

24 品質管理

橋梁下部工の新設に伴う仮設土留工と コンクリート工に関する取組み

東京土木施工管理技士会
奥村組土木興業株式会社

武田 信夫[○] 鈴木 洋行 吉田 和人

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：新名神高速道路
城陽第二高架橋東（下部工）工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社関西支社
- (3) 工事場所：京都府城陽市富野荒見田～小樋尻
- (4) 工期：平成31年2月2日
～令和3年9月18日
- (5) 工事内容：橋梁下部工：20基（P5～P14）
鋼管ソイルセメント杭：φ1200



図-1 工事全景

2. 現場における問題点

2.1. 仮設計画の施工性と品質確保

当初の仮設計画では、切梁を支える中間杭が底版を貫通した構造であった。そのため、底版主鉄筋を切断して開口を設ける必要や地盤に挿入された状態のH鋼材が底版内部に残置されることにな

るため、中間杭から劣化因子が侵入することによる、コンクリートの耐久性の低下が懸念された。

また、切梁設置間隔が3.9m～6.69mと狭いため、掘削、鉄筋の吊り下ろし、組立てが困難であり、施工性の低下も予想された。

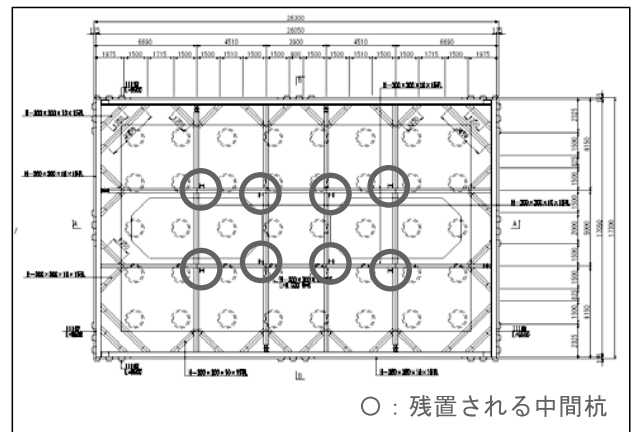


図-2 当初の仮設平面図（P5）

2.2. 盤ぶくれの影響

本工事の施工範囲は地下水位が高く、掘削底下には薄い粘土層（厚さ0.5～0.8m）が存在することから、盤ぶくれの発生が懸念された。当初設計で盤ぶくれに対する安全率は0.2以下と非常に低い結果であったが、掘削完了後に最下段支保工の盛替えで必要となる梁コンクリートを施工することで、盤ぶくれを防止できるとの見解であった。しかし、掘削途中の安全性が考慮されていないことから、掘削時の安定確保が必要となった。

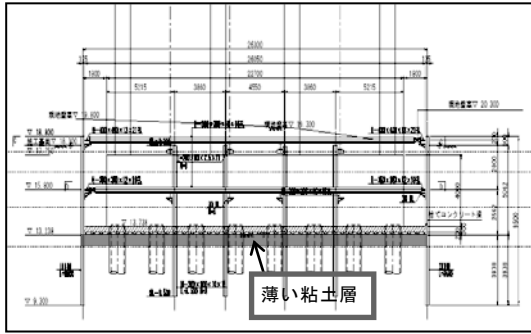


図-3 当初の仮設側面図 (P5)

2.3. コンクリートの養生について

本工事では、保温養生として「サーモフィットター (NETIS:KTK-160028-A)」の導入を計画していた。製品の特長は、型枠への脱着や加工が容易であり、保温効果が高く、寒中コンクリートの温度ひび割れ対策として期待がされる。しかし、比較的外気温が高くなる4月～10月は、保温養生によるひび割れ抑制の有効性に疑問があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3.1. 仮設計画の工夫と適用結果

躯体の品質低下リスクとなる中間杭の撤廃と施工の支障になる支保工の設置間隔の延長が命題であった。そこで、高強度腹起しのヒロセメガビーム (H-800×400 (SM490)) と高強度切梁のヒロセツインビーム (H-390×300×2本 (SM490YA)) 導入した。これらの部材は、応力や変形に対する抵抗性が非常に高いことが特徴である。

