1911 年製リベット接合下路鈑桁橋の実働応力特性と疲労寿命評価

関西大学　学生員　○矢持　敬大，正会員　坂野　昌弘
南海電気鉄道　正会員　宮野　誠，阪堺電気軌道　非会員　西田　佳嗣

1．はじめに

対象橋梁である阪堺電気軌道の大和川橋梁は、1911 年に製作された路面軌道を支持するリベット接合下路鈑桁であり，供用以来，回送電車を使用した応力測定は行われていない．維持管理を行うためには，橋梁の現状を把握することは重要である．本研究では，橋梁上に路面電車(営業および回送)を通過および停止させ主部材(主桁, 横桁, 縦桁)の下フランジを対象に実働応力を測定し，実働応力特性の検討と疲労寿命評価を行った [1)-3)].

2．橋梁の概要

橋梁形式はリベット接合下路鈑桁橋で全長約 200m, 複線構造の主桁 9 連構成であり，1 連目を測定対象とした．図-1, 2 に対象桁の測定箇所の平面図および主部材の断面図を示す．主桁は支間約 19m のリベット接合鈑桁，横桁は支間約 7m の I ビーム桁，縦桁は支間約 3m の I ビーム桁, 各部材はリベットで連結されている．

3．測定方法

(1) 電車の載荷方法

表-1 に測定電車の種別・諸元と走行条件を示す．なお，本橋梁部分では，通常運行では 1 両電車(以下,「単車」という.)を通過させているが, 今回は回送の単車を通過および停止, さらに回送の 2 両連結電車(以下,「連車」という.)を通過および停止させた. 図-3 に回送単車の実際の停止位置を示す．回送単車および回送連車は主桁と横桁で停止時に最大応力が発生するように，後ろ 2 軸が 1 本目の中間横桁を跨ぐ位置に停止させた．

(2) 応力測定方法

応力測定箇所は主桁，横桁，縦桁のウェブ直下の下フランジ下面で，部材長手方向の応力を測定した．図-1，2 にひずみゲージ貼付位置を示す．ひずみゲージ貼付位置は主桁では主桁端部からスパン 1/4 の断面変化位置付近(G1,2 桁)，横桁は 1 本目の中間横桁の縦桁(S2, S3 桁)交差部(F2 桁(S2 交差部), F2 桁(S3 交差部))，縦桁は端縦桁の支間中央(S1～S4 桁)である．なお，応力測定に使用した動ひずみ計は測定点数が 8ch，測定周波数が 500Hz である．

4．測定結果

(1) 実働応力特性

図-4 に下り線に回送単車を停止させた際の各部材下フランジ長手方向の応力波形を示す．主桁では電車ごとにピークが生じ，横桁と縦桁は台車ごとにピークが生じている．最大発生応力は主桁と横桁では停止時に生じ，縦桁では停止前に車軸がスパン中央を通過する際に生じている．また，主桁と横桁では電車進出時の

