

閑散線区における鋼鉄道トラス橋の耐疲労性の照査に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社

子弘夫
明義岳
本澤谷
秋行網
○
員員
會會
正正

1. はじめに

鋼鉄道橋の耐疲労性の照査は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物」（以下「設計標準」）により、まず疲労限による照査を行い、この照査を満足しない場合には、繰返し数の影響を考慮した耐疲労性の照査を行うこととなっている。繰返し数の影響を考慮した耐疲労性の照査は、累積疲労損傷度による照査が標準となっている。疲労限による照査を行う際の活荷重は、「設計標準」に定める、部材に最大の影響を及ぼす列車および車両を包含する列車荷重の特性値を用いるが、累積疲労損傷度の照査を行う際の活荷重は、実際の列車および車両の使用状況に基づいた列車荷重を用いる。しかし、JR東日本では、線区ごとに使用状況に基づく列車荷重を定めていないため、疲労限の照査で断面を決定することが多く、累積疲労損傷度の照査を行うことは少ない。

本稿は、疲労で断面が決定されることが多い床組部材について、耐疲労性の照査方法の違いが断面諸元に与える影響を明らかにするため、下路トラス橋の縦桁を例に、閑散線区の使用状況に近い列車荷重を用いて累積疲労損傷度の照査を行い、疲労限の照査で決定した断面と比較した結果について報告する。

2. 鋼鉄道トラス橋の縦桁における耐疲労性の照査

検討対象とした下路トラス橋の側面図および断面図を図-1および図-2に示す。また、照査条件を表-1に示す。累積疲労損傷度の照査に用いる列車荷重は、旅客列車については、実際に閑散線区で走行する気動車(乗車率100%, 4両)を想定し、貨物列車については、機関車1両+貨車24両とした。それぞれの軸重および軸距を図-3に示す。また、縦桁の変動応力は、横桁を支点とする連続縦桁として求めた。

調査結果を表-2に示す。疲労限の調査で断面を決定した調査結果をケースAとし、累積疲労損傷度の調査で断面を決定した調査結果をケースBとした。今回着目した疲労の調査部位は、疲労強度が低い図-4の

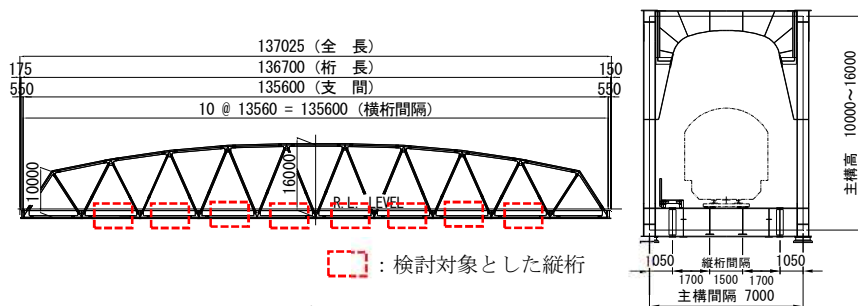


図-1 側面図

图-2 断面图

表-1 照査条件

構造形式		桁の種別	単純下路曲弦トラス	
		構造大要	単線 2 主構 開床式 橋マクラギ受け	
線形			平面：直線 縦断勾配：LEVEL	
線路等級			在来線 4級線	
列車荷重	繰返し数を考慮した耐疲労性の照査以外		機関車荷重 EA-15	
	繰返し数を考慮した耐疲労性の照査	列車	機関車 1両+貨車 24両	
		列車本数/日	5本	
設計速度			85 km/h	
耐用年数			100 年	
設計方法			性能照査型設計法	

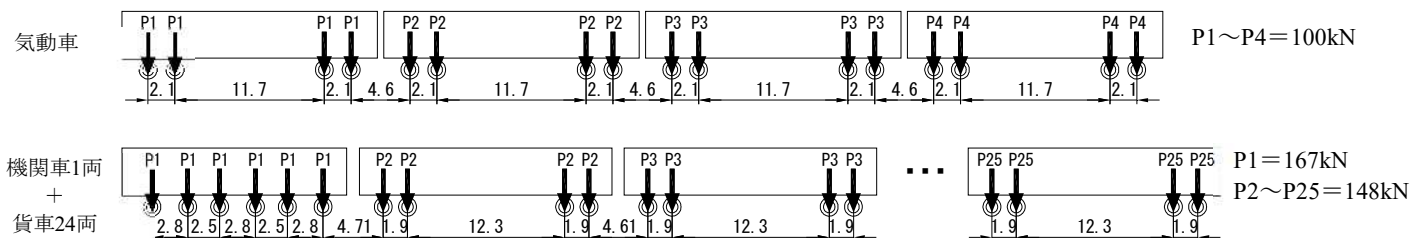


図-3 累積疲労損傷度の照査に用いる列車の軸距と軸重

キーワード：鋼鉄道橋，耐疲労性，累積疲労損傷度，照査

連絡先：〒163-0231 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル31F TEL：03-6851-0086 構造技術センター

