

石狩湾新港東防砂堤の吸出しによる 沈下被災について

Subsidence Caused by Scour from the East Groin of Ishikari Bay New Port

早川篤¹・宮部秀一²・高田稔年³・上杉智⁴・荒川泰二⁵

Atsushi HAYAKAWA, Shuichi MIYABE, Narutoshi TAKADA, Satoru UESUGI and Taiji ARAKAWA

¹非会員 北海道開発局 小樽港湾建設事務所 (〒047-0008 小樽市築港2番2号)

²正会員 北海道開発局 小樽港湾建設事務所 (〒047-0008 小樽市築港2番2号)

³非会員 北海道開発局 稚内港湾建設事務所 (〒097-0001 稚内市末広4丁目5-33)

⁴非会員 北海道開発局 小樽港湾建設事務所 (〒047-0008 小樽市築港2番2号)

⁵非会員 国土交通省 環境・技術課 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3 中央合同庁舎3号館)

After the East Groin of Ishikari Bay New Port subsided, we gathered data on the average caisson height and on the significant wave height measured at the surface where the water depth was 24 m in the sea offshore of the port. These two types of data were compared to investigate the relationship between the subsidence and waves. Also, we examined the causes of the subsidence and countermeasures based on the results of post-subsidence surveys, including an onsite survey. The examination revealed that when high waves cause subsidence that progresses to some extent, there was no major subsidence after that extent. The post-subsidence soil survey confirmed that the scour occurred after the subsidence. The onsite survey indicated that mat installation was an effective countermeasure against scour.

Key Words : scour, scour protection works, subsidence

1. はじめに

港湾構造物において、長期的な安定を視野に整備を図っていくことは、被災を受けたときの復旧費用等を考慮していくと、非常に重要な課題である。

石狩湾新港では、昭和50年に島防波堤が法先洗掘によって被災してから、法先洗掘防止工に工夫を凝らし、防波堤の建設を行ってきた。しかし、平成13年12月に低気圧の影響により、石狩湾新港東防砂堤においてケーソン本体及び消波ブロックが沈下し、それらに伴い上部コンクリートの破損などの被害が発生した。

本報告は、被災前後の気象・波浪、地盤の自然条件、設計条件及び被災内容を整理し、既往文献などを参考のうえ、沈下要因及び今後の対策について取りまとめたものである。

2. 東防砂堤

(1) 設計条件と設計断面

東防砂堤は、石狩湾新港東地区において WNW～NNW 方向の波浪による影響で、東方向から発生す

る海浜流及び環流の流れに乗った掃流砂により、中央航路港口の島防波堤先端付近の土砂堆積及び漁港区に隣接する港口から港内への土砂流入を防ぐために平成13年から建設されている。図-1は、東防砂堤の位置を示している。設置水深は-6.4m(L.W.L)、堤体設置位置における設計波高は、 $H1/3=4.6\text{m}$ 、 $T=10.9\text{s}$ 、 $\beta=0^\circ$ である。

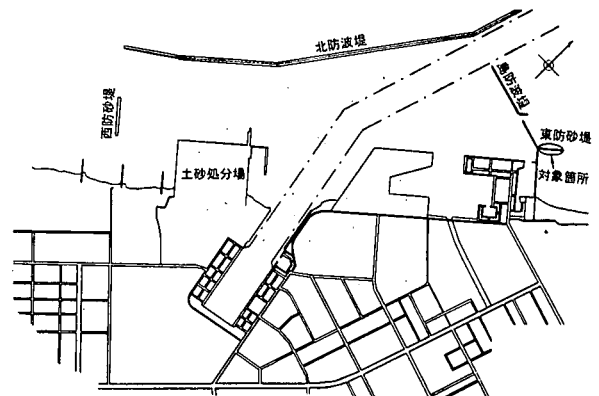


図-1 東防砂堤位置図

構造は、図-2, 3 に示すとおりマウンド水深-4.0m, 前面は2 t型ブロックにより吸出し防止を施している。また、消波ブロック法先から5/32・Lまでは石かごによる洗掘防止工を行い、堤幹部の前面消波工は12.5 t型ブロックで被覆し、堤頭部においては20 t型ブロックを用いている。

