

長支間場所打ちPC床版の設計と施工計画（第二東名高速道路 藁科川橋）

Design and Execution Planning of The Long Span In Place PC Slab (Second Tomei Express Way, Warasinagawa-River-bridge)

猪熊康夫*, 本間淳史**, 丸山 勝***, 河西龍彦****

Yasuo INOKUMA, Atsushi HOMMA, Masaru MARUYAMA, Tatsuhiko KASAI

*工修 日本道路公団 静岡建設局 静岡工事事務所 (〒420-0804 静岡県静岡市竜南 1-26-20)

**工修 日本道路公団 静岡建設局 (〒420-0857 静岡県静岡市御幸町 11-30 エクセルワード静岡ビル)

***日本道路公団 東京建設局 横浜工事事務所 (〒241-0833 横浜市旭区南本宿町 21-1)

****(株)宮地鐵工所 設計部 (〒290-8580 千葉県市原市八幡海岸通り 3 番地)

Several attempts have been implemented to design the slab of Warasinagawa River-bridge with steel 2 girders, because of its 11m long span in place PC slab in domestic. Parabola curved shape is adopted at the bottom of the PC slab without haunch, and slab thickness is determined referring to the ARS charts. Design bending moment of the slab is obtained from increasing coefficient investigation originally based on three-dimensional finite element analysis. Design slab of the longitudinal direction is implemented considering behavior as a continuous composite girder on the condition that the slab action and girder action are superimposed based on investigating the pattern of live loading. Ultimate state investigation also has been treated. The results can afford to destruction and fatigue assessments in the design tolerance. Block execution of the slab is planned using movable support form and in case of harmful crack, temporary counter weight is prepared.

key words : long span in place PC slab, steel 2 girder, design bending moment, movable support form

1. はじめに

藁科川橋は日本道路公団・静岡建設局が建設する第二東名高速道路に位置する橋梁である。第二東名高速道路は比較的な山岳地を通ることもあり、構造物比率が高く、本線延長の33%が橋梁で計画されている。橋梁計画は「省力化および機械化施工を可能とする、耐震性および景観性の優れた合理的な連続橋」を基本思想として新技術・新工法を積極的に取り入れており、藁科川橋は鋼橋の標準的な形式となる「場所打ちのPC床版を有する鋼2主桁橋」のパイロット工事である¹⁾。

橋軸直角方向にプレストレスを導入したPC床版を有する鋼2主桁橋は、北海道縦貫自動車道のホロナイ川橋で初めて採用された型式で、「丈夫なPC床版+少主桁化による鋼重、塗装面積の減」をコンセプトにJH名古屋建設局における第二東名神の広幅員(15.75m)に対応したプレキャストPC床版を有する鋼3主桁橋の実現へと引き継がれ、JH全体として活発に技術研究が進められているところである。JH静岡建設局ではこの流れをさらに推し進め、広幅員鋼2主桁橋の技術開発に取り組むこととした。

藁科川橋の標準断面図を図-1に示す。総幅員は17.51mで名古屋地区の第二東名神より2m程度広い。また静岡の第二東名の橋梁は架橋地点が山間部や大規模河川であるため、プレキャストPC床版の採用が難しく、床版の施工は現場施工による場所打ちを標準とした。

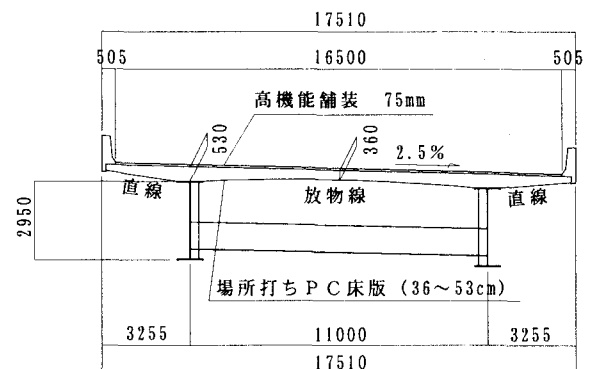


図-1 藁科川橋の標準断面図

第二東名のような広幅員に鋼2主桁橋を採用する場合、床版支間は道路橋示方書(以下、道示という)の適用範囲を大きく超える国内では類を見ない規模の長支間PC床版の実現が必要不可欠となる。本論文は、藁科川橋における長支間場所打ちPC床版の設計と施工計画について述べる。

