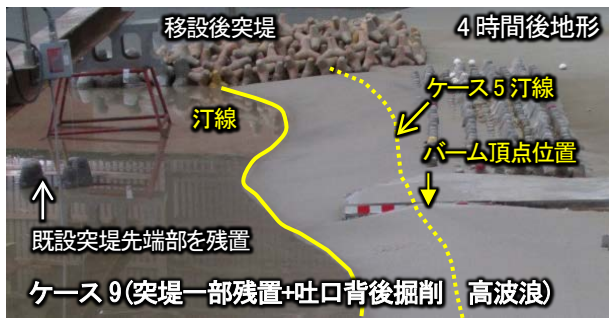


写真-7 既設突堤先端部残置による造波後の汀線形状

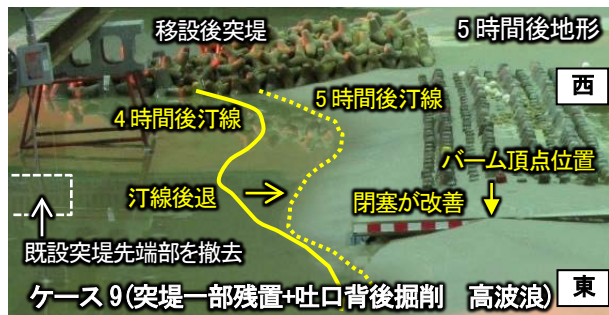


写真-8 既設突堤先端部撤去後の汀線形状

5. おわりに

本実験により、突堤移設+吐口背後掘削は平常時波浪に対しても樋管閉塞軽減効果が確認された。また、元富士樋管の沿岸漂砂上手側に突堤が必要であること、既設

突堤先端部の海底より露出している部分は撤去する必要があることがわかった。

以上から、「突堤移設+吐口背後掘削」が、元富士樋管の閉塞対策として最適であると判断した。

謝辞：水理模型実験の計画及び効果評価にあたっては、前東京大学大学院佐藤慎司教授、名古屋工業大学喜岡涉名誉教授、また、国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室加藤史訓室長、野口賢二主任研究官、福原直樹研究官に貴重なご助言・ご指導を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 遠藤久巳，程谷浩成，杉澤文仁，古谷佳丈，辺見聡，浅野剛：富士海岸 樋管閉塞対策の水理模型実験，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.74，No.2，pp.I_913-I_918，2018.
- 2) 須賀 堯三：水理模型実験，山海堂，1990.
- 3) 合田良實：耐波工学 港湾・海岸構造物の耐波設計，鹿島出版会，2008.
- 4) 堀川清司，砂村継夫，近藤浩右：波による二次元海浜変形に関する実験的研究，海岸工学講演会論文集，第21巻，pp.193-199，1974.
運輸省港湾技術研究所：港湾技術研究所報告(REPORT OF P.H.R.I.)，第22巻 第3号，pp. 83-124，1983.