

PCR ダブルエレメント工法に伴う地盤変状に関する考察

近畿日本鉄道(株) 正会員 笹川 耕司 (株)大林組 正会員 稲田 耕次
(株)大林組 正会員 青柳 直樹 (株)大林組 正会員 〇 辻 幸志
(株)大林組 正会員 鈴木 公二 (株)大林組 正会員 舘 健一

1. はじめに

奈良県農免農道整備事業に伴う、近畿日本鉄道(株)吉野線薬水～福神間の盛土部との立体交差(延長 L=14.1m)において、非開削工法として PCR (Prestressed Concrete Roof Method) ダブルエレメント工法を採用した。本工事は、非開削工法としては比較的土被り厚が大きい(H=4.2m)ことが特徴であり、列車運行の安全を確認するため盛土上端に計測固定点を設置し、動態観測を全工期間に渡り実施した。本報文は、観測された地盤変状量について、数値解析手法(FEM 解析)を用いた逆解析により、その要因ならびに定量的な評価を行ったものである。

2. 工事概要

PCR ダブルエレメント工法は、先行して2本並列に掘削・推進した角形鋼管(1,100×1,100mm)の後方より、プレテンション方式 PC 桁(ダブルエレメント桁、1,100×2,200mm)を置換・推進した後、頂版、側壁、底版の部材毎、PC 鋼線による横締・緊張をすることにより、一体化をはかり、ボックスカルバートを構築する工法である。

近鉄吉野線当該施工部は単線・急曲線(R=165m)・高盛土区間であり、当初は仮設構台設置、工事桁架設による開削工法での施工を検討したが、仮設構造物の縮減、周辺環境負荷の低減を目的として、本工法を採用した。なお、頂版の施工は、夜間線路閉鎖、側壁、底版の施工は、昼間列車間合により実施し施工に伴う動態観測により軌道整備を適宜実施した。

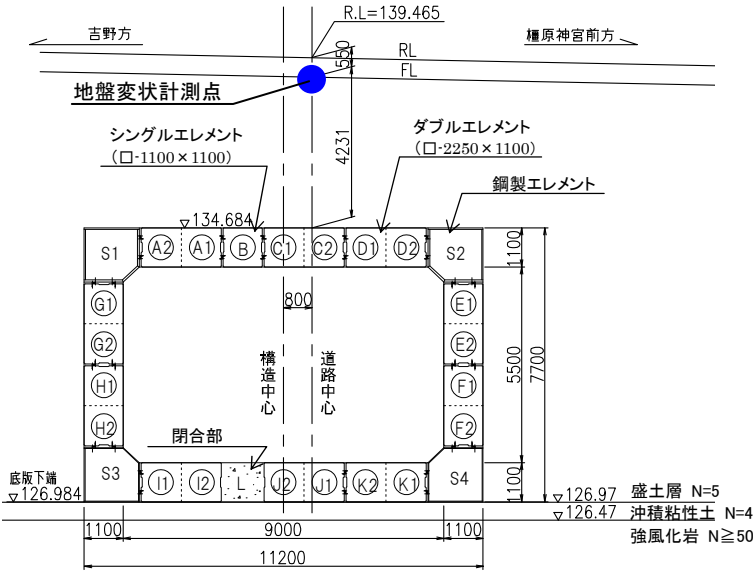


図-1 施工断面図(発進側)

3. 逆解析手法ならびに解析条件

3.1 地質概要

施工箇所は盛土層であり、PCR 桁の底版下面に 50 cm の沖積粘性土を挟み、それ以深は強風化岩となっている。表-1 に土質層序、ならびに定数一覧表を示す。

表-1 土質定数一覧表

層名称	層厚 (m)	N 値	γ (kN/m ³)	ϕ (度)	C (kN/m ²)	αE_0 (kN/m ²)	ν
盛土	11.945	5	19.0	23.0	0.0	3,500	0.38
沖積粘性土	0.50	4	16.0	0.0	25.0	2,800	0.45
強風化岩	—	50	20.0	41.0	5.0	35,000	0.30