2. 床版のプロポーシオン

(1) 床版下面形状

17.51m という広幅員に2主桁を組み合わせる場合、張出し部とのバランスを考えた床版支間長は10~11m程度となる。同等規模の長支間床版を有する鋼2主桁橋の海外

施工実績を参考に、藁科川橋では床版下面を曲線変化させることにした。床版下面を曲面形状とする利点としては以下のようなことが挙げられる。

- ・ハンチをなくすことにより断面急変部がなくなるため、応力伝達が滑らかとなり、床版の疲労耐久性が高まるとともに、プレストレス導入時の局部応力の発生も避けられる。
- ・見かけの床版支間を小さくできるため、床版に作用する断面力の低減効果が期待できる。
- ・P C鋼材配置が直線に近づくため、施工性が改善され、摩擦損失や二次力による床版のそりを低減できる。

(2) 床版厚

床版厚は、ドイツ連邦運輸省の資料 (ARS)²⁾ を参考に検討を加えた結果、以下のように決定した。(図-2)

- ・主桁上の床版厚は、張出し床版における輪荷重載荷位置 ($l_j = 2.5\text{m}$) からARS図表における適用推奨床版厚を読み取り、53cmとした。
- ・床版支間中央の床版厚は、主桁上の床版厚との比が1.0 : 1.5となるように、36cmとした。
- ・張出し床版の版端厚は、横締めP C鋼材の定着寸す法および風荷重等を考慮して、26cmとした。

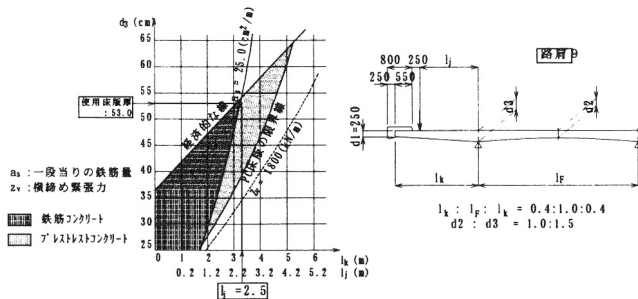


図-2 床版厚の決定

3. 床版の設計曲げモーメント

藁科川橋の床版は道示の適用範囲(支間 $\leq 6\text{m}$, P C床版)を越えており、かつ床版下面を曲線形状としていることから、例えば活荷重による床版の設計曲げモーメントといった道示規定をそのまま適用することは問題があると考えられる。そこで有限要素法による線形解析を用いて、床版の設計に用いる断面力を独自に定めることとした^{3), 4)}。

図-3に立体FEM解析モデルを示す。モデルの幅は活荷重の偏載荷などを解析できるように床版の全幅とした。モデルの長さは主桁作用による正の曲げモーメントの発生区間にはほぼ等しい横桁間隔5パネル分とし、両端の主桁下フランジを単純支持した。床版はSolid要素で曲線形状を忠実に再現し、着目位置の床版のメッシュ分割は輪荷重の面圧載荷に等しい350×650mm(舗装厚75mmを考慮)とした。鋼桁はShell要素とし、スタッドはモデル化せず鋼桁と床版とは節点共有で処理した。

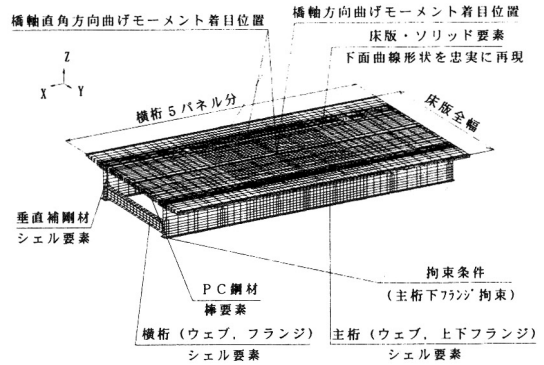


図-3 立体FEM解析モデル

(1) 死荷重による設計曲げモーメント

立体FEM解析の結果、橋軸方向には死荷重による応力がほとんど発生していないことが確認されたため、死荷重による設計曲げモーメント (M_D) は床版の橋軸直角方向の設計においてのみ考慮することとした。曲げモーメントの値は立体FEM解析から得られた値をそのまま使用した。

