

信越本線海岸護岸壁の維持管理

東日本旅客鉄道株式会社 非会員 ○渡邊 慶
 東日本旅客鉄道株式会社 非会員 小林 桂樹
 東日本旅客鉄道株式会社 非会員 山崎 崇
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 大山 博

1.はじめに

東日本旅客鉄道株式会社新潟支社で管理している信越本線は、日本海を縦貫する線区として、関西地方と東北地方を結ぶ重要線区である。当該線区の南西部では、日本海と接して走行する区間が多く、海岸護岸壁が冬季の波浪によって攻撃を受け、護岸壁の底部等から背面土砂が吸い出され、陥没等の事象が過去に発生している。そのため、地質などの調査や薬液注入などの対策工を実施している。本稿では、地質調査等によって得られた結果と今後の維持管理について報告する。

2.当該箇所について

(1)周辺地形・地質概要

当該箇所は新潟県南西部の日本海沿岸部に位置し、トンネル区間以外の大部分が連続した護岸壁により防護されている。また、日本海と低山地(背後には標高 993m の米山が存在)に挟まれ、低山地にはいくつかの沢地形がみられる(図-1)。



図-1 周辺位置図

(2)被災履歴

冬季になると北西からの季節風の影響を受け、海岸護岸壁が波浪の攻撃を受ける。2003 年以降の主な被災履歴を表に示す(表-1, 図-2)。

表-1 被災履歴

No.	発生年月	被災内容	No.	発生年月	被災内容
①	2003/12	路盤陥没	⑧	2009/01	路盤浸食(2箇所)
②	2004/07	路盤陥没	⑨	2010/12	護岸背面の窪み
③	2006/08	路盤陥没	⑩	2010/12	護岸背面の窪み
④	2007/02	路盤陥没	⑪	2011/10	護岸背面陥没
⑤	2008/04	路盤陥没	⑫	2012/04	護岸背面陥没
⑥	2008/12	路盤陥没(3箇所)	⑬	2013/10	護岸壁背面陥没(5箇所)
⑦	2009/01	護岸壁倒壊・路盤陥没	⑭	2013/12	路盤陥没



図-2 米山駅周辺図(被災位置図)

3.これまでの対策と維持管理

これまで海岸護岸壁の健全度判定には、全般検査や重大災害の多発を受けて 2000 年より実施している重大災害再発防止点検と言った定期的な検査のほか、天候悪化時等に海岸護岸壁並びに周辺状況の臨時点検を実施している。また、海岸護岸壁等の被災事象の再発防止に向け、ハード対策及びソフト対策を講じている。

(1)ハード対策

①薬液注入工

2003 年より護岸壁背面に存在する砂質土が、継続的な波浪によって劣化した護岸壁の基礎下部や目地部から吸収されるのを防止するため、陥没発生箇所とその周辺に瞬結性の水ガラス系懸濁型と、長期的な吸出し防止を目的とした特殊スラグ系を注入し、地盤改良を行っている。

(2)ソフト対策

①陥没検知装置

護岸壁裏の陥没を検知する装置で、米山駅護岸壁背面約 1.6km にわたり設置している。これはコンクリート板が 1.0m 以上沈下すると、取り付けられた検知線に引張力が働き、陥没を検知する。検知した際、当社の防災情報システム(PreDAS)への通知と現地の信号機の明滅により、列車を停止させる仕組みとなっている。

②護岸壁監視カメラ

米山駅裏と過去に大きな路盤陥没が起きた箇所の 2 箇所の護岸壁背面に定点で監視するカメラを設置し、天候悪化時等に海岸護岸壁並びに周辺状況の確認と点検実施の判断に活用している。

4.地質調査等の実施と結果

これまで継続的に薬液注入工を行ってきたが、永久的な効果は期待できず、今後も陥没の発生が懸念される。その為、陥没・沈下の変状発生メカニズムの調査・検討を行った。

(1)調査ボーリング

調査ボーリングを護岸背面地盤(護岸背後 1m 以内)で行った。以下に調査ボーリングの結果を示す(図-3)。地層状況は深度約 9m 付近まで砂質土からなり、それ以深はシルト岩である。また、深度 4m~5m 付近では、最小 N 値 2 を示し、その浅部・深部よりも相対的に緩い。合わせて、2009 年に施工された薬液注入材の状況を確認するために、ボーリングコアにフェノールフタレイン溶液を滴下した(図-4)。

