

防波堤前面での海底地盤変化の実態

土 市 進*・渡 辺 清**・北 沢 壮 介***・山 田 孝 嗣****

1. ま え が き

昭和 30 年代後半から進められて来た外海に面した砂浜海岸における港湾の建設は、一般的に防波堤を汀線に直角に突き出し水深 $-6\text{m} \sim -10\text{m}$ を越えると屈曲させ、港内航路・泊地の静穏度を確保出来るまで沖に向って延伸するという考え方にに基づき実施されている。特に砕波領域から重複波領域にかけて設置されている防波堤曲部については、昭和 40 年代の高度成長の時代に防波堤前面の洗掘についての十分な資料もないまま急速に施工された施設が多く、所によっては洗掘により被災に至る例も発生している。このような状況のもと従来はあまり問題視されていなかった水深の大きい領域に設置されている防波堤周辺の洗掘の実態を把握するとともに、それらに対する対策工法の確立が望まれている。

本報告は、福井県以北の日本海側の主要な港湾の防波堤を対象として、防波堤前面の深浅図の変化を基に水深の大きい領域における海底地盤変化の特性の把握を試みたものである。

2. 顕著な洗掘の事例

図-1 (a), (b) は顕著な洗掘が生じている新潟東港西防波堤と福井港南防波堤の平面形状を示すものである。図-2 (a) は新潟東港西防波堤折点より 1,500m 付近の断面を示している。この箇所では昭和 42 年先行基礎マウンド施工前の水深は -14m であったが、堤体設置後の昭和 47 年 5 月時点では -16m 、6 年後の昭和 53 年 7 月時点では -18.5m 、昭和 59 年 6 月時点では -19m と防波堤設置前水深に比べると洗掘の深さは 5m に達し、マウンドの法部が崩壊している。本防波堤では折点付近の水深 -6m でもこのような洗掘事例が報告されている¹⁾。

図-2 (b) は福井港南防波堤折点より 1100m 付近の断面を示している。この箇所では昭和 51 年の先行基礎

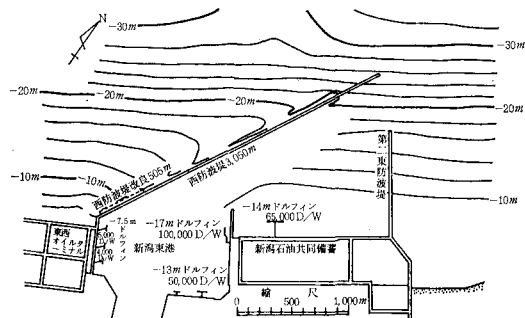


図-1(a) 新潟東港西防波堤位置図

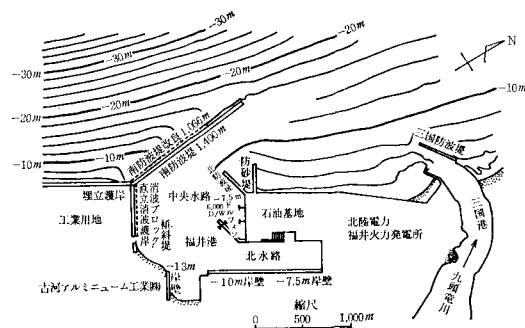


図-1(b) 福井港南防波堤位置図

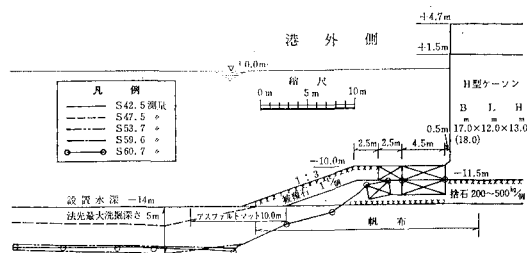


図-2(a) 新潟東港西防波堤折点より 1500m 付近

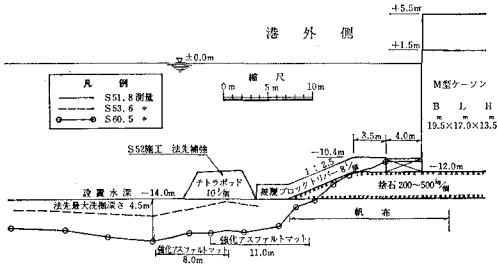
マウンド施工前の水深は -14m であったが、堤体を設置し越冬後の昭和 53 年 6 月時点では -16.8m 、昭和 60 年 5 月時点では -18.5m となり、防波堤設置前水深に比べると洗掘の深さは 4.5m に達し、マウンドの法

