

第二東名高速道路 高橋川橋の設計

日本道路公団 静岡建設局構造技術課 本間 淳史
 日本道路公団 静岡建設局沼津工事事務所 佐藤 秀行
 住友建設(株) 土木本部PC設計部 正会員 平 喜彦
 住友建設(株)・川田建設(株)共同企業体 正会員 ○吉野 正道

1. はじめに

高橋川橋は、第二東名高速道路の長泉沼津I.C.付近に位置し、一級河川高橋川を横過する地点に建設されるPC6径間連続ラーメン橋である。本橋は、全外ケーブル方式による張出し架設工法により架設されるが、主な特徴としては、①全外ケーブル方式による1室箱桁橋である、②柱頭部の打設順序の選定に際し、温度応力解析に基づく比較検討を行い、コンクリートの打設リフト割付の選定を行った、③架設時に仮設内ケーブルを配置し、完成後に撤去する定着体として柱頭部主桁上縁にコンクリート仮突起を設置している、などが挙げられる。

本稿はこれら高橋川橋の設計概要として、特に全外ケーブル構造に関する設計上の特徴について報告を行うものである。

2. 工事概要

高橋川橋の工事概要を以下に示す。また、主桁断面図および全体一般図をそれぞれ図-1および図-2に示す。

工事名：第二東名高速道路 高橋川橋 (PC上部工) 工事

道路規格：第1種第1級A規格

構造形式：PC6径間連続ラーメン箱桁橋

橋長：(上り線) 461.0m

(下り線) 507.0m

支間：(上り線) 54.35m+4@87.50+54.35m

(下り線) 58.35m+4@97.00+58.35m

幅員：全幅 18.05m, 有効16.50m

架設工法：張出し架設工法

PC鋼材：(架設鋼材) 外ケーブル 19S15.2

(完成鋼材) 外ケーブル 27S15.2

(横締鋼材) プリザンケーブル 1S28.6

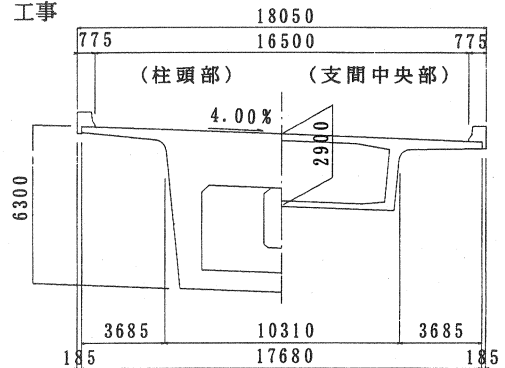


図-1 主桁断面図 (上り線)

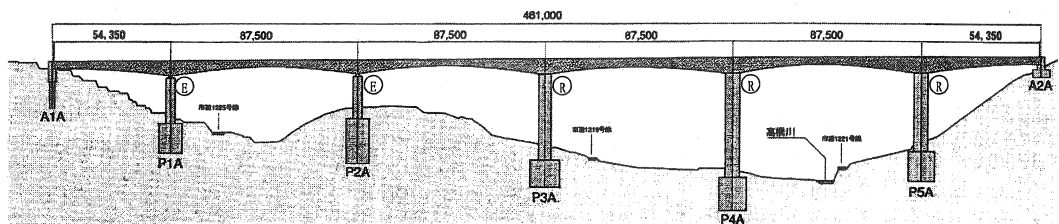


図-2 全体一般図 (上り線)

3. PC鋼材配置

3.1 外ケーブル配置

標準径間部における外ケーブル配置概要を図-3に示す。本橋は全外ケーブル構造であり、張出し架設時の架設ケーブル19S15.2は、施工ブロック毎に定着突起に各1本、断面内で計2本定着されている。外ケーブルの配置に際しては、隣接する突起との干渉を避けるため、次ブロックで定着されるケーブルは突起内を通過させている。また、定着突起内でのケーブル相互の間隔を確保するために、①、③ブロックに水平リブを設け、必要に応じて外ケーブルを平面内で偏向させている。¹⁾ さらに②ブロックについては、ブロック長が短いために定着突起背面において緊張スペースが確保できないこと、および②ブロックに外ケーブルを配置せずとも完成構造系で必要とされるプレストレス量が確保されていることなどから、外ケーブルを配置していない。