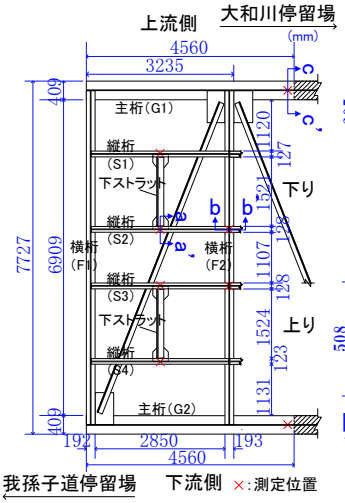


図-1 測定対象桁の平面図およびひずみゲージ貼付位置

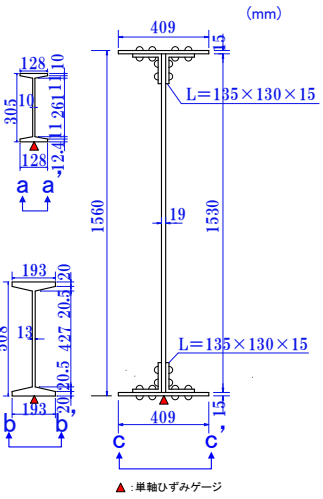


図-2 主部材の断面図およびひずみゲージ貼付位置

表-1 測定電車の種別・諸元と走行条件

電車種別	電車諸元			走行条件(本数)		
	形式	質量 (t)	長さ (m)	通過		停止
				下り線	上り線	下り線
営業単車	モ161形	18.6	13.7		2	
	モ351形	17.4	13.3	2	1	
	モ501形	16.8	13.3	2		
	モ601形	19.0	13.7	2	3	
	モ701形	19.0	13.7	1	1	
回送単車	モ701形	19.0	13.7		1	1
回送連車	モ701形	19.0	13.7		1	1

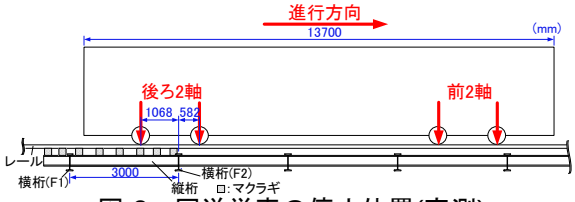


図-3　回送単車の停止位置(実測)

キーワード　実働応力，路面軌道，下路桁
連絡先　〒564-8680　大阪府吹田市 3-3-35　関西大学鋼構造デザイン研究室　TEL06-6368-1121+6506

み圧縮応力が生じているが，縦桁では電車進入出時の両方で圧縮応力が生じている．

図-5 に回送単車と回送連車の通過および停止時，営業単車の通過時の各部材下フランジ長手方向の最大応力範囲を示す．回送単車と回送連車での最大応力範囲を比較すると，停止時(下り線)の主桁(G1,G2)と縦桁(S2)では回送連車(△)の方が大きいが，それ以外(F2,S1,S3,S4)ではほとんど変わらない．通過時(上り線)の横桁(F2(S3))では回送単車(▼)の方が大きいが，それ以外(主桁,横桁 F2(S2),縦桁)ではほとんど変わらない．

営業単車(●)と回送単車(通過) (▼)での最大応力範囲を比較すると，縦桁(S1)以外では営業単車の方が大きい．

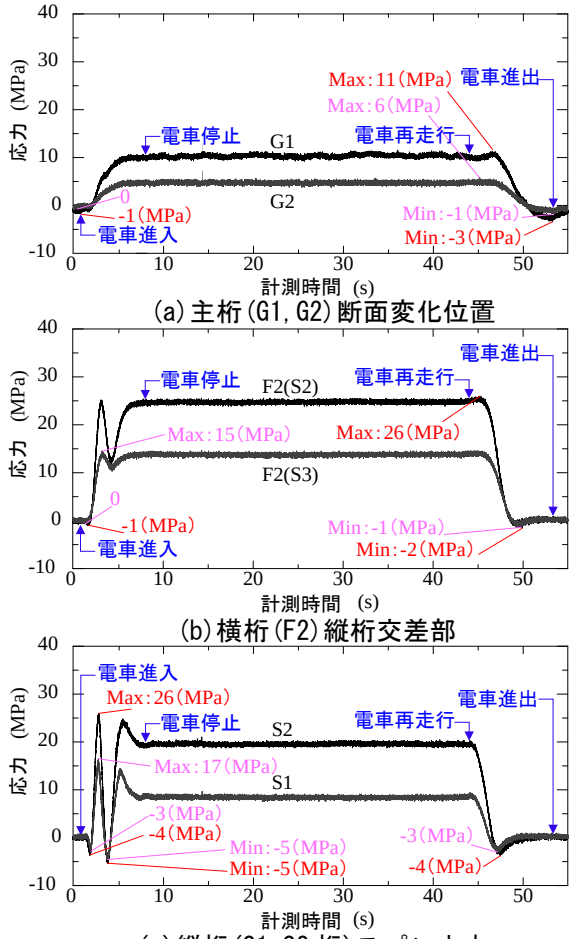
上下線での最大応力範囲を比較すると，主桁では下り線は回送連車で，上り線は営業単車で生じ，両者はほぼ等しい．横桁と縦桁では営業単車で生じ，上り線の方が大きい．なお，縦桁の中では外側の S1 桁，S4 桁に比べて，内側の S2 桁，S3 桁の方が大きい．

