

第 I 部門

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

大阪大学工学部 学生員 ○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
 大阪大学大学院工学研究科 フェロー 松井 繁之

1. はじめに

近年、橋梁分野では、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持たせるためには合成床版や PC 床版でも床版厚を大きくしなければならない。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、死荷重の増大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い、その疲労耐久性を確認することにした。

2. 試験概要

横つなぎ材の効果を確認するため、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 $3500 \times 2800\text{mm}$ 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、底鋼板上のスタッドジベル及びリブを貫通させた鉄筋が配置されている。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。

3. 解析概要

解析方法は三次元汎用プログラム (SOFiSTiK) 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。コンクリートのひび割れは要素の橋軸直角方向あるいは橋軸方向のヤング率を $1/1000$ 倍にして表現した。コンクリート・横リブ・底鋼板は 8 節点ソリッド要素で、主桁・横つなぎ材は 4 節点シェル要素で、圧縮側鉄筋は軸方向剛性が等しくなる厚さの 4 節点シェル要素としてモデル化した。底鋼板上のスタッドは梁要素とし、主桁上のスタッドはばね要素とした。横リブを貫通する引張側配筋はずれ止め作用が大きいと考え横リブ孔位置にばね要素を挿入し、ずれ止め作用を考慮した。境界条件は、主桁下を鉛直方向に支持し、実験の桁支持点で水平移動を拘束した。

4. 試験結果

4.1 たわみの経時変化

ADS1 は走行回数 60 万回 (往復回数、以下同じ)、ADS2 は 58 万回まで試験を行ったが、両試験体共に顕著な損傷は見られなかった。図 3 に 98kN 換算した試験中の床版中央における活荷重たわみの経時変化を示す。試験全体を通して、ADS2 のたわみは ADS1 に比べて 2 割程度小さい。また、ADS1 では試験開始直後にたわみの増加が見ら

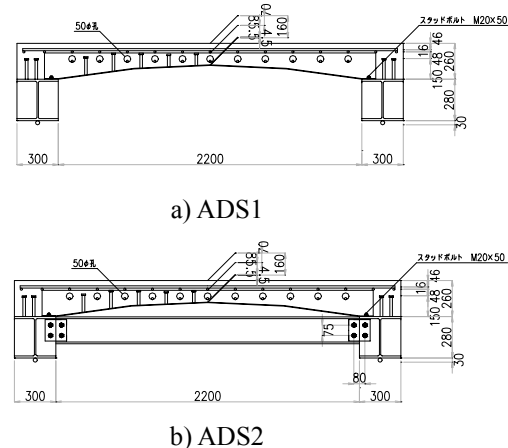


図 1 供試体断面図

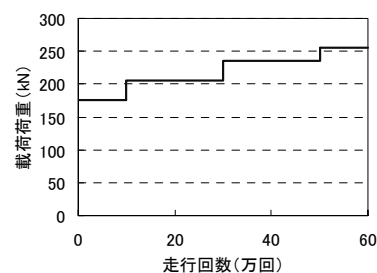


図 2 載荷プログラム

れるが、ADS2 では走行回数 10 万回までたわみはほぼ一定値で推移している。横つなぎ材を取り付けることで変形が抑制され、また载荷初期段階における床版劣化が抑制された。たわみは両試験体とも試験終了まで漸増傾向を示した。

4.2 底鋼板のひずみ

図4に底鋼板下面の橋軸直角方向

ひずみの橋軸直角方向分布を示す。ADS1 では主桁付近(1100mm)のひずみはほぼゼロになっているが、ADS2 では圧縮ひずみを生じている。また、床版中央部の発生ひずみも ADS1 と比べ大きく低下している。いずれもアーチ効果によって生じた圧縮力の影響である。

4.3 スタッド部の疲労現象

試験終了後、スタッド周辺に疲労損傷が発生していないか確認するスタッドの曲げ試験を行ったところ、図5に示すように底鋼板がめくれる現象が確認された。ADS1 では輪荷重近傍の多くのスタッドでこの現象が観察されたが、ADS2 ではわずかであった。底鋼板に繰り返し応力が発生し、疲労亀裂が生じていたためと考えられる。スタッド部で疲労が発生しても、たわみの増加等の現象が見られないことから、スタッド部の疲労現象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、スタッドを全く設けない場合、横リブ間の局部変形が増大するなどの影響があるため、スタッドは設けるべきであると思われる。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。

