

P C 箱桁の交番載荷実験による復元力特性

九州大学工学部 学生会員 ○浦川洋介 九州大学大学院 正会員 矢葺 亘
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲 九州大学大学院 学生会員 根井秀樹
オリエンタル建設㈱ 正会員 角本 周 ㈱富士ビーエス 正会員 堤 忠彦
八千代エンジニアリング㈱ 正会員 岡田稔規

1. はじめに

PC ラーメン橋等の不静定構造物において、上部構造の非線形性を考慮することは、橋全体の耐震安全性を考える上で重要である¹⁾。

本研究では、今後、精度の高い動的解析による耐震設計および耐震照査を行うために必要と考えられる、PC 上部構造の非線形履歴モデルを提案するため、一般的な実橋梁のPC 上部構造を想定した模型供試体を製作し、その交番載荷実験を行った。また実験に先立ち、既往の非線形履歴モデルを用いて模型桁の動的解析を行い、非線形履歴モデルの違いによる動的応答の違いを明らかにすることで、PC 上部構造の模型実験の必要性を示した。

2. 供試体概要

供試体は1室箱桁断面形状で、載荷装置のスペースを考慮し、一般的な実橋梁の1/8.5の外形寸法で設計した。使用材料として、コンクリートは $\sigma_{ck} = 400 \text{ kgf/mm}^2$ 、PC 鋼材は現在PC 箱桁橋で一般に使用されているPC 鋼より線としSWPR7A1S15.2を、鉄筋はSD295を用いた。

実験の検討ケースとして、プレストレスの導入度、鋼材の偏心率、鋼材の付着、鉄筋の挙動などに着目し、比較のためのRC 供試体を含めて9種類製作した。載荷方向は鉛直方向と水平方向の2ケースを考えている。検討ケースの詳細を表-1に、断面形状を図-1に示す。

表-1 検討ケース(橋軸方向、橋軸直角方向)

供試体	概要	備考
① RC構造	供試体②に終局耐力を一致させる。	実験方法の確認
② PC部材(軸力配置)	プレストレスによる軸応力度3.6MPa	プレ導入度に着目
③ PC部材(軸力配置)	プレストレスによる軸応力度6.0MPa	プレ導入度に着目
④ PC部材(下縁配置)	プレストレスによる軸応力度3.6MPa	鋼材偏心率に着目
⑤ PC部材(上縁配置)	プレストレスによる軸応力度3.6MPa	鋼材偏心率に着目
⑥ PC部材(下縁配置)	供試体④を外ケーブル	鋼材付着に着目
⑦ PC部材(上縁配置)	供試体⑤を外ケーブル	鋼材付着に着目
⑧ PC部材(軸力配置)	供試体②で支間中央鉄筋重ね継ぎ手	鉄筋挙動に着目
⑨ PC部材(軸力配置)	供試体②で拘束鉄筋配置	拘束筋の効果に着目

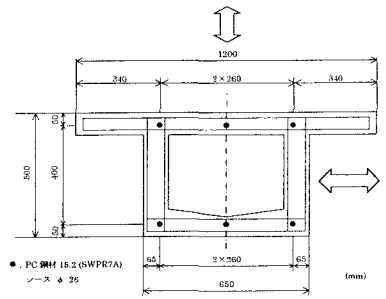


図-1 供試体断面図(表-1検討ケース②)

3. 動的解析による非線形履歴挙動の検討

まず、模型供試体を対象に、種々の非線形履歴モデルを用いた動的解析を行い、非線形履歴モデルの違いによる動的応答の違いを検討した。解析において支間長は20.0 mとし、非線形はり要素でモデル化した。骨格曲線の算出に際しては、道路橋示方書Ⅲ編²⁾のコンクリート応力-ひずみ曲線を用いた。復元力特性は岡本型³⁾、武田型、最大点指向型の3モデル、入力地震動には道路橋示方書Ⅴ編⁴⁾に規定されているtype1-1(タイプⅠ、Ⅰ種地盤)およびtype2-1(タイプⅡ、Ⅰ種地盤)を相似則を考慮して(力の相似比が1となるように)、加速度を8.5倍、時間を1/8.5倍したものをを用いた。その後、部材の顕著な非線形性を確認するため、さらに振幅を2倍して、それぞれの動的応答の違いを比較した。

解析の結果得られた各条件での最大曲げモーメントと最大曲率を表-2に、地震波としてtype2-1を入力した場合の履歴曲線を図-2に示す。これらの検討により、非線形履歴モデルの選定が、部材の最大応答評価に与える影響は大きく、PC 上部構造の非線形性を適切に評価する判断材料が少ない現状において、載荷試験による既往モデルの適用可能性の検討、新たな履歴モデルの提案等を行う必要があると考えられる。

表-2 最大曲げモーメントおよび最大曲率(入力最大加速度は道示の2倍)

