

CS-48

長支間PC床版の疲労耐久性に関する一考察

日本道路公団 正会員 安 松 敏 雄

日本道路公団 正会員 中 須 誠

日本道路公団 正会員 長 谷 俊 彦

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 森 高 英 樹

1. はじめに

日本道路公団においては、鋼橋の合理化及び経費縮減を目的として長支間PC床版を有する鋼少数主桁橋を導入している。長支間PC床版の設計については、プレストレスは一方とし、活荷重時ひび割れ発生限界状態で設計（PRC）、床版厚・設計曲げモーメントは、道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編によることとしている。これにより設計した実物大供試体（床版支間6m、床版厚30cm）に対して移動荷重疲労試験を実施し、十分な疲労耐力を有することを確認した¹⁾が、破壊までには至らず、長支間PC床版がどのような破壊形態を示し、どの程度の疲労耐久性を有するのか定量的に明らかにはなっていない。また、道路橋示方書においても床版の疲労設計の考え方は明示されていない。合理的なPC床版の疲労設計の構築に向け、その疲労寿命について、疲労寿命がある程度明らかになっているRC床版との比較に基づき解析的な検討を行なったので報告する。

2. 床版疲労照査に用いる設計曲げモーメント

道路橋示方書に示される床版の設計曲げモーメントは、T荷重を橋軸直角方向に満載した状態での版理論による解析値がもとになっており、曲げ耐力設計用の曲げモーメントである。疲労に対しては、渋滞頻度が小さい場合、1台の車両（1組のT荷重）による曲げモーメントを基本とすれば良いと考えられる。そこで版理論により満載と1台載荷（図-1参照）の場合について2～6mの床版（支間4m以上がPC床版）で曲げモーメントを比較した。計算結果を図-2、3に示すが、これより次のことが言える。

①版理論による最大曲げモーメントは、床版支間2mの場合は、満載と1台載荷で一致するが、床版支間が大きくなる程、その差は大きくなり、たとえば、床版支間6mの1台載荷の床版支間方向曲げモーメントは、全載の約60%程度となる（道路橋示方書に規定される床版支間に対する割り増しを考慮すれば約50%）。

②道路橋示方書の設計曲げモーメント式は、版理論の解に対して、4～18%大きい値を与える。

なお、床版の最大曲げモーメントについては、ソリッド要素を用いたFEM解析と版理論による解析の比較も行なった。その結果を表-1に示す。比較的良好一致を示しているものの、全般的にFEM解析値の方が大きくなっている。また、床版支間6mのものについてはハンチの有無無しで計算した。ハンチを考慮すれば2～5%曲げモーメントが低減されることがわかる。

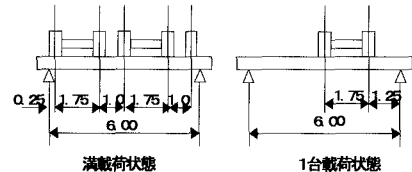


図-1 T荷重 載荷比較図

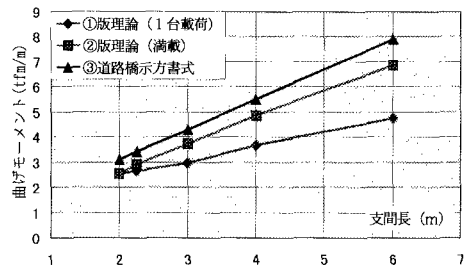


図-2 支間方向の最大曲げモーメント

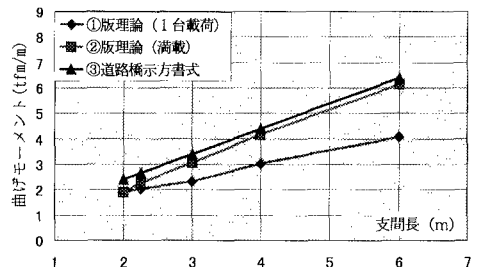


図-3 支間直角方向の最大曲げモーメント

キーワード：鋼橋床版、鋼2主桁橋、PC床版、疲労、耐久性

連絡先：〒194-0035 東京都町田市忠生 1-4-1 日本道路公団 試験研究所 橋梁研究室

3. 長支間PC床版の疲労耐久性評価

押し抜きせん断破壊と曲げ疲労破壊それぞれに対し、今までに提案されている疲労耐力評価式をもとに、疲労寿命を計算し、RC床版とPC床版について比較した。曲げ疲労については、床版支間直角方向の配力鉄筋およびPC床版ではPC鋼材にも着目した。

