

海岸護岸背面の陥没対策とその効果の検証

西日本旅客鉄道

正会員 ○高野 修壮 内田 祐太

正会員 西田 幹嗣 榎 健

1. はじめに

近年、鉄道沿線の海岸護岸(以下、護岸という)の背面において、路盤陥没(以下、陥没という)が発生して列車の安定輸送に影響を及ぼすことがある¹⁾。現在、これらの陥没事象を未然に防止するために可搬型線路下空洞探査機²⁾(以下、空洞探査機という)を用いて陥没の発生しやすい箇所を抽出し、その抽出した箇所に対して強制振動締固めや目地詰めを実施しており、本稿ではその効果について報告する。

2. 本研究で対象とした護岸の概要と陥没発生メカニズム³⁾

本研究で対象とした護岸は、高さ 4m の石積み構造である。護岸前面にはコンクリートバットレスと石積みの根固め工が施工されており、護岸上部には波返し工がある。波返し工天端には沈下が認められ、根固め工には目地の隙間やはらみが認められる。また、この箇所の近傍には直径 450mm の伏びが接続されている。

路盤の土層構造を確認することを目的に簡易ボーリングと簡易貫入試験を実施したところ、護岸背面は施工基面から深さ 3.5m 程度は N_d 値 2~10 程度の緩い砂質土であり、3.5m 以深は N_d 値 20 程度の砂礫層であった(図 1)。また、陥没発生メカニズムを明らかにすることを目的にボーリング孔を用いて水位観測を実施したところ、潮の干満と同様に護岸背面の路盤内部でも水位変動していることを認めた。このことから、潮の干満によって護岸や横断構造物の軽微なひび割れまたは、目地の隙間等から路盤内部へ海水が入り出す際に、海水とともに路盤材料が徐々に吸い出され、陥没が発生すると推定される。

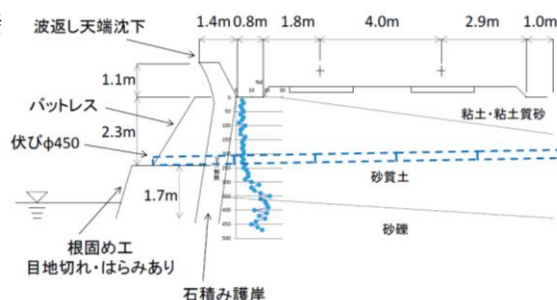


図1 調査箇所の概要



図2 簡易工事桁の設置状況

3. 陥没防止に向けた調査・対策とその効果

(1) 簡易工事桁の施工

過去に陥没が複数回発生した箇所は、路盤内に残存空洞が形成されている可能性があることから、応急的に列車の安全輸送を確保することを目的に簡易工事桁を設置した(図 2)。

(2) 護岸や根固め工の目地詰めとその効果

次に路盤材料が吸い出されることを防止するために、護岸や根固め工にモルタルを用いて目地詰めを入念に実施した(図 3)。図 4 は目地詰めの効果を確認することを目的に水位観測を実施した結果である。同図から目地詰めの前で水位変動に変化は見られず、干潮時には根固め工下部から伏流水が発生しているのを認めた(図 5)。これは、満潮時に砂浜と根固め工の隙間から路盤内に海水が供給されることが原因として考えられ、目地詰めによる一定の効果はあるものの、伏流水によって徐々に路盤材料が吸い出される可能性は考えられる。なお、この対策には根固め工の前面に鋼矢板を打設する等の護岸改良が必要であるため、今後の検討課題としたい。

(3) 空洞探査機による調査

これまで護岸背面の空洞や緩み領域は、5m 又は 10m 間隔で 1m の単管をキーワード 海岸護岸, 路盤陥没, 強制振動締固め, 電磁波探査, 水位観測



図3 目地詰め施工状況

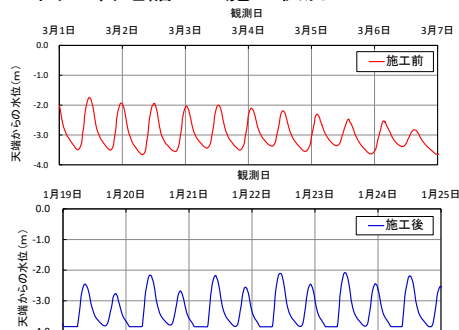


図4 路盤内部の水位変動

連絡先 〒754-0002 山口県山口市小郡下郷 1357 西日本旅客鉄道(株) 広島支社 山口土木技術センター TEL 083-973-6312

ンクリートブレーカで路盤内に打込み把握していた。しかし、この調査方法では調査者によって空洞や緩み領域の判断にバラツキが出ることや、単管を打込みした箇所の点情報しか得られないため、空洞や緩み領域を見落とす恐れがあった。そこで、護岸背面の空洞や緩み領域を把握するために、2種類の周波数帯域の電磁波レーダーを搭載し、かつマクラギの影響を受けることが少ないアンテナ配置で構成された空洞探査機を用いることにした。

