

PC床版の限界状態に関する照査方法の検討

日本道路公団静岡建設局 正会員 本間 淳史 杉崎 幸樹
宮地・瀧上 藁科川橋東（鋼上部工）工事共同企業体 正会員 河西 龍彦 ○正会員 生駒 元

1. はじめに

第二東名高速道路の橋梁計画においては、床版の耐久性向上を図るためプレストレスの導入や防水工の実施に加えて、床版形状の見直し、床版厚の設定、鋼桁との合成作用の考慮など、様々な設計施工上の技術検討を行っている。本文では、床版支間11m、床版支間中央部厚さ36cmのPC床版を有する藁科川橋（図-1）^{1) 2)}の設計において、既存の手法や提案式を用いて床版の限界状態に対する各種の照査を行った結果を紹介する。

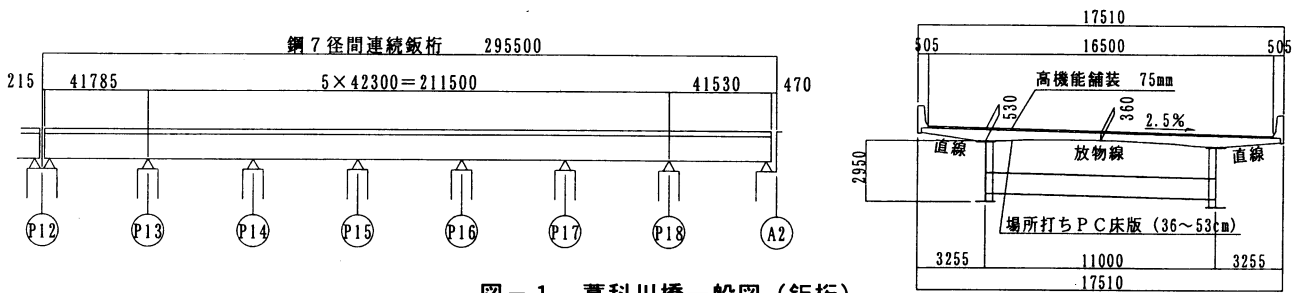


図-1 藁科川橋一般図（鋼桁）

2. 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^{3) ~ 5)}されているが、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。

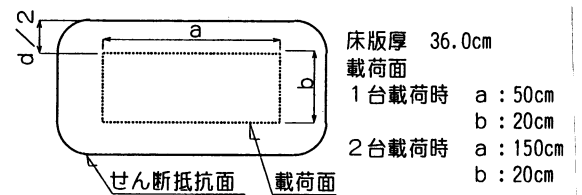
照査用活荷重は、道示に示すT荷重の1輪=100kNに、同じく道示-Ⅲに示す終局荷重作用時の活荷重の割り増し係数2.5を乗じた $P=250\text{kN}$ を用いた。この荷重はタイヤ1本のバースト荷重120kNの2本分とほぼ同程度であり、また東名高速道路で計測された最大軸重540kN⁶⁾の片側1輪分と比べても遜色ない大きさである。

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-1に示す。部材安全係数として $\gamma_b=1.3$ を用いているが、これにより本橋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わかる。

表-1 押抜きせん断破壊に対する照査結果

（床版支間中央部）

載荷輪数	照査荷重 P_o (kN)	押抜きせん断耐力 P_a (kN)
1 輪	250	$1360/1.3=1046$
2 輪	$2 \times 250 = 500$	$2169/1.3=1668$



3. 曲げ破壊安全度に対する照査

（1）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、PC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。

道路橋示方書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PC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よ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-2に示すが、風荷重を考慮した一部のケースでかなり厳しい結果となった。

キーワード；藁科川橋、PC床版、押抜きせん断破壊、曲げ破壊安全度、疲労限界状態

連絡先；〒290-8580 千葉県市原市八幡海岸通3番地、TEL:0436-43-8110、FAX:0436-43-7400

表－2 曲げ破壊安全度に対する照査結果（橋軸直角方向，床版支間中央部，単位；kN・m）

荷重の組合せケース		終局荷重	終局耐力	安全度（ $F>1.0$ ）
衝撃を考慮	① 1.3Md+2.5(ML+i)	409	502	1.23
	② 1.7(Md+ML+i)	316	"	1.59
	③ 1.3Md+2.5(ML+i)+Mw/2	441	"	1.14
	④ 1.7(Md+ML+i)+Mw/2	348	"	1.44
衝撃なし (稀な載荷)	⑤ 1.3Md+2.5M	433	"	1.16
	⑥ 1.7(Md+ML)	332	"	1.51
	⑦ 1.3Md+2.5ML+Mw/2	465	"	1.08
	⑧ 1.7(Md+ML)+Mw/2	364	"	1.38
	⑨ 1.3Md+Mw	123	"	4.06
	⑩ 1.7Md+Mw	142	"	3.53

（2）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－3）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た．計算結果は，鉄筋応力=148（①+②+③+④のケース） $<343 \text{ N/mm}^2$ ，コンクリート圧縮縁応力=4.7（①+②のケース） $<24 \text{ N/mm}^2$ 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わかった．

表－3 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，F E M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⁶⁾を用いた．照査用活荷重は，P C鋼材および床版はT-60⁷⁾，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⁶⁾をもとに，それぞれの照査用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－4に示す．

表－4 疲労破壊に対する照査結果

P C鋼材 (200年)	照査荷重	T-60×1台
	応力振幅	0.10 N/mm ²
	疲労強度	1.71 "
鉄 筋 (200年)	照査荷重	T荷重+0.6L
	応力振幅	65 N/mm ²
	疲労強度	131 "
押抜き せん断 (500年)	照査荷重	240 kN
	必要せん断耐荷力	402 "
	保有せん断耐荷力	1039 "

5．まとめ

現在，土木学会をはじめとする各機関や規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り，今回J H静岡建設局としても藁科川橋の設計において床版の限界状態に対する数種の検討を行ったものである．これによれば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．なお今回の検討では，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，具体的な数値についてはあくまでも参考値である．これらの照査手法の確立にあたっては，交通実態調査等のデータの蓄積，疲労載荷試験結果等の研究成果など，いっそうの充実が望まれるところである．

参考文献

- 1) 猪熊，本間，杉崎，丸山：長支間場所打ちP C床版鋼2主桁橋（藁科川橋）の計画，土木学会第54回年次学術講演会概要集，1999.9
- 2) 猪熊，本間，河西，松井：支間11mの場所打ちP C床版（藁科川橋）の設計，土木学会第54回年次学術講演会概要集，1999.9
- 3) 前田，松井：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
- 4) 角田，井藤，藤田：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
- 5) 東山，松井：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荷力，構造工学論文集，1998.3
- 6) 安松，長谷，篠原，長瀬：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
- 7) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，1993.4