3.2 逆解析手法

施工に伴う地盤変状量の算定については、有限要素法解析手法(FEM、二次元弾性モデル)を用いた。角形鋼管の推進、シングル・ダブルエレメント桁への置換・推進時においては、切羽前方の先行緩み、ならびに函体周面摩擦に起因する地盤せん断強度の低下による地盤変状が発生する。本検討では、一般的にシールド工法施工時の地盤変状問題などに用いられる応力開放率 α を用いて、様々な地盤変状要因を総じて表現することとした。

なお、頂版、側壁、底版、ならびに底版端部鋼製エレメント(S3, S4)に対する応力開放率は異なるものとし、地盤変状量計測結果に対して同数値をフィッティングパラメータとして逆解析を行った。

解析ステップ一覧表を表-2 に示す。施工段階に順じ解析ステップを設定したが、頂版部 C1 角形鋼管の施工から、底版部 L 閉合部推進(図-1 参照)に至るまで、合計 100 ステップとなった。

キーワード PCR ダブルエレメント工法, 2 次元有限要素解析, 掘削開放応力
連絡先 〒540-8584 大阪市中央区北浜東 4 番 33 号 (株)大林組 TEL 06-6946-4488

4. 解析結果

図-2 に計測点における
累積沈下量実測値と解析
値の比較を示す。

応力開放率をフィッテ
ィングパラメータとした
解析の結果、頂版、側壁、
底版端部鋼製エレメント
(S4, S3) および底版施工

時の応力開放率はそれぞれ 74%、36%、33%、
64%となった。

頂版上から線路軌道敷までの約 4.2m の間に
は盛土層のみであるため、頂版施工時は盛土層
の緩み範囲が拡大するとともに掘削推進時の
周面摩擦力が大きくなる。これに起因して沈下
量が大きくなったと考えられ、開放率 74%と
他の部位よりも大きく評価された。

また側壁施工時は、横方向にプレストレスを
導入され、2 方向版構造となった頂版が上部に
存在することと、施工済みの仮管やエレメント
直下での同幅掘削（置換）推進であったため、
これらの先受け効果が発揮され、他の部位より
も沈下が小さく、開放率は小さくなったと考えられる。さらに底版施工時は、上部に施工済みの構造物があるもの
の離隔が大きいことから、頂版と同様、開放率は大きく評価される結果となった。図-3 に頂版施工完了後と側壁施工
完了後の鉛直変位量コンター図を示す。

表-2 解析ステップ

解析 ステップ	頂版施工	開放率	解析 ステップ	側壁施工	開放率	解析 ステップ	底版施工	開放率		
-	C1推進,仮管設置	74%	30	E1推進,仮管設置	36%	73	I1推進,仮管設置	64%		
-	C2推進,仮管設置		33	G1推進,仮管設置		76	I2推進,仮管設置			
1	エレメント(C桁)に置換		36	E2推進,仮管設置		79	エレメント(I桁)に置換			
2	D1推進,仮管設置		39	エレメント(E桁)に置換		82	K1推進,仮管設置			
5	D2推進,仮管設置		42	G2推進,仮管設置		85	K2推進,仮管設置			
8	エレメント(D桁)に置換		45	エレメント(G桁)に置換		88	エレメント(K桁)に置換			
11	B推進,仮管設置		48	F1推進,仮管設置		91	J1推進,仮管設置			
14	エレメント(B桁)に置換		51	H1推進,仮管設置		94	J2推進,仮管設置			
17	A1推進,仮管設置		54	F2推進,仮管設置		97	エレメント(J桁)に置換			
20	A2推進,仮管設置		57	エレメント(F桁)に置換		100	L閉合部推進			
23	エレメント(A桁)に置換	60	H2推進,仮管設置	※ 解析上プレストレス導入は各部位(頂版、側壁)を梁要素として評価						
26	S1・S2推進,鋼製エレメント設置	63	エレメント(H桁)に置換							
29	上床版にプレストレス導入(※)	-	66						S4推進,鋼製エレメント設置	33%
		69	S3推進,鋼製エレメント設置							
			72	側壁にプレストレス導入(※)	-	解析ソルバー:2D-σ/(株)地層科学研究所				

