

ケーソン背後の吸い出し・陥没リスク抑制に向けたケーソン目地透過波低減法の技術開発

芦川 香帆

関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 技術開発課

(〒221-0053 神奈川県横浜市神奈川区橋本町2-1-4)

近年、埋立護岸背後の防砂目地板や防砂シートの老朽化に伴って、ケーソン間目地部から埋立材が流出し、エプロン部が陥没する事案が各地で発生している。本調査では、この吸い出し防止対策として効果が報告されている「ケーソン目地透過波低減法」について、材料費の低減や施工性の向上が見込めることからネット幅（ケーソン間目地部の奥行き方向のネットの長さ）を標準仕様2.0mよりも狭くした場合のモニタリング調査を実施し、波圧の低減効果を確認した。

キーワード 陥没対策、吸い出し防止、ケーソン目地透過波低減法、ケーソン目地間波圧低減

1. はじめに

ケーソン護岸には、潮汐や波浪による押し波と引き波が交互に繰り返し作用することによって、吸い出しが発生する。通常はこれを防ぐために、ケーソン間に目地板、裏込石背面に防砂シート等を設置しているが、経年劣化や不等沈下によってその一部が破損した場合、ケーソン間の目地部を通して埋立土砂が吸い出され、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陥没(写真-1)が発生する¹⁾。

この吸い出しによる護岸・岸壁の陥没は全国各地で発生しており、数多くの被災事例が報告されている。2001年12月には兵庫県明石市大蔵海岸において突然発生した陥没穴に少女が転落し、生き埋めとなる死亡事故が発生している²⁾。

2040年には建設後50年以上経過する港湾施設は約66%にのぼり、さらに、近年豪雨・台風・高潮等が激甚化している背景から、今後吸い出し・陥没によるさらなる重大事故が起きる可能性があると言える。

そこで、遮断材を用いた透過波対策が検討・施工され

ているが、高波浪によるケーソン移動が遮断材の安定を阻み、また、被災部の裏込め、裏埋め部の再設置についても、施工が困難であり時間や費用がかかるといった課題がある。これらの課題を解決すべく、ケーソン移動による目地形状変化への追従性に優れ、施工性や経済性に優位性をもつネット材を用いたケーソン目地透過波低減法が開発された。

このケーソン目地透過波低減法は、実海域で波圧低減効果が認められたネット幅2.0mを標準幅としているが、標準よりも幅が狭い条件については波圧低減効果は確認されていない。そこで、ネット幅を1.0mとした場合の波圧低減効果について、モニタリング調査を実施した。

2. ケーソン目地透過波低減法の概要

ケーソン目地透過波低減法は、緩衝材をケーソン間目地部に設置することでケーソン背後の防砂板へ作用する波圧を低減し、防砂板の長寿命化を図る工法(図-1)である¹⁾。



写真-1 ケーソン護岸における陥没の発生状況¹⁾

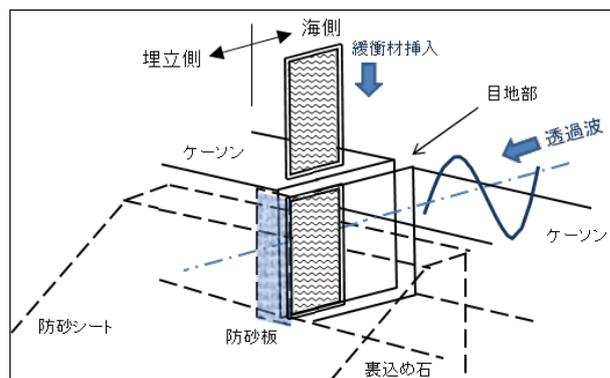


図-1 ケーソン目地透過波低減法の概念図³⁾

従来、透過波対策として、種々の遮断材の設置が検討・施工され、また、被災部においては裏埋め部や目地板・防砂シートの再設置が検討・施工されてきたが、高波浪によるケーソン移動に伴う遮断材の機能消失、再設置にかかる時間や費用的課題が多かった。

これに対しケーソン目地透過波低減法で緩衝材として用いるネット材(写真-2)は全国の護岸・岸壁の様々なケーソンの形状に適応可能であること、設置が容易であること、材料の劣化が生じにくく追隨性に優れるうえメンテナンスフリーであることから今後幅広く活用されることが期待される対策工法である。

