

消波ブロック被覆堤における 洗掘防止対策について

岡田 克寛

四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所 保全課 (〒781-0113 高知県高知市種崎874)

外洋に面した海域に設置される防波堤には、「消波ブロック被覆堤」が広く採用されている。防波堤本体の前面に消波ブロックを設置することにより、防波堤本体への力を軽減させる構造で、耐波安定性と消波性能が良いという特徴がある。近年、荒天時の波浪等により、消波ブロックが沈下し、防波堤本体を損傷させるなどの事例が多く確認されている。最近の研究結果によれば、砂地盤に設置された消波ブロック被覆堤においては、マウンド下の砂が洗掘されることが、消波ブロック沈下の原因のひとつとも言われている。

今回、マウンド下砂地盤の洗掘防止のために考案されたマウンドと砂地盤の間にフィルター材を施工する工法について、現地での施工実験を行い、施工が可能なことを確認した。

キーワード 消波ブロック被覆堤、洗掘、フィルター、施工実験

1. はじめに

港湾においては、安全に船が岸壁に接岸できるように、防波堤を設置し港内の静穏度の確保を行っている。その防波堤のうち、一番沖側に設置されている防波堤は第一線防波堤と呼ばれ、港外からの大きな波を防いでいる。高知港においては、太平洋の大きな波が第一線防波堤に作用するため、波力の低減のために写真-1のように港外側に消波ブロック(80t)を設置し、防波堤本体のケーソンを守ることが可能な消波ブロック被覆堤構造を採用している。消波ブロック被覆堤は、耐波安定性と消波性能の良さから、外洋に面した港では広く使われている。しかし、この消波ブロック被覆堤においては、消波ブロックの沈下に伴うケーソン壁の破損等が確認されており、問題となっている。



写真-1 消波ブロック被覆堤 (高知港)

本報告は、消波ブロック被覆堤に影響を及ぼす、消波ブロックの沈下の原因の一つと考えられる砂地盤の洗掘防止対策の現地施工実験について報告するものである。

2. 洗掘防止対策の必要性

高知港においては、台風の影響を受けやすい土地柄ということもあり、最近では平成15年台風10号、16年台風16号等による高波浪によって写真-2のような消波ブロックの沈下や折損、動揺に伴うケーソン壁の破損が確認されている。今までは、高波浪による消波ブロックの動揺が原因とされてきたが、最近の港湾空港技術研究所の研究によって、マウンド下の砂地盤が洗掘され消波ブロックが沈下することも、消波ブロックの動揺の要因の一つであることが分かった。高知港においても平成8年の防波堤(南)の延伸工事に伴い消波ブロックを撤去した際、被覆ブロックが1.5m~2.0m沈下し



写真-2 消波ブロックの施工後(左)と荒天後(右)

ていることが確認されている。このように、単に波浪の影響だけではなく、砂地盤の洗掘が被災の要因の一つと考えられることから、消波ブロックの沈下対策により、ケーソンの破損を未然に防ぎ、防波堤の機能を持続的に維持していくことが必要となってくる。

3. 洗掘のメカニズム

防波堤における砂地盤の洗掘については、いろいろな状況が考えられているが、その一つに波が作用した際に、押し波時には消波ブロックの法先部において砂が舞い上がり、洗掘される事象がある。また、図-1のように、波が消波ブロックにより砕波し、波が基礎マウンドをとおり抜けて基礎マウンド下の現地盤まで伝わる。伝わった波が現地盤にぶつかり砂を巻き上げ、引き波により、冲向き方向の流れとなり、その際に基礎マウンド下の砂が吸い出されるといった事象が水理模型実験等により確認されている。

4. 洗掘防止対策工法

従来から、基礎マウンド下の砂地盤の洗掘対策として図-2のような帆布を敷設する工法が多くとられている。帆布については費用も他の工法と比べると安く、施工実績も多いことから、採用されていることが多いが、水深によるうねり性の強い波浪、厳しい潮流条件下の施工性、また、帆布上に基礎マウンド(200~500kg/個)を直接投入することからの性能保持(破損、捲れなど)等について問題を抱えている。そこで、新しい工法として、図-3のように現地盤の砂粒径に応じた細か

い碎石をフィルター材として敷設することで、現地盤の洗掘を防止する手法について、施工実験を行っている。今回選定したフィルター材は、現地盤の砂粒径と基礎マウンドに使用する捨石の粒径を考慮し、砂及びフィルター材が波浪により流失しない粒径としてC-40(最大粒径40mmの碎石)とした。なお、現地盤の砂粒径と基礎マウンド捨石粒径の差が大きく、今回選定したC-40では、それ自体が流れて移動する可能性があるものの、水中施工という施工性を考慮した事、C-40の粒度分布から施工後に表面が粗粒化してくる事などを考慮し、1層50cm厚で施工することとした。以上を踏まえ、フィルター材を施工することにより、マウンド内流速低減の効果及び粒径調整による引き波時の吸い出し防止が期待されている。更に、コスト面でも帆布の施工と比べ有利なことが確認されている。

