第 22 回 国土技術開発賞 入賞

吸い出し・陥没抑止に向けたケーソン目地透過波低減法

ネットバッファ工法（護岸・岸壁の吸い出し・陥没リスク抑制）

〔受賞者〕 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
前田工繊株式会社
〔本稿執筆者〕 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 佐々（さっさ） 真志（しんじ）
前田工繊株式会社 石坂（いしざか） 修（おさむ）

以下に，第 22 回 国土技術開発賞に入賞した「吸い出し・陥没抑止に向けたケーソン目地透過波低減法」（図－1）を紹介します。

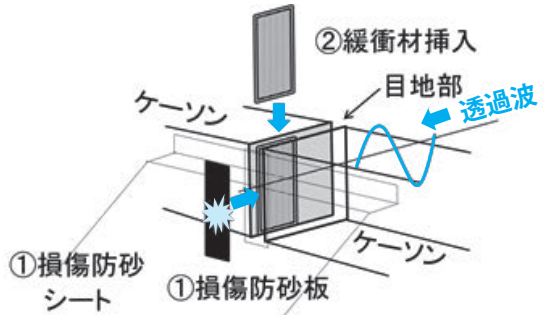
1. はじめに

現在，港湾施設における陥没（写真－1）は全国的に課題となっており，近年も数多くの被災事例が報告されている。また，気候変動に伴う高波浪などが陥没リスクをさらに大きくしている。

これらの陥没は，ケーソン間で透過してくる波の繰り返し作用を主要因とした防砂板損傷等によって，埋立て土砂の吸い出しが生じ，これに伴う空洞が地中で生成・発達することによって，突然発生する。港湾区域における陥没は，その突発性から人命の安全をはじめ施設の信頼性を危機にさらしている。

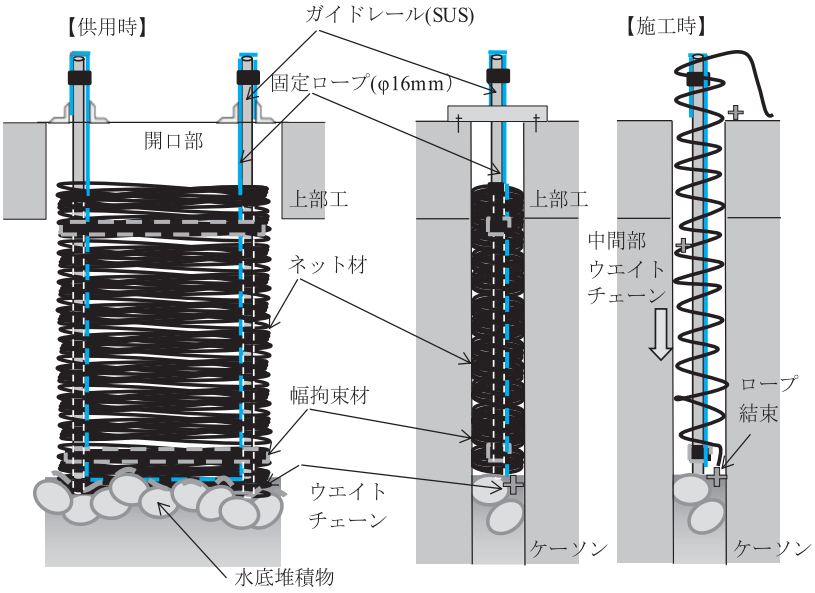
一方，当該施設の管理者サイドでは，陥没対策工事に伴う費用的・時間的課題が懸念される。また，従来の対策に伴う数年にわたる工事期間が港湾機能の停滞につながる恐れもある。

本技術は，供用中のケーソン護岸・岸壁の目地部透過波に起因する吸い出し・陥没リスクを大幅に抑制する新技術である。具体的には，気候変動とともに年々増大傾向にある透過波を，繊維製網状の緩衝材（図－2，写真－2）をケーソン間の目地部に挿入することで約 80％減衰させること

