

アーチ型合成床版の疲労耐久性及び力学挙動に関する研究

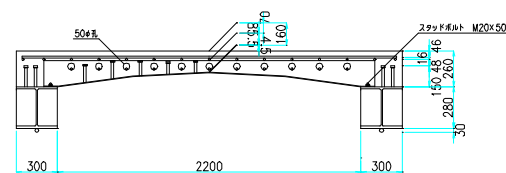
青島建材(株) 正会員 ○青島 孝幸 (株)東京鐵骨橋梁 正会員 鈴木 孝洋
 (株)東京鐵骨橋梁 正会員 碓山 晴久 大阪大学大学院工学研究科 正会員 大西 弘志
 大阪工業大学 フェロー 松井 繁之

1 はじめに

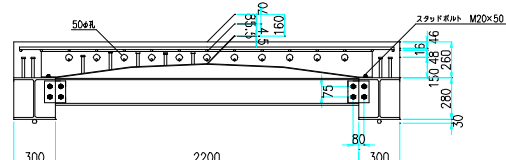
近年、鋼道路橋の分野では、施工の省力化や工期の短縮を目指して少数主桁橋などの合理化橋梁が採用される事例が増えつつある。これらは床版支間が大きくなるため、十分な疲労耐久性を有している合成床版や PC 床版を採用する必要がある。そこで本研究では、床版下面にアーチ状の曲面形状を有する鋼板を設けて床版内にアーチ効果を生じさせ、床版死荷重の増加を抑えようとする構造形式の鋼コンクリート合成床版に着目した。今回、主桁の横移動を拘束した床版と拘束しない床版の2体について輪荷重走行試験を行った際、スタッド部に発生した疲労損傷について検討した。

2 試験概要

横つなぎ材を有しないもの（ADS1）と有するもの（ADS2）の2体を試験した。供試体断面図を図1に示す。試験体は3500×2800mmの桁付床版で、床版厚は中央で160mm、桁上で260mmである。底鋼板厚は4.5mmで補剛のための横リブを有している。またコンクリートと鋼部材のずれ止めとして、底鋼板上にはスタッドジベル列及び孔明き鋼板を橋軸方向に200mm間隔で交互配置しており、横リブ孔には補強用鉄筋を貫通させている。輪荷重は支間中央を走行させ、床版の支持方法は主桁の下に丸鋼を挿入する単純支持とした。載荷荷重は176kNから始め、走行回数を重ねるごとに荷重を増加し、最大荷重は255kNとした。載荷プログラムを図2に示す。



a) ADS1



b) ADS2

図1 供試体断面図

3 解析概要

解析方法は三次元汎用プログラムを用いた線形解析とした。鋼部材とコンクリート間のはく離は、互いの要素の節点を切離し、その間にばね要素を挿入することで表現した。コンクリート引張領域のひび割れは要素の橋軸直角方向および橋軸方向のヤング率を1/1000倍にして表現した。境界条件は、主桁下を鉛直方向に支持し、桁支持点で水平移動を拘束した。

4 試験結果

4.1 試験結果概要

試験中の床版中央における活荷重たわみの経時変化を図3に示す。ADS1は（往復）走行回数60万回まで、ADS2は58万回まで試験したが、両試験体共にたわみの急増や押し抜きせん断状のひび割れは発生せず、顕著な破壊性状は見られなかった。

4.2 スタッドの疲労損傷状況

試験終了後にスタッド周辺のコンクリートを除去し、スタッドの曲げ試験を行ったところ、図4のように底鋼板が破れる現象がADS1で6箇所、ADS2で1箇所発生した。輪荷重の繰返し載荷によってスタッド根元部の底鋼板に疲労亀裂が生じていたためである。スタッド部で疲労が発生しても、4.1で述べたようにたわみの急変現象がないことから、スタッド部の疲労亀裂が直ちに床版の機能を阻害することはないと考えられる。しかし、スタッドを設けない条件で解析を行

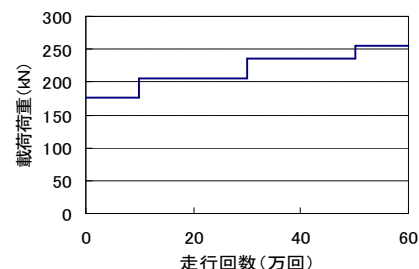


図2 載荷プログラム

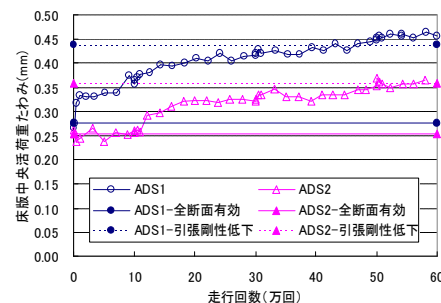


図3 床版中央活荷重たわみの経時変化(98kN)