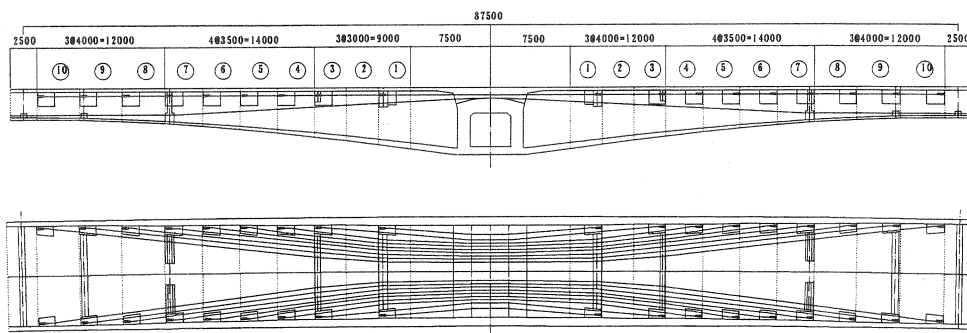


図-3 外ケーブル配置概要

3.2 仮設内ケーブルの配置、解放、撤去

本橋では、張出し架設時に必要なプレストレス量は完成系で必要となるプレストレス量を上回る。このため完成系で必要となるプレストレス量に対しては外ケーブル19S15.2を配置し、張出し架設時には、不足するプレストレス量に対して仮設内ケーブル12S12.7を上床版内に配置している。この仮設内ケーブルは最大で14本配置されているが、これらは主桁連結後に解放・撤去される。

仮設内ケーブルを通常の桁内PC鋼材と同様に、左右の張出し先端で緊張もしくは定着すると、解放・撤去作業を小口側で行う必要が生じるため、上床版に大きな切欠きを設ける必要がある。このため本橋では、床版の切欠きを極力小さくするために柱頭部上に内ケーブル定着用のコンクリート突起を配置し、左右の張出し部に配置される内ケーブルをたすき掛けに配置している(図-4)。これにより連結後の解放作業はすべて柱頭部上で行うことが可能となり、張出し小口端では、解放後の定着具の撤去作業のみとなり、上床版の切欠きを最小限に抑えている。

一方、柱頭部に配置したコンクリート突起は完成後に撤去されるが、架設時に張出しケーブルを確実に定着し、主桁本体との一体性を確保する必

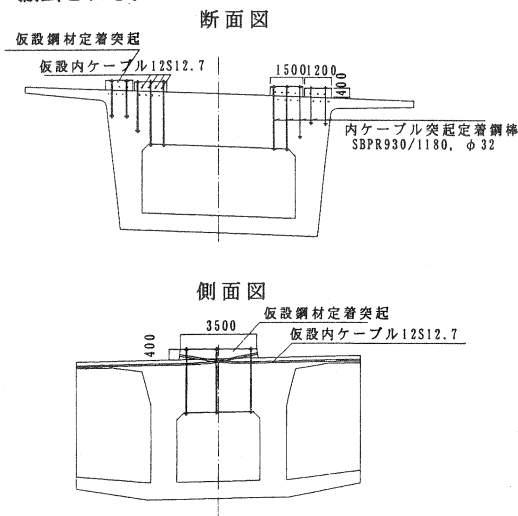


図-4 仮設内ケーブル突起定着構造

要がある。このため鉄筋を配置して上床版とコンクリート突起を一体とすることが望ましいが、この方法では撤去時に床版天端でコンクリートのはつり作業等が発生するため、上床版に対して構造上好ましくない。そこで本橋では、撤去の容易な構造として上床版と突起の縁を切り、両者の界面に鉄筋を配置せず、上床版上に直接コンクリートを打設し、鉛直仮P C鋼棒を配置して一体とする構造としている。