* 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所工事専門官

** 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所建設専門官

*** 正会員 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所建設専門官

**** 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所次長



(b) 福井港南防波堤折点より 1100 m 付近

図-2 顕著な洗掘の事例

部が崩壊している。なお、本防波堤では、昭和 51 年の越冬後折点より 500 m 付近の基礎マウンド法先で 3 ~ 4 m の洗掘が生じ、マウンドの法部が崩壊していることが判明したため、図-2 (b) の箇所では堤体の設置と同時に 10 t/個 のブロックで法先補強を行っているにもかかわらずこのような大きな洗掘が生じている。

3. 著しい洗掘の発生箇所とその特徴

防波堤前面での洗掘が特に著しい新潟東港、福井港について、防波堤建設経過に伴う海底地盤の平面的、縦断方向の変化から洗掘の特徴を述べると次のとおりであ

る。

(1) 新潟東港西防波堤

本防波堤の折点付近の A 区間の堤体の着手は、図-3 に示すように昭和 40 年であり、それ以降昭和 60 年までの 20 年間に約 3000 m を施工している。設置水深も -6 m から -27 m へと大水深化している。防波堤建設の進捗と堤体前面の海底地盤の変化を図-3 でみると、堤体前面から 200 m の範囲において次のことがいえる。

水深 -18 m の等深線と防波堤法線とのなす角度が、防波堤設置前の昭和 40 年における 30 度からほぼ直角に変化して来ている。また、前面 100 m 範囲では防波堤沿に洗掘が帯状に発生している。なお、-22 m 以深の等深線は沖に向かって張り出し堆積の傾向を示しているが、これは床掘置換 (M-2 区間)、置砂マウンド (M-1, N区間) の施工等の影響も考えられる。

図-4 は堤体前面から 40 m, 100 m, 200 m の地点における海底地盤の縦断方向の時間的変化を示したものである。堤体前面 40 m でみた場合、設置前水深 -14 m までは 4 m 以上洗掘されているが、それ以深は漸減しており水深 -20 m を越えると変化はほとんどない。また、洗掘深さは小さくなっているが、100 m, 200 m に

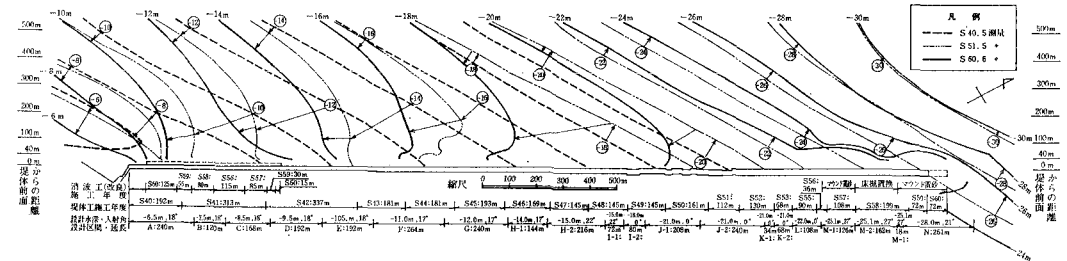


図-3 防波堤の建設に伴う海底地盤の平面的変化 (新潟東港西防波堤)