(2) 活荷重による設計曲げモーメント

活荷重による設計曲げモーメント (M_L) は下式によるものとした。

$$M_L = M_O \times K \quad \dots\dots (式. 1)$$

$$K = (1 + i) \times K_1 \times K_2 \times K_3 \quad \dots\dots (式. 2)$$

ここに、 M_O は、B活荷重のT荷重を橋軸方向には1組、橋軸直角方向には組数に制限なく、設計部材に最も不利な応力が生ずるように載荷した立体FEM解析結果から求められる曲げモーメントである。

K は割り増し係数で、以下の4項目の乗算により算出する。

i = 衝撃係数

；道示に示される「 $i = 20 / (50 + L)$ 」を用い、床版の設計においても衝撃を考慮することとした。ここに、支間長 L (m) は床版の支間長とした。

K_1 = 活荷重の載荷状態を考慮した曲げモーメント増加分

；前輪の影響、連行載荷の影響、偏載の影響などの様々な活荷重の載荷方法を想定した立体FEM解析を行い、設計部材に対して最も不利になる活荷重の載荷方法を検討した。ただし稀にしか発生しないケースについては、衝撃を考慮しないことで整理した。

K_2 = 異方性による曲げモーメント増加分 (ただし橋軸方向に対しては1.0とする)

；床版に橋軸直角方向の貫通ひび割れが発生し、橋軸方向には鉄筋のみが有効となった状態における橋軸直角方向の曲げモーメント増加分を求めた。異方性度は0.21を用いた。

K_3 = 安全率 (=1.1)

；10%の安全率を見込むこととした。

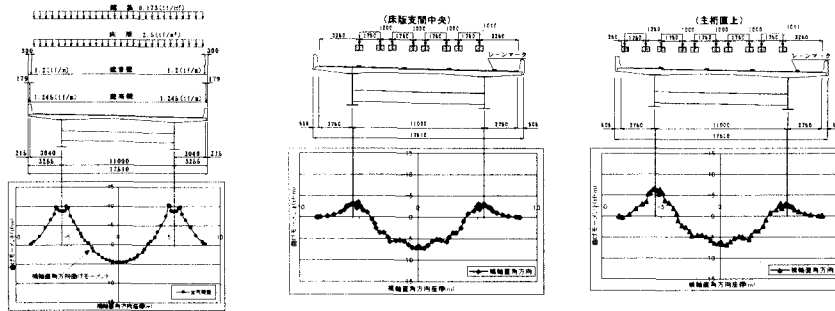


図-4 橋軸直角方向の曲げモーメント (FEM解析値)

表-1 床版の設計曲げモーメント (kN・m)

	着目位置	活荷重							死荷重	合計	
		M ₀	1+i	K ₁	K ₂	K ₃	K	M _L	M _D	ΣM	
橋軸直 角方向	支間曲げモーメント	床版支間中央	69.8	1.00	1.73	1.06	1.1	2.02	141	46.2	187
	支点曲げモーメント	主桁直上	-65.0	1.38	1.00	1.37	1.1	2.08	-135	-101	-236
橋軸方 向	支間曲げモーメント	床版支間中央	62.4	1.33	1.00	1.0	1.1	1.46	91.1	-	91.1
	先端付近曲げモーメント	地覆内側	20.6	1.38	1.00	1.0	1.1	1.52	31.3	-	31.3

(3) 計算結果

以上のようにして計算した藁科川橋の床版の設計曲げモーメントを図-4、表-1に示す。

また、藁科川橋と同様にFEM解析検討を実施した床版支間10mと11.5mの第二東名高速道路・中之沢橋の結果も合わせて、活荷重による曲げモーメントについて、道示式を延長した場合と比較した結果を図-5に示す。

