

営業線鉄道 RC 高架橋に対するアンダーピニング工法の設計・施工（その1）

パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 ○松橋 宏治，澁谷 旬要
清水建設（株） 正会員 岡田 真理子，平井 孝幸 森本 大介
東京急行電鉄（株） 増田 尚大 野田 健太

1. はじめに

営業中の鉄道構造物を仮受けする場合，施工中および施工後における構造物の健全性を確保することは勿論のこと，列車の走行性を確保するための軌道変位管理が極めて重要である。

本稿は，この度完了した営業線鉄道 RC ラーメン高架橋のアンダーピニング工事のうち，構造物の健全性の確認，および施工中・施工後の軌道変位に関する予測解析結果を報告するものである。

2. 構造物の諸元および施工方法の概要

図-1 に，本工事の対象構造物の一般形状図を示す。本工事は，既存 RC ラーメン高架橋の場所打ち杭先端付近を，新設される鉄道シールドトンネルが通過することに伴う防護工事である。新設シールドの通過に伴い，既設杭先端の地盤が緩み，支持力が低下する恐れのあることが弾塑性 FEM 解析より明らかとなったため，新たな場所打ち杭およびフーチングにより既存高架橋を受け替える計画である。また，掘削工事に使用するシートパイルと新設フーチングと一体化¹⁾することで L2 地震動に対し耐震性能²⁾を確保している。

施工ステップは，新設杭およびフーチングを施工後，フーチングと既設地中梁の間に設置した油圧ジャッキにより新設杭に荷重を導入し，その後既設杭を切断することで高架橋を受替える。なお，シートパイルとフーチングとの一体化は受替え前に行う。

3. アンダーピニング工の事前検討

(1) 検討方法

本検討は，ジャッキアップ荷重による断面力および変形を弾性平面骨組み解析により算定した。杭の地盤抵抗は，一般の設計で用いられる基礎標準³⁾に基づく地盤ばねでモデル化した。図-2 に解析モデルの概念図を示す。解析は橋軸方向を対象とし，RA5 と R10 は単純桁で接続されていることから，相互に力のやり取りは生じないとしてモデル上は分離している。プレロードは荷重入力のみでモデル化し，プレロード導入後，仮想部材で新旧構造物を接続した後，既設杭の部材除去と応力解放により受替えを模擬する。

(2) 解析ステップ

表-1 に事前の施工計画に則した解析ステップを示す。構造物全体を受替える本プレロードに先立ち，新設杭の沈下を促進させるための先行プレロードを杭列毎に実施する。プレロード荷重は，死荷重時の杭頭における軸力（2000kN 程度）を本プレロード時の導入荷重とし，先行プレロードは列車荷重（最大乗車時）および衝撃荷重載荷時に相当する荷重値を設定した。表-1 中に示す数値は，本プレロードを基準とした導入荷重倍率を示す。

