

(63) CPC 床版を用いた鋼合成桁の輪荷重走行試験による疲労・曲げ破壊特性

九州大学大学院	○ 山口浩平
山口大学	浜田純夫
九州大学大学院	日野伸一
(株)富士ビー・エス 正会員	堤忠彦

1. はじめに

これまでプレキャスト床版は非合成桁橋に多く適用されてきたが、床版の損傷・劣化などのメカニズムが解明され床版取替えの機会が減少してきたこと、また、非合成桁橋も実際には合成桁に近い合成挙動をすることが明らかになり、最近、非合成桁として設計することの不合理性が指摘されている。しかし、従来のプレキャスト床版(フラット形状・ハンチ形状など)を鋼合成桁に適用する場合、スタッドが配置される位置の床版に開口部を設け、床版と鋼桁間の間詰め部には無収縮モルタルを充填して一体化を図る必要があるため、床版の製作・施工の煩雑さ、床版の耐久性に問題が生じる可能性がある。

そこで本研究では、合理的な床版形状を有するチャンネル型プレキャスト PC 床版(以下、CPC 床版：図-1・写真-1)を提案し、CPC 床版を用いた 2 主鋼合成桁を製作して、輪荷重走行試験、静的曲げ試験を行い、間詰め部の疲労特性・合成挙動・破壊メカニズムおよび床版リブ部のずれ止めの作用を検証した。

2. CPC 床版の特徴および合成作用原理

CPC 床版は、中央部の床版厚が端部より薄い、すなわちリブを有している形状であり、それを鋼合成桁に用いる場合には、従来のプレキャスト床版に比べて、以下の特徴が挙げられる。

- 橋軸方向を PC 構造(ボステン方式)とする場合、床版と鋼桁間の接触面積が小さいため摩擦力が低減され、プレストレスを有効に導入できる。
- スタッドは床版下面の凹部に群配置できるため、床版・鋼桁への加工要求が少なく、施工性が向上し、床版にスタッド配置用開口部を設ける必要がなく、床版の耐久性が向上する。
- 曲げ変形による床版と鋼桁間の水平せん断力は、床版端部のリブ部と間詰め部モルタルの接合面の支圧効果によるせん断抵抗が有効に作用し(図-1)、所要のスタッドを配置した間詰め部を介して伝達される。床版のアップリフトに対しては、床版間の目地部と床版中央位置の間詰め部モルタル充填孔に貫入して配置したスタッドによって抵抗させることとしている。

3. 輪荷重走行試験

3.1 試験体の設計および試験方法

図-2 に試験体概略図を、写真-2 に試験状況を示す。本試験に用いた CPC 床版は、下面の凹部形状は実橋と

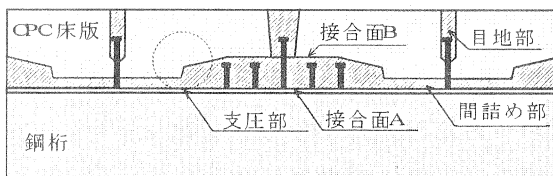


図-1: CPC 床版を用いた鋼合成桁の断面図

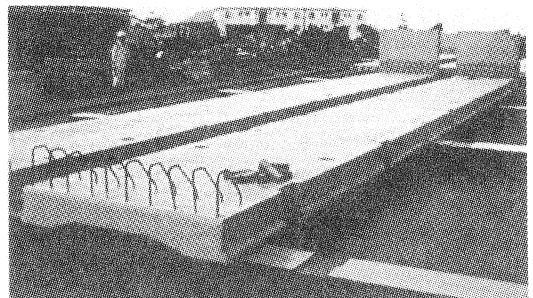
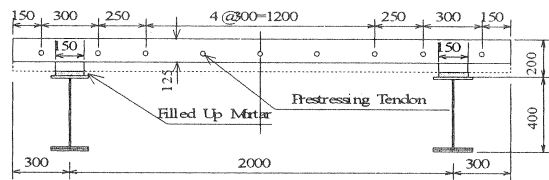


写真-1: CPC 床版 (工場にて)