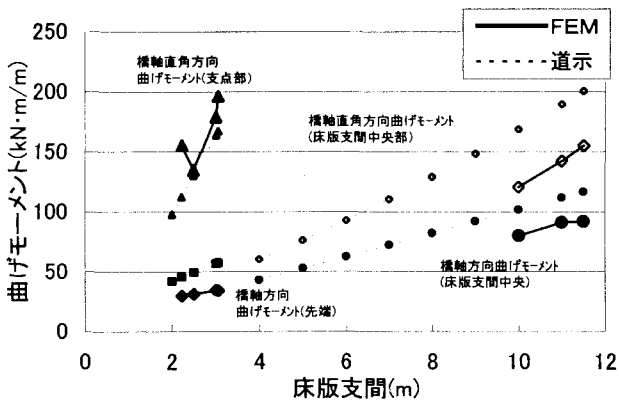


図-5 道示式との比較

4. 床版の橋軸直角方向の設計

床版は橋軸直角方向には引張を一部許容するPRC構造として設計した。PRCの定義は以下のとおりである。

- ・ 死荷重時；引張応力発生限界状態 (フルプレストレス)
- ・ 活荷重時；曲げひび割れ発生限界状態
- ・ 風荷重時もしくは衝突荷重作用時
 - ；曲げひび割れ幅限界状態

橋軸直角方向へのプレストレスの導入は、プレグラウトタイプのPCケーブルを用いてポストテンションにより行った。PCケーブルはPC鋼より線(1S28.6)を使用し、430mmピッチで配置した。初期緊張力は1.2kN/mm²で、PCケーブル1本あたり652kNである。図-6にPCケー

ブルの配置を示す。

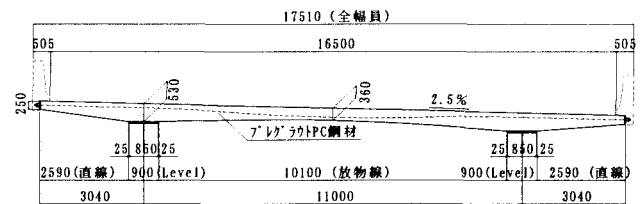


図-6 PCケーブルの配置

5. 床版の橋軸方向の設計⁵⁾

藁科川橋の設計にあたっては、スタッドジベルにより一体化された鋼桁と床版の合成作用、いわゆる“連続合成桁”としての挙動を考慮することとしており、床版の橋軸方向の設計には主桁作用を反映することとした。なお床版は橋軸方向にはRC構造として設計した。

事前検討の結果、活荷重の載荷に伴って発生する床版の橋軸方向の応力は、版として生ずる応力(床版作用)と、桁として生ずる応力(主桁作用)とを重ね合わせたものになっていることが確認できた。

そこで、床版作用による断面力は、橋軸直角方向の解析に使用したモデルを、主桁作用を排除するためにモデル全長に渡って主桁下端を固定したものに変更し、橋軸直角方向の場合と同様に立体FEM解析によって算出することとし、これに簡便なFRAME計算によって算出した主桁作用を足し合わせることにした。

活荷重による断面力の算出にあたっては、従来より床版の設計にはT荷重、主桁の設計にはL荷重と、それぞれモデルの異なる荷重を用いており、またそれらの重ね合わせは道示-IIに従い許容応力度を40%割り増すことで単純に足し合わせる方法を用いている。しかし藁科川橋では、

床版の設計をより合理的に行う目的から、それらの荷重の同時載荷性にも着目し、設計作業の簡便性も考慮した新たな照査方法を提案することとした。

ここで、藁科川橋の梁モデル上にT荷重のモデルとなっている25t実車両を満載させて(図-7)、そこで発生する最大断面力と、L荷重によるそれを比較したところ、約6割の大きさになっていることが判った(表-2)。これより、床版作用と主桁作用の重ね合わせを照査する場合は、主桁作用の算出に0.6×L荷重(図-8)を用いることとし、かつ許容応力度の割り増しは行わないこととした。

