

PC 箱桁の橋軸直角方向における交番載荷実験

九州大学工学部 学生会員 四元秀哲 九州大学大学院 フェロー 大塚久哲
九州大学大学院 正会員 矢葺 亘 九州大学大学院 学生会員 根井秀樹 浦川洋介

1. まえがき

PCラーメン橋の上部構造は大きな地震力により非線形挙動を示すおそれがあるため、弾塑性挙動を把握することは橋全体の対震安全性を評価する上で重要である。本研究は、張出し床版を有するPC箱桁の縮尺模型に対して、橋軸直角方向に関する交番載荷実験を行うことにより、特に張出し床版の存在が、ひびわれの入り方、ひびわれ幅、供試体の破壊状況や終局耐力にどのような影響を与えるかを見たものである。

2. 供試体概要

供試体は1室箱桁断面形状で載荷装置の関係上、図-1に示すような外形寸法とした。使用材料として、コンクリートは $\sigma_{ck}=40\text{ N/mm}^2$ 、PC鋼材は現在PC箱桁橋で一般的に使用されているPC鋼より線SWPR7A1S15.2、また鉄筋はSD295(D6, D13)を使用した。実験の検討ケースはプレストレスの導入度に着目した5体、RC供試体1体を含む計6体とした。このうちCase6は横拘束筋の効果に着目したものになっている(図-4)。

表-1 検討ケース一覧

検討ケース	供試体	構造	概要
Case1	T01	RC構造	
Case2	T04	PC鋼材4本軸力配置	プレストレスによる軸応力度2.4MPa
Case3	T02	PC鋼材6本軸力配置	プレストレスによる軸応力度3.6MPa
Case4	T05	PC鋼材8本軸力配置	プレストレスによる軸応力度4.8MPa
Case5	T03	PC鋼材10本軸力配置	プレストレスによる軸応力度6.0MPa
Case6	T06	PC鋼材6本軸力配置	プレストレスによる軸応力度3.6MPa

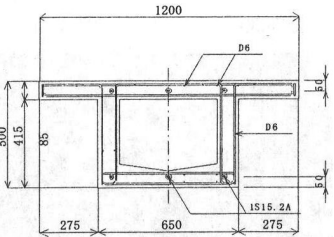


図-1 供試体断面図 (単位mm)

3. 実験概要

本実験に用いられた実験装置及び供試体設置位置を図-2、写真-1に示す。載荷位置はスパン長4000mm、載荷スパン長600mmとした(図-3)。載荷方法は単純曲げ載荷(2点載荷)の正負交番漸増載荷とし、押し引き200tfの油圧ジャッキを用いた。載荷サイクルは張出し床版部最外縁鉄筋の降伏 δ_{fy0} までは5tf刻みで荷重を増加させ、 δ_{fy0} からウェブ最外縁鉄筋の初降伏 δ_{wy0} までは任意の変位制御、そして δ_{wy0} 以降は $\pm \delta_{wy0}$ の整数倍等を片振幅($\pm 1.5 \delta_{wy0} \cdot \pm 2 \delta_{wy0} \cdot \pm 3 \delta_{wy0} \dots$)とした交番載荷を、耐力低下が δ_{wy0} 時における耐力程度になるまで実験を行った。

なお、ここでの δ_{fy0} 、 δ_{wy0} 等は、予め設計基準強度で解析した結果を用いた。

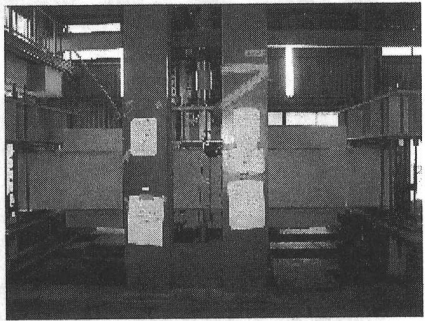


写真-1 供試体及び載荷装置

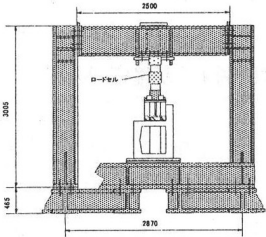


図-2 載荷装置 (単位mm)

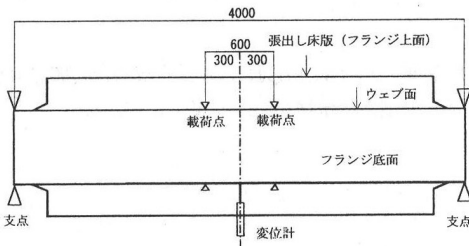


図-3 正面図 (単位mm)

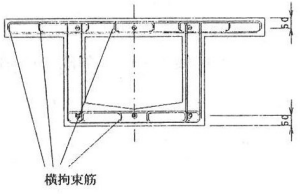


図-4 横拘束筋配筋図

4. 実験結果

(1) 荷重－変位：図－5は各ケースについて実験での荷重－変位骨格曲線を比較したものである。各曲線上の2個のマーカーはその供試体における、張出し床版最外縁部とウェブの目視による圧壊をそれぞれ示している。RC構造であるCase1については他のPC供試体と異なり最大耐力までの剛性が低い。Case2以降のPC供試体に関しては、多少のばらつきはあるもののプレストレス導入量の増加に伴い剛性も増加しているが、早い段階で最大耐力に達し、その後の耐力低下も大きくなる傾向がある。Case4に関しては載荷点において局所的な破壊を起こしたため、張出床版の破壊後の耐力の低下が著しい結果となった。またこのグラフからPC供試体のすべてにおいて張出床版部の破壊(視覚的)が耐力低下につながっているということが分かる。

