

海岸護岸の変状対策および維持管理について

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○山田 啓太

1. はじめに

近年の地球温暖化により日本に接近・上陸する台風が大型化しており、全国各地で土砂崩壊や橋脚流出、堤防決壊など様々な災害が相次いでいる。本稿では、台風の波浪の影響を受け、平成27年7月と8月の2度にわたり発生した路盤陥没事象と対策、今後の維持管理について報告する。

2. 路盤陥没の概要

平成27年7月17日に台風11号の波浪の影響により路盤陥没が発生した。陥没の規模は、線路延長方向11.0m、線路直角方向7.0m、深さ9.0mであった(図-1)。応急対策として、1t土嚢、RC碎石(約240m³)により埋戻しを行った。その後、恒久対策の検討を行っていたが、平成27年8月22日に台風16号の波浪の影響により2度目の路盤陥没が発生した。陥没の規模は、線路延長方向10.4m、線路直角方向10.0m、深さ9.0mであった(図-2)。



図-1. 7月17日陥没状況 図-2. 8月22日陥没状況

3. 路盤陥没発生メカニズム

2度の路盤陥没の原因は、海岸に堆積していた玉砂利の急激な喪失(図-3)により、鋼矢板下端と基岩との隙間から波の浸食を受け、護岸背面土が吸い出されたためである(図-4)。

4. 応急対策工

鋼矢板下端と基岩との隙間を埋める必要があった。そこで、陥没箇所の埋戻し(ステップ①)および護岸下部へのグラウト注入(ステップ②)を行った(図-5)。ステップ①は、1t土嚢、RC碎石(約400m³)を用いて埋戻しを行った。ステップ②では、グラウト注入箇所に海水が到達しており、注入したグラウトが材料分離を起こし強度の低下が懸念されたため、



図-3 海岸状況(左)陥没前(右)陥没直後

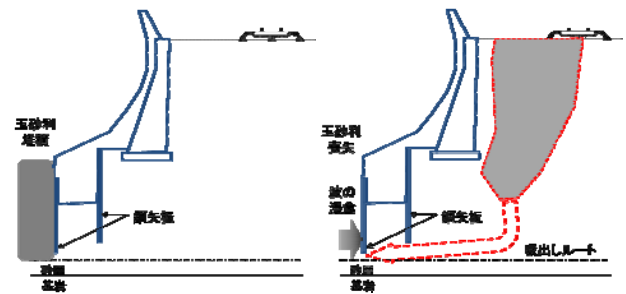


図-4 路盤陥没発生メカニズム

流水下でも材料不分離性を発揮し、急硬性を有したグラウトを使用することで強度の確保を図った。また、海水の影響のない箇所についてはモルタルを注入した。総注入量は119m³であった。

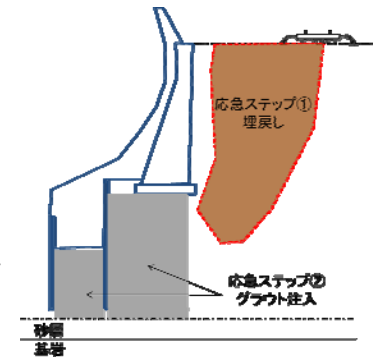


図-5 応急対策ステップ図

5. 恒久対策工

5-1. 恒久対策工の選定

海岸に堆積している玉砂利が喪失しても波の浸食を回避できる対策が必要である。そこで、①岩盤に到達する鋼矢板を設置、②護岸背面の薬液注入の2案について効果、施工性、工期、経済性、安全性の検討を行った。①は岩着する鋼矢板を設置できれば、海と物理的に遮断できるため、最も効果的であると考えた。一方で、重機進入路の整備に時間を要し、経済性に劣る。②は護岸背面土を強固な地盤とすることで波の浸食に耐えられると考えた。また、小型機械のため施工基面での作業が可能となり、施工性