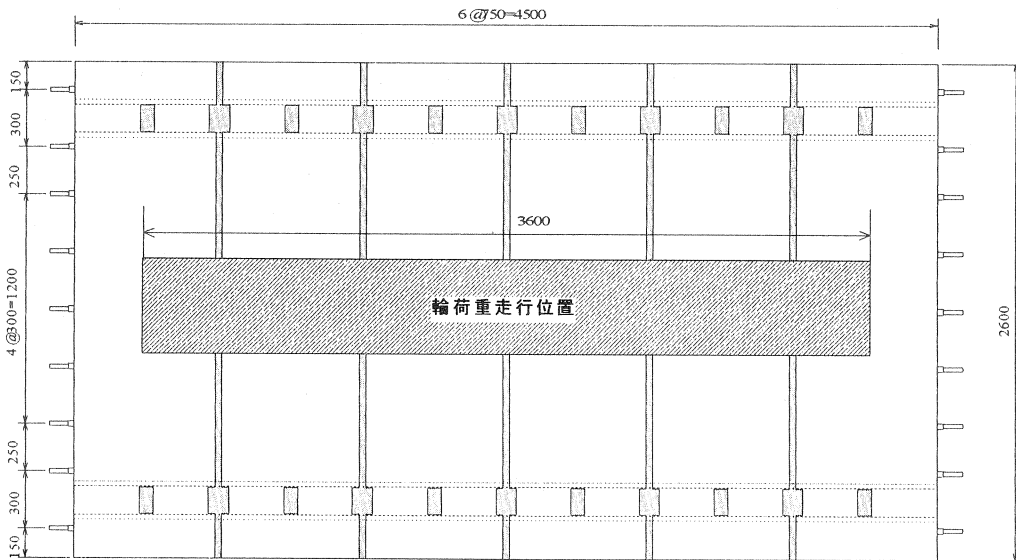
同様とし、床版厚、床版幅、床版下面と鋼桁との間隔、リブ高は、実橋の約 1/2 スケールとした。また、合成桁断面の中立軸位置が実橋と一致するように鋼桁の大きさを調整し、その位置は鋼桁上フランジ内である。床版方向のプレストレスは、床版 1 枚あたり PC 鋼より線 1S12.8 を 6 本配置している。

試験体の製作手順は、通常のプレキャスト床版を用いた鋼合成桁と同様であり、まず鋼桁上に床版を設置後、床版間の目地部に無収縮モルタルを打設し、橋軸方向に 9 本配置した PC 鋼線 1T21.8 により床版を一体化した。その後、スタッドが配置されている間詰め部に無収縮モルタルを充填し床版と鋼桁を合成した。なお、主桁上のスタッド配置は、道路橋示方書のずれ止めに準じて決定し、橋軸方向の床版 1 パネルあたりに $\phi 19H60mm$ を 4 列(床版下面の凹部)、 $\phi 19H150mm$ を 2 列(床版中央部および目地部)配置し、それらを橋軸直角方向に 2 列配置した。実橋では間詰め部モルタルには $50N/mm^2$ 以上のものを使用するが、本試験では床版と鋼桁の結合部の疲労強度を究明するために、 $20N/mm^2$ の低強度のものを使用し、水平せん断力に抵抗する支圧部モルタルの支圧面積(打設幅 と リブ高 の積)を実橋に比べて小さく設計した。なお、打設幅は 150mm である。

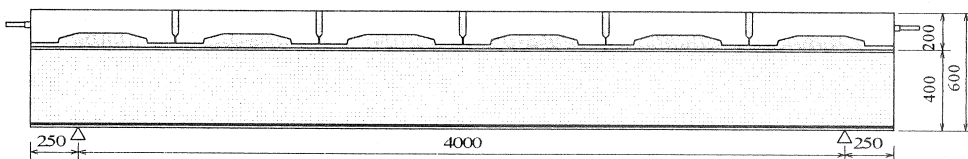
疲労試験は、山口大学所有の輪荷重走行試験機を用いて行った。輪荷重を床版中央位置上に、支間 4.0m の中央部から両側に 1800mm の範囲で橋軸方向に移動させ載荷した(図-2、写真-2)。輪荷重は 150kN の一定荷重とし、載荷回数は 50 万回、載荷速度は約 2.2km/h とした。