(2) 疲労寿命評価

主桁下フランジと縦桁下フランジはリベット継手で疲労強度を C～E 等級 [4]，横桁下フランジは母材で C 等級 [5]と仮定し，疲労寿命を評価した．**表-2** に疲労寿命評価の結果を示す．全ての対象箇所の最大応力範囲が一定振幅応力下での E 等級の打ち切り限界以下となり，疲労寿命は無限大となった．

5．おわりに

本研究では，1911 年製のリベット接合下路鈑桁の実働応力測定を行い，主部材について，営業単車の通過の他に，回送単車および回送連車の通過(上り線)と停止(下り線)時の実働応力特性の検討と疲労寿命評価を行った．



(a) 主桁(G1, G2)断面変化位置

(b) 横桁(F2)縦桁交差部

(c) 縦桁(S1, S2 桁)スパン中央

図-4 回送単車を停止させた際の各主部材の応力波形（下り線）

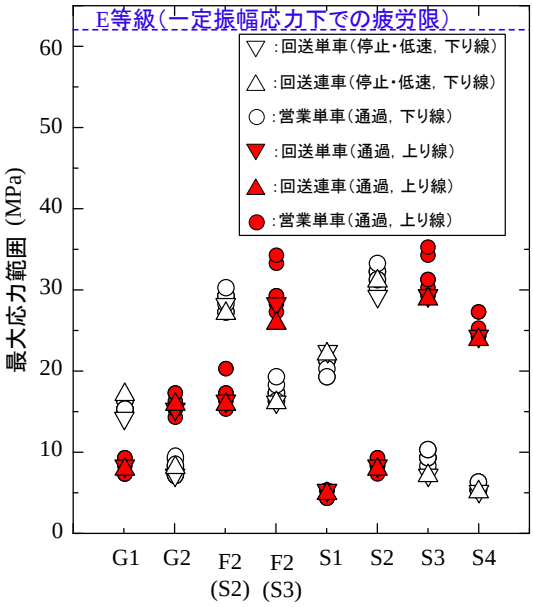


図-5 各主部材の下フランジの最大応力範囲

表-2 疲労寿命評価

測定位置			最大応力範囲 (MPa)	評価対象	疲労強度等級 C (115)	D (84)	E (62)
主桁	G1 G2	スパン1/4断面 下フランジ	17	リベット継手	∞	∞	∞
横桁	F2(S2) F2(S3)	縦桁交差部 下フランジ	34	母材	∞	／	／
縦桁	S1,S2 S3,S4	スパン中央 下フランジ	35	リベット継手	∞	∞	∞

※()内は一定振幅応力下での打ち切り限界(MPa)

参考文献 1)尾山淳他:鋼 I ビーム桁鉄道橋の実働応力と疲労耐久性評価,土木学会第 57 回年次学術講演会,I－166,2002.9. 2)宮野誠他:鋼鉄道橋の実働応力測定による増桁補強効果の検討,土木学会第 58 回年次学術講演会,I－418,2003.9. 3)坂田智基他:短スパン鉄道橋の増桁による補強効果,鋼構造年次論文報告集，Page.481-488,2003.11. 4)山本篤志他:約 80 年供用された鉄道桁の腐食状況と疲労挙動,土木学会第 56 回年次学術講演会,I-B141,2001. 5)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物),2009.7.