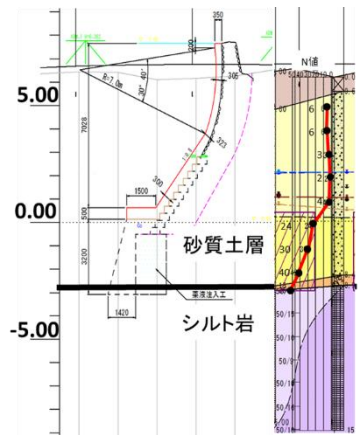


図-3 調査ボーリング結果



図-4 ボーリングコア

深度 0.80~2.35m 付近、深度 6.65m~6.75m 付近、深度 8.75m 付近の一部で赤色を発生した。他では、赤色は見られなかった。これにより、薬液注入材は経年により劣化し効果が低減することを確認した。

(2) 動態観測

地下水位と電気伝導度の変化を把握するためボーリングにより観測孔を設け、観測を行った。結果を以下に示す(図-5)。地下水が概ね標高 1.6m 未満になると電気伝導度が上昇する(図-5における黄色の囲み)。また、地下水が概ね 1.6m 以上になると電気伝導度が低下する(図-5における青色の囲み)。これは、淡水(護岸背後側の低山地から供給される地下水)と塩水(海水)の境界面が背後の淡水の地下水位により、塩淡水境界面が変動していると考えられる。

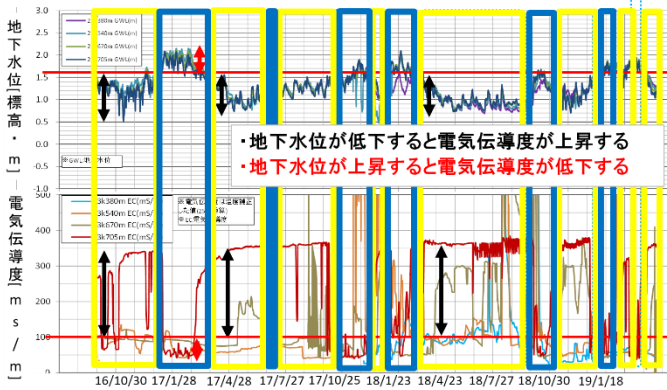


図-5 変動グラフ (上) 地下水位、(下) 電気伝導度

(3) 変状メカニズムの検討

(2) 動態観測により、海側からの海水の影響と思われる電気伝導度の上昇、および山側からの淡水の影響と思われる電気伝導度の低下がみられた。山側の淡水が優勢となり地下水位が上昇し、淡水が海に向い移動するのに伴い、土粒子も護岸背面から移動し、陥没・沈下が発生すると考えられる(図-6)。

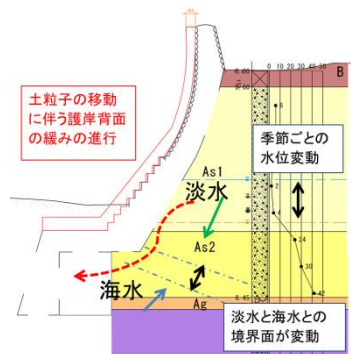


図-6 陥没・沈下の発生メカニズム

(4) 室内試験の実施・結果

陥没・沈下のメカニズムの解明及び地下水排除工の効果を定性的に確認する目的で小型模型実験を実施した。護岸壁を模擬した仕切り板で仕切られた小型土槽内に砂質土地盤として、ケイ砂 7 号を用いて、含水比 3%、相対密度 40%で構築した。また、仕切り板には、護岸壁の基礎下部を模擬した 10×10mm の切欠きを設けた。実験は無対策の模型地盤 Case1 と、地下水排除工を設置した Case2 に対して、海側水位を低い位置で保ち、山側水位を初期状態 40mm より 80mm ずつ 280mm に至るまで上昇させた。その結果、Case1 では海側と背面地盤に水頭差が生じ、吸い出しが進行し模型地盤の沈下を確認した(図-7)。また、水頭差が大きくなるにつれ、吸い出し量は増大した。それに対し Case2 では、水頭差が生じ、わずかに吸い出しは発生したが、沈下には至らなかった(図-8)。これは、地下水排除工によって背面地盤内の間隙水圧の上昇が抑制されたため、水頭差が低減され、背面地盤側から海側への浸透流速