図－6及び図－7はCase1(RC)及びCase3(PC6本)の実験のP－ δ 履歴曲線と、材料試験結果を用いた解析によるP－ δ 骨格曲線である。Case1についてはRC特有の紡錘型の履歴を示し残留変位が大きい。Case3はRCに比べ除荷時の剛性が変化することにより原点指向性強い履歴を示す。この両図を比較するとCase1、Case3共に解析上の張出し床版最外縁部の圧壊までは概ね実験値と計算値は一致することが確認出来る。しかし最大耐力の発現後においては、耐力は減少し計算値に合致しない。この耐力減少の原因として供試体の配筋の関係上、橋軸直角方向鉄筋のはらみだしを抑えることが出来ず、張出し床版の圧壊から、かぶりコンクリートの剥落及び張出し床版部鉄筋の破断へ容易に結びついたことが挙げられる。

図－8はCase3とCase6で横拘束筋の有無を比較したものであるが、この結果からは横拘束筋による靱性の向上は見られなかった。

(2) 残留変位：図－9はCase1からCase5までの各供試体についての残留変位(dr)を塑性率を横軸として示したものである。このグラフを見ると塑性率2程度の段階まではRC、PC共にほとんど残留変位が出ないが、耐力低下後の塑性率4以降においてはRCはPCに比べ2倍に近い残留変位を示した。一般にプレストレスの導入量が増加するに伴い残留変位は小さくなると考えられる。Case5以外のPC供試体については破壊が進行し耐力の低下が著しくなる塑性率7程度まではプレストレスの導入量により予想通りの残留変位の差が生じた。Case5については油圧ジャッキの許容を超えたため残留変位に関しては4 δ_y までの結果を示したがプレストレスの導入量が多いにも関わらず、残留変位がRCに次いで大きくなるという結果になった。これはプレストレス導入量が多いことによりコンクリートの圧壊が早まったため、その結果塑性率の低い段階から残留変位が大きくなった。

5. まとめ

張出し床版を有する箱桁構造の橋軸直角方向に対する載荷実験の結果、張出し床版部の圧壊や引張り側鋼材の破断、圧縮側鉄筋の座屈によるコンクリートの剥離により最大耐力後は耐力が維持できない。これはRC、PCにかかわらず同じような傾向である。ただし、PCではPC降伏を終局と考えて、そこから安全率でわり戻して許容できる変位を合理的に決めることが出来るのである。

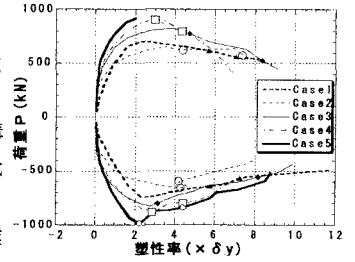


図-5 荷重－塑性率

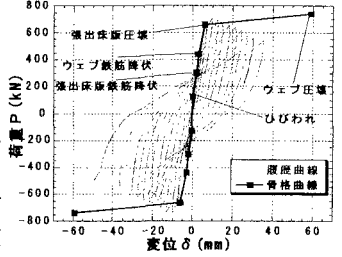


図-6 Case1(RC)履歴と骨格

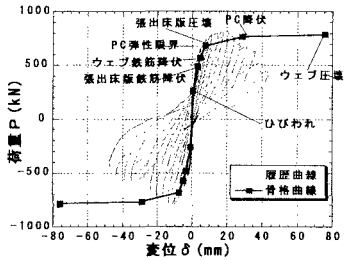


図-7 Case3(PC6本)履歴と骨格

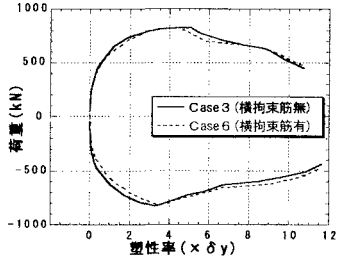


図-8 横拘束筋の効果

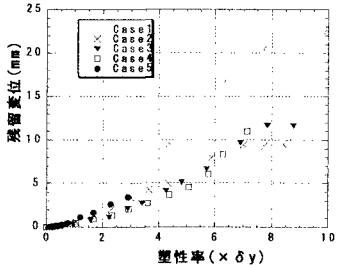


図-9 残留変位

謝辞

本実験は、オリエンタル建設(株)(角本 周氏)、(株)富士ピー・エス(堤 忠彦氏)、八千代エンジニアリング(株)(岡田稔規氏)との共同研究の一環として行われたものである。記して謝意を表する。

参考文献

(1) 日本道路協会：道路橋示方書V耐震設計編，1996年12月