(a): 断面図



(b): 平面図



(c): 側面図

図-2: 試験体概略図

3.2 結果および考察

図-3は、床版中央位置に荷重した場合の床版および鋼桁のたわみの変化を示している。同図より、両者とも荷重回数の増加にともなうたわみの変化は見られないことがわかる。また、同図中に3次元FEM線形解析の結果を点線で示しているが、実験値とほぼ一致しており精度良く追跡できていることがわかる。

間詰め部モルタルのひび割れ発生は確認されず、床版と間詰め部間に作用する水平せん断力に対しては、リブ部の支圧面積と間詰め部のモルタル強度で表されるとして支圧部の間詰め幅を決定した本構造において、十分な合成度を有することが確認された。また、間詰め部のモルタル強度の疲労低下を考慮して支圧部へのひび割れを予想したが、アップリフトに抵抗するための床版に貫入させたスタッドも水平せん断力の一部を負担したことにより、支圧部モルタルに作用する水平せん断力が低減されて、ひび割れが発生しなかったものと考えられる。

4. 静的曲げ試験

輪荷重走行試験終了後、主桁上で床版幅600mmの合成桁を2体(Type I・Type II)切り出し静的曲げ試験を行った。Type I、Type IIとも同一形状の試験体であるが、Type Iは切断後さらに桁の輪荷重走行試験を行い、その後静的曲げ試験を行った。Type IIは、切断後に静的曲げ試験を行った。荷重は支間中央1点荷重とし、破壊まで漸増荷重を行った。

表-1は、接合面A(間詰め部-鋼桁：図-1)、接合面B(床版-間詰め部：図-1)の終局せん断耐力およびその時の載荷荷重を示している。接合面Aは鋼構造物設計指針 Part B¹⁾のスタッドのずれ止め耐力に従い算定した。接合面Bは床版内に貫入しているスタッドのずれ止め耐力に加え、床版リブ部の支圧耐力(支圧面積と支圧部モルタル強度の積)を考慮して算定した。また、同表中の設計荷重・曲げ終局耐力は完全合成断面として算定し、設計荷重は鋼桁下縁が許容曲げ引張応力度に達するときの荷重とした。^{2), 3)}

図-4は、荷重-たわみ曲線を示している。同図より、設計荷重の1.8倍の約700kNまでは線形挙動を示しており、最大荷重(Type I : 1040kN, Type II : 1068kN)も表-1に示す設計上の曲げ終局耐力(1070kN)とほぼ一致している

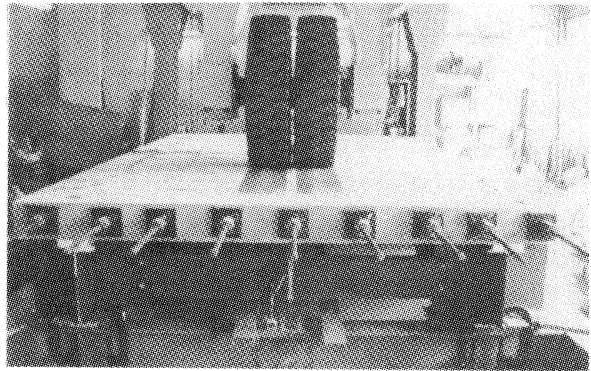


写真-2: 試験状況

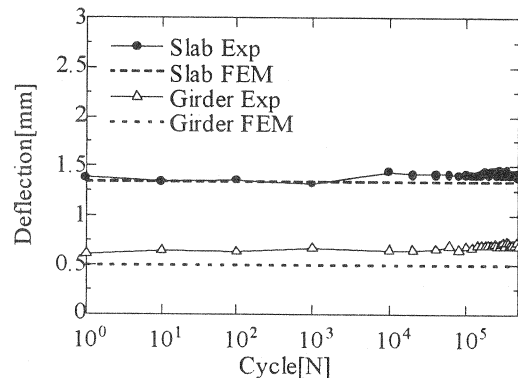


図-3: たわみの変化

表-1: 両接合面の終局せん断耐力および設計荷重・曲げ終局耐力

	計算値				実験値	
	接合面A	接合面B	設計荷重時	曲げ終局耐力	最大荷重	
終局せん断力 [kN / cm]	7.52	5.43	3.88	-	Type I	Type II
終局荷重 [kN]	763	551	394	1070	1040	1068