度が低減した結果と考えられる。室内試験の結果、水が流動するのに伴い土粒子も流動する挙動を確認した。

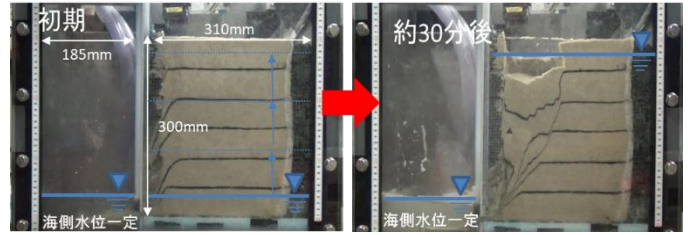


図-7 Case1 (初期状態→30分後)

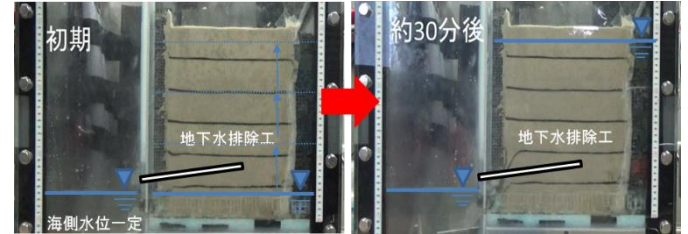


図-8 Case2 (初期状態→30分後)

5.今後の展望

4.(4)で護岸背面地盤内の水位を低下させることで、背面地盤から海への浸透流速を低減させ、護岸壁の基礎下部からの背面地盤土の流出を抑制することが出来ると分かった。そこで、水抜きボーリング工(排水パイプ)、ウェルポイント、集水桝の3パターンの地下水排除方法について、排水性能、構造的、経済性の3つの観点から比較検討を行った(表-2)。しかし今回の比較検討では、適切な位置や打設間隔、打設長、あるいは仕様として吸い出しや逆流防止、吸水速度、吸水高さ等の検討ができていない部分がある。そのため、実際の施工にあたる際は、別途詳細な検討が必要である。

表-2 地下水排除方法 比較表

対策案	水抜きボーリング工 (排水パイプ)	ウェルポイント	集水桝
概要	・護岸前面より水抜き孔を設置。	・護岸背面に設置。 ・地下水位の上昇に連動したポンプで排水。	・護岸と線路の間に集水桝を設置。 ・井戸内の水は水位に連動したポンプで排水。
排水性能	・試験施工により効果を確認。 ・砂浜からの設置するため、水抜き孔の設置深度に制約がある。	・地下水位の上昇の抑制が期待できる。 ・吸水高さは上限に近い。	・排水パイプの設置深度が調整できるため、水抜きボーリングよりも地下水位の上昇の抑制は期待できる。
構造的	・吸出し防止や逆流防止・護岸健全性を確保する必要がある。	・海岸沿いの過酷な環境への防護が必要だが、構造的な問題は少ない。	・掘削に伴う土圧に対して十分な構造と、吸出し防止を行う必要。
経済性	・動力を要さないため、最も経済的である。	・構造は単純で経済的。 ・動力のためのランニングコストを要する。	・土圧に対する十分な井戸構造に加え、井戸内排水のためのポンプ動力が必要。

6.まとめ

当該区間はこれまで厳しい波浪環境のもと、陥没等の事象発生が頻発し、薬液注入工や検査・点検及び監視体制の強化といったハード・ソフトの対策を講じている。本稿で、山側の淡水が優勢となり地下水位が上昇し、淡水が海に向い移動するのに伴い、土粒子も護岸背面から移動し、陥没・沈下が発生することが分かった。また、地下水排除工を設けることで、陥没・沈下の抑制に有効であると確認できた。今後は、引き続きソフト対策を取り組み、ハード対策として、薬液注入工と合わせて、各種検討を行った上で、地下水排除工を実施し、列車の安全安定輸送を図っていく。

<<参考文献>>

- 1) 高橋京, 金子建児, 須賀康弘 「信越本線海岸護岸の維持管理について」
- 2) 石黒直紀, 國松周平 「鉄道が接近した海岸護岸背面における変状事例」