表-1 仮設内ケーブル突起せん断伝達力

	単位	突起タイプ-1 片側2本定着	突起タイプ-2 片側3本定着	突起タイプ-3 片側4本定着	
設計せん断力	P	kN	1673	1673	1673
突起内に配置する全鋼棒本数	n	本	6	6	9
耐力算定に用いる鋼棒本数	n'	本	6	6	6
コンクリートの型付けせん断耐力	τ_c	N/mm ²	1.94	1.74	1.94
せん断面の面積	Ac	cm ²	26240	32900	39060
せん断伝達耐力	V _{wd}	kN	3918	4381	5877
せん断伝達力の制限値	V _{wd} /1.7	kN	2305	2577	3457
安全率	SF		1.38	1.54	2.07

コンクリート突起と上床版の界面の設計は、コンクリート標準示方書に基づきせん断伝達耐力の照査を基本としている。算出したせん断伝達耐力を使用時相当とするために安全率1.7で除したものを架設時におけるせん断伝達力の制限値としている。なお、仮設内ケーブルは左右対称に配置されており、突起の左右で張力差は基本的にはほとんど発生しない。そこで設計に用いるせん断力としては、仮に何らかの不具合により1本の緊張力差が突起に生じた状態を想定し、緊張中に発生し得る最大緊張力0.9Py相当(P=1673kN)を設計せん断力としている。コンクリート突起界面のせん断に対する検討結果を表-1に示す。

4. 柱頭部打設ブロック割付

柱頭部では架設鋼材を偏向させるとともに、完成鋼材を定着させる必要から、マッシブな構造となるが、本橋のような広幅員断面の場合、柱頭部を全て無垢断面とすることは上部工の重量増加が大きくなる。しかがって本橋では柱頭部は二枚壁構造として頂部の鋼材定着部のみを無垢断面とした構造としている。

柱頭部のコンクリート量は1基当たり約470m³であるためコンクリートは分割して打設されるが、コンクリートの水和熱に伴う内部コンクリートの温度上昇や発生温度応力は、分割される新旧コンクリート相互の拘束や収縮の影響により異なる。このため本橋では表-2に示すような分割方法3案を考慮し、それぞれについて3次元立体ソリッド要素による温度応力解析を行い温度応力の発生状況を確認し、適切な打設ブロック割付けの選定を行った。最終的に選定したブロック割付に対する補強方法の詳細については文献2)で報告しているため、ここでは打設ブロック割付の影響に関する比較検討結果について報告する。なお、使用コンクリートは上部工標準部と同じ $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ であるが、既往の検討結果より柱頭部では普通ポルトランドセメントを使用することとしている。

表-2 柱頭部打設ロット割付検討結果一覧

	ケース1:水平3分割案	ケース2:(水平+鉛直分割)案-1	ケース3:(水平+鉛直分割)案-2
打設ブロック割付図			
発生最大応力	(橋軸方向) (1)③ウェブ: $\sigma_x = -5.1\text{N/mm}^2$ (2)②ウェブ: $\sigma_x = -5.2\text{N/mm}^2$ (3)②横桁内ウェブ: $\sigma_x = -4.8\text{N/mm}^2$ (直角方向) (1)②横桁ウェブ接合部: $\sigma_y = -5.3\text{N/mm}^2$ (2)②横桁開口上部: $\sigma_y = -6.4\text{N/mm}^2$	(橋軸方向) (1)①ウェブ: $\sigma_x = -3.0\text{N/mm}^2$ (2)③ウェブ: $\sigma_x = -2.3\text{N/mm}^2$ (直角方向) (1)①横桁: $\sigma_y = -3.1\text{N/mm}^2$ (1)③上床版: $\sigma_y = -3.1\text{N/mm}^2$ (2)①開口下部: $\sigma_y = -4.2\text{N/mm}^2$	(橋軸方向) (1)①ウェブ: $\sigma_x = -1.6\text{N/mm}^2$ (2)①横桁: $\sigma_x = -2.8\text{N/mm}^2$ (3)③ウェブ: $\sigma_x = -2.2\text{N/mm}^2$ (直角方向) (1)①横桁: $\sigma_y = -3.6\text{N/mm}^2$ (2)①開口下部: $\sigma_y = -4.2\text{N/mm}^2$
特徴	・発生応力が3案中最大となる	・発生応力はケース1に対して低減される ・発生応力はケース3と比較して大差ない ・小口型枠面積が3案中最も多い ・③ブロック打設量が多い	・発生応力はケース1に対して低減される ・発生応力はケース2と比較して大差ない ・各ブロックの打設数量がほぼ均等
判定	△	○	◎

