

菅生高架橋の施工

(株) 富士ピー・エス 正会員 ○江藤 彰彦
 (株) 富士ピー・エス 正会員 辻 健次
 (株) 富士ピー・エス 正会員 辻 裕治

1. はじめに

菅生高架橋は、主要地方道つくば野田線が菅生遊水池を横過するために計画された、全長 477m の 7 径間 + 6 径間連続 2 室箱桁橋である。菅生遊水池は、利根川の洪水時に菅生越流堤より河川水が流入して洪水調整を行うものであり、通常時は水田が広がっている。本工事は、全 13 径間中の終点側 3 径間 (P10~A2) の施工であり、1 径間ごとの段階施工で固定式支保工により施工した。

支保工設置位置は軟弱地盤上であり、支保工基礎として H 鋼杭を支持層まで打ち込んで施工を行う計画であった。しかし、A2 橋台付近は護岸がすでに完成しており、橋体工完成後に H 鋼杭を撤去するための桁下作業空間の確保が困難であった。そのため、P12~A2 径間の施工は H 鋼杭を用いずに施工を行うこととし、支保工の沈下に対する検討を行った。

本報告では、P12~A2 径間における支保工の沈下に対する検討および対策についての報告を行う。

2. 工事概要

本工事の概要を以下に、断面図、側面図を図-1 および図-2 に示す。

工 事 名 : 橋梁上部工事 (菅生高架橋)

構造形式 : 7 径間 + 6 径間連続ポストテンション方式 2 室箱桁橋
 (本工事では P10~A2 の 3 径間を施工)

橋 長 : 477.000m

支 間 長 : (A1~P7) 36.570m + 5@37.000m + 36.570m
 (P7~A2) 35.660m + 4@36.100m + 36.120m

有効幅員 : (歩道) 3.500m + (車道) 7.500m
 + (歩道) 3.500m = 14.500m

活 荷 重 : B 活荷重

使用材料 : (コンクリート) $\sigma_{ck} = 35\text{N/mm}^2$

(鉄筋) SD295A

(主方向 PC 鋼材) SWPR7B 12S15.2

(横方向 PC 鋼材) SWPR1 12 $\phi 7$

(鉛直 PC 鋼材) 1B26B2

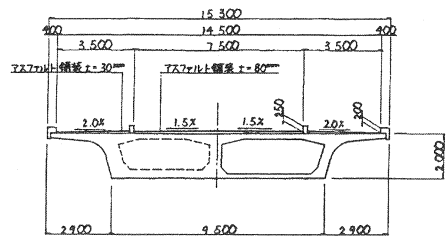


図-1 断面図

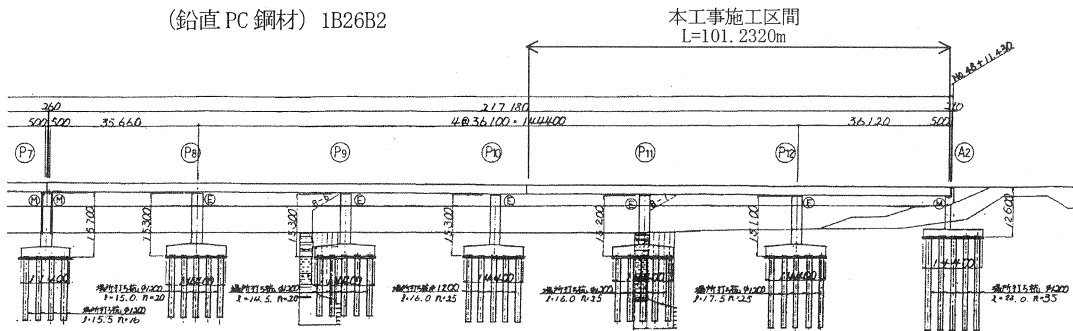


図-2 側面図

3. P12～A2 径間の支保工基礎

支保工設置位置は、約20mの深さに砂質土の支持層があり、支持層の上にはN値1程度の軟弱な粘性土層が分布している。P12 橋脚およびA2 橋台付近の標準貫入試験結果を表-1に示す。