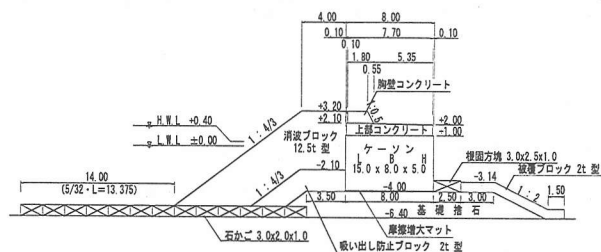


図-2 堤幹部設計断面図

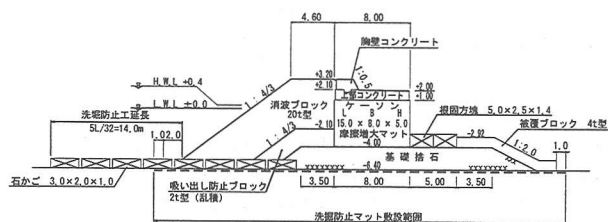


図-3 堤頭部設計断面図

なお、東防砂堤は、入射角が法線直角になること、また、北防波堤からの回折波が堤体に作用することから洗掘が懸念された。このため、法先洗掘に対し、過去の沈下事例と近い条件のため、実績のある消波工法先から5/32・Lの海底面を石かごで被覆する方法を採用した。(図-4, 5) 堤頭函は、ケーソンの角部近傍を中心に速い流れが発生することによって起こる吸出しを防止する目的で、図-3 に示すとおりマットを敷設した。

平成13年度は、圧密沈下の対策として60cmの捨石余盛りを行い、上部コンクリート天端高+2.7m(港外侧)まで施工し、消波ブロックを据え付けた。

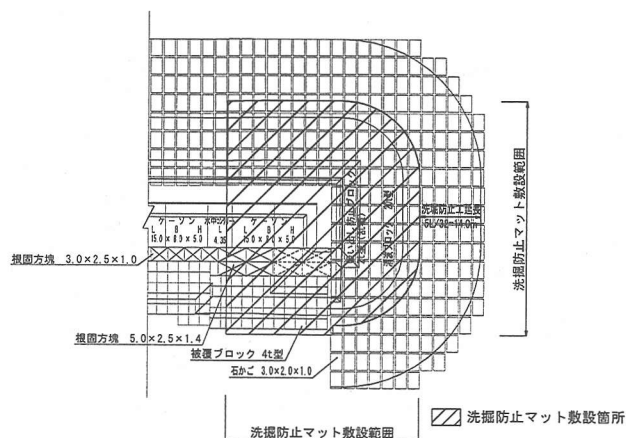


図-4 対策平面図

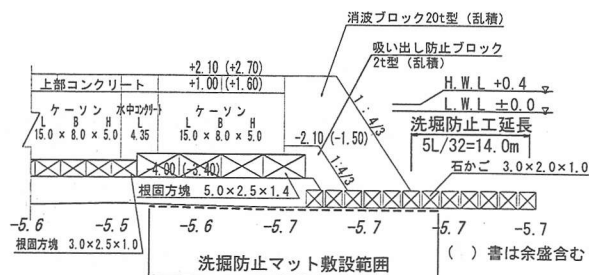


図-5 対策縦断面図

(2) 沈下の経緯

写真-1 は、東防砂堤の沈下状況を示している。写真-2は、東防砂堤の基部側の状況である。写真-3は、東防砂堤の先端側である。これらの写真より、沈下の程度に差はあるものの、全延長に渡ってケーソン本体及び消波ブロックが沈下していることがわかる。なお、測量結果より基部側及び堤頭部の被害は他に比べると些少であった。