高強度腹起し・切梁部材に隅火打ちを追加して、中間杭の撤廃と切梁の削減 (6→1本) を実現した。

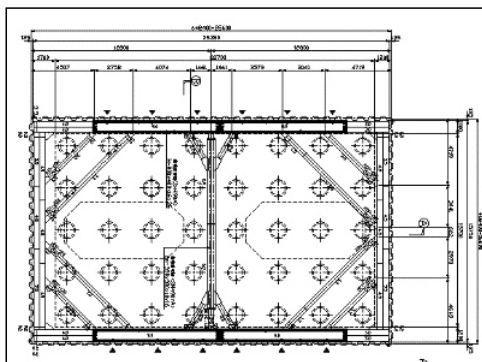


図-4 変更後の仮設平面図 (P5)

3.2. 盤ぶくれ対策の工夫と適用結果

盤ぶくれ対策の選定は、施工が国道沿いとなるため、地下水位低下工法と鋼矢板の延伸は、施工時の周辺地盤への影響が懸念されることから不採用とし、地盤改良工とした。

盤ぶくれの検討は、荷重バランス法に、掘削底面下の地盤の「摩擦抵抗」を考慮して再度検討した。この方法は、掘削底面下の地盤の重量に加えて、地盤と基礎杭 (@3.0m) および鋼矢板の周面摩擦力を考慮し、背面水位の揚圧力に抵抗する考え方である。これにより、通常の荷重バランス法で算出される改良深さを4.5mから1.9mに低減できることが判明した。なお、地盤改良工は、一時的に地盤強度を確保することができる「薬液注入工法」を採用した。

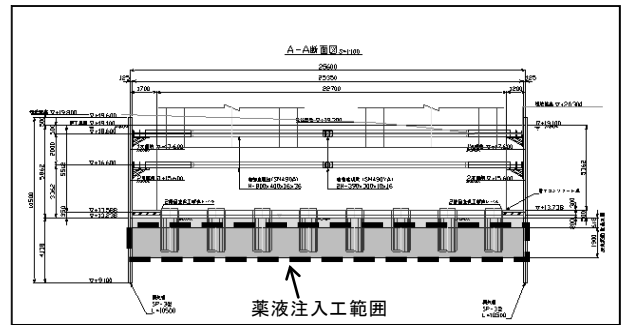


図-5 盤ぶくれ対策イメージ (P5)

薬液注入工の施工後、観測井の水位、土留め壁、掘削底面、周辺地盤および近接する国道の変状は確認されていない。床付け面は、想定どおり粘土層が発現したが、薬液注入工の効果により、堅固な地盤が形成されていた。



図-6 床付け完了状況 (P6)

3.3. コンクリートの養生の工夫と適用結果

先行してコンクリート打設を行うP7橋脚で、上下線の底版および柱1ロット目でサーモフィッターの設置の有・無でコンクリート内部の温度計測を実施・比較することにした。温度計測は、躯体中心と躯体側面（表面より10cm内側）とした。



図-7 サーモフィッター設置状況 (P7底版)
(左：設置無し、右：設置有り)

(1) コンクリートの温度計測

コンクリートの配合は、底版がB1-3 (24-8-20N)、柱がA1-3 (30-8-20N) であり、型枠の材質は、底版が合板、柱がメタルフォームである。

表-1 配合表

部材	配合		W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	E
底版	B1-3	N	59.9	44.0	169	282	786	1037	2,256
柱	A1-3	N	50.0	43.3	168	336	760	1031	2,520

1) 底版の温度計測結果

底版は、中心温度がサーモフィッターの有無に関わらず同様に推移した。一方、側面は、最高温度がサーモフィッター有で5℃程度上昇した。

表-2 底版の温度計測結果

条件	対象	打込み温度	最高温度 (温度上昇量)	最高温度の材齢	温度降下
サーモフィッター無 (下り線)	中心	18℃	60.9℃ (43.2℃)	4日	1.3℃/日
	側面		44.2℃ (26.1℃)	1.5日	2.5℃/日
サーモフィッター有 (上り線)	中心	17℃	58.9℃ (42.1℃)	4日	1.3℃/日
	側面		49.7℃ (32.8℃)	2.5日	1.5℃/日