ケーソン目地透過波低減法は、ケーソン上部工にコア抜きにて開口部を設け、ケーソン間目地部の清掃を行う。その後、ネット幅に合わせ敷設範囲の両端にガイドレールを設置し、ネット材にウエイトチェーンをつけ網目をガイドレールに通しつつ、ケーソン間目地部につづり折り状に詰め込み施工(図-2)する。そうすることで、海側・陸側・上方・下方で隙間幅が一定ではない任意のケーソン間目地部の形状に対応が可能である。

3. モニタリング調査

本工法の標準仕様のネット幅は2.0mであり、ネット幅



写真-2 緩衝材 (ネット材)

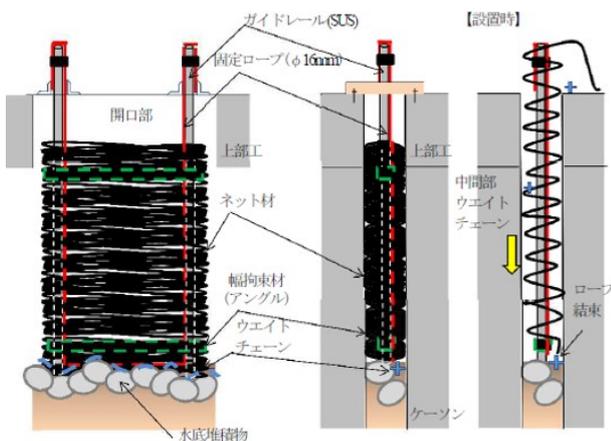


図-2 ネット材の設置概念図⁴⁾

2.0mでは、既往の現地実証試験において波圧低減効果が確認されている⁴⁾ものの、ネット幅が標準以下の条件では波圧低減効果は確認されていない。ネット幅を狭くすることで材料費の低減や施工性の向上に伴う施工費の低減等が見込まれることから、本調査においては、ネット幅1.0mとした場合の波圧低減効果について検証を行った。

(1) 調査場所

2010年施工の横浜港南本牧地区の防波護岸(写真-3)は、大水深であり捨石層が厚い(図-3)ため、沈下に伴うケーソンの移動により最大で35cm程度の目地開きが生じており、今後護岸背後の土砂流出が懸念される。そのため、ケーソン目地透過波低減法を施工(写真-4)し、モニタリング調査を行った。

(2) 波圧の計測方法

ケーソン間目地部の波圧低減効果を確認するため(写真-3)に示す位置にケーソン目地透過波低減法を施工し、ケーソン間目地部のネット材の海側と陸側に圧力計を設置し波圧の計測を行った。



写真-3 横浜港南本牧地区防波護岸

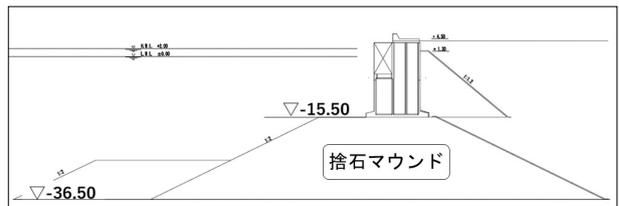


図-3 横浜港南本牧地区防波護岸標準断面図



写真-4 ネット材設置状況

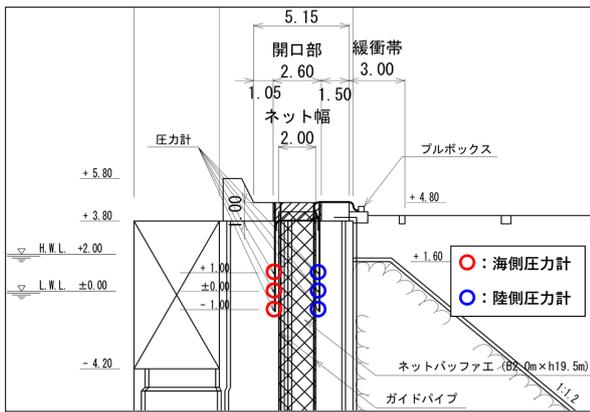


図4 圧力計設置位置図

表-1 計測箇所の目地状況

計測位置	目地開き幅	ネット幅
①	55mm	1.0m
②	220mm	1.0m
③	160mm	2.0m

表-2 波圧低減率結果一覧(D.L.+1.0m)