写真-1 沈下状況



写真-2 基部側状況



写真-3 先端側状況

図-6 は、No.9 ケーソンの沈下断面図を示したものである。この図において、防波堤前面消波工法尻付近から、消波工全体が大きく沈下していることがわかる。さらに、堤体は港外側で 130.5 cm、港内側で 158.9 cm と大きく沈下した。

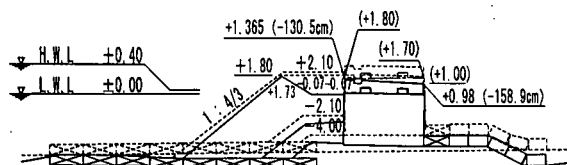


図-6 沈下断面図

(3) 沈下の要因

(a) 波浪

表-1 は設計波と沈下要因となる来襲波浪を比較したものである。表-1 より来襲波は設計波に比べ小さいことがわかる。図-7 は、石狩湾新港沖(水深-24m)で観測された有義波高と沈下が大きいNo.9 ケーソン平均天端高さの推移を示している。

表-1 設計波高の比較

	Hmax (m)	H1/3 (m)	T (sec)
設計波	5.9	4.6	10.9
来襲波 (H13.11.26 23:00)	5.1	3.0	7.9
来襲波 (H13.12.7 20:00)	5.1	3.5	8.2
来襲波 (H13.12.15 19:00)	5.4	3.9	9.3

次に、図-8 は、沈下が大きい平成 13 年 12 月 6 日から平成 14 年 1 月 15 日までの有義波高・周期と No.9 ケーソン平均天端高さの推移を示している。平成 13 年 12 月 13 日のケーソン平均天端高 +0.448m に対して、平成 13 年 12 月 26 日は +0.035 と 14 日間で約 41 cm 沈下している。これは、12 月 14 日からの高波浪によるものと考えられる。一方、12 月 26 日以降は高波浪が来襲しているにもかかわらず約 2 cm の沈下量である。このことから、ある程度沈下が進むと落ち着くことがわかる。