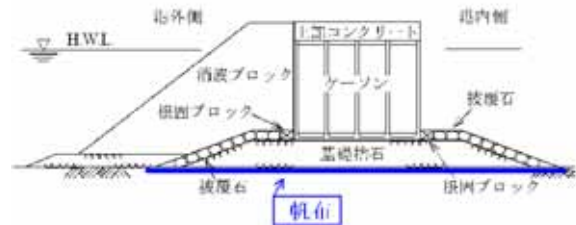


図-2 帆布施工図

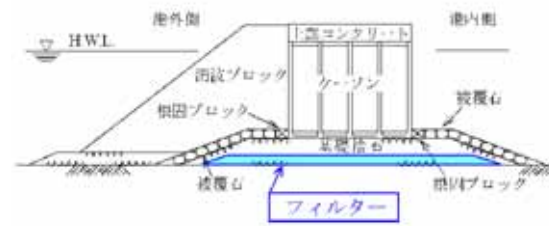


図-3 フィルター施工図

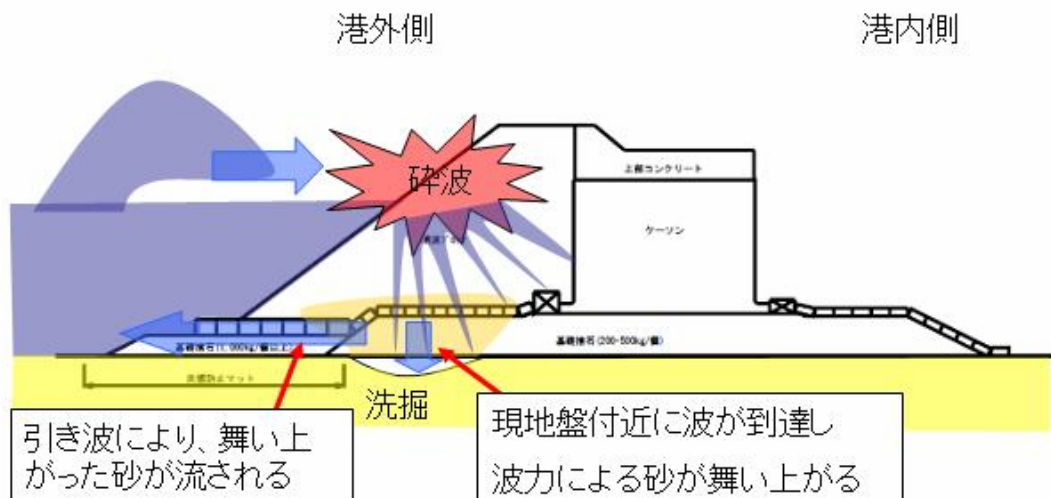


図-1 洗掘メカニズム

5. 現地施工実験

防波堤マウンド下のフィルター材の施工については、施工実績が無いことから、現在施工中の図 - 4 の高知港三里地区防波堤（東第一）の一部において、フィルター材による洗掘防止対策の施工実験をしている。

フィルター材の施工における懸案事項として考えられる以下についてモニタリングを実施し、施工性等の効果について検証した。

- ・フィルター材投入時の拡散状況
- ・投入後の安定状況
- ・捨石投入時の飛散状況

(1) フィルター材投入時の拡散状況

フィルター材（C - 40）の施工はガット船及び、クレーン付台船（写真 - 3）を用いて実施した。現場の施工条件としては、施工場所の水深は - 14 m、施工実験当日の海象は、有義波高 0.33 m、潮流は水深 - 2 m で 0.32 m/sec、水深 - 7 m で 0.45 m/sec、水深 - 13 m で 0.47 m/sec であった。投入方法については図 - 5 に示す、港湾の施工で一般的に行われている水面上約 4 m 程度の高さから投入する場合（標準投入）と、バケツを水中（水面上から約 4 m 程度下）に投入し、水面近くでバケツを開き投入する方法（水面下投入）及び、クレーンを現地盤上 5 ~ 6 m 程度の高さまで入れて水中から投入する場合（垂下投入）を試みた。投入に伴う細流碎石の拡散については、標準投入および水面下投入では半径 10 m 程度、垂下投入では半径 9 m 程度で、垂下投入時の方が拡散が少ないが、標準投入及び水面下投入においても想定した範囲であった。また、細粒碎石の均しについては、今後のモニタリングを考慮し細粒分の流失を防ぐために人力により施工を行った。