(3) 検討結果

図-3 に骨組み解析結果を示す。図-3(a)は上層梁の鉛直変位の算定結果で，これを軌道変位とした。表-2 には，先行プレロードおよび本プレロードにおける絶対変位

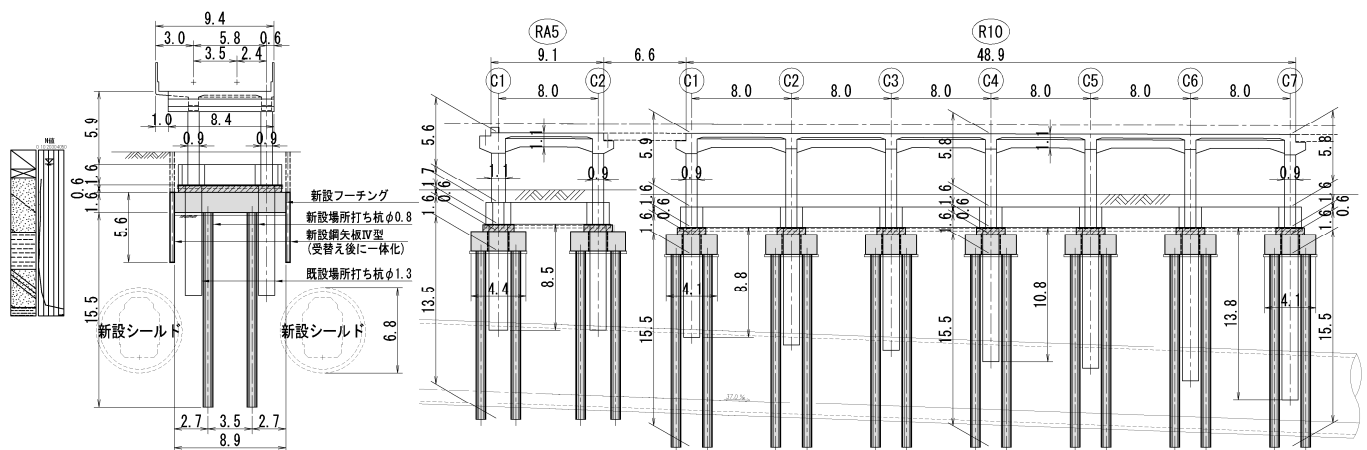


図-1 構造物の一般形状図（単位：m）

キーワード アンダーピニング，鉄道高架橋，営業線，RC ラーメン高架橋

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL:03-6777-1850

表-1 解析ステップおよび導入荷重倍率

施工 STEP	解析 STEP	RA5		R10							備考
		C1	C2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
-	1										初期荷重入力
①	2										新設基礎設置
②	3					1.42			1.43		先行プレロード*
	4					-1.42			-1.43		除荷
③	5	1.63			1.43			1.42			先行プレロード*
	6	-1.63			-1.43			-1.42			除荷
④	7		1.44	1.47			1.42		1.46		先行プレロード*
	8		-1.44	-1.47			-1.42		-1.46		除荷
⑤	9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	本プレロード*
-	10										仮想部材追加
⑥	11						杭切断				
⑦	12						杭切断			杭切断	
⑧	13					杭切断				杭切断	
⑨	14			杭切断						杭切断	
⑩	15	杭切断	杭切断								

および柱間相対変位の最大値を整理した。列車の走行性に関わる柱間相対変位は、RA5の先行プレロードにおいて15mm、アンダーピニングを行わない隣接構造物との相対変位となる本プレロード後の絶対変位もRA5、R10ともに10mm程度であった。これは、軌道整備基準（高低7mm）を超えるものであったため、軌道の計測管理を特に確実にし、必要に応じて導入荷重の見直しや対策（軌道整備等）が必要であることを確認した。

プレロードによる構造物の健全性については、本解析で得られた断面力を、対象構造物の設計断面力に加算し、耐久性および使用性に関するひび割れ幅の照査、および安全性（破壊）の照査⁴⁾を行った。断面力算定結果の一例として図-3(b)(c)に上層梁および地中梁の曲げモーメント図を、表-3に性能照査結果のまとめを示す。

表-3より、本アンダーピニング工事に対して、構造物の要求性能を満足することを確認した。

4. まとめ

営業線鉄道RCラーメン高架橋のアンダーピニング工事に対する事前解析の結果、①整備基準値を超える軌道変位が生じたため、軌道の計測管理を特に確実にし、必要に応じて導入荷重の見直しや対策（軌道整備等）が必要であること、②部材には大きな損傷は生じず要求性能を満足することが明らかとなった。

表-2 最大変位の整理(mm)

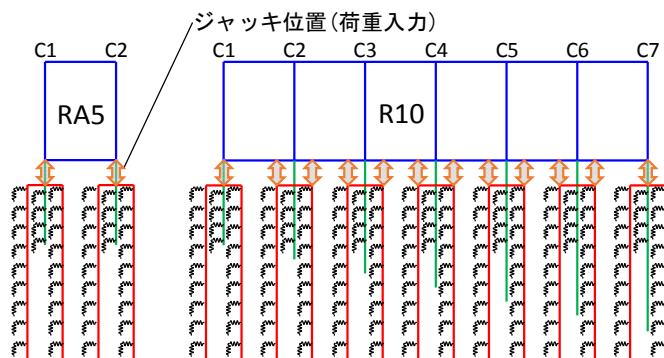
	先行プレ（解析 STEP3~8）		本プレ（解析 STEP9）	
	絶対変位	柱間相対変位	絶対変位	柱間相対変位
RA5	15.6	15.0	10.0	0.1
R10	10.1	5.1	10.8	1.0

