

キヤ車データを用いた盛土内部ゆるみの推定方法と実調査結果

西日本旅客鉄道㈱ 正会員 ○木口博之、紙田茂、藤野隼揮
西日本旅客鉄道㈱ 非会員 大月啓行

1. はじめに

地中埋設管の破損などに起因した地表部の局所的な沈下(写真-1)などの事例が各地で生じている。鉄道では線路を横断する暗渠排水路(以下伏びという)の破損を起因とした局所的な盛土の沈下が発生しており、盛土内部のゆるみ状況を適切に把握することが求められている。調査対象とした線区では平成26年に伏び周辺での局所的な沈下が2件発生した。

岡山県南部は、江戸時代から開発が進められた干拓地¹⁾となっており、軟弱地盤の上に鉄道盛土が構築されている。このことから伏びに起因する局所的沈下事象は特有の事由があるのではないかと考えられた。



写真-1 地表部の局所的な沈下

地盤内のゆるみ状況を調査する手法は様々な方法があるものの、精度良く調査する方法がない。そこで、車両走行時に生じる車軸の変位により軌道狂いを測定する「キヤ車」のデータから盛土内にゆるみを生じた箇所を抽出する方法を検討した。本稿では検討内容と現地調査、およびその検討結果を報告する。

2. 概況

調査対象とした線区には伏びが208本あり、管種別は主に陶管で経年100年を超える管も存在している。伏びを起因とした局所的な盛土沈下のメカニズムは、管路内や外部からの流水により、管継目のズレや破損箇所などの管の変状部から伏び周囲の土砂を流出させることで生じる可能性が提言されている²⁾。管内の調査法は、カメラを入れ内部状態を調査し、クラックや継目のズレの大きさから管の健全度を判断している。一方、補修が必要と判断された箇所については管内部を樹脂により保護するライニング補修で盛土内部の土砂吸い出しを防止している。

調査対象箇所が発生した局所沈下事象のうち、ライニング補修した管で局所的沈下が発生したケースが1件あった。これは管の変状に起因して過去に一度ゆるみを生じた場合、補修により新たな土砂の吸出しを防止しても、それまで形成されたゆるみが、列車振動や雨の浸透によって上部へ移動したため盛土表面で局所的沈下を生じたと考えられる。

3. ゆるみ箇所の調査方法

全ての伏びに対し盛土内部のゆるみ状況を調査することが望ましいものの、対象数量が多く、全数を調査するには時間を必要とするため、局所的沈下を起こす可能性が高い箇所から優先して調査や対策を行うための手法が必要であると考えた。管内部のカメラ調査は既に全数実施されていることから、盛土内のゆるみ調査手法として、軌道内で行うため小型軽量で汎用性があり、調査速度が速く定量的に判断が可能な簡易動的コーン貫入試験を選定した。この調査法は深さ5m程度まで調査が可能なため、調査対象箇所のほぼ全ての盛土に対して調査が可能である。伏び1箇所当りの調査範囲は、列車荷重の影響範囲を包含できるように軌道中心と左右のり肩の3箇所で行うこととした。また、簡易動的コーン貫入試験では軌道直下のバラストが固結化した層を貫通することができないためハンマードリル(φ25mm, L700mm)で削孔した孔から軌道中心の調査を実施した。

4. キヤ車データからの選定

優先的に調査が必要な伏び設置箇所を見つけ出すため、管内カメラ調査結果とあわせて盛土上部の軌道変状を示すキヤ車データから伏び位置を抽出し、下記①～③のいずれかに該当する伏びを選定した。

- ① キヤ車データで高低狂いが比較的大きい箇所。
- ② ①の中で原因がレール継目、橋りょう位置、踏切等ではない、すなわち盛土の局所的沈下の可能性がある箇所。

キーワード 伏び、盛土内部のゆるみ、局所的沈下、キヤ車、簡易動的コーン貫入試験
連絡先 〒700-0024 岡山県岡山市北区駅元町1-3 TEL086-223-0180 FAX086-223-2078

③ ①の中で伏びカメラ調査の結果、管の破損や継目のズレなどが生じている箇所。

5. キヤ車データ選定結果

①の選定結果：キヤ車によるデータにおける伏び208箇所の位置から、軌道の高低狂いが大きい箇所を50箇所選定した。参考に図-1に示す軌道高低狂いのデータにおいて伏び設置箇所(1)については、波形の変化しやすい踏切や橋りょう部と異なる箇所大きく波形が落ち込んでいる様子が分かる。

②の選定結果：①で選定した50箇所のうち、レール等の影響がなく、伏び周辺で軌道狂いが生じている箇所を10箇所選定した。

③の選定結果：①で選定した50箇所で、修繕済みや所在が不明な管等を除く健全度が低い管を25箇所選定した。過去の局所的沈下事象からライニング補修した伏びの事例もあることから、補修をしていない8箇所、ライニング補修済みの17箇所に分類した。

