

アーチ効果による鋼－コンクリート合成床版の疲労耐久性向上度

（株）奥村組 正会員 ○ 秦 裕彰 （株）東京鐵骨橋梁 正会員 碓山 晴久
大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之 （株）東京鐵骨橋梁 フェロー 櫻井 孝

1. はじめに

本研究グループでは、底鋼板をアーチ状に湾曲させ、床版と一体化した主桁の水平移動を横繫材にて拘束し、コンクリート打設時の死荷重およびコンクリート硬化後の活荷重に対して、床版内に生じるアーチ効果による抵抗力の増大を期待した床版構造を考案開発している。静的耐荷力試験が既に実施され、期待どおりの応力発生状況と非常に高い弾性限界荷重を有していること等が報告されている¹⁾。しかし、本床版の疲労特性については明らかにされていない。そこで、これらを解明すると共に、本床版について合理的な設計法を見つけ出すための基本試験として、輪荷重走行試験による疲労試験を実施した。

2. 試験概要

試験体は図-1 に示すように、(a)横繫材を有するアーチ状合成床版（以後、ASCD）、(b)横繫材を有さないアーチ状合成床版（以後、ASCD-NS）、(c)鋼構造物設計指針 Part B に準じて設計した通常の平面形状の合成床版（以後、FCD）、(d)アーチ状 RC 床版（以後、ASRC）の4 体である。試験体の平面寸法は 3500mm × 2800mm であり、床版支間は 2500mm である。本床版については、破壊形状を把握することを目的としているため、100 万回以内で床版が破壊に至るよ

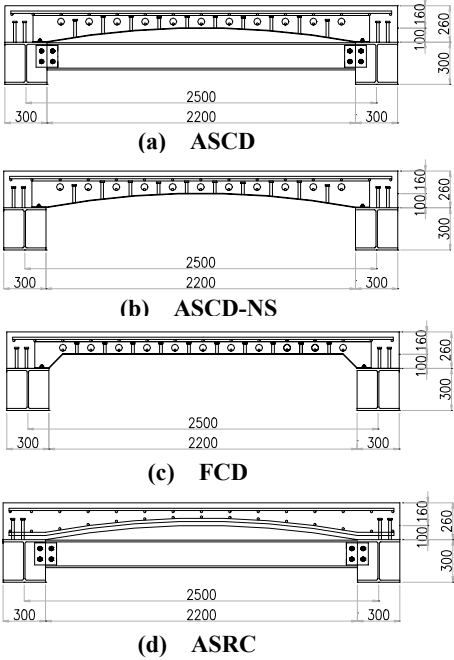


図 - 1 試験体断面図

表 - 1 使用コンクリートの物性値

試験体	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	割裂強度 (N/mm ²)
ASCD	38.8	35.1	2.22
ASCD-NS	33.5	33.7	1.82
FCD	39.8	34.0	2.26
ASRC	36.7	30.3	2.08

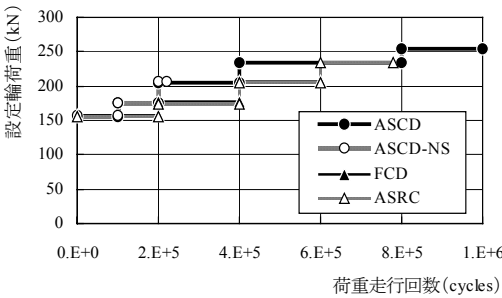


図 - 2 載荷荷重履歴

うに中央床版厚を 160mm、底鋼板厚を 4.5mm とやや小さめに設定した。ASRC の鉄筋量は他の合成床版試験体と同程度になるように決定した。製作した試験体における使用コンクリートの材料試験結果を表 - 1 に示す。また、床版に与える主桁との剛結の影響をより顕著にするために、床版中央から橋軸直角方向に 500mm 離れた位置に偏心載荷を実施した。本試験による載荷荷重履歴を図 - 2 に示す。

3. たわみ発生状況

本試験より得られた載荷点直下の活荷重たわみ経時変化を図 - 3 に示す。ただし、全て 100kN 換算したデータを用いている。ASCD と他の試験体を比較すると、ASCD のたわみ発生量は小さく、経時変化も安定していることが確認できる。アーチ形状の床版下面、横繫材が主桁の開きを抑制することによるアーチ効果、さらに鋼－コンクリート間の合成効果によるものと考えられる。

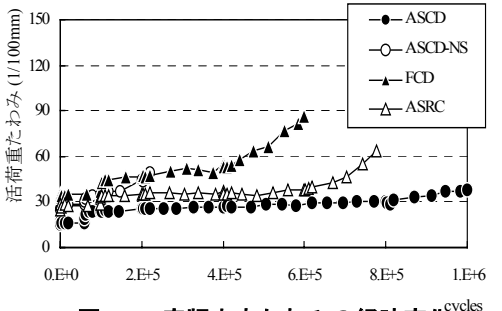


図 - 3 床版中央たわみの経時変化

キーワード：疲労耐久性，合成床版，アーチ効果，輪荷重走行試験
連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2 番 1 号

4. 有効せん断抵抗深さの深化とアーチ効果を考慮した合成床版の押抜きせん断耐荷力

アーチ効果により偏心側領域の有効せん断抵抗深さが深化すると考えられる²⁾。そこで2次元非線形解析ソフト（ATENA）を用いて検討を行った。図-4に有効せん断抵抗深さと輪荷重の偏心距離の関係を示す。床版下面をアーチ形状にしたASCD、ASRCでは有効せん断抵抗深さがコンクリートのほぼ全厚に相当することがわかった。従って、ASRCでは有効せん断抵抗深さを引張側主鉄筋の有効高さに、ASCDでは45°方向の純せん断破壊線が底鋼板に達した位置の床版厚を有効せん断抵抗深さとすることにした。