4.4 コンクリートのひび割れ状況

図6に試験終了時におけるコンクリートの配筋鉄筋断面のひび割れ図を示す。両試験体共に中央部に若干のひび割れが観察されたのみであり、押し抜きせん断状のひび割れは全く見られず、コンクリートは試験終了まで全体として健全な状態を保っていた。

4.5 コンクリート断面内部の応力状態

図7に床版中央のコンクリート断面内の橋軸直角方向応力分布を示す。ADS2 ではコンクリート下部の引張領域が大きく縮小しており、横つなぎ材を持つことでコンクリートに有利な応力状態を作り出せることがわかる。これにより、コンクリートのひび割れの発生・進展が抑制できる。

5. 結論

両試験体とも試験終了までにたわみの急増などの破壊傾向を示さなかったため、横つなぎ材の有無にかかわらずアーチ型合成床版は疲労耐久性を有することがわかった。横つなぎ材を持つことで床版内にアーチ効果が生じ、変形の抑制・発生応力の低減等が見られたため、支間部で床版厚を薄くするなどの合理化が可能である。輪荷重近傍のスタッドで疲労損傷が見られたが、実橋では鋼板厚が大きくなること及び荷重が小さいことからこの発生確率は小さい。

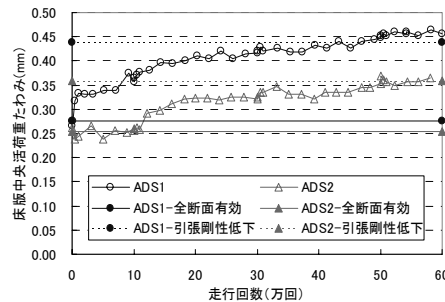


図3 床版中央活荷重たわみの経時変化(98kN)

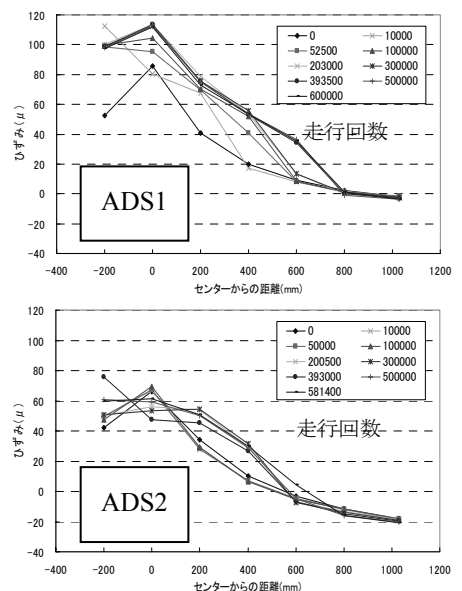


図4 底鋼板下面のひずみ(98kN)



図5 スタッドのめくれた底鋼板

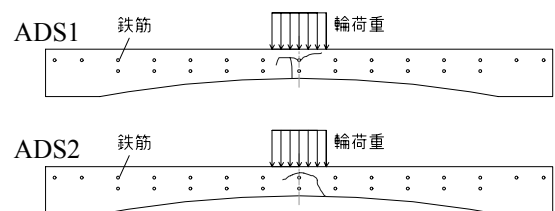


図6 コンクリート断面のひび割れ図

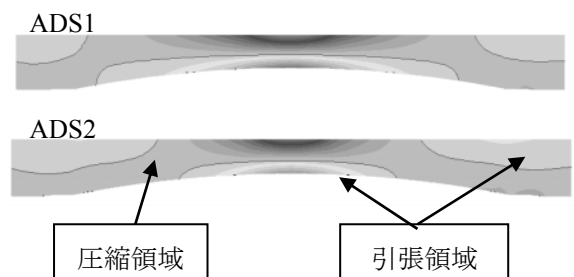


図7 コンクリート断面内の橋軸直角方向応力分布