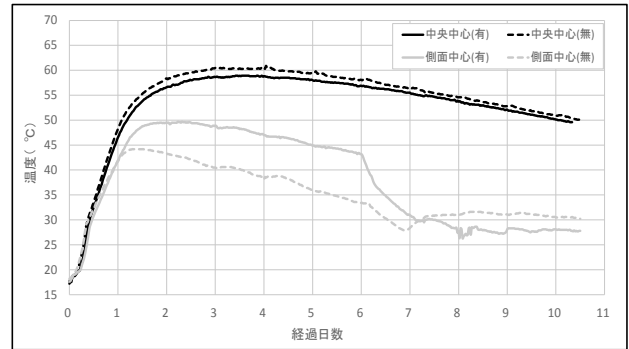


図-8 底版の温度計測結果比較

2) 柱の温度計測結果

柱の中心の最高温度は、サーモフィッターの有無に関わらず同様であったが、温度低下は有の方が緩やかであった。側面は、最高温度がサーモフィッター有が2℃程度上昇した。

表-3 柱の温度計測結果

条件	対象	打込み温度	最高温度 (温度上昇量)	最高温度の材齢	温度降下
サーモフィッター無 (上り線)	中心	21℃	69.2℃ (48.2℃)	3日	4.0℃/日
	長辺		42.8℃ (23.1℃)	1.3日	2.5℃/日
	短辺		40.9℃ (20.5℃)	1.3日	2.5℃/日
サーモフィッター有 (下り線)	中心	19℃	67.8℃ (49.2℃)	3.5日	2.5℃/日
	長辺		44.8℃ (28.7℃)	1.5日	2.0℃/日
	短辺		42.9℃ (26.5℃)	1.5日	2.0℃/日

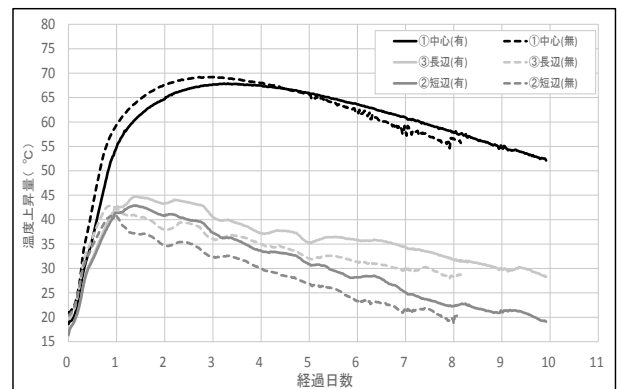


図-9 柱の温度計測結果比較

(2) コンクリートの三次元温度応力解析

コンクリートの三次元温度応力解析を用いて、サーモフィッターの効果を検証する。検証は、コ

ンクリート標準示方書に準拠して行う「事前解析」と温度計測結果を用いて解析の入力値を修正した「事後解析」の比較を行った。結果、事後解析の方が全体的なひび割れ指数の改善が確認された。

表-4 解析条件の変更一覧

条件	終局断熱 温度上昇量 Q_{∞}		温度上昇 速度 r		境界条件の 熱伝達率 η	
	事前 解析	事後 解析	事前 解析	事後 解析	事前 解析	事後 解析
底版	無	48.301	1.101	0.98	合板：8	合板：4.5
	有	48.361	1.049		合板+ サーモフィッター：156	合板+ サーモフィッター：18
柱	無	54.575	1.391	1.33	メタルフォーム：14	メタルフォーム：10
	有	54.660	1.284		メタルフォーム+ サーモフィッター：17	メタルフォーム+ サーモフィッター：7