合成床版の場合、純せん断力による破壊形式についてはRC床版とほぼ同じであるが、はくり破壊部の破壊形態が若干異なる。RC床版でははくり破壊により引張側鉄筋より下側のかぶり部が抜け落ちるのに対し、合成床版では圧縮側鉄筋の下側で、はくり面が形成されることが、文らの研究により発見されている³⁾。本試験では、観察された床版内のひび割れ発生状況から文の破壊モデルよりもはくり破壊領域を少なくし、床版の梁状化幅を横リブ内側面間の距離とすると、梁状化した鋼-コンクリート合成床版の破壊モデルは図-5のように考えることができる。主桁側領域ではアーチ効果によって、はくり破壊が生じないため、主桁側領域のはくり破壊は無視できる。以上から、押抜きせん断耐荷力は式(1)で表せる。

ここに、 S ははくり長さ ($S=e$)、 e は圧縮側鉄筋と45°方向の純せん断破壊線の交差部における、圧縮側鉄筋上面から底鋼板と横リブの等価換算底鋼板厚下面までの距離、 x はせん断破壊領域深さ、 x_r は偏心側有効せん断抵抗深さ、 τ_{smax} はコンクリートの最大せん断強度、 σ_{tmax} はコンクリートの最大引張強度である。 B は梁幅 ($B=l_r$)、 l_r は横リブ内側面間の距離である。

5. アーチ効果による床版の疲労耐久性の向上度

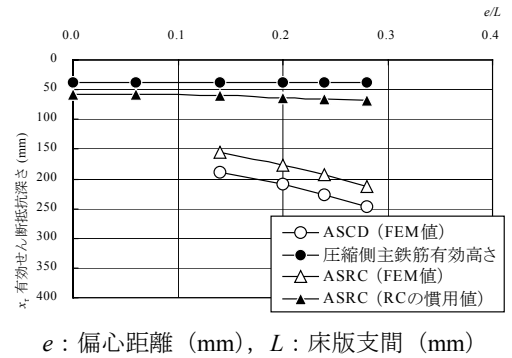
輪荷重が床版中央を走行した場合の単純支持した一般的な形状のRC床版の疲労寿命 N_0 を松井式より算定し、この N_0 と荷重が偏心した時の推定される各床版の疲労寿命 N_k との比の対数値 α を偏心距離毎にプロットすると図-6のように表せる。疲労寿命を算定するS-N式には松井の提案しているRC床版の式(2)⁴⁾が適用できる。ASCDの P_{sx} は式(1)より、ASCD-NSとFCDでは文の提案式³⁾から、ASRCでは松井・秦の提案式²⁾を用いた。アーチ形状の床版下面を有し、主桁の開きを抑制したASCDでは偏心荷重によるせん断力増加の影響は現れず、疲労寿命はほぼ一定であることがわかる。さらに他の供試体と比べ、各段に高い疲労寿命を有していることがわかる。

【参考文献】1) 加々良直樹他：「アーチ型合成床版の静的耐荷力，定点疲労試験」，土木学会第57回年次学術講演会，2002。

2) 秦 裕彰：床版内のアーチ効果とそれによる疲労耐久性向上度に関する研究，大阪大学修士論文，2004。

3) 文 允景：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，1989。

4) 松井繁之：橋梁の寿命予測 - 道路橋RC床版の疲労寿命予測 - ，安全工学，Vol.30, No.6, pp432-440, 1991。



e : 偏心距離 (mm), L : 床版支間 (mm)

図-4 有効せん断抵抗深さ-輪荷重偏心距離

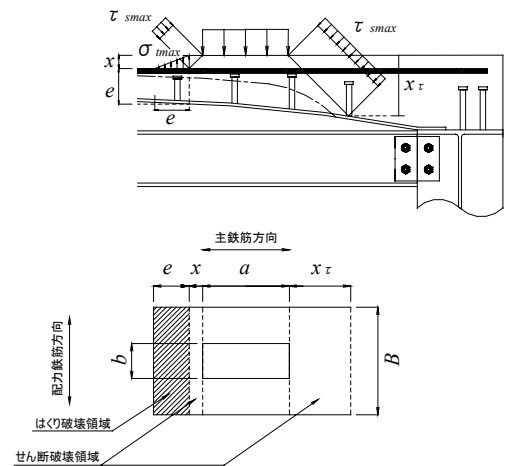
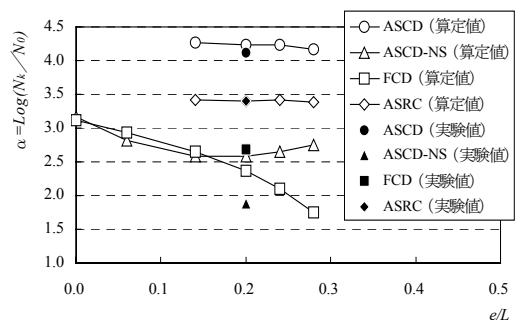


図-5 押抜きせん断破壊モデル

$$P_{sx} = B \left\{ \tau_{smax} (x + x_r) + \frac{1}{2} \sigma_{tmax} S \right\} \quad \text{式 (1)}$$

$$\text{Log} \left(\frac{P}{P_{sx}} \right) = -0.07835 \cdot \text{Log} N + \text{Log} 1.520 \quad \text{式 (2)}$$



e : 偏心距離 (mm), L : 床版支間 (mm)

図-6 疲労寿命-輪荷重偏心距離関係