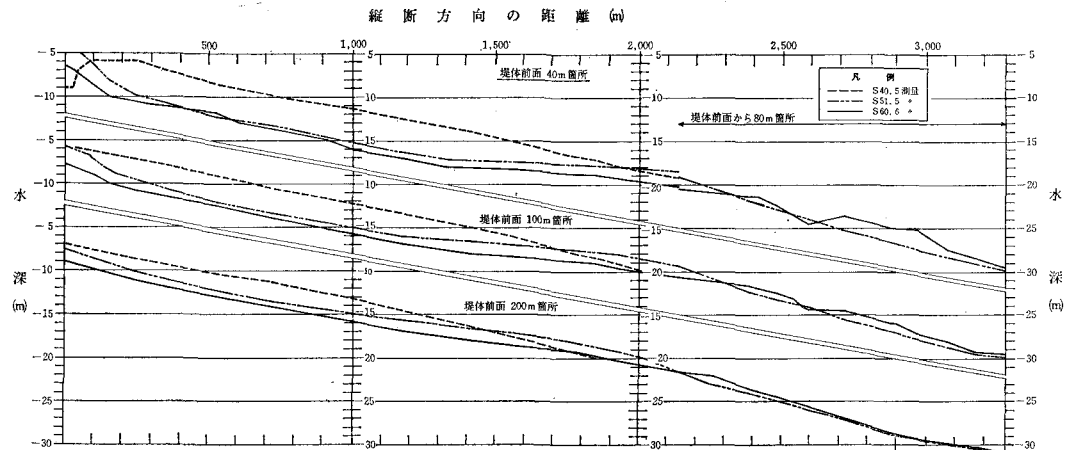


図-4 防波堤の建設に伴う海底地盤の縦断的变化 (新潟東港西防波堤)

おいても同様の傾向を示している。

図-5 は防波堤設置前の昭和40年5月時点と昭和60年6月時点の間に堤体前面40mの海底地盤がどのように変動したかを表わした図である。設置前の水深-11m~-14m付近までは施工後短期間に4mも洗掘されているが、それ以後の変動は少ない。一方、-14m~-20m付近では、水深が大きくなるに従い洗掘深さが漸減しているとともに、長期間にわたり徐々に洗掘が進んでいる。-14m付近までは230m/年、それ以深では110m/年のペースで延長が伸びており、施工速度も洗掘の量、出現の時間的変化に影響を及ぼすものと考えられる。

(2) 福井港南防波堤

本防波堤の折点のG区間の堤体の着手は図-6に示すように昭和49年であり、それ以降昭和53年までの5年間に1400mを施工している。設置水深は-10m~-16mの範囲である。図-6からみると、平面上の変化は堤体前面200mではあまりみられず、前面100mでは設置前の水深-10m~-16m付近で堤体に沿って洗掘が発生している。前面40mでは全延長にわたり顕著な洗掘が带状に生じている。

海底地盤の縦断方向の時間的変化を図-7からみると、前面40mでは、堤体が完了した昭和53年6月時点で折点から500m付近、昭和55年6月時点では折点から1000m付近、昭和60年5月時点では折点から1400m付近へと洗掘の発生位置が先端に移行するとともに、洗掘深さが深くなっている。一方、昭和55年6月時点で折点から500m付近、昭和60年5月時点で折点から1000m付近では堆積が発生している。これは図-6に示すように昭和53年より折点のG区間から港内静穏度確保のため堤体前面を消波ブロックで被覆する改良工事を実施したためと考えられ、改良が進むにつれて改良済区間で堆積し、未改良区間で洗掘される状況を表わしている。

図-8によれば、防波堤設置前の昭和49年11月時点と比較して堤体が概成した昭和52年6月時点ですでに洗掘が発生し、水深-10m地点では洗掘深さが4mに達している。改良工事に着手した昭和53年以降の変化をみると、改良工事が全延長の約50%に達した昭和55

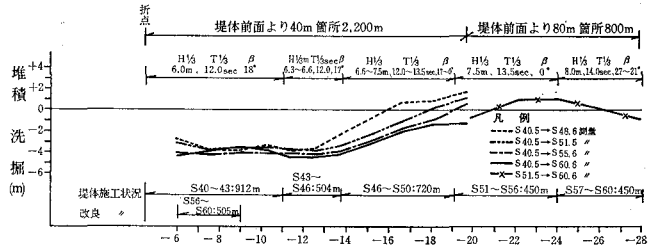


図-5 防波堤設置前の水深と設置後の変動量(新潟東港西防波堤)

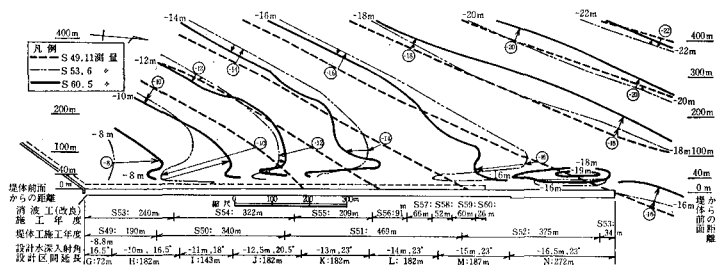


図-6 防波堤の建設に伴う海底地盤の平面的平化(福井港南防波堤)