表-1 標準貫入試験結果

P 1 2				A 2			
層厚(m)	深度(m)	土質区分	N値	層厚(m)	深度(m)	土質区分	N値
0.45	0.45	表土	—	3.95	3.95	盛土	2
17.35	17.80	粘性土	1	15.85	19.80	粘性土	1
1.60	19.40	砂質土	20	1.85	21.65	砂質土	25
0.50	19.90	粘性土	50	0.55	22.20	粘性土	44
5.50	25.40	砂質土	50	5.19	27.39	砂質土	50

P10～P12 径間は、支保工基礎としてH鋼杭を支持層まで打ち込んで施工を行った。しかし、P12～A2 径間は護岸がすでに完成しており、橋土工完成後には桁下の空間が2m程度しか確保できず、H鋼杭の撤去が困難であった。施工前のA2 側護岸の状況を写真-1に示す。

施工後にH鋼杭を撤去せずに河川の堤防内に残すことは、堤防の機能を妨げるおそれがある。そのため、P12～A2 径間の支保工基礎にはH鋼杭を用いずに施工を行うこととした。P12～A2 径間の支保工は、護岸上に大型土のうを積み重ねて階段状の平場を造り、その上に砕石を敷いて転圧し、シートパイルの上にくさび結合支保工を組み立てた。支保工設置部の整地状況を写真-2に示す。

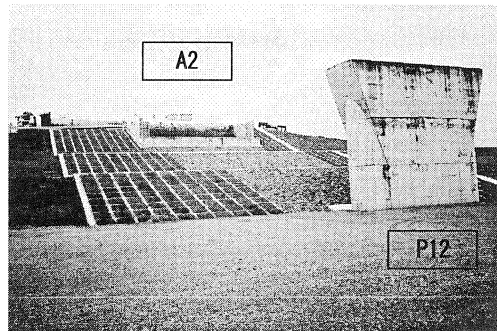


写真-1 A2 側護岸の状況 (施工前)

4. 支保工の沈下に対する検討

P12～A2 径間の施工では、支保工基礎としてH鋼杭を支持層まで打ち込んでいないため、コンクリートの自重により支保工が沈下することが予想された。主桁のコンクリートは、下床版、ウェブ（1次打設）と上床版（2次打設）の2回に分けて打設を行い、2次打設は1次打設の約2週間後の予定であった。この間に支保工の沈下が起こると、すでに硬化している下床版に引張力が働き有害なクラックが生じる。このため、1次打設部のコンクリートが所定の強度に達した後に主ケーブルの一部を緊張（1次緊張）し、支保工の沈下により生じる引張力に抵抗するプレストレスを与えることとした。1次緊張する主ケーブルは、最下段に配置されているC3ケーブル全6本とした。主ケーブル配置図を図-3に示す。

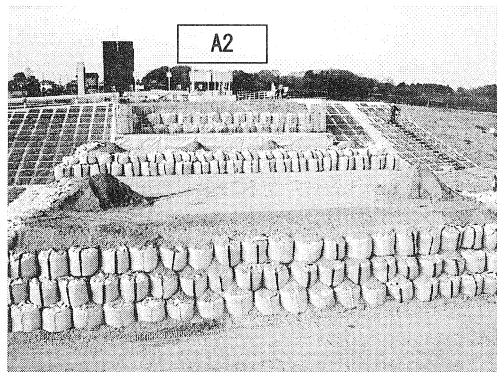


写真-2 支保工設置部整地状況

土質試験結果および事前の荷重試験結果より、1次打設部のコンクリートが硬化を始めてから2次打設を行い主ケーブルの緊張を行うまでに生じる支保工の沈下量は、約17mmと想定された。1次打設後は支保工の沈下量を毎日計測し、想定以上の沈下が生じていないことを確認した。