解析結果より、ケース1については各部位の発生応力が3案中最大となり、補強量も多大となるため対象から除外した。一方、ケース2および3については、発生応力についてはあまり差異はなく、いずれもケース1と比較して低く抑えられている。その一方でケース2では横桁幅で一端上床版天端まで打設するために小口型枠の数量が増加するとともに③ブロックの打設量が他と比べて多くなることから、最終的にはケース3を採用している。

5. 端支点横桁構造

端支点では完成鋼材27S15.2が最大で10本定着される。このため一般に用いられる厚さ一定の横桁形状では横桁、およびウェブや床版との接合面に大きな引張応力が発生することとなり、補強PC鋼材や補強鉄筋が多く必要となる。そこで本橋では完成鋼材によるプレストレス力を横桁から主桁へ、いかに円滑に伝えるかに留意して、横桁および主桁との接合部に発生する局部応力等を極力抑制し得る構造として、図-6に示すようなコーベル構造を採用している。その結果本構造では、補強PC鋼材を配置することなく、完成鋼材27S15.2*12本相当のプレストレス量に対して横桁等に発生する応力をすべて -3N/mm^2 以下に抑えている。端支点横桁にはこの他に中央に開口部、および耐震連結装置が配置されるとともに、定着部ではテンドンギャラリーの切欠き等を有しているが、これら開口部や隅角部近傍においても、局部応力の発生を抑えることが可能となっている。(図-5)

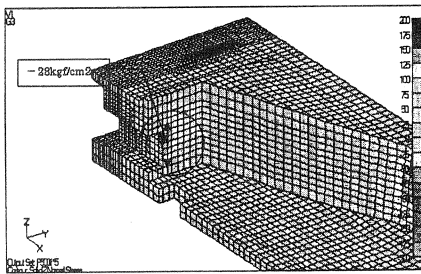


図-5 完成鋼材緊張時横桁応力

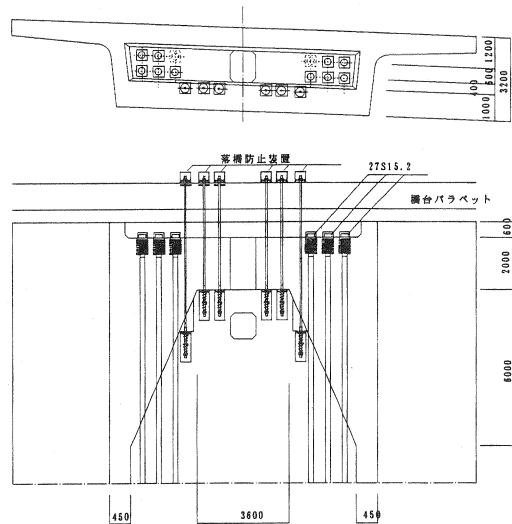


図-6 端支点横桁構造

6. おわりに

以上、高橋川橋における設計について、特に全外ケーブル構造に関する設計上の特徴を述べた。本橋は平成13年7月現在各橋脚柱頭部の施工を行っており(写真-1)、今後全外ケーブルによる張出し施工を経て、平成15年春には完成する予定である。

本報告が今後、同種橋梁の設計の参考になれば幸いである。

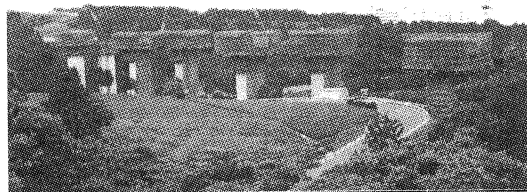


写真-1 施工状況

参考文献

- 1) 寺田典生, 福永靖雄, 渡辺将之, 才木雅俊, 石井祐二: 全外ケーブルPC箱桁橋の設計と模型実験 一第二東名天竜川橋一, 橋梁と基礎, Vol.34, No.10, pp.2-9, 2000
- 2) 福永靖雄, 本間淳史: FEMを用いた局部応力の検討, プレストレストコンクリート, Vol.43, No.2, pp.84-92, 2001