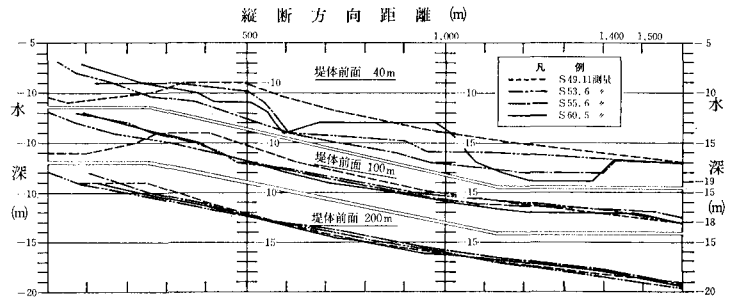


図-7 防波堤の建設に伴う海底地盤の縦断的变化(福井港南防波堤)

年6月時点では、折点付近において約2mの堆積がみられ、昭和60年6月時点では改良済区間で堆積が最大4mに達しているところがある。

4. 管内における洗掘の特徴

(1) 他港における洗掘の特徴

堤体前面40mの位置でみた他港の防波堤における海底地盤の変動状況は、次のとおりである。

a) 金沢港西防波堤

図-9より、防波堤設置前の昭和41年5月時点と防波堤の延長が約60%まで伸びた昭和49年7月時点とを比較すると防波堤設置区間において洗掘がみられ、特に折点の水深-7m付近では4mの洗掘が発生し、昭和43年1月にはケーソンが移動する被災が発生している¹⁾。

一方、防波堤の未施工区間においては堆積傾向がみられる。昭和 50 年より堤体前面を消波ブロックで被覆する改良工事が始まるが、改良済区間において堆積がみられる。ただし、改良が進むとともに堆積量が減少するところもある。水深 -12m 以深については、防波堤の延長とともに防波堤未設置部に堆積がみられ、これは年とともに先端へ移行していく傾向が認められる。

b) 秋田港南防波堤

図一10 より、防波堤設置前の昭和 43 年 6 月時点と比較すると、防波堤が折点 (I) から約 1000m まで伸びた昭和 48 年 7 月時点ではあまり洗掘はみられないが、4 年経過後の昭和 52 年 10 月時点では水深 -12m 付近で 2m の洗掘が発生している。さらに昭和 60 年 6 月時点では折点 (II) の水深 -18m 付近まで洗掘が顕著に進み、洗掘深さは一様に約 2.5m 程度となっている。

c) 酒田港北防波堤

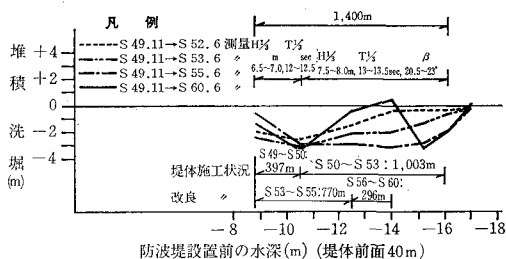
図一11 より、防波堤設置前の昭和 47 年 7 月時点と比較すると、防波堤の延長が約 50% まで伸びた昭和 50 年 6 月時点では防波堤設置区間において洗掘がみられ、延伸が完了した昭和 54 年 7 月時点では洗掘が一層進んでいる。さらに昭和 57 年 6 月時点では水深 -12m 付近で最大洗掘深さは 3m となっている。その後昭和 59 年 10 月時点と比較すると防波堤全区間にわたって堆積がみられる。

(2) 各防波堤間の海底地盤変動量の比較

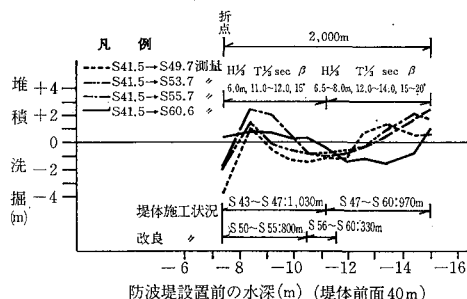
防波堤縦断方向にみた防波堤設置前の水深と設置後の最大洗掘深さとの関係について、各防波堤間の比較を図一12 に示す。また、堤体前面への消波ブロックの設置による改良工事の施工延長が比較的長い福井港南防波堤と金沢港西防波堤について、防波堤設置前から改良工事着手前まで、および改良工事着手後から昭和 60 年までの変動量を図一13 に示す。