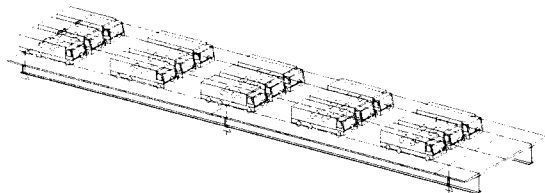


図-7 25t実車両の満載状態

表-2 L荷重との断面力の比較

荷重	M (kN・m)	比率
L荷重	-6.689	1.00
25t実車両満載	-3.957	0.59

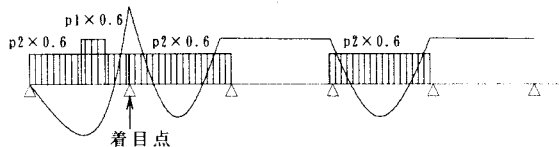


図-8 0.6×L荷重

連続合成桁の中間支点部の照査方法は基本的に日本橋梁建設協会の提案⁶⁾に準拠したが、床版の耐久性向上の観点から、土木学会のコンクリート標準示方書の式⁷⁾により曲げひび割れ幅の照査を行うとともに、道示に基づく最小鉄筋量の照査も加えた。

表-3に橋軸方向の設計一覧表を、図-9に橋軸方向鉄筋の配置状況を示す。中間支点部の橋軸方向鉄筋が、上段より下段の方が大きくなっている点に注意されたい。これは主桁作用よりも床版作用の方が大きいことによるものである。また最小鉄筋量も決定要因として大きなウェイトを占めている。

表-3 橋軸方向の設計一覧表

	支間部		中間支点部	
上縁コンクリートの照査(+;圧縮)				
床版作用	5.8		5.0<11.2	
主桁作用	2.0			
重ね合わせ	7.8<11.2			
鉄筋の照査(+;引張)				
	下段鉄筋	上段鉄筋	下段鉄筋	上段鉄筋
使用鉄筋	D19@100	D19@200	D25@100	D22@100
床版作用	122<140		73	
主桁作用			45	
重ね合わせ			96<140	
ひび割れ幅	0.020<0.020 (0.005c)		0.013<0.014 (0.0035c)	
最小鉄筋量	1.02%>1.0%		2.11%>2.0%	
決定事項	ひび割れ幅	最小鉄筋量	重ね合わせ	最小鉄筋量

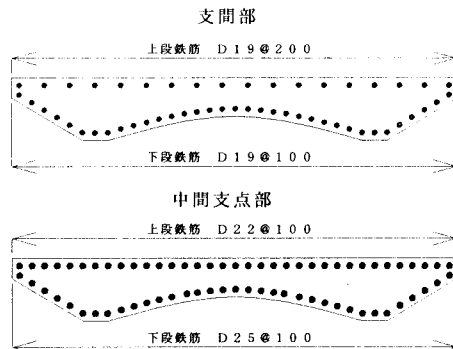


図-9 橋軸方向鉄筋の配置状況

6. 床版の限界状態の照査⁸⁾

現在、土木学会をはじめとする各機関や基準検討委員会において、性能照査型設計法が時代のキーワードとして盛んに審議されているところである。そこで藁科川橋の設計においても床版の限界状態に対する検討を行った。検討結果は以下に述べるが、藁科川橋で計画した床版は、長支間化に伴ってその床版厚が十分に厚く剛性が高くなったことにより、破壊に対しても疲労に対しても余裕のある結果が得られている。ただし今回の検討では、照査用活荷重や設計耐用年数などの重要なパラメータを便宜上任意に定めているため、具体的数値はあくまで参考値である。

(1) 押抜きせん断破壊に対する照査

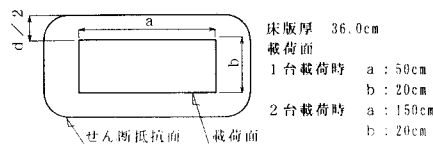
これまでの調査研究事例によれば、床版の破壊に関する主な形態は押抜きせん断破壊であると推察される。床版の押抜きせん断耐力の照査方法については、いくつかの照査式が提案されている^{9)~11)}が、これらを比較した結果、本橋においては土木学会のコンクリート標準示方書に示す方法が最も厳しい結果となったため、RC構造を対称とした照査式ではあるが、これを用いて照査を行うこととした。