表-2 照査結果

ケース				A			B										
断面諸元	材質			SM400			SM400										
	U Fig. PL			1-PL 380x19			1-PL 380x16										
	Web. PL			1-PL 1409x12			1-PL 1122x12										
	L Fig. PL			1-PL 380x22			1-PL 380x12										
設計応答値	安全性	列車荷重		EA-15			EA-15										
		成分		My (kN・m)	Fx (kN)	Fz (kN)	My (kN・m)	Fx (kN)	Fz (kN)								
		耐荷性	1.0D+1.1L+1.1I+1.1C+LF+W	961.3	205.3	129.7	950.9	199.8	129.7								
		耐疲労性	疲労限 D+1.1L+1.1I	1073.6	0.0	126.0	1060.2	0.0	126.0								
照査結果	安全性	耐荷性	鋼部材の照査	上フランジ		下フランジ		上フランジ		下フランジ							
				軸方向力と曲げモーメントを受ける部材の照査		0.59 (圧縮) < 1.0	0.38 (引張) < 1.0		0.94 (圧縮) < 1.0		0.69 (引張) < 1.0						
						OK		OK		OK		OK					
				せん断力を受ける部材の照査		0.07 < 1.0				0.10 < 1.0							
						OK				OK							
			板要素の照査	曲げモーメントとせん断力を受ける部材の照査		0.22 < 1.0		0.11 < 1.0		0.58 < 1.0		0.39 < 1.0					
						OK		OK		OK		OK					
				上フランジ		腹板		下フランジ		上フランジ		腹板		下フランジ			
				幅厚比	(b/t) または (Dw/tw)	10.2	117.4	8.4	12.3	93.5	15.3						
				最大幅厚比	(b/t) o または (Dw/tw) o	12.7	132.8	16.0	12.4	132.8	16.0						
					OK		OK		OK		OK		OK				
		耐疲労性	照査位置		垂直補剛材上端		垂直補剛材下端		垂直補剛材上端		垂直補剛材下端						
			疲労等級		E		E		E		E						
			継手の種類		十字溶接継手 荷重非伝達型		十字溶接継手 荷重非伝達型		十字溶接継手 荷重非伝達型		十字溶接継手 荷重非伝達型						
			疲労限による照査		0.98 < 1.0		0.94 < 1.0		1.51 > 1.0		1.89 > 1.0						
					OK		OK		NG		NG						
			繰返し数の影響を考慮した照査	列車荷重		照査不要				気動車		機関車1両+貨車24両		気動車		機関車1両+貨車24両	
				応力範囲の最大値 (N/mm)						40.9		78.5		39.5		80.7	
				応力範囲の打ち切り限界 (N/mm)						45.5		29.0		45.5		29.0	
				累積疲労損傷度の照査						打ち切り限界以下		0.39		打ち切り限界以下		0.93	
										0.39 < 1.0		OK		0.93 < 1.0		OK	
			走行安全性 (たわみ)		8.2mm < 22.6mm				18.3mm < 22.6mm								
					OK				OK								

2 か所である。断面照査には、「鋼・合成断面性能照査支援プログラム Vepp-SC」を用いた。

疲労限の照査で断面を決定したケースAは、耐荷性の照査や走行安全性の照査で余裕がある結果となった。累積疲労損傷度の照査で断面を決定したケースBで、気動車は、軸重が小さいため、疲労損傷に寄与しない応力範囲の打切り限界以下となった。一方、貨物列車は、軸重が大きいため、打切り限界以下とはならず、累積疲労損傷度で断面が決定する結果となった。また、上フランジの幅は枕木との取合いを考慮して決定しているため、上フランジは板要素の照査で断面を決定した。その結果、上フランジは鋼部材の耐荷性の照査も限界に近い結果となった。

3. 断面比較

耐疲労性の照査を行った結果、ケースBではケースAよりも断面を小さくすることができた。この縦桁断面について、断面諸元および鋼重の比較を行う。表-3にケースAおよびケースBの断面諸元および鋼重を示した。ケースBではケースAより、鋼重を0.07t/m 軽くすることができた。縦桁1径間あたりの鋼重の差は、0.89t (13.56m×0.07t/m) となり、対象の縦桁だけで、鋼重は14.3t (0.89t×8径間×2縦桁) 軽減することができた。ケースAの縦桁全鋼重は91.6tであるため、16%程度の鋼重減ということになった。

4. まとめ

本稿は、鋼鉄道橋の耐疲労性の照査方法の違いが断面決定に与える影響を明らかにすることを目的に、疲労で決定することが多い床組の例として、下路トラス橋の縦桁を対象に、閑散線区の使用状況に近い列車荷重を用いた累積疲労損傷度の照査結果と疲労限の照査結果を比較した。本稿で対象とした閑散線区の下路トラス橋の縦桁においては、疲労限の照査で断面を決定すると、耐荷性の照査や走行安全性の照査で余裕がある結果となった。累積疲労損傷度の照査では、列車荷重の軸重の大小が照査結果に影響し、軸重が小さい気動車は疲労損傷に寄与しない応力範囲の打切り限界以下となるが、軸重が大きな貨物列車は累積疲労損傷度で断面が決定する結果となった。また、累積疲労損傷度の照査で決定した断面での縦桁全鋼重は、疲労限による照査で決定した断面よりも、16%程度軽減することができた。

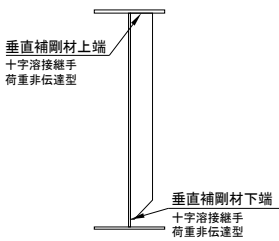


図-4 疲労の照査部位

表-3 比較断面の諸元および鋼重

ケース	A	B
縦桁断面		
断面二次モーメント I (mm ⁴)	1.000E+10	0.448E+10
断面積 A (mm ²)	32488	24104
1mあたりの鋼重 wd (t/m)	0.26	0.19
1mあたりの鋼重差 ΔW (t/m)	0.07	
縦桁1径間あたりの鋼重差 W1 (t)	0.89	
中間縦桁の鋼重差 W2 (t)	14.3	
縦桁全鋼重 W (t)	91.6	77.3