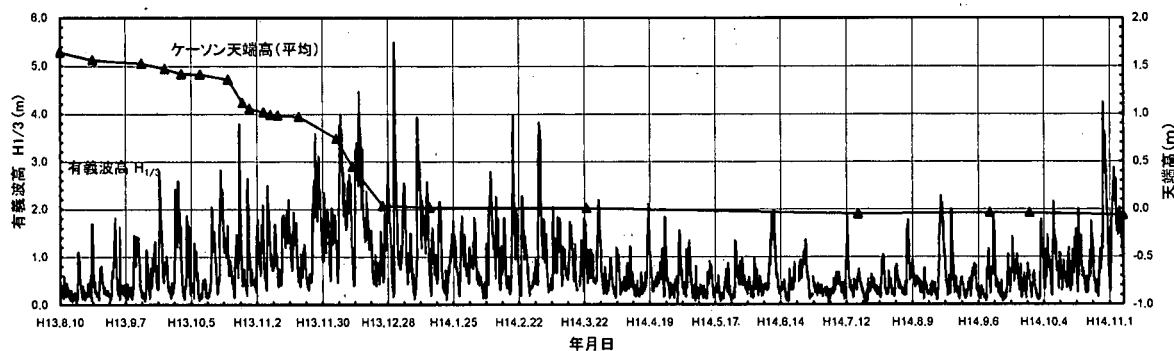


図-7 No.9 ケーソン平均天端高と有義波高

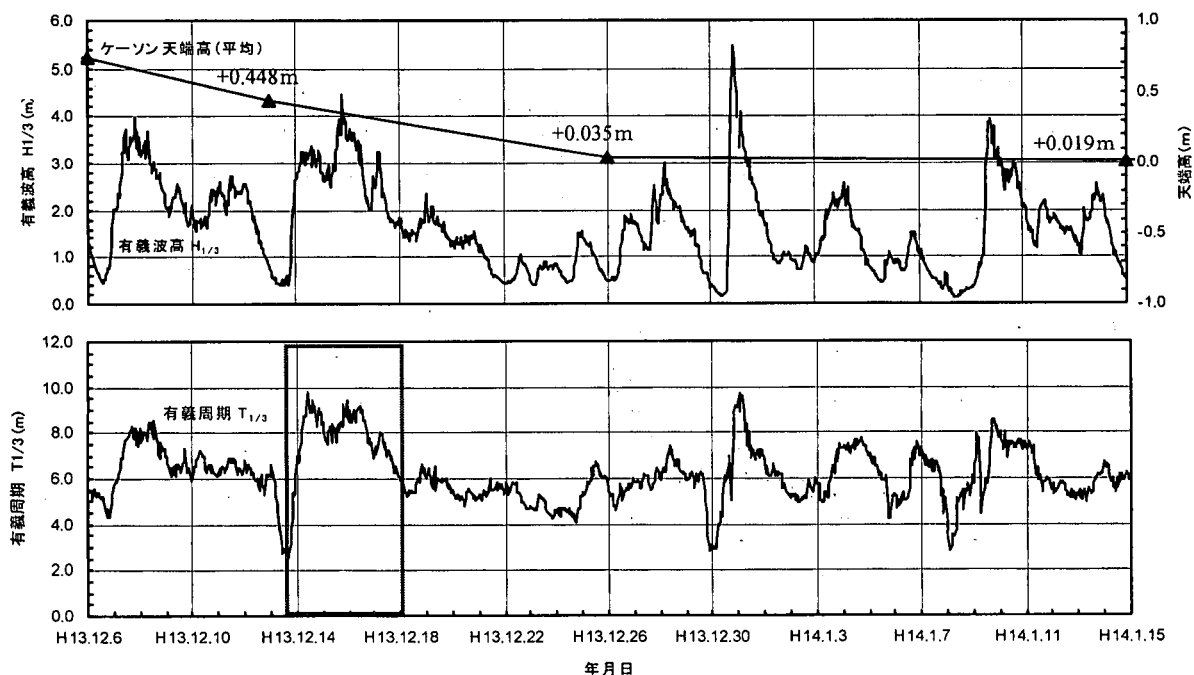


図-8 No.9 のケーソン平均天端高と波浪状況 (H13.12.6~H14.1.15)

(b) 地盤

図-9 は、東防砂堤の地質調査位置図を、図-10 は地盤断面想定図を示したものである。表層部分は細砂が全地点で分布し、図-11 より、中央粒径 0.10~0.15 mm の砂が卓越していることがわかる。沈下後、沈下の大きいNo.8 ケースン及び少ないNo.5 ケースンの2地点(H13B-1, H13B-2)でボーリング調査を行い、地盤状況を確認した。その結果、地盤状況は既存のボーリング結果とはほとんど変わらないが、既存ボーリングで確認された海底面付近の低いN値層(N=3~9)は、両孔共に確認できなかった。また、基礎捨石の層厚については設計値と同等であり、変状は確認されなかった。