計測日		波圧低減率		
		①	②	③
2020年	11/3~14	-	78%	-
	11/18	-	67%	-
	11/19	-	69%	78%
	11/20	49%	63%	87%
	11/24	82%	44%	80%
2021年	9/18(台風14号)	90%	84%	96%
	10/1(台風16号)	-	78%	-
2022年	9/19(台風14号)	51%	57%	97%

圧力計の設置高さは、海側と陸側それぞれD.L.-1.0m, ±0.0m(L.W.L.), +1.0mの計6箇所(図-4)である。また、(表-1)に示すように、目地開き幅とネット幅を変化させた調査を行うことで、目地開き幅の影響による波圧低減効果の変化とネット幅の影響による波圧低減効果の変化について検証を行った。

4. 調査結果

(1) データの抽出

このモニタリング調査では、2020年の静穏時の観測データ、2021年の台風時の観測データ、2022年の台風時の観測データを抽出し解析・比較を行った(表-2)。

また、データの抽出に当たって計測機器の設置位置

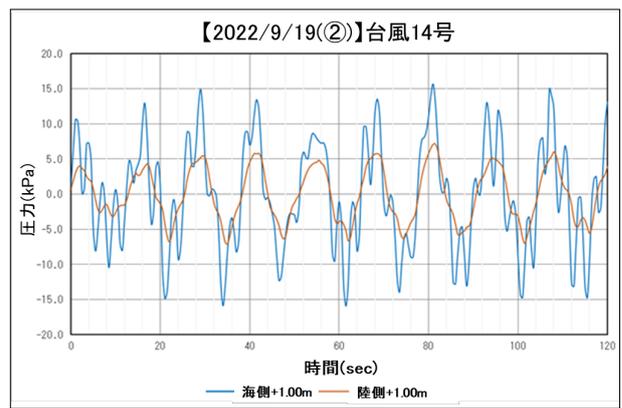


図-5 波圧計測結果 (② D.L.+1.0m 【2022/9/19】)

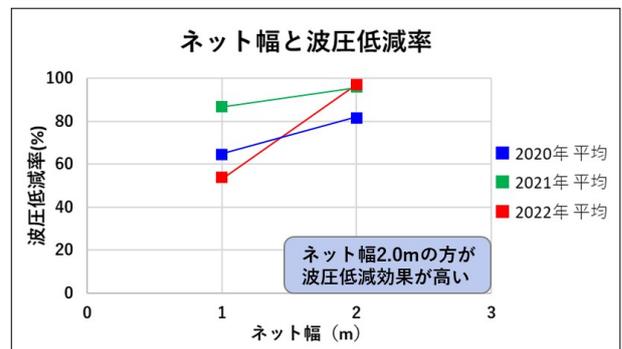


図-6 ネット幅と波圧低減率

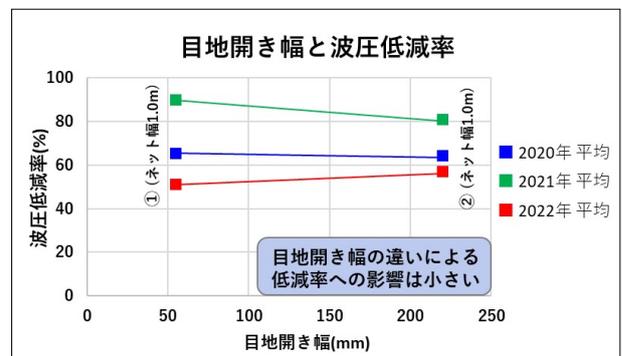


図-7 目地開き幅と波圧低減率

D.L.-1.0m, ±0.0m(L.W.L.)は、圧力計ケーブルの損傷や貝などの付着生物の影響と思われる現象から、正確に波圧を測定できず、データが欠測している箇所もあった。そのため本調査においては計測機器の設置位置D.L.+1.0mのデータによって評価を行った。

(2) 計測結果

波圧計測結果の一例を(図-5)、波圧低減率結果一覧を(表-2)、ネット幅と波圧低減率の関係を(図-6)、目地開き幅と波圧低減率の関係を(図-7)に示す。目地開き幅と波圧低減率については、ネット幅の影響による波圧低減効果の変化が現れないよう同じネット幅1.0mの①、②で比較した。