照査用活荷重は、道示に示すT荷重の1輪=100kNに、同じく道示-Ⅲに示す終局荷重作用時の活荷重の割り増し係数2.5を乗じたP=250kNを用いた。この荷重はタイヤ1本のバースト荷重120kNの2本分とほぼ同程度であり、また東名高速道路で計測された最大軸重540kN^{1,2)}の片側1輪分と比べても遜色ない大きさである。

照査は1輪の場合と、車両が併走した場合の2輪近接の2ケースを行った。照査結果を表-4に示す。部材安全係数として $\gamma_b=1.3$ を用いているが、これにより藁科川橋の床版の押抜きせん断耐力は3~4倍程度の安全率を確保していることが判る。

表-4 押抜きせん断破壊に対する照査結果(kN)

載荷輪数	照査荷重	押抜きせん断耐力
1輪	250	1360/1.3=1046
2輪	2×250=500	2169/1.3=1668



(2) 曲げ破壊安全度に対する照査（橋軸直角方向）

床版の曲げ破壊については不明な点も多いが、P C部材であり、また橋軸直角方向に多数のひび割れが生じた場合を想定して、道示-Ⅲに示す曲げ破壊安全度の照査式を用いて検討を行った。

道示に示される終局荷重時の荷重組合せをベースに、これに風荷重を考慮した全 10 ケースを対象とした。照査モデルは単位幅あたりの P C梁である。なお活荷重による曲げモーメントは、衝撃を考慮する比較的好く起こりうるケースと、衝撃を考慮しない稀にしか起こり得ないケースの 2 種類を用意した。照査結果を表-5 に示すが、風荷重を考慮した一部のケースで厳しい結果となった。

表-5 曲げ破壊安全度に対する照査結果 (kN・m)

荷重の組合せケース		終局荷重	終局耐力	安全度
衝撃を考慮	① 1.3Md+2.5 (ML+i)	409	502	1.23
	② 1.7 (Md+ML+i)	316	502	1.59
	③ 1.3Md+2.5 (ML+i) +Mw/2	441	502	1.14
	④ 1.7 (Md+ML+i) +Mw/2	348	502	1.44
衝撃なし	⑤ 1.3Md+2.5ML	433	502	1.16
	⑥ 1.7 (Md+ML)	332	502	1.51
	⑦ 1.3Md+2.5ML+Mw/2	465	502	1.08
	⑧ 1.7 (Md+ML) +Mw/2	364	502	1.38
	⑨ 1.3Md+Mw	123	502	4.08
	⑩ 1.7Md+Mw	142	502	3.54

(3) 曲げ破壊安全度に対する照査（橋軸方向）

R C構造である床版の橋軸方向の曲げ破壊については、道示に準拠した全 5 ケース（表-6）のうち最も不利となる荷重の組合せに対して計算される鉄筋応力が降伏点を下回り、かつコンクリートの圧縮縁応力も $3/5 \cdot \sigma_{ck}$ を下回ることを確認するとして、計算結果は、

鉄筋応力 = $148 < 343 \text{ N/mm}^2$ (①+②+③+④)

コンクリート圧縮縁応力 = $4.7 < 24 \text{ N/mm}^2$ (①+②)

となり、橋軸方向に密に鉄筋が配置されていることもあり、十分な耐力を有していることが判った。

表-6 荷重ケース

荷重の組合せケース	
①	L 荷重および衝撃の 2 倍
②	死荷重の 1.3 倍
③	クリープの影響
④	乾燥収縮の影響
⑤	温度変化の影響

(4) 疲労破壊に対する照査

床版の疲労については、近年最も重要な課題となっており輪荷重走行試験装置を用いた実験的研究などが盛んに行われているところである。ここでは、P C鋼材および鉄筋の活荷重による応力変動に対するもの、ならびに床版の押抜きせん断破壊に対するものを対象として疲労破壊に対する照査を行った。