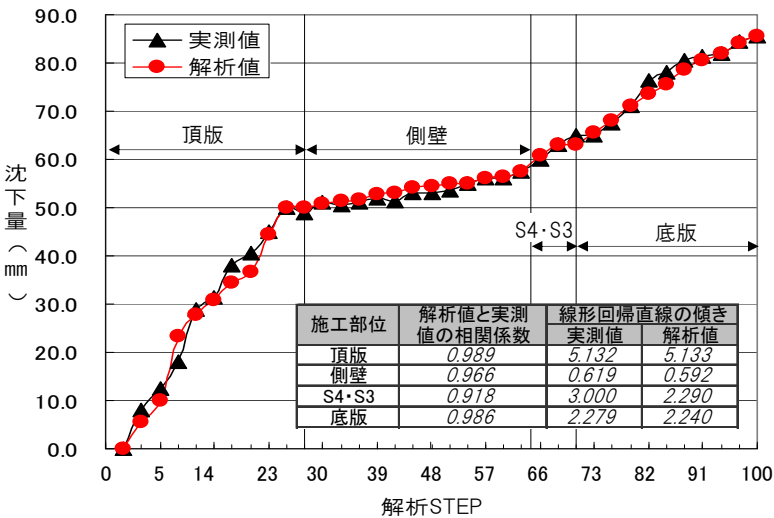


図-2 累積沈下量(解析値と計測値の比較)

の離隔が大きいことから、頂版と同様、開放率は大きく評価される結果となった。図-3 に頂版施工完了後と側壁施工完了後の鉛直変位量コンター図を示す。

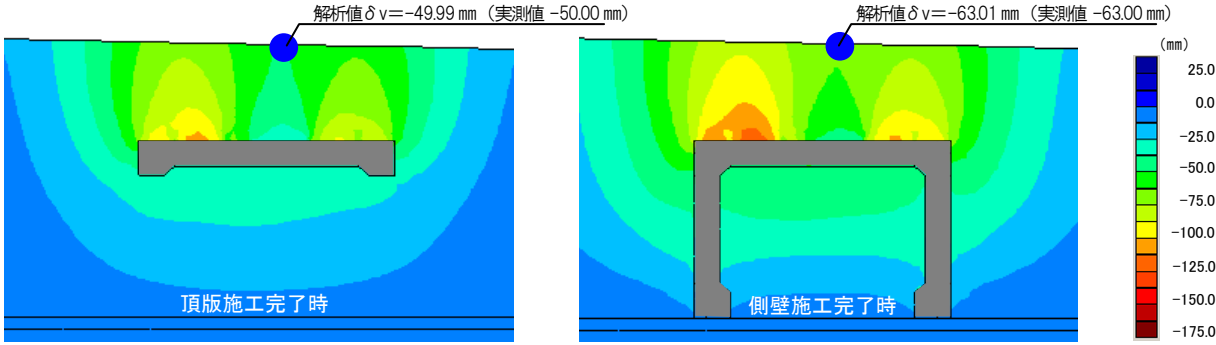


図-3 FEM 逆解析による地盤変状図(鉛直変位量コンター図)

5. おわりに

本工事では施工箇所を地盤改良することなく、沈下を許容する施工体制としたため、推進時の開放率はシールド掘進の事前解析に用いられる一般値 (10～20%) と比較して大きくなったと考えられるが、軌道計測を基とした整備を繰り返すことにて列車運行の安全を十分確保しながらの施工を完了することができた。また、今回の逆解析の実施により、PCR ダブルエレメント工法において、各部位別に開放率を変化させることが沈下予測時に必要であるということが確認された。今後地盤改良の有無、地盤種別が異なる場合など、様々な状況下での計測結果に対する逆解析を実施し、データの蓄積を行うことが必要であると考ええる。