図 - 4 施工実験位置



写真 - 3 投入状況

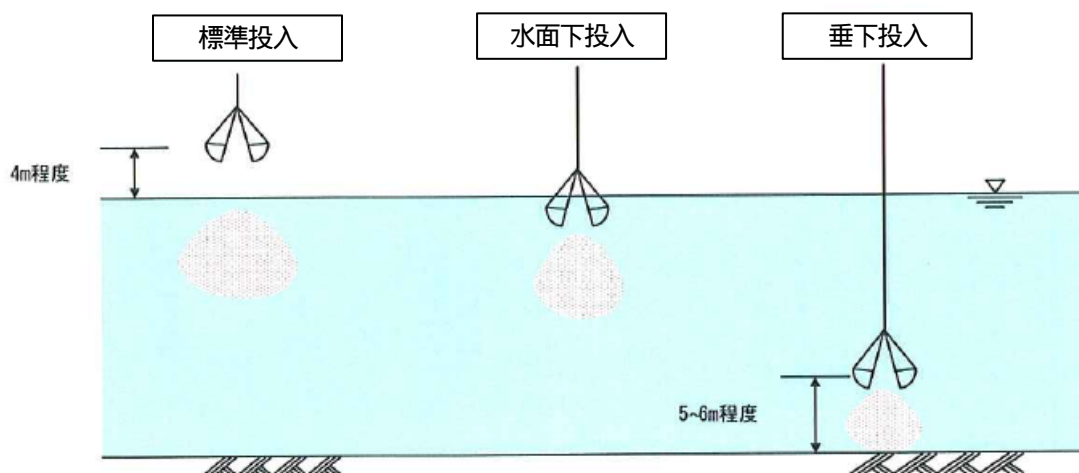


図 - 5 投入方法別イメージ図



写真 - 4 サンプルング状況



写真 - 5 フィルター施工後

(2) 投入後の安定状況

フィルター材初投入後から海中での粒径の変化を確認するため、モニタリングを行った。モニタリング方法については、投入後1日後、4日後、7日後について、写真 - 4 のようにサンプルングを行い、粒度の確認を行った。投入後の結果としては、サンプルングを行う箇所により粒度のばらつきがあるため、一概に日数経過での判断はできない状況であったが、全般的に投入前の粒径と比べて、粗粒分が多くなっていた。これは、投入時及び施工後において、細粒分が何らかの影響で流された結果と思われる。また、施工期間中に日最大(Hmax)3.25mの波を受けたが、大きな変状は見られなかった。結果、細粒分のある程度の流失はあるが、細粒分の流失は想定内の範囲で、高波浪による影響も少ないため、今回の実験では、施工中の安定性において問題がないことが確認できた。

(3) 捨石投入時の飛散状況

フィルター材の施工後(写真 - 5)、ガット船でのマウンド捨石(200~500kg/個)の標準投入によるフィルター材の変状を潜水士の目視により確認した。捨石投入によるフィルター材の飛散や捨石のめりこみを懸念していたが、写真 - 6 のように大きな飛散・めりこみは確認されなかった。



写真 - 6 マウンド捨石施工後

るため、引き続きモニタリングを実施しており、その結果この工法による洗掘防止効果が確認されれば、砂地盤における消波ブロックの沈下問題に対して効率的な工法として確立され、防波堤の持続的な機能維持及び施設管理において非常に有用になると考える。

謝辞：本報告をするにあたり、(独)港湾空港技術研究所 海象情報研究領域 鈴木高二朗主任研究官、四国地方整備局高松港湾空港技術調査事務所 伊藤春樹建設管理官のご協力を頂きました。ここに深甚なる謝意を表します。

6. おわりに

フィルター材については、大水深、うねりを伴う高波浪域でも施工が可能なのが今回の施工実験で一定確認された。しかしながら、施工方法については現場条件によっては更なる検討の余地が含まれており、今後の施工においては今回の施工実験で得られたデータを基礎データとし、活用していくこととしたい。なお、今後現地においてはフィルター材による洗掘防止効果について確認す

参考文献

- 1) 鈴木高二朗・高橋重雄・高野忠志・下迫健一郎：砂地盤の吸い出しによる消波ブロック被覆堤のブロックの沈下被災について - 現地調査と大規模実験 港空研報告，第41巻，第1号
- 2) 鈴木高二朗・野田巖・下元幸夫・権藤宗高・野本啓介・高橋重雄：細粒砕石を用いた防波堤マウンド下部の洗掘防止工の設計と現地設置実験，海洋開発論文集 VOL.23