疲労強度の算出にあたっては、P C鋼材と鉄筋についてはコンクリート標準示方書に示される鋼材の疲労強度算出式を用い、FEM解析によってそれぞれの照査用活荷重に対する応力振幅を求めた。床版の押抜きせん断に対しては安松らの提案式^{1,2)}を用いた。

照査用活荷重は、P C鋼材および床版は T-60^{1,3)}、鉄筋に関しては疲労回数が極端に少なくなることを避けるため T 荷重×1 組とした。疲労回数の算出にあたっては交通荷重実態を反映する目的から平成 9 年 1 月～12 月に東名高速道路（日本平）で計測された軸重データ^{1,2)}をもとに、それぞれの照査用活荷重に対する換算台数を求め、それに設計耐用年数（便宜上、P C鋼材と鉄筋に対しては 200 年、床版に対しては 500 年とした）を乗じて求めている。照査計算結果を表-7 に示す。

表-7 疲労破壊に対する照査結果

P C 鋼材	設計耐用年数	200年
	照査荷重	T-60×1台
	応力振幅	0.10 N/mm ²
鉄筋	設計耐用年数	200年
	照査荷重	T 荷重+0.6L
	応力振幅	65 N/mm ²
押抜きせん断	設計耐用年数	500年
	照査荷重	240 kN
	必要せん断耐力	402 kN
	保有せん断耐力	1039 kN

7. 床版の施工計画^{1,4)}

薬科川橋の長支間場所打ち P C 床版は、国内において過去に例を見ない規模の床版支間を有している。またその多くは山間部に位置するため、クレーン等の重機の使用にも制約を受ける。さらに、現場施工の省力化、機械化、合理化、工程短縮、安全性の確保、周辺環境への配慮、そして高い耐久性の確保といった事項にも配慮した施工計画を立案する必要がある。

(1) 移動式型枠設備

薬科川橋の長支間場所打ち P C 床版の施工は、移動式型枠設備（図-10）を用いて行うこととした。これは山間部の施工に適した安全かつ合理的な施工方法であり、作業の省力化・機械化・効率化を図ることができる。

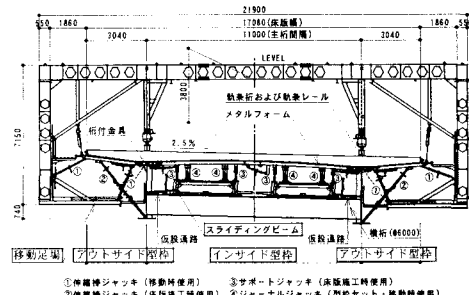


図-10 移動式型枠設備

藁科川橋で使用する移動式型枠設備の特徴を以下に示す。なお移動式型枠設備は1橋に2基投入する。

- ・移動足場、インサイド型枠、アウトサイド型枠が独立した構造となっている。
- ・移動足場はレール上を自走する。インサイド型枠も横桁上のスライディングビームを利用して自走する。アウトサイド型枠は移動足場を利用して移動する。
- ・施工ブロック長は12mまで対応できる。
- ・床版の耐久性を高めるため、床版内に仮設備を残さない。このためレールの支持架台も着脱可能な方式を採用しており、型枠の支持もサポート式としている。
- ・型枠にはメタルフォームを使用する。
- ・型枠を支持する支保工材に曲線加工を施して、床版下面の曲線形状に対応する。
- ・屋根を有している。
- ・他の工事への転用を前提とする構造となっている。

(2) 床版ブロックの施工順序

床版の施工完了後のみならず施工途中においてもコンクリートに有害なひび割れを発生させないような床版ブロックの施工順序について検討した(図-11)。なお藁科川橋においては、連続桁の中間支点部への配慮としてジャッキアップダウンは行わず、テンポラリーなカウンターウェイトを用いる工法を採用している。