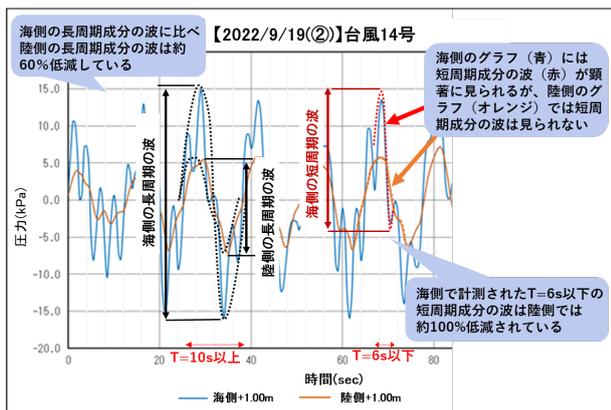


図-8 波圧計測結果 (【2022/9/19】②)

ネット幅と波圧低減率の関係については、ネット幅2.0mの方が1.0mよりも波圧低減効果があるという結果になった(図-6)。

静穏時の波高が小さい2020年の計測では、ネット幅1.0mの場合、ネット材前後の波圧の低減率は50～80%、平均で60%程度となり、ネット材の効果が十分には現れていないのがわかる。しかし、静穏時の波高であるため、土砂の吸い出しには影響は小さいと推察できる。

一方で2021年の台風時の計測では、ネット幅1.0mの場合、波圧の低減率は80～90%程度となった。この結果より、荒天時では、ネット幅1.0mであっても波圧低減効果が現れていると言える。

2022年の台風時の計測結果では、ネット幅1.0mでの波圧低減率は50～60%程度であった(表-2)。しかしながら、(図-8)にあるように海側の波圧計測結果では、長周期成分(T=10s以上)の波形上に短周期成分(T=6s以下)の波形が発生しており、この長周期成分の波については約60%、短周期成分の波については約100%低減している。このことから、短周期成分の波についてはほとんど低減させることが可能であると確認できた。

これは東京湾内のような短周期成分が主体の波浪条件ではネット幅が1.0mでも十分な効果を発揮すると考えられる結果であった。

また、目地開き幅と波圧低減率の関係については、目地開き幅が狭い方が波圧低減率は大きい傾向があるものの、目地開き幅の違いによる波圧低減率への影響は小さいと言える(図-7)。

5. おわりに

本調査では2020年から2022年にかけてネット幅および目地開き幅の違いによる波圧低減効果の変化について、モニタリングを行った。

2021年の台風時の計測では、波圧の低減率は80～90%程度であったが、2022年の台風時の計測では波圧の低減率は50～60%程度と2021年の計測よりも低い波圧低減率となった。2022年の台風は長周期成分が大きいことが計測データより分かっており、長周期成分の波は短周期成分の波よりも減衰しにくい傾向にあると推察できる。

一方で、ネット幅1.0mとした場合でも短周期成分についてはほとんど低減させることが可能であると確認できた。よって、短周期成分が主体となるような現地条件では、標準仕様のネット幅2.0mに対して、ネット幅1.0mでも十分な効果を期待できるとともに、材料費の低減や施工性の向上も期待できると考えられる。

なお、今回の調査場所は東京湾内であるため、波高の大きな条件での観測数が少ないことから、今後は外海の波高が大きい場所でネット幅1.0mの透過波低減率を確認する必要があると考える。また、圧力計ケーブルの損傷やケーソン間目地部に付着した貝などの影響から、波圧が正確に計測できず、データの欠測が多く見受けられた。今後、より多くのデータを収集することにより、データの精度を高めていくことが必要だと考える。

参考文献

- 1) 佐々真志・石坂修：吸い出し・陥没抑止に向けたケーソン目地透過波低減法、港湾空港技術研究所資料, No. 1393, 2021.
- 2) 明石市：大蔵海岸砂浜陥没事故報告書-再発防止に向けて-, 2004.
- 3) 石坂 修・佐々真志：ケーソン目地透過波低減法の波力低減効果の継続性と陥没抑止効果の実証, 土木学会論文集 B3, Vol. 75, No. 2, pp. 421～425, 2019.
- 4) 石坂 修, 佐々 真志: 吸い出し・陥没リスク抑制に向けた緩衝材によるケーソン目地透過波低減法と現地試験による実証, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol. 73, No. 2, p. I_1477～I_1482, 2017.