キーワード：海岸護岸，路盤陥没，薬液注入，波浪

連絡先：〒640-8331 和歌山県和歌山市美園町5丁目22 西日本旅客鉄道株式会社 和歌山土木技術センター TEL073-425-6118

や安全性が良い。一方で、地盤改良効果の確認が困難である。以上の検討内容をまとめた表-1より、護岸背面の薬液注入が現実的な対策工であると考えた。

表-1 対策工の適正比較表

	鋼矢板	薬液注入
効果	⊙	○
施工性	△	⊙
工期	× (約150日)	⊙ (約45日)
経済性	×	⊙
安全性	△	○
総合評価	△	⊙

5-2. 薬液注入工

護岸背面土の空隙充填による補強を目的として、図-6の範囲において薬液注入を実施した。使用する注入材は、空隙充填が可能、固結強度を有する、ゲルタイムを有し注入材の逸走防止が図れる、材料の耐久性が優れ経済的という条件のもと、水ガラス系、特殊シリカ系、セメント系について検討を行った(表-2)。3種ともゲルタイムを有しているが、水ガラス系は耐久性が低く、特殊シリカ系は経済性に劣る。セメント系は耐久性が期待でき経済性も優れている。よって、ゲルタイム 60 秒のセメント系材料を適用した。工法は、二重管ストレーナ工法(単相式)、二重管ストレーナ工法(複相式)、二重管ダブルパッカ工法について検討を行った。二重管ストレーナ工法(単相式)は、ゲルタイムの短い薬液を使用するため限定範囲の改良が可能である。また、削孔と注入は同一ロッドを用いるため施工性が良い。一方で、地盤によっては固結形状が不均一になりやすい。二重管ストレーナ工法(複相式)は、瞬結性薬液による一次注入と緩結性薬液による二次注入(浸透注入)を繰り返すため、均質な改良効果が得られる。一方で、使用薬液が二種類必要となるため、プラント設備が大きくなり、各ステップ毎に薬液を切り替えるため、作業と管理が複雑になる。二重管ダブルパッカ工法は、セメント系注入材による一次注入とゲルタイムの長い薬液による二次注入を行うため、均質な改良効果が得られる。一方で、多数の工程を必要とするため施工費が高い。当該現場では、注入材の逸走防止を図り、限定範囲の空隙充填による補強を目的としているため、ゲルタイムの長い注入材を用

いる工法ではなく、限定範囲の改良が可能な二重管ストレーナ工法(単相式)を適用した。なお、薬液注入実施前に、グラウト充填状況の確認としてコア採取を行ったところ、グラウトと基岩との間に深さ約 1.2m の砂層が存在していたため、まずこの砂層に薬液注入を実施し、その後護岸背面の薬液注入を実施した。総注入量は約 291.3m³、注入率は対象土量に対して約 50.0%であった。

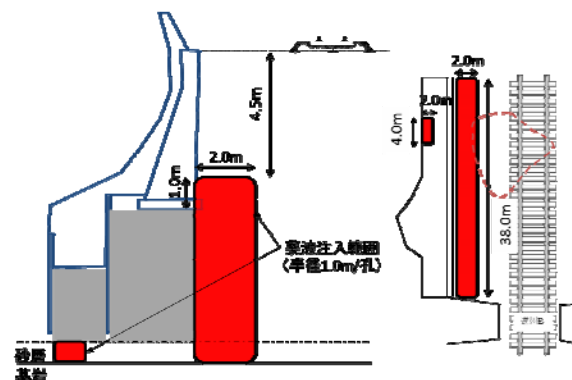


図-6 薬液注入範囲(左)断面図、(右)平面図

表-2 注入材の適正比較表

	水ガラス系	特殊シリカ系	セメント系
主たる目的	止水と強化	耐久性が求められる地盤改良	耐久性が求められる地盤改良
ゲルタイム	⊙ 数秒～3分以上	△ 5～60分	⊙ 数秒～60分
ホモゲル強度(N/mm ²)	○ (0.7程度)	⊙ (2～3程度)	⊙ (1程度)
耐久性	△	⊙	⊙
経済性	△	×	○
総合評価	△	△	⊙

5-3. 薬液注入効果の確認

薬液注入効果の確認として、屈折法による弾性波探査を行った。人工的に弾性波を発生させ、受震器で直接または異層間で屈折して地層を伝わってきた縦波(P波)を観測し、P波の速度から薬液注入効果の確認を行った。その結果、薬液注入を行った範囲のP波速度が1.3～2.7km/sと良く締まった砂礫～軟岩相当の値を示しており、十分な改良効果が得られていることを確認した。

6. まとめ

2度の路盤陥没に対して、薬液注入を実施し地盤改良効果を確認した。今後、海岸護岸への波浪の影響を調査し、必要により波消ブロック設置に向けて海岸管理者と協議を行っていく予定である。また、陥没検知装置やライブカメラを設置し、再度路盤陥没が発生した際にもいち早く状況を把握し列車抑止等の措置により、列車の安全性を確保していきたい。