1次緊張で導入する緊張力は、沈下により1次打設部に生じる応力度および完成後に主桁に生じる応力度

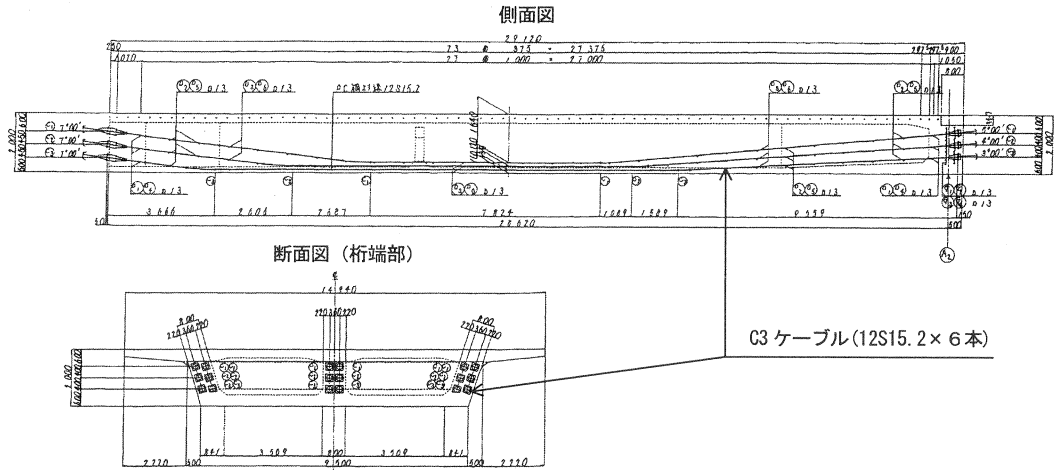


図-3 主ケーブル配置図

が許容値を満足するように決定した。施工中の許容値は、有害なクラックが生じないこと、施工中に想定外の引張力が作用することが考えられることなどから、 -1.0N/mm^2 程度以下とすることを目標とした。完成後の許容値は、設計計算書と同じ値とした。

以下の3ケースについて検討を行い、導入緊張力を決定した。P12~A2 径間の支間中央における、施工時の1次打設部に生じる合成応力度を表-2に、完成後に生じる合成応力度を表-3に示す。

- CASE-1 (1次緊張) C3ケーブル: 600N/mm^2 (2次緊張) C1~C3ケーブル: 1200N/mm^2
- CASE-2 (1次緊張) C3ケーブル: 1200N/mm^2 (2次緊張) C1, C2ケーブル: 1200N/mm^2
- CASE-3 (1次緊張) C3ケーブル: 1200N/mm^2 (2次緊張) C1~C3ケーブル: 1370N/mm^2

表-2 施工時に生じる合成応力度 (P12~A2 支間中央)

荷重	1次打設部に生じる応力度 (N/mm^2)				備考
	CASE-1		CASE-2, 3		
	上縁	下縁	上縁	下縁	
プレストレス	-1.04	2.61	-2.08	5.22	1次緊張による応力度
沈下	5.42	-2.31	5.42	-2.31	支保工が17mm沈下した場合
合計	4.38	0.30	3.34	2.91	

表-3 完成後に生じる合成応力度 (P12~A2 支間中央)

荷重	主桁に生じる応力度 (N/mm^2)						備考	
	CASE-1		CASE-2		CASE-3			
	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁		
死荷重	4.92	-8.98	4.64	-9.03	4.80	-9.31	クリープ、2次力を含む	
プレストレス	1次緊張	—	2.24	—	4.49	—	4.49	上床版打設前に緊張
	2次緊張	-0.93	9.03	-0.63	7.02	-0.80	8.58	上床版打設後に緊張
沈下	—	-2.31	—	-2.31	—	-2.31	支保工の沈下による残留応力度	
活荷重	MAX	1.68	-2.75	1.68	-2.75	1.68	-2.75	
	MIN	-0.45	0.74	-0.45	0.74	-0.45	0.74	
死荷重時	3.99	-0.02	4.01	0.17	4.00	1.45	許容値: $0\sim 12.5\text{N/mm}^2$	
設計荷重時	MAX	5.67	-2.77	5.69	-2.58	5.68	-1.30	許容値: $-1.35\sim 12.5\text{N/mm}^2$
	MIN	3.54	0.72	3.56	0.91	3.55	2.19	許容値: $-1.35\sim 12.5\text{N/mm}^2$