キーワード：スタッドの疲労寿命，組合せ応力，E等級

連絡先（〒422-8058 静岡県静岡市駿河区中原 658 番地の 1, TEL 054-281-2564, FAX 054-282-4565）

うと図 5 に示すように横リブ間において底鋼板の局所変形が大きくなる．合成の維持・変形の抑制のためにスタッドは必要である．

4.3 スタッドの疲労寿命

文ら¹⁾による式(1)よりスタッドに作用するせん断力を算出し，鈴木ら²⁾が提案する式(2)より疲労亀裂発生位置における鋼板の引張応力を算出して試験終了までのスタッド部の S-N 関係を求めたものが図 6 である．鈴木らは実験及び解析より，S-N 関係の縦軸に σ_x を用いると，鋼板引張力とスタッドせん断力の組合せ応力を受けるスタッド付鋼板の疲労寿命が JSSC の規定する E 等級と同程度になると報告している．合成床版中のスタッドも図 7 のような床版の全体曲げによる底鋼板の曲げ引張力と，鋼-コンクリート間のずれ止め作用に伴うスタッドのせん断力

による組合せ応力を受ける．図 6 によれば，疲労損傷を受けたスタッドが E 等級線付近に集まっており，組合せ応力を考慮することにより本床版のスタッドの疲労寿命も E 等級で表せるといえる．

$$\bar{\sigma}_{r\max} = \frac{E_s \left(\frac{x+r}{x} \cdot \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{2} - \frac{x-r}{x} \cdot \frac{\varepsilon_2 + \varepsilon_4}{2} \right)}{2}, \quad Q = ctr \bar{\sigma}_{r\max}, \quad c = \pi$$

(1)

$\bar{\sigma}_{r\max}$: 軸方向応力の最大値 (N/mm²), Q : スタッドに作用するせん断力 (N), E_s : 鋼材のヤング係数 (N/mm²), x : 支持点から着目するスタッド中心までの距離 (mm), r : 着目半径 (20mm), $\varepsilon_1, \varepsilon_2$: スタッド前後の底鋼板上面ひずみ, $\varepsilon_3, \varepsilon_4$: スタッド前後の底鋼板下面ひずみ, t : 底鋼板の板厚 (mm)

$$\sigma_x = 1.295 \sigma_0 + \frac{A_{ss}}{201} (-0.485 \cdot t + 7.565) \tau_0$$

(2)

σ_x : 疲労亀裂発生位置における鋼板の引張応力 (N/mm²), σ_0 : 鋼板の公称引張応力 (N/mm²), τ_0 : スタッドに作用する公称せん断応力 (N/mm²), t : スタッドを溶接する鋼板の板厚 (mm), A_{ss} : スタッドの軸径の横断面積 (mm²)

4.4 実橋における疲労寿命

当疲労損傷は実験で鋼板厚を 4.5mm と薄くした結果発生したもので，実橋で用いられる 8mm 程度の鋼板厚にすれば疲労寿命は大きくなると考えられる．底鋼板の板厚を変えた場合及びスタッド本数を増加させた場合の疲労寿命の変化を解析により調べた結果が表 1 である．板厚を大きくするとスタッドのせん断に伴う局部曲げ応力が低下するためスタッドの疲労寿命は大きく向上する．鋼板厚が大きい実橋においては，本試験ほど大きな荷重が作用することがほとんどないことも踏まえると，スタッドの疲労損傷は起こらないと考えられる．

5 結論

アーチ型合成床版中のスタッドの疲労寿命は，縦軸に疲労亀裂発生位置における鋼板の引張応力をとると JSSC の E 等級で表せる．スタッドの疲労が直ちに床版の機能を阻害することはないが，底鋼板の局所変形防止のためにスタッドは必要である．疲労試験で見られたスタッドの損傷は供用下の実構造物では起こらないと考えられる．

【参考文献】

- 1) 文兌景：鋼板・コンクリート合成床版の疲労特性と疲労設計法に関する研究，大阪大学学位論文，1992
- 2) 鈴木喜弥，藤原良憲，平城弘一，榊田智子，高田嘉秀，宮地真一：組合せ応力作用下におけるスタッド付き鋼板の疲労強度，構造工学論文集 Vol.50A，土木学会，2004



図 4 底鋼板がめくれたスタッド

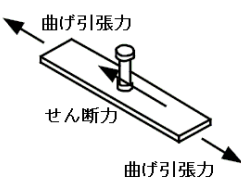


図 7 合成床版のスタッドに作用する複合力

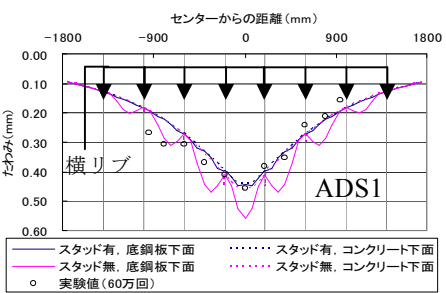


図 5 橋軸方向たわみ分布

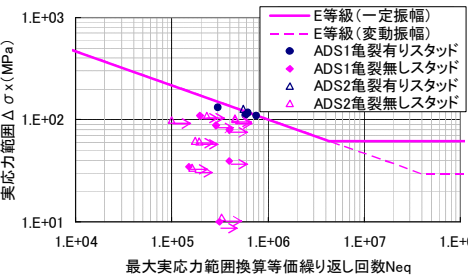


図 6 スタッド部の S-N 関係

表 1 各場合の疲労寿命比

各モデルの		疲労寿命比	
スタッド 列数	底鋼板の 板厚	ADS1	ADS2
1列	4.5mm	1.0	2.1
2列	4.5mm	1.7	2.7
3列	4.5mm	3.2	2.9
1列	8mm	2.3	4.4
1列	10mm	4.7	8.1