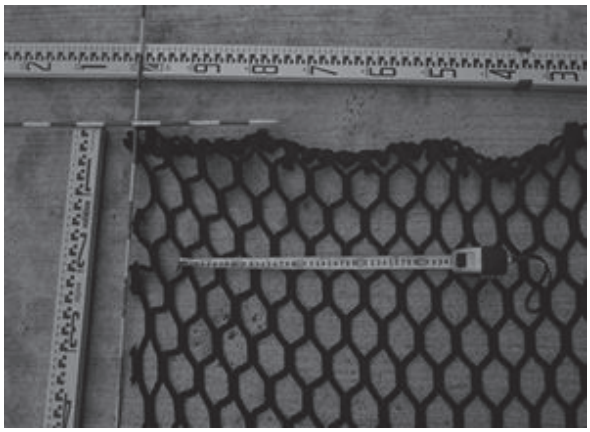


図－1 目地透過波低減法の概念図

写真－1 ケーソン護岸における陥没状況



図－2　ネット製緩衝材の設置



写真－2　ネット製緩衝材

ができ，外力を低減することで構造物としての長寿命化が図れ，陥没リスクの抑制が可能となった。

これにより，吸い出し・陥没抑止とともに，大掛かりな工事不要による大幅なコスト・工期の縮減，ならびに，施設の長寿命化に資することができる。特に，従来工法では高波浪の衝撃や地震によるケーソンの移動が抑止工の安定を阻み，破壊等の機能損失が生じるなどの課題があったが，本技術では使用する繊維製緩衝材の柔軟性や追随性がそれらの課題を解決するだけでなく，設置安定性も発揮している。

さらに，多様なケーソン目地間隔，水底堆積物，既存抑止工に対応し，老朽化施設を含む全国のケーソン護岸・岸壁への適応が可能である。

2.　技術の特徴

本技術は，吸い出し・陥没を引き起こす透過外力自体を緩衝材により効率的に減衰させることによって，ケーソン護岸・岸壁の陥没リスクを大幅に抑制することを可能にした新技術である。従来は，ケーソン目地の透過波による外力を，防砂板または抑止工で受けていたため，それら自体が衝撃圧によって損傷するリスクがあったものを，緩衝材設置によって効果的に緩和するものである。

緩衝材は，ケーソンの動きに追随可能で，かつ波力を緩衝できる繊維製ネット材の集合体で構成される。繊維製ネット材は，耐久性，耐候性，安全性が公的機関により担保されており，ガイドとなる鋼管に串刺し状に設置することで施工の確実性と形状安定性を得ている。

さらに，鋼管にロープを添わせることで，将来的な鋼管の腐食に対しても集合体の体を成す。また，ネット製緩衝材の性質特有の詰まった繊維材料の観点から，緩衝材自体が防砂機能を有するため長寿命化を図ることができる。

これまでに老朽化施設を含む複数の現場で80％以上の波力低減効果を継続的に発揮すること，ならびに，緩衝材の設置安定性を実海域試験・実

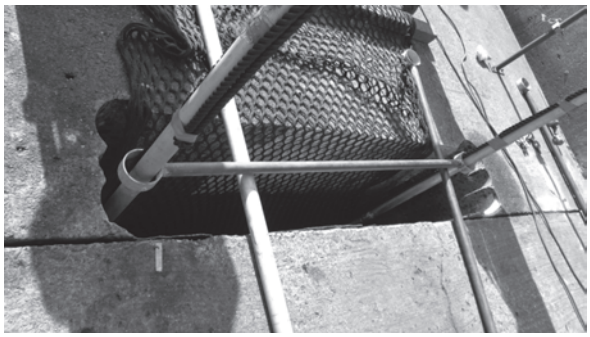
施工・経年追跡調査を通じて明らかにし，陥没を繰り返す複数の現場で陥没抑止効果を実証している。