これらの図から、今回検討対象とした防波堤の前面での海底地盤変化の特徴をまとめると、次のとおりである。

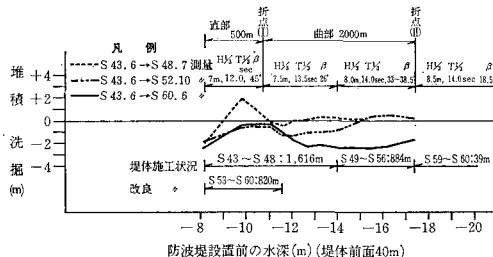
- ①比較的水深の大きな領域においても、堤体前面でかなりの洗掘現象が発生しており、防波堤の延伸とともに洗掘位置が先端方向へ移行する傾向がみられる。
- ②堤体前面の洗掘量は新潟東港西防波堤でもっとも大きく堤体近傍では最大約 5m にも達している。
- ③堤体前面の洗掘が生じる範囲は防波堤によって異なるが、洗掘量は堤体近傍でもっとも大きく、堤体から離れるに従って小さくなる傾向にある。
- ④最大洗掘深さは、水深が -12m 付近を越えると深くなるに従い小さくなる傾向が認められる。た



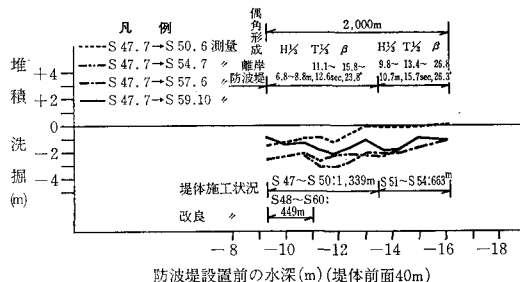
図一8 防波堤設置前の水深と設置後の変動量 (福井港南防波堤)



図一9 防波堤設置前の水深と設置後の変動量 (金沢港西防波堤)



図一10 防波堤設置前の水深と設置後の変動量 (秋田港南防波堤)



図一11 防波堤設置前の水深と設置後の変動量 (酒田港北防波堤)

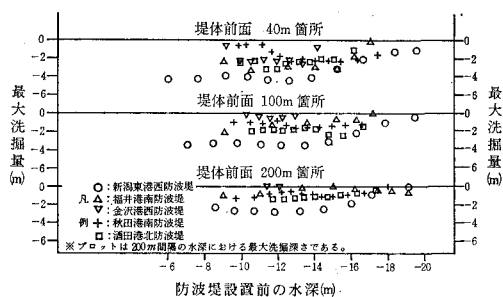
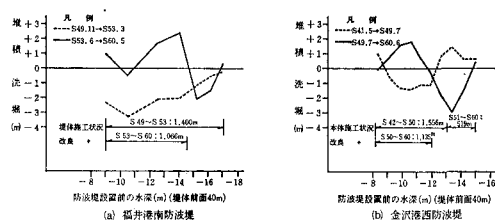


図-12 防波堤設置前の水深と設置後の最大洗掘深さ



(a) 福井港南防波堤

(b) 金沢港西防波堤

図-13 改良工事前後の変動量

だし、今後防波堤がさらに延伸された場合、どのように変動するかは明らかでない。

- ⑤堤体の設置後改良により消波ブロックを設置した事例をみると、堤体の設置により生じた洗掘は、消波ブロックの設置区間においては堆積に変化し、一方その先の消波ブロックが設置されていない区間では

洗掘が進む傾向が認められる。

5. あとがき

福井県以北の日本海側の主要な港湾の5つの防波堤を対象として、過去20年間の深浅図をもとに、堤体前面の海底地盤の変化を防波堤の延伸状況と合わせて検討した。その結果、各防波堤の置かれた自然条件や施工状況によってその値は異なるが、比較的水深の大きな領域においてもかなりの洗掘が発生していることが明らかとなった。

従来、水深の大きな領域においては洗掘に関する現地のデータも少なく、防波堤の設計時に洗掘に対する考慮が十分にはなされていなかったのが実情であるが、今後防波堤の建設位置が大水深化していく状況において、洗掘現象のより一層の解明と洗掘を考慮した合理的な設計法と構造の検討が必要と考えられる。そのため今後は、外力である来襲波浪の諸元、および防波堤マウンドの高さと長さなどの構造諸元を考慮した洗掘実態の分析、高波浪時における洗掘現象の現地観測調査、水理模型実験による効果的なマウンド法尻の洗掘対策工の検討などを実施していく予定である。

参考文献

- 1) 和田善吉・西村一男・楢井康裕：防波堤の洗掘および海岸の欠壊について、第17回海岸工学講演会論文集，pp. 311～316，1970