表-6 サーモフィッター設置案と解析結果

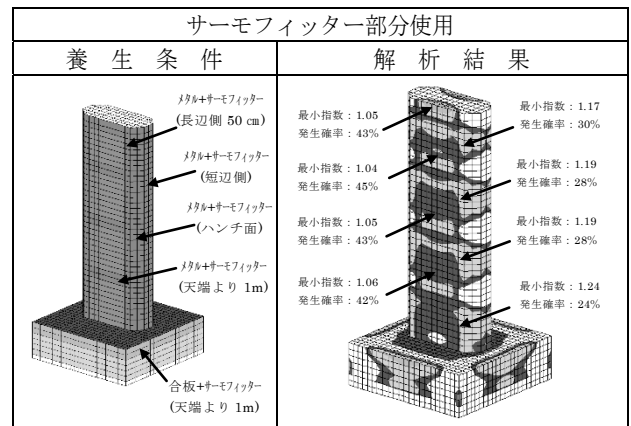


図-10 サーモフィッター設置全景

表-5 解析結果の比較 (上：事前、下：事後)

項目	事前解析	
	サーモフィッター無し	サーモフィッター有り
凡例 ひび割れ指数	<p>最小指数：0.83 発生確率：79%</p> <p>最小指数：0.82 発生確率：81%</p> <p>最小指数：0.84 発生確率：77%</p> <p>最小指数：0.81 発生確率：82%</p> <p>最小指数：0.85 発生確率：75%</p>	<p>最小指数：1.16 発生確率：31%</p> <p>最小指数：1.10 発生確率：37%</p> <p>最小指数：1.08 発生確率：40%</p> <p>最小指数：1.08 発生確率：40%</p> <p>最小指数：0.94 発生確率：60%</p> <p>最小指数：1.33 発生確率：19%</p> <p>最小指数：1.19 発生確率：28%</p> <p>最小指数：1.18 発生確率：29%</p> <p>最小指数：1.16 発生確率：31%</p> <p>最小指数：0.97 発生確率：55%</p>
項目	事後解析	
	サーモフィッター無し	サーモフィッター有り
凡例 ひび割れ指数	<p>最小指数：0.98 発生確率：53%</p> <p>最小指数：0.96 発生確率：57%</p> <p>最小指数：0.99 発生確率：52%</p> <p>最小指数：0.97 発生確率：55%</p> <p>最小指数：1.08 発生確率：40%</p>	<p>最小指数：1.11 発生確率：36%</p> <p>最小指数：1.13 発生確率：34%</p> <p>最小指数：1.14 発生確率：32%</p> <p>最小指数：1.12 発生確率：35%</p> <p>最小指数：1.10 発生確率：37%</p> <p>最小指数：1.15 発生確率：32%</p> <p>最小指数：1.17 発生確率：30%</p> <p>最小指数：1.19 発生確率：26%</p> <p>最小指数：1.20 発生確率：27%</p> <p>最小指数：1.03 発生確率：46%</p> <p>最小指数：1.06 発生確率：42%</p>

また、コンクリートの更なる品質向上を目的として、サーモフィッターの設置範囲を検討した。検討の結果、放熱量が多い隅角部に設置することで、局所的なひび割れ指数の低下を抑制することができ、より有効であることが判明した。

4. おわりに

仮設構造を工夫して中間杭や切梁を削減し、施工空間を広くしたことで、課題であったコンクリートの品質確保および、施工性の低減リスクを回避できた。また、盤ぶくれ対策として、荷重バランス法による安定計算を行う時は、地盤の重量に加え、周面摩擦抵抗力を考慮することで、省力化および工費削減に有効であることが実証された。

合板およびメタルフォームの2種類の型枠を使用することで、サーモフィッターの効果を明確に検証することができた。合板に用いた場合、保温効果はが高くなるが、脱枠時の急激な温度低下により、ひび割れ発生確率が高くなる傾向の結果を得た。熱伝導率が高いメタルフォームは、サーモフィッターによって適度に保温され、ひび割れ抑制に有効であった。また、ひび割れ発生確率が高い隅角部のみに使用することで、局所的な指数の改善が確認できた。

この報告が、他の模範事例となれば幸いである。