表-3 部材照査結果（設計限界値/設計応答値）

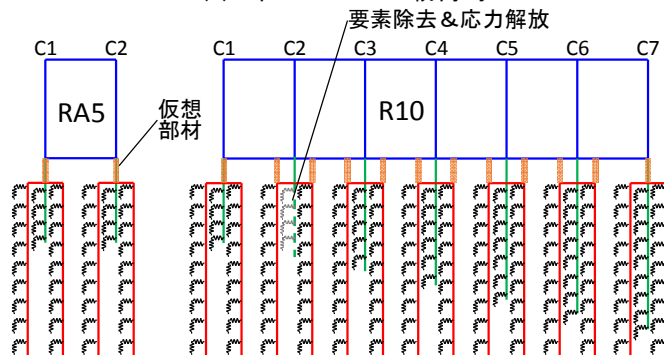
		RA5		R10	
ひび割れ	曲げ	0.594	0.635	0.837	0.948
	せん断	0.477	省略	0.774	0.411
安全性（破壊）	曲げ	0.475	0.406	0.556	0.610
	せん断	0.372	0.103	0.439	0.156

参考文献

1) 鉄道総研他: 鉄道構造物に適用するシートパイル基礎の設計・施工マニュアル(案)(第3版), 2014.3

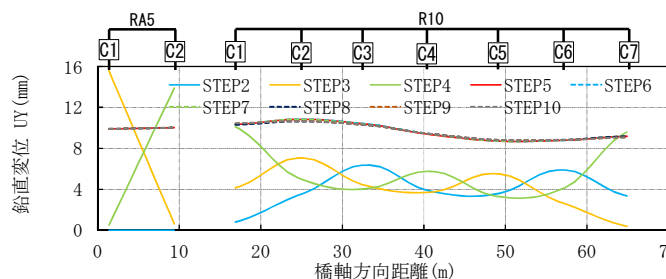


(a) 本プレロード時

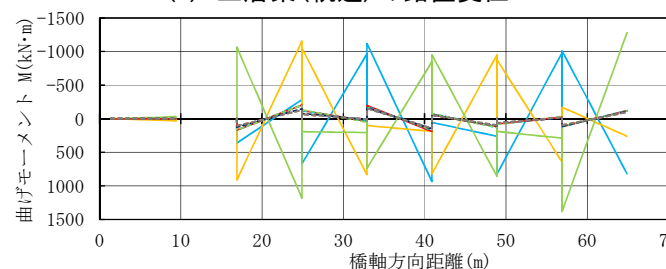


(b) 杭切断時（受替え時）

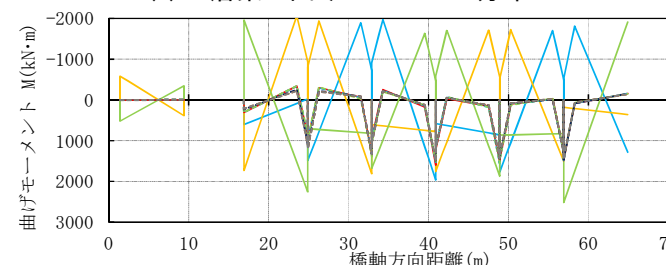
図-2 解析モデルの概要



(a) 上層梁（軌道）の鉛直変位



(b) 上層梁の曲げモーメント分布



(c) 地中梁の曲げモーメント分布

図-3 骨組み解析結果

2) 鉄道総研: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 2012.9

3) 鉄道総研: 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物, 丸善, 2012.1

4) 鉄道総研: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 丸善, 2004.4