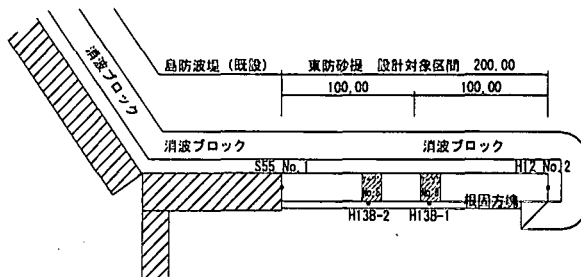


図-9 地質調査位置図

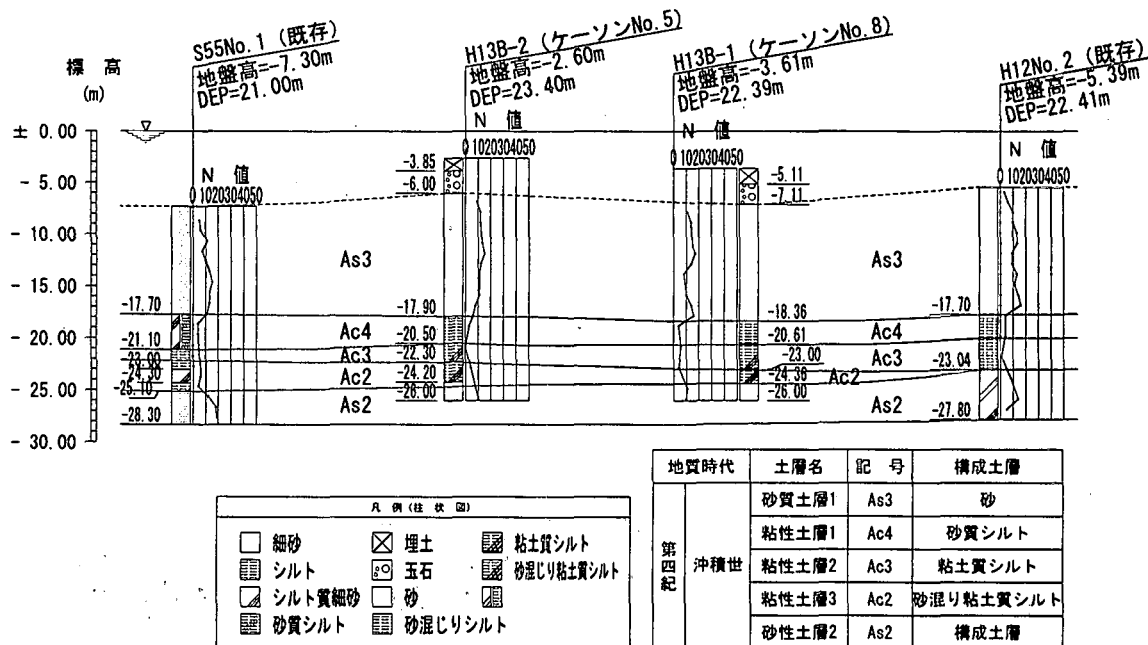


図-10 地盤断面想定図

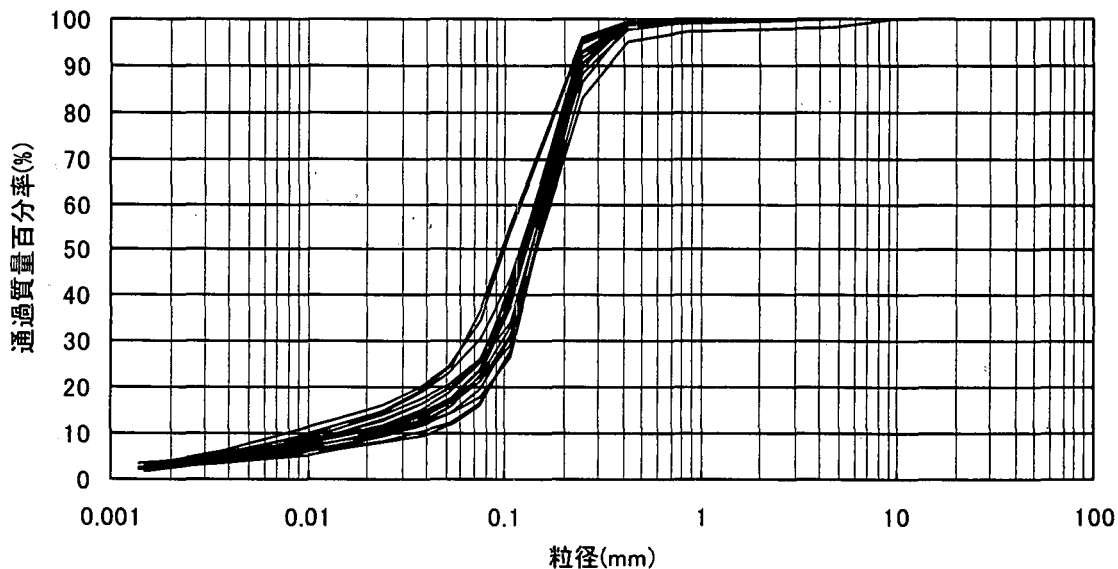


図-11 As(細砂)粒径加積曲線図

(c) 吸出し

図-12は沈下縦断面図を、図-13はA部、B部及びC部の深淺測量結果横断面図である。平成12年調査は着工前、平成13年調査は沈下後の水深である。図より港外側の水深は、着工前に比べると深くなっていることがわかる。一方、港内側についてはB、C部は水深が深くなっているもののA部については浅くなっている。

鈴木ほか¹⁾によると波浪によりマウンド下から舞い上がった砂は石かごとマウンド下部から吸い出され、さらに静水面付近まで達して一部は越波によってケーソン背後に運ばれると報告されている。東防

砂堤においても被災後の地盤調査結果において、海底面付近の砂層が確認できないことから、波浪によりマウンド下面の砂が吸い出され港外側の水深が深くなっているものと考えられる。

つぎに、A部、B部及びC部を比較すると、B部に比べC部は沈下が少ない。これは、基礎捨石下面にマットを敷設したため海底砂が吸い出されなかったことによるものと考えられる。また、A部については、水深が深いため、波浪による流速が減少し海底砂が吸い出されなかったことによるものと考えられる。

