海岸護岸背面土砂流出の原因と対策

西日本旅客鉄道㈱　正会員　○東浦　和也
西日本旅客鉄道㈱　橋本　哲朗
西日本旅客鉄道㈱　福永　功
西日本旅客鉄道㈱　中山　邦彦

1. はじめに

近年、海岸沿線を走る鉄道路線が高波等の影響により被災する事例が発生している。**図-1** に示す対象区間は明石海峡に面していることから潮流等の影響で海岸の侵食が甚だしく、台風接近時には荒波が護岸に衝撃することで、護岸基礎底部が削り取られ，護岸背面が陥没する事象が複数回発生している（**写真-1**)。本稿では、陥没原因を推定するために実施した調査と対策について報告する。

図-1 当該箇所の位置

写真-1 台風接近時

2. 陥没事象と概況

平成 25 年 4 月から平成 26 年 9 月にかけて、当該区間において 5 回の陥没が発生した。陥没の発生時期、発生箇所を**図-2** に、陥没の状況を**写真-2・図-3** に示す。

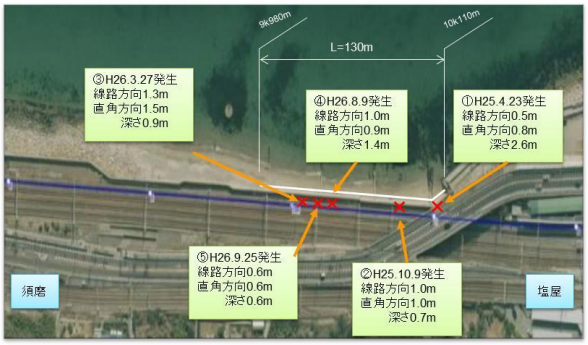

図-2 陥没の発生時期および発生箇所

写真-2 陥没状況

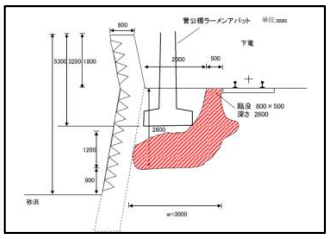

図-3 陥没断面図

3. 原因推定

(1) 海岸(護岸)の侵食

当該区間は、昭和 63 年に海岸埋立てによる潮流の変化により砂浜が徐々に侵食されたものと推定される。平成 2 年と平成 25 年の砂浜の形状を比較すると、侵食が進行していることが確認できる(**写真-3**)。陥没発生時は、繰返しの侵食を受けて、護岸基礎部が大きく洗掘され、空隙が生じている状況であった。なお、検査では、年々砂浜が減少していることを確認していたが、複雑で変化に富む潮流や台風等による荒波により、砂量が日々変化し、洗掘侵食の箇所が一時的に埋め戻されるため、侵食範囲の特定が困難であった。

写真-3 砂浜の形状比較

(2) 護岸背面の空洞調査

護岸背面の空洞を確認するために、護岸前面からコア削孔(**写真-4**)ならびに、線路上からのスウェーデン式サウンディング(**写真-5**)による空洞調査を実施した結果、護岸の背面に空洞が発生していることを確認した。

写真-4 コア削孔

写真-5 ｽｳｪｰﾃﾞﾝ式ｻｳﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ

(3) 陥没発生のメカニズム

推定した陥没発生のメカニズムを**図-4** に示す。砂浜が減少し、護岸基礎部の岩盤が波浪により洗掘・侵食され、その隙間から徐々に盛土材が吸出されたため、空洞が発生し、陥没に至ったものと考えられる。

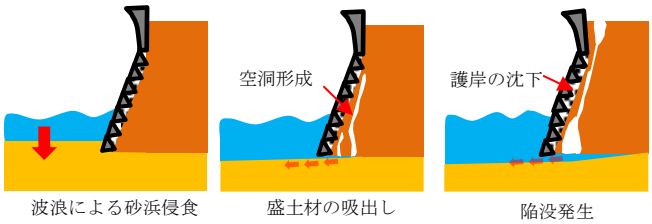

図-4 陥没発生のメカニズム

キーワード　海岸護岸，洗掘侵食，緩傾斜護岸工
連絡先　〒673-0016　明石市松の内 2 丁目 3-8　　TEL：(078)928-0688

4. 陥没発生後の対策

(1) 背面空洞の注入工

空洞調査により確認した背面空洞を充填するために、海岸側および線路側より、懸濁液注入材を二重管ストレーナー複相式により注入した(**写真-6**)。あわせて、洗掘・侵食された護岸基礎にレンガ積工及びモルタル充填を行い、侵食防止と注入剤漏れ防止を行った。(**図-5**)

写真-6 注入工

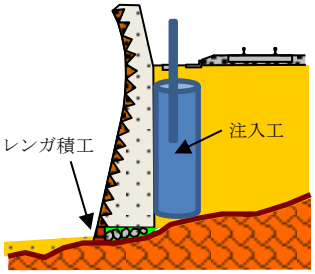

図-5 対策の概要

なお、注入剤の検討については、護岸基礎部から海岸への流出を防ぐために自己充填性を要する注入剤を使うことから、ゲルタイムの調整のために、注入試験を実施した(**写真-7**)。注入試験は、水槽内にバラストを詰めて、空洞を想定して実施した。注入剤が海へ流出することを防止するため、ゲルタイムを 10 秒に配合して、パッキング効果と止水性を確認した。さらにゲルタイムを 30 秒におとし、自己充填性を確認した一軸圧縮強度は 3N/mm^2 以上発現した。

写真-7 注入剤の注入試験

(2) 簡易工事桁の設置

陥没の発生の都度、必要な応急対策を実施したうえで列車の運転を再開してきたが、当該区間は広範囲であるため、すべての空洞箇所を発見し、対策を打つのは困難である。そこで、陥没が発生した場合でも，早期に列車の運転が再開できるように、簡易工事桁の設置および復旧用の土嚢を現地に仮置きすることとした。(**写真-8**)

写真-8 簡易工事桁設置

(3) ふとん籠による根固め工

潮流等の影響による海岸の侵食および台風等の荒波による洗掘の再発防止を図るために、先述の(1)(2)の対策に加え、護岸前面の当社用地内にふとん籠を設置した(**写真-9**)。しかし、施工途中に 2 つの台風が接近したことで、設置したふとん籠の半分以上が流出したので、再度、対策工法を検討した。

写真-9 ふとん籠による根固め工(左:施工直後、右:流出後)

(4) 緩傾斜護岸工(捨石工)

ふとん籠による根固め工の倒壊後、洗掘・侵食および波力抑止、受動圧も兼ねた緩傾斜護岸工(捨石工)による対策を実施する計画に変更した。しかし、本工法の施工にあたっては以下のような課題があったことから、課題解決に向け、関係箇所との協議を進めた。

○海没民地取得に向けた地権者との買収協議
○対策工法の施工に関する関係機関との協議

海没民地の取得にあたっては、陥没対策などの工事を実施する目的等に関して地権者にご理解をいただき施工が可能となった。また、関係機関とは、周辺の環境への影響等を考慮し、施工時期を影響の小さい時期(4 月～9 月末)に施工することで了解が得られ、平成 28 年 8 月に抜本対策を計画通りに施工完了した(**写真-9**)

写真-9 緩傾斜護岸工（捨石工）完成

4. まとめ

本稿では、護岸が侵食され、複数回に渡り被災した箇所について、その原因を調査し、鉄道事業者としてできる対策を実施した。海岸護岸の保守は鉄道事業者だけではできるものではないので、海岸管理者とも連携を取りながら、引き続き、保守していきたい。