3. 技術の適用範囲

ケーソン護岸・岸壁を対象とし，ケーソン高さ15 m，目地幅 6 ～ 40 cm の範囲で施工が可能であり，多様なケーソン目地に対して透過波力の十分な低減効果を確認している。ケーソン目地間の形状は，空間が上開き，下開き，沖側や陸側への開き等，さまざまであるが，上記の幅広い範囲で施工可能であることを実証している。

特に，時間の経過した老朽化護岸・岸壁では，現行の港湾基準以前の構造が多く，過去の波力抑止工（袋詰めコンクリートなど）が残存するが，ケーソンの高さ分に繊維製緩衝材が設置可能であれば，既存の抑止工や水底堆積物の有無によらず，十分な波力低減効果を発揮する。

また，当該効果は，高波浪の影響や目地間の形状変更をはじめとする通年の周囲環境（消波ブロック等を含む）変化後も高い水準で維持されることが実証されている。

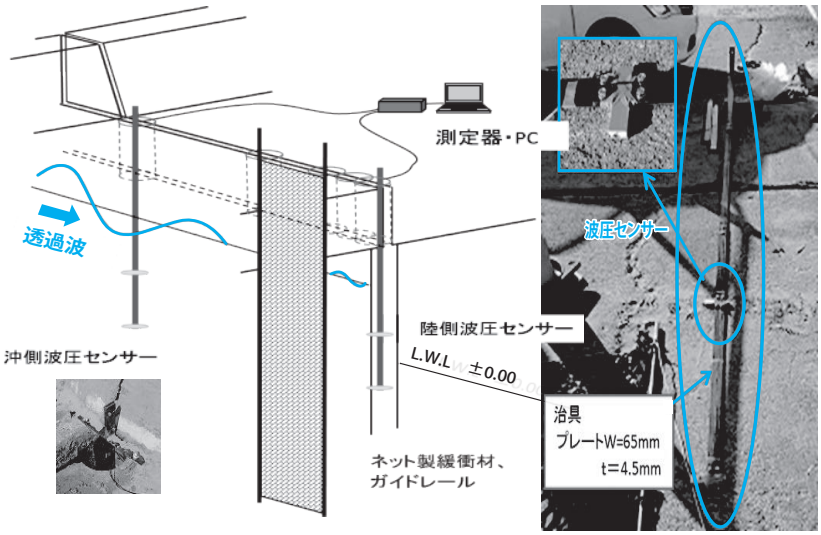


写真－3　開口部とネットバッファ

4. 設置・施工法と留意事項

本工法の繊維製緩衝材の設置法については，上部工のコア抜き等による開口部の設置（写真－3）と鋼管 2 本をガイドとする繊維製ネットの設置がある。この際，繊維製緩衝材の施工については，あらかじめネット緩衝材を鋼管に取り付けてからケーソン間に設置する方法と，鋼管をケーソン間に設置してから繊維製緩衝材を設置する方法がある。ケーソン隙間の形状がさまざまであることから，後者であれば万遍なく均一に設置でき，目地形状によらず十分な緩衝効果を期待することができる。

実際に，多様なケーソン隙間の波力低減効果を把握・検証するために，繊維製緩衝材設置前後の沖側および陸側において通年で継続的に計測を行い，計測器には，波力に極力影響しないよう，治具には薄いプレートを使用した（図－3）。



図－3　治具に取り付けた波圧計

その結果，老朽化施設を含む多様な現場で，80％以上の透過波力低減効果が得られることを確認している（図－4）。さらに，陥没のサイクルが既知の複数の現場で陥没抑止効果を実証し，本技術の有効性を明らかにしている。

本技術の施工（写真－4）の留意事項としては，ケーソン目地部の清掃があげられる。当該箇所には水生生物や流木，ブイ，古タイヤなどが存在していることがあり，事前の清掃は必須である。