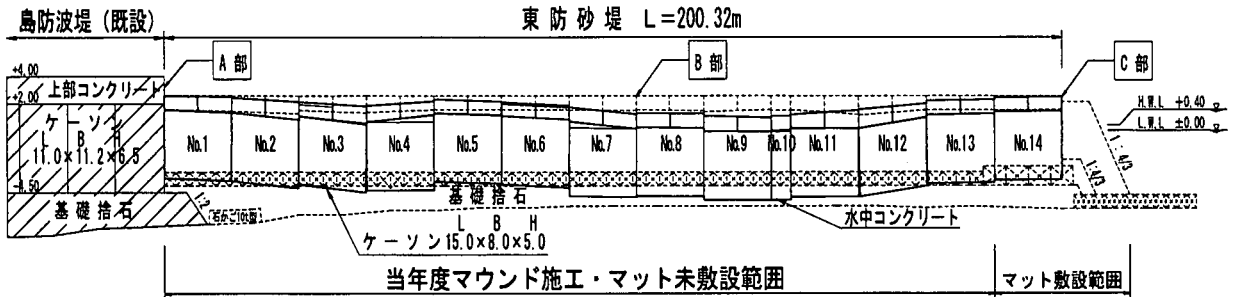


図-12 沈下縦断面図

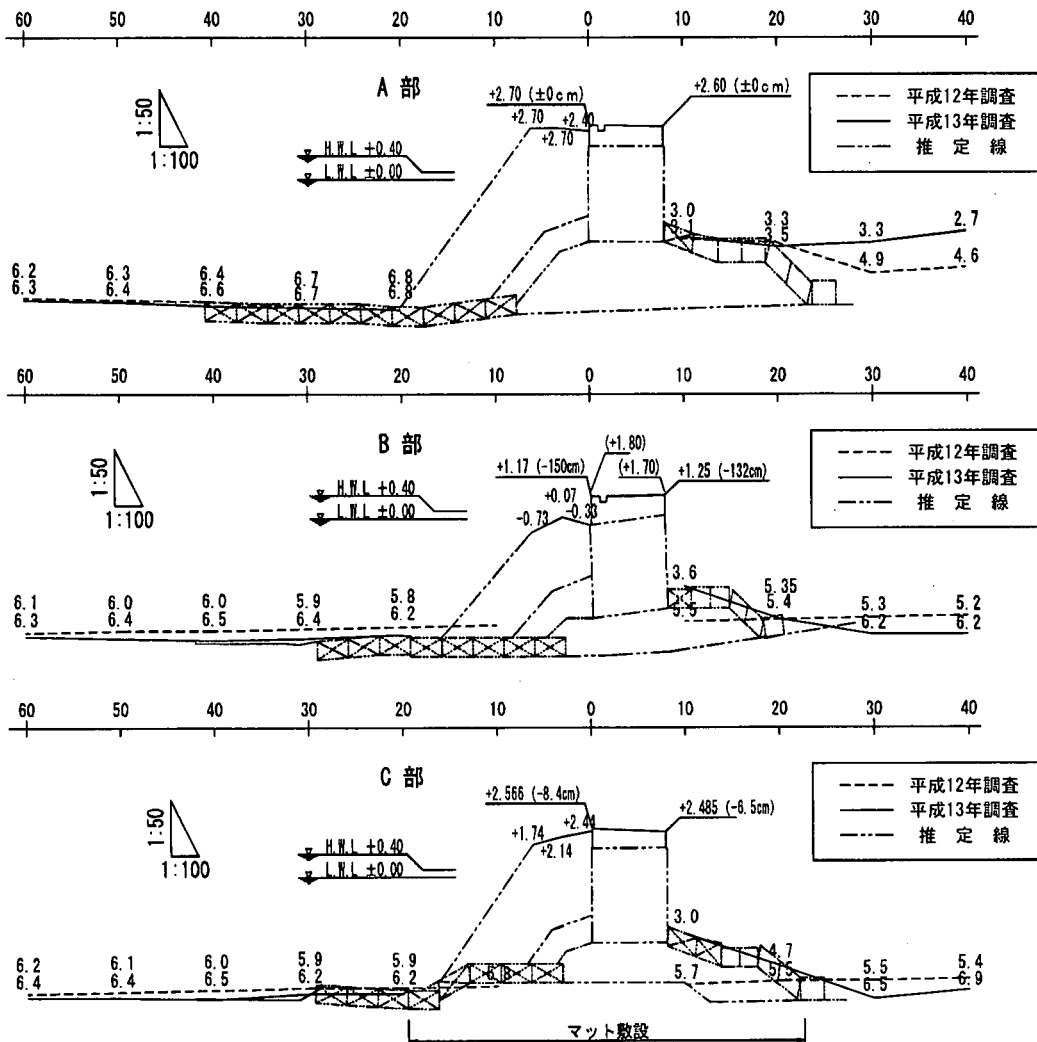


図-13 A部、B部、C部深淺測量結果横断面図

3. 結論

本報告では、石狩湾新港における東防砂堤の沈下現象、沈下要因の検討及び対策工等について検討を行った。主要な結論は以下のとおりである。

- 1) ケーソン本体及び消波ブロックの沈下は、継続時間が長い高波浪により、マウンド下面の砂が吸い出されたことにより発生したものと考えられる。
- 2) 堤頭部については、マット敷設により砂の吸出しが防止され沈下が生じなかったと思われる。このことから、吸出し防止対策としてマット敷設は有効である。

謝辞：本報告をまとめるにあたり北海道工業大学水野雄三教授を座長とする検討会の議論とご指導を頂きながら進めた。また、(独)港湾空港技術研究所海洋・水工部鈴木主任研究官の協力を頂いている。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 鈴木高二朗・高橋重雄・高野忠志・下迫健一郎 (2002)：砂地盤の吸出しによる消波ブロック被覆堤のブロック沈下被災について－現地調査と大規模実験－，港湾空港技術研究所報告，第41巻，第1号，pp.51-88