図 6(a)は過去に陥没事象が発生した護岸背面(軌間外側)の空洞探査の結果である。同図の赤色や黄色でマーキングしている箇所は、その深度の平均反射強度よりある一定の閾値以上の大きな値が得られた箇所を示している。なお、赤色でマーキングされた箇所は黄色でマーキングしている箇所よりも大きな値が観測されており、これらの箇所は緩み領域である可能性が高い。同図から過去の陥没発生箇所と緩み領域が概ね一致していることが分かる。このことから、護岸背面の空洞調査に空洞探査機を用いることは有効であると考えられる。

(4) 簡易強制振動締固めとその効果

空洞探査機で発見された空洞や緩み領域は、軌陸バックホウの先端に長さ1.2mのロッドを持つ油圧ブレーカーを取り付けた強制振動機を使用した。ロッドの長さ1.2mは、軌陸バックホウのトロリ線等に対する離隔距離を確保する安全装置を作動させながら施工可能な長さとして決定した。これにより、短い作業間合いに左右されずに強制振動締固めを効率的に施工できた(図 7)。なお、本施工では作業時間20分(軌陸バックホウの載線、退線は含まない)で、約5mの延長を施工して土嚢袋25袋のバラストを補充した。図 6(b)は強制振動締固め直後に実施した空洞探査の結果である。同図から、強制振動締固めを実施した範囲の緩み領域は施工前後で減少していることが認められる。一方、強制振動締固めを実施しなかった範囲の緩み領域は施工前後で大きくなっている。これは、強制振動締固めにより緩み領域が解消されたことによって、強制振動締固めを実施していない範囲の緩み領域が顕著になったことと推定される。なお、この緩み領域に対しても強制振動締固めを実施した。図 6(c)は強制振動締固めしてから半年後に空洞探査した結果である。同図から深部にあった緩み領域が表層部に上がってきていることが分かる。この現象は伏びの空洞メカニズムの1つである列車振動等によって少しずつ空洞が広がっては空洞内に土砂が積もり、あたかも空洞が上昇する現象と符合している⁴⁾。このことから空洞探査機で把握した緩み領域に対して強制振動締固めを実施することは有効な対策であると考えられる。

4. まとめ

本論文では、過去に陥没事象が発生した箇所において2016年度から実施してきた陥没対策とその効果について報告した。当該箇所の陥没対策は、施工してから約3年が経過しており、これまで陥没事象は発生していないことから妥当であったと考えられる。今後も空洞探査や強制振動締固め、目地詰め等の陥没対策を継続するとともに、根固め工下部からの伏流水による路盤材料の流出を防止するために護岸改良について検討していきたいと考えている。

【参考文献】1)前田耕輔:海水面の水位変動の影響を受ける路盤陥没対策,日本鉄道施設協会誌,Vol.55,No.2,pp144~146,2017.2, 2)波場志郎・斉藤岳季:可搬型線路下空洞探査装置の開発,JR EAST Technical Review,No.25,pp43~48,2008.10, 3)北里龍馬・西田幹嗣他:瀬戸内海に面する海岸護岸の維持管理方法に関する一考察,土木学会年次学術講演会概要集,VI-958,pp1916~1917,2017.9, 4)野村倫一:伏び空洞調査,日本鉄道施設協会誌,Vol.38,No.2,pp121~123,2000.2



図 5 根固め工下部の伏流水の状況

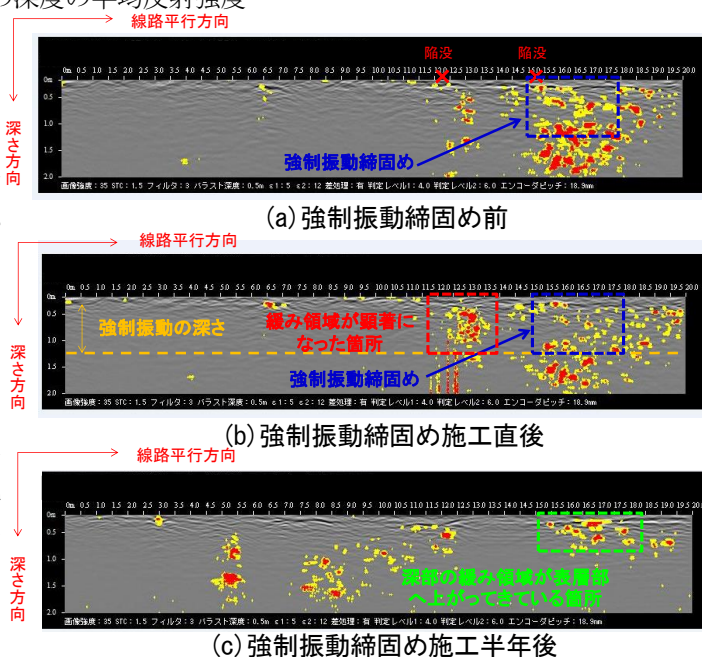


図 6 空洞探査の結果



図 7 強制振動締固め施工状況