地震波タイプ	type1-1			type2-1		
復元力特性	武田型	岡本型	最大点指向型	武田型	岡本型	最大点指向型
最大曲げモーメント($\text{t}\cdot\text{m}$)	27.060	22.387	28.177	21.593	21.920	20.987
最大曲率($1/\text{m}$)	0.0066218	0.0033189	0.016520	0.0031251	0.0032101	0.0029606
最小曲げモーメント($\text{t}\cdot\text{m}$)	-28.501	-26.531	-30.346	-26.608	-25.088	-26.889
最小曲率($1/\text{m}$)	-0.0050012	-0.0044534	-0.0161767	-0.0044722	-0.0040593	-0.0045376

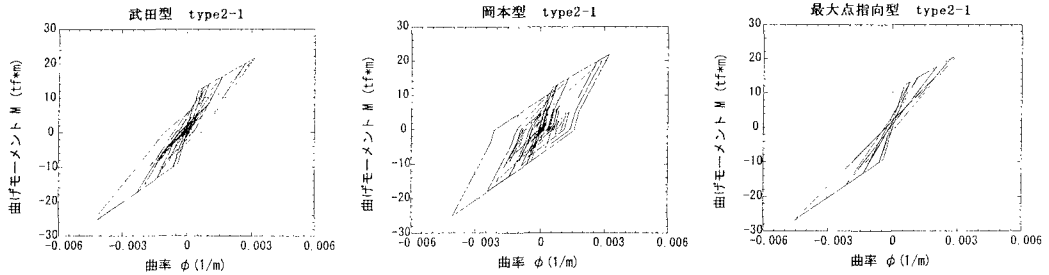


図-2 履歴曲線（入力最大加速度は道示の2倍）

4. 実験概要

本実験で用いた実験装置および供試体設置位置を図-3に示す。載荷位置は、スパン長 4000 mm、載荷スパン長 600 mm とした（図-4）。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 200 tf の油圧ジャッキを用いて δ_{y0} までは荷重制御、その後は変位で制御した。載荷サイクルは計算上の軸方向鉄筋降伏モーメント M_{y0} 時の実測変位を δ_{y0} とし、まず δ_{y0} を片振幅とした交番載荷を行い、その後変位 δ_{y0} の整数倍を片振幅とした両振り交番載荷（ $\pm 2 \delta_{y0}$ 、 $\pm 3 \delta_{y0}$ 、 $\pm 4 \delta_{y0}$ …）を最大荷重以下に低下するまで行った。載荷サイクルの概要を図-5に示す。

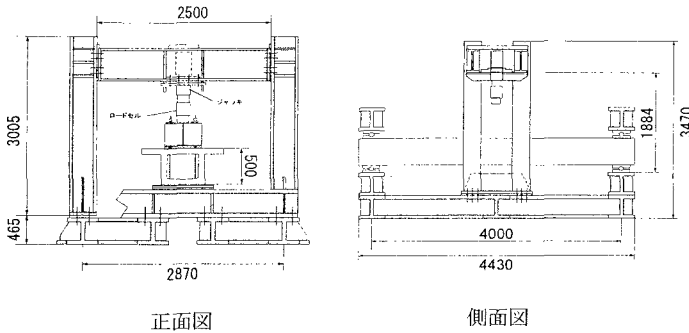


図-3 実験装置および供試体設置位置

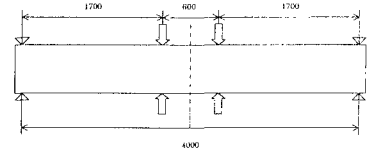


図-4 載荷位置

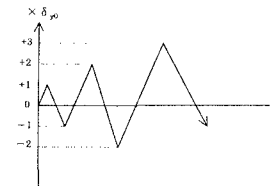


図-5 載荷サイクル

5. 実験結果

実験結果として検討ケース②の中央断面における曲げモーメントー曲率関係を示す（図-6）。本供試体は、比較的対称なスケルトンを有し、PC 鋼材の偏心がない軸力配置であるため、張り出し床板を有する本供試体においても、塑性率の小さい領域では原点指向、ある程度損傷が進むと RC 部材の性状に似る典型的な PC 部材の履歴性状を示したと考えられる。

今後は、各検討ケースの実験を進めることで、総合的な評価を行い、PC 上部構造の履歴特性について提案していく予定である。

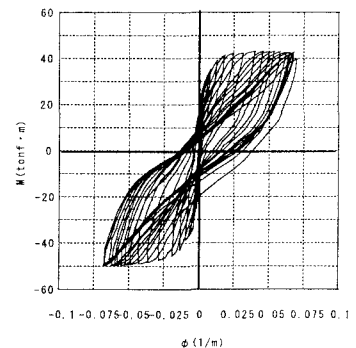


図-6 曲げモーメントー曲率関係

参考文献

- 1) 大塚・根井・矢葺・堤・岡田：上部構造の非線形性を考慮した PC ラーメン橋の耐震性照査，構造工学論文集，Vol145A，1999.3（掲載予定）
- 2) 岡本・加藤：PC 造建物の地震応答性状，プレストレストコンクリート，Vol.33，No.4，pp52-63，1991.7
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅲ コンクリート橋編，1996年12月
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅴ耐震設計編，1996年12月