ことがわかる。また、両試験体とも同様の挙動を示しており、Type I は桁の輪荷重走行試験後の残存性能も十分に有していることが確認された。

図-5 は、接合面 A・B(図-1)の相対変位を示している。同図より、両接合面とも表-1 に示す支圧耐力、スタッド耐力に基づき算定した終局せん断耐力時の荷重を超えてから変位が急激に増大していることがわかり、このことは支圧耐力の評価法の妥当性を示唆するものである。なお、同時に実施した 2 面押し抜きせん断試験結果からも同様の結論を得ている。また、両接合面とも、終局せん断耐力は設計に用いられる許容せん断耐力の約 4 倍であり、十分な安全率を有していることがわかった。試験終了後に橋軸方向のスタッド位置で試験体を切断し、その支圧部近傍の破壊状況を写真-3 に示す。同写真より、スタッド近傍のモルタルおよび支圧部モルタルは圧壊しており、支圧部には水平方向のひびわれが見受けられる。

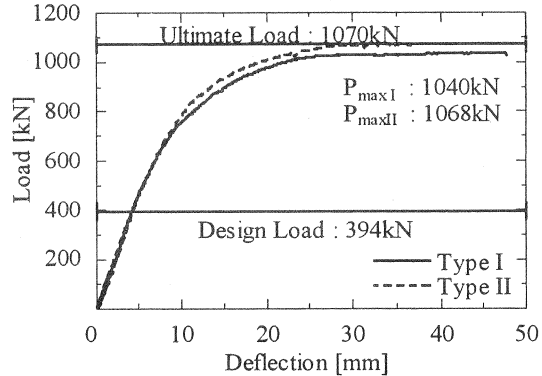


図-4: 荷重-たわみ曲線

5. まとめ

輪荷重走行試験の結果、間詰め部モルタルにひび割れは発生せず、2 主鋼合成桁の変形性状に変化がなかったことにより、リブ部のずれ止め強度は十分大きく、間詰め部のスタッド配置は道路橋示方書に準じて設計すれば十分な性能を確保できることがわかった。

静的曲げ試験の結果、リブ部の支圧耐力は支圧面積と支圧強度の積で評価することができ、CPC 床版を鋼合成桁に適用する場合、床版-間詰め部間のずれ止めに対しては間詰め部モルタルの支圧耐力に基づいて、間詰め部-鋼桁間のスタッド配置に対しては道路橋示方書のずれ止めの設計式を用いて設計すればよいことがわかった。

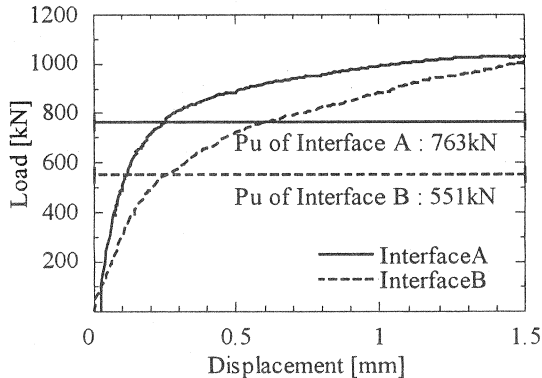


図-5: 荷重-相対変位曲線

参考文献

- 1) 土木学会：鋼構造物設計指針(Part B 合成構造物), 1997
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, 1996
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編, 1996

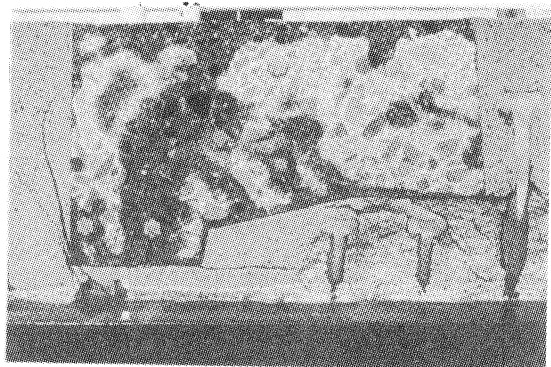


写真-3: 床版、間詰め部の切断面