なおコンクリートの設計基準強度は 40N/mm^2 で、高性能AE減水剤と膨張材を使用する。

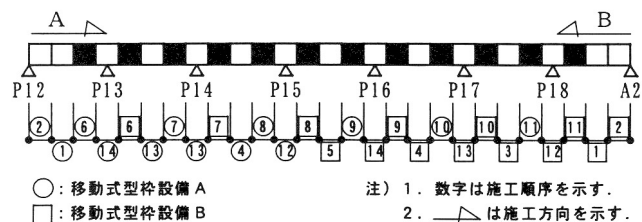


図-11 床版のブロック施工順序

8. おわりに

藁科川橋における長支間場所打ちPC床版の設計と施工計画について述べた。本文では床版支間11mの鉸桁橋を中心に述べてきたが、藁科川橋には橋軸直角方向のプレストレスの導入を拘束しないよう配慮した床版支間6mの開断面箱桁もある。またプレストレス導入度の確認、乾燥収縮やクリープによる影響の長期計測、静的な荷重載荷試験を目的とした実物大試験(写真-1)も行っている。さらにスタッドジベルについても解析的検討を加えている。これらについてはまた別な機会でも報告したいと考えている。

なお本研究は「長支間場所打ちPC床版の設計施工に関する技術検討委員会」(委員長:松井繁之大阪大学教授)において審議を受けながら進めたものであることを申し添える。

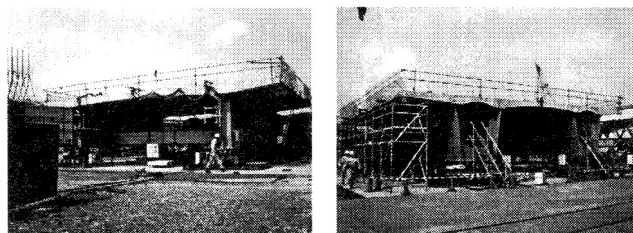


写真-1 実物大試験体

参考文献

- 1) 猪熊康夫, 本間淳史, 杉崎幸樹, 河西龍彦: 長支間場所打ちPC床版鋼2主桁橋(藁科川橋)の計画, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集, 共通セッション, 1999.9
- 2) 道路建設に関する回覧(ARS), Verkehrsblatt-Dokument Nr.B5255-Vers.1994.11
- 3) 猪熊康夫, 本間淳史, 河西龍彦, 松井鋭一: 支間11mの場所打ちPC床版(藁科川橋)の設計, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集, 共通セッション, 1999.9
- 4) 本間淳史, 河西龍彦, 林暢彦, 松村寿男: 長支間場所打ちPC床版(藁科川橋)のFEM解析に基づく設計曲げモーメント, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集, 共通セッション, 2000.9
- 5) 猪熊康夫, 本間淳史, 河西龍彦, 生駒元: 第二東名高速道路藁科川橋における連続合成桁としてのPC床版の設計, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集, 共通セッション, 2000.9
- 6) (社)日本橋梁建設協会: PC床版を有するプレストレスしない連続合成桁設計要領(案), 1996.3
- 7) 土木学会: コンクリート標準示方書 設計編, 1996
- 8) 本間淳史, 杉崎幸樹, 河西龍彦, 生駒元: PC床版の限界状態に関する照査方法の検討, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集, 共通セッション, 2000.9
- 9) 前田幸雄, 松井繁之: 鉄筋コンクリート床版の押し抜きせん断耐力の評価式, 土木学会論文報告集, 1984.8
- 10) 角田与史雄, 井藤昭夫, 藤田嘉夫: 鉄筋コンクリートスラブの押し抜きせん断耐力に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 1974.9
- 11) 東山浩士, 松井繁之: プレストレスしたコンクリート床版の押し抜きせん断耐力, 構造工学論文集, 1998.3
- 12) 安松敏雄, 長谷俊彦, 篠原修二, 長瀬嘉理: 交通荷重実態を考慮した鋼橋床版の疲労設計に関する検討, 第1回鋼橋床版シンポジウム講演概要集, 1998.11
- 13) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 1993.4
- 14) 丸山勝, 佐藤政浩, 庄子宗男, 上原正: 移動式型枠設備を用いた長支間場所打ちPC床版の施工計画(第二東名高速道路藁科川橋), 土木学会第55回年次学術+講演会講演概要集, 共通セッション, 2000.9