①～③のいずれかで選定された伏び、計29箇所を選定した(表-1)。

また、問題がないと思われる箇所で比較的大きな軌道変位が出ている箇所の図-1(2)箇所について最大値の変化量(進み量)を比較した。表-2より最大値の変化はほとんどないため、盛土内部のゆるみに起因する軌道狂いとは違うものと考えられる。

6. 簡易動的コーン貫入試験結果

キヤ車データとカメラ調査結果から選定された29箇所について簡易動的コーン貫入試験を行った結果、Nc値が2以下のゆるい層が連続している箇所が4箇所確認された。この4箇所についてはその後、伏び周辺の盛土内への注入材による対策を実施している。例としてゆるい層発見された伏びNo27付近左施工基面のNc分布図を図-2に示す。

7. まとめ

今回選定した29箇所のうち約30%の箇所で盛土内にゆるい層がある箇所を確認することができた。このことは、軟弱地盤上の盛土ではキヤ車のデータ傾向と伏びカメラ判定から調査を優先して行うべき伏び周辺の盛土を絞り込み、簡易動的コーン貫入試験を実施することで盛土内部のゆるい層を判断できることを示している。

現在、キヤ車データは盛土内の緩み状態を定量的に判断する基準がないことが課題と考えている。今後は、軌道変化の進み量や軌道狂いに用いる波長などを検討し、精度良く変状箇所を把握できるよう検討していきたい。

参考文献

- 1) 早島町役場：早島町地域防災計画(地震災害対策編)，平成25年6月
- 2) 野村倫一，(社)日本鉄道施設協会：施設協会誌，伏び空洞調査，平成12年2月

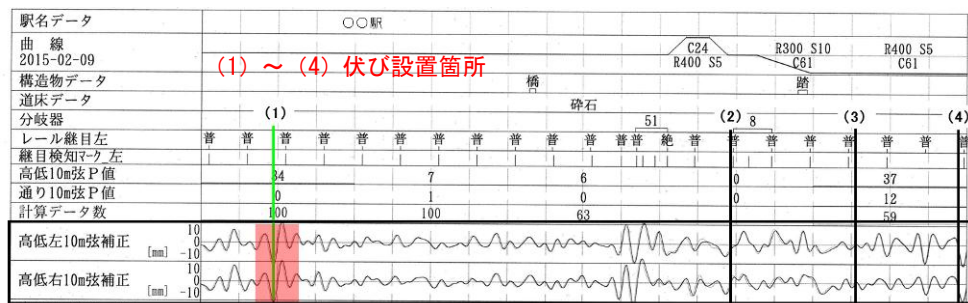


図-1 キヤ車データの選択

表-1 選定表

伏び No	管径	ステップ1 キヤ車データ		ステップ2 カメラ調査		ステップ3	
		①	②	③ 補修済	④ 補修済	簡易動的 コーン貫入 試験	ゆるい層を 確認した箇 所
1	450					●	
2	450		○			●	×
3	150			○		●	
4	450					●	
5	450		○			●	×
6	不明		○			●	
7	300				○	●	
8	300		○			●	
9	450			○		●	
10	300		○			●	
11	300			○		●	
12	450			○		●	
13	300		○			●	×
14	450			○		●	
15	450		○			●	
16	450			○		●	
17	450		○			●	
18	450			○		●	
19	450		○			●	
20	450			○		●	
21	230			○		●	
22	300			○		●	
23	450			○		●	
24	450			○		●	
25	450			○		●	×
26	450			○		●	×
27	300			○		●	×
28	230		○			●	
29	450			○		●	
30							
計			10	8	17	29	2
小計					35		4
重複分					-6		
合計					29		

※○は①～③の選定内容で選定された伏びを示す
 ※●は簡易動的コーン貫入試験
 ※×はゆるい層を確認した箇所
 過去(H26)の簡易動的コーン貫入試験でゆるい層を確認
 今回の簡易動的コーン貫入試験で新たなゆるい層を確認

表-2 高低変位進み量

位置		H24.7.25	H25.1.27	H25.7.25	H26.1.27
(2)	左	-0.01	-0.70	-0.14	-1.12
	右	3.52	3.71	4.06	2.71

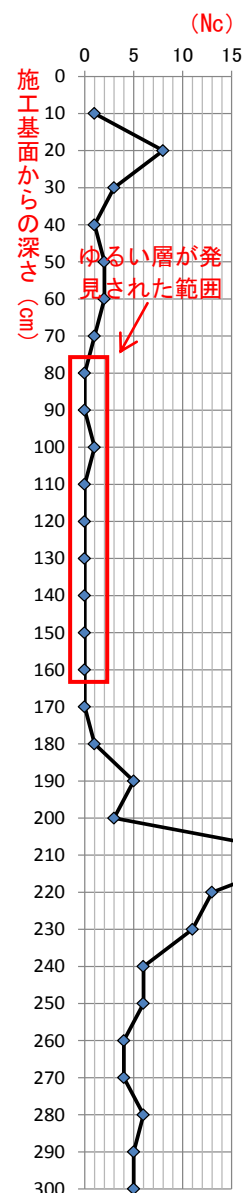


図-2 Nc 分布