表—1 疲労試験供試体の FEM 解析と版理論解析による比較（衝撃含む）

床版支間 (m)	床版厚 (m)	ハンチの 有・無	T 荷重	床版支間方向		床版支間直角方向	
				FEM 解析	版理論解析	FEM 解析	版理論解析
2.25(RC)	25	無し	1 台	3.19	2.84	2.68	2.21
			満 載	3.36	3.09	2.85	2.44
4.00(PC)	25	無し	1 台	4.12	3.84	3.53	3.20
			満 載	5.29	5.03	4.60	4.36
6.00(PC)	30	有り	1 台	5.40	4.91	4.66	4.27
			満 載	7.38	7.00	6.46	6.31
6.00(PC)	30	有り	1 台	5.27	—	4.40	—
			満 載	7.18	—	6.02	—

(1) 疲労寿命評価の考え方

① 曲げによる配力鉄筋の引っ張りに対して

疲労寿命推定のための活荷重応力は 1 台載荷による応力振幅とする。道路橋示方書の設計曲げモーメントに対して鉄筋の許容応力度（RC 床版は 1200kgf/cm^2 、PC 床版は 1400kgf/cm^2 とする）ぎりぎりに設計された床版に 1 台載荷したときの版理論曲げモーメントによる配力鉄筋の応力振幅 $\Delta \sigma_s$ をもとにコンクリート標準示方書により疲労寿命を推定。

② 曲げによるPC鋼材の引っ張りに対して

配力鉄筋と同様な考えで、道路橋示方書の設計曲げモーメントに対して活荷重時びびわれ発生限界で設計されたPC床版に 1 台載荷したときの版理論曲げモーメントによるPC鋼材の応力振幅 $\Delta \sigma_s$ をもとにコンクリート標準示方書により疲労寿命を推定。ただし、その場合の応力振幅は、床版支間直角方向は完全ひびわれ状態として剛性低下を見込んだ直行異方性版理論により算出。

③ 押し抜きせん断に対して

押し抜きせん断による疲労寿命については、阪大松井教授らの研究によるはり状化した床版の押し抜きせん断耐力（ P_{sx} ）による評価式²⁾により推定。なお、PC 床版については文献3)を参考に有効プレストレスによる破壊面の広がり角度の変化とせん断強度の増加を考慮した。

(2) 計算結果

疲労寿命の計算結果を表—2に示す。

配力鉄筋の疲労寿命については、押し抜きせん断の疲労寿命よりかなり小さく評価さ

表—2 床版疲労寿命計算値の比較

検討ケース		配力鉄筋			PC 鋼材		押し抜きせん断耐力		
		$\Delta \sigma_s$ (kgf/cm^2)	疲労寿命 (回)	比 率	$\Delta \sigma_s$ (kgf/cm^2)	疲労寿命 (回)	P_{sx} (tf)	疲労寿命 (回)	比 率
RC 床版	支間 2.25m	917	7.5E+08	1.00	—	—	50.9	2.21E+11	1.0
PC 床版	支間 4.00m	960	5.2E+08	0.68	92.8	3.0E+11	72.2	1.90E+13	85.8
	支間 6.00m	894	7.9E+08	1.04	106.0	1.5E+11	107.1	2.90E+15	13089.0

れているが、これは配力鉄筋の応力振幅をコンクリートの引っ張りを無視したRC計算により算出しており、これが実際の発生応力よりもかなり過大であるためと考えられる。PC床版はRC床版に対して曲げ疲労耐力はほとんど変わらないにもかかわらず、押し抜きせん断については疲労耐力が格段に上昇する。このため、PC床版は、押し抜きせん断ではなく、曲げにより疲労耐力が決定される可能性があるといえる。

4. まとめ

PC床版の疲労破壊を解析的に評価すると、曲げによる鋼材の曲げ疲労で決定される可能性があることが推測された。合理的なPC床版設計法の構築をめざし、今後は、PC床版の破壊形態を確認して、曲げ疲労の検証を行ないっていく予定である。

参考文献)

- 1) 中須他：鋼少数主桁橋の長支間PC床版の移動載荷疲労試験について、第52回年次講演会概要集 1-A、P.346-347
- 2) 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 No. 348/V-1、P.133-141
- 3) 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力、構造工学論文集 Vol.44A(1998.3)P.1357