5. 技術の効果

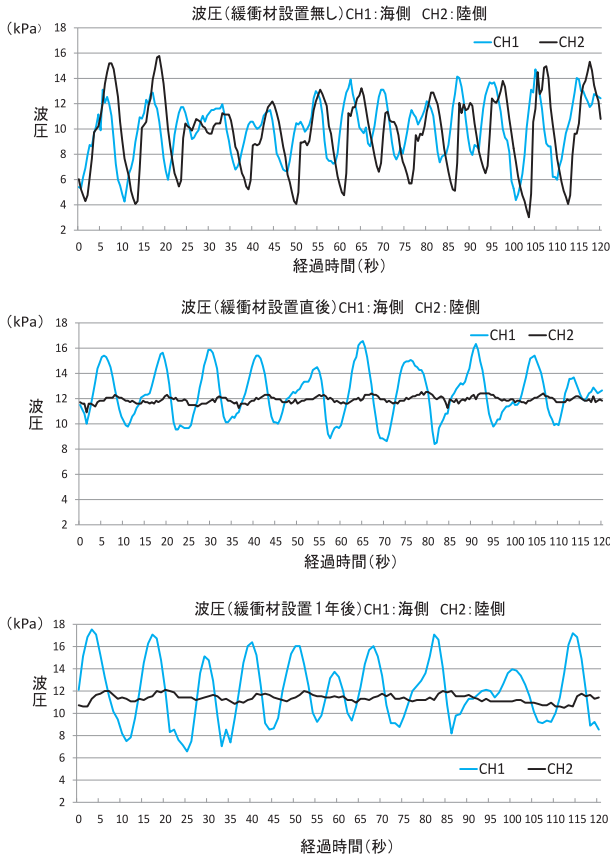
本技術は，陥没を引き起こす透過外力を80％以上低減することで，護岸・岸壁の吸い出し・陥没リスクを大幅に抑制する新技術である。本技術の採用によって，防砂板の取り換えに伴う掘り起しなど大量の土砂移動を含む大掛かりな工事が必要なくなり，従前と比べて90％の修復コストが削減される。したがって，本技術によって，コスト・工期ともに10分の1に縮減が可能である。

また，背後地からの補修工では，水位の影響でケーソンの上部からLWLまでの施工対応で限界があったが，本技術では，ケーソンの高さ分での施工が可能となった。

さらに，本技術は，全国の老朽化した多様なケーソン護岸・岸壁に適用可能で，80％以上の目地透過波力の低減効果と陥没抑止効果が得られる（図－5）。地震や高波浪による衝撃でケーソンに動きが生じても，緩衝材は繊維製のため，目地部全体で追随し機能を維持することができる。

6. 技術の社会的意義

本技術による吸い出し・陥没リスク抑制を通じて，港湾施設における人命の安全性および施設の信頼性が大きく向上する。施工期間およびコストの大幅な縮減により，当該施設，用地の休眠時間が少なくなり，港湾機能の停滞を避けることができる。



図－4　ケーソン間波圧変動の実測結果

写真－4　ネットバッファの施工

総費用の縮減により，管理者の財政的負担が緩和され，港湾機能の拡充ならびに新規事業等に費用を向けることが可能になる。施設面では，本技術によって，全国の老朽化施設を含む多様なケーソン護岸・岸壁の長寿命化が期待できる。また，近年の災害に対して，簡易性，即効性等から災害復旧工法としても活用することができる。

図－5　陥没現象の推移と目地透過波低減法の適用・検証

7.　おわりに

本技術の今後の発展性として，吸い出し・陥没リスクが大きく低減されることから，海上空港や原子力発電所など重要施設の安全性拡充へ発展が期待できる。また，早期施工と防砂機能の早期復旧が可能なことから，災害復旧や護岸の改良等へ適用することで，施設の不安定状態の時間的短縮も期待できる。

さらに，吸い出し防止機能のケーソン式防砂堤への適用によって，航路浚渫頻度の低減効果を期待できる。

このように，吸い出し・陥没抑止機能と，透過波力低減効果によって，これからもケーソン背後の供用施設や任意工事の安全性および効率性の向上に大きく貢献すると確信する。今後は，さらなる用途展開，発展途上国・先進国など海外施設への適用を行いたい。