支保工が想定される沈下量である17mm沈下した場合、1次打設部の下縁には -2.31N/mm^2 の引張応力度が生じる。これに対し、CASE-1として1次緊張でC3ケーブル6本を設計計算書で示されている緊張導入緊張力である 1200N/mm^2 の50%である 600N/mm^2 で緊張すれば、1次打設部下縁に 2.61N/mm^2 のプレストレスによ

る応力度が生じる。しかし、1次緊張としてC3ケーブル6本を600N/mm²で緊張した場合、完成後の下縁の合成応力度が死荷重時および設計荷重時(MAX)において許容値を満足しなかった。

そこで、主桁の断面積が小さい状態で緊張する1次緊張での導入緊張力を大きくし、下縁側へ有効にプレストレスを導入することとした。CASE-2は1次緊張としてC3ケーブルを1200N/mm²まで緊張し、2次緊張としてC1、C2ケーブルを1200N/mm²まで緊張するものであるが、完成後の下縁の合成応力度が死荷重時では許容値を満足したものの設計荷重時(MAX)においては許容値を満足しなかった。

本橋の設計計算においては、P12～A2径間の主ケーブルの緊張端導入緊張力は、連続桁の端径間であるためP C鋼材の緊張作業時の許容引張応力度である1440N/mm²に対して1200N/mm²と余裕のある設計となっていた。そこで、CASE-3として2次緊張での緊張端導入緊張力を1370N/mm²まで大きくすることにより、完成後に生じる合成応力度が許容値を満足した。

1次緊張として1次打設部のコンクリートが所定の強度に達した後にC3ケーブルを1200N/mm²まで緊張すると、1次打設部上縁に-2.08N/mm²の引張応力度が生じる。施工時に生じる引張応力度は-1.0N/mm²程度以下とすることを目標とすることから、1次緊張を2回に分けて行うこととした。まず、1次打設部のコンクリートが所定の強度に達した後にC3ケーブルを600N/mm²まで緊張し、支保工が想定沈下量の約1/2である9mm沈下した後にC3ケーブルを1200N/mm²まで緊張することとした。施工中にP12～A2径間の支間中央の1次打設部上下縁に生じる応力度を、表-4に示す。

表-4 施工中に1次打設部上下縁に生じる応力度 (P12～A2支間中央)

施工段階		1次打設部に生じる応力度		備考	
		上縁 (N/mm ²)	下縁 (N/mm ²)		
(1)	C3ケーブルを600N/mm ² まで緊張	①	-1.04	2.61	プレストレスによる応力度
(2)	9mm沈下	②	2.87	-1.22	沈下による応力度
	①+②	③	1.83	1.39	
(3)	C3ケーブルを1200N/mm ² まで緊張	④	-1.04	2.61	プレストレスによる応力度
	③+④	⑤	0.79	4.00	
(4)	8mm沈下 (合計17mm沈下)	⑥	2.55	-1.09	沈下による応力度
	⑤+⑥	⑦	3.34	2.91	

5. おわりに

本橋のP12～A2径間の施工は、軟弱地盤上であるが支保工基礎として基礎杭を用いずに行った。支保工の沈下対策として、上床版のコンクリートを打設する前に主ケーブルの一部の緊張を行った。実際に生じた支保工の沈下量は、想定した沈下量とほぼ同じであり、無事に橋体工の施工を完了することができた。P12～A2径間の橋体工施工完了後の状況を写真-3に示す。

本報告が、軟弱地盤上での固定式支保工施工において、支保工基礎として基礎杭を使用せずに施工を行う場合の参考となれば幸いである。

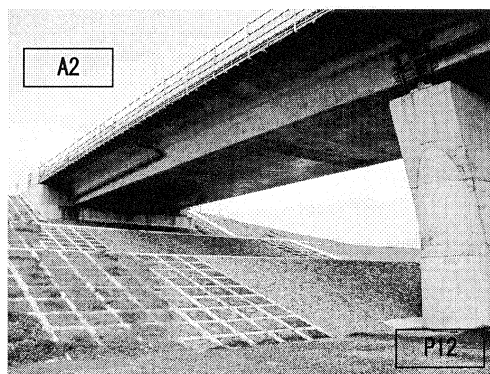


写真-3 橋体工施工完了