

## コンクリート強度の違いによる上下部一体構造の交番荷重挙動に関する基礎的研究

日本鉄道建設公団 正員 保坂 鐵矢 日本鉄道建設公団 正員 谷口 正嗣  
早稲田大学 フェロー会員 依田 照彦 石川島播磨重工業 正員 久保田善明

### 1. はじめに

近年、橋梁の経済性の追求と耐震性の向上という社会的要求の増大に伴い、連続合成桁の鋼桁とコンクリート橋脚を一体とした構造（上下部一体構造）が注目されてきている。

上下部一体構造は、鋼とコンクリートの複合ラーメン構造であるため、応力伝達機構は非常に複雑である。したがって、本構造を実橋に適用するにあたっては、その挙動を十分に検討・把握し、適用性を確認しておく必要がある。筆者らはこれまでに本構造の定着形式、応力伝達機構、地震時の耐力評価、ひび割れ性状等について研究を行い、構造的合理性および損傷時の維持補修性に優れたアンカービーム形式について、提案・報告をおこなってきた<sup>1)2)</sup>。

本研究では、アンカービーム形式の上下部一体構造について、コンクリート強度の違いが構造物の耐力および変形性能に与える影響を評価することを目的としている。そこで、実験と解析の両面から検討したので報告する。

### 2. 実験概要

#### (1) 供試体

供試体は、定着部付近の鋼桁（床版を含む）と RC 橋脚を取り出した T 字型とした。外形寸法は、荷重装置の能力より想定橋梁の 4 / 9 倍の縮尺で相似させた。供試体寸法、断面の諸元は、今年度発表の別の概要に示す<sup>3)</sup>。

供試体の種類は、表 - 1 に示すようにコンクリート強度をパラメータとする 2 ケースとした。

#### (2) 実験方法

供試体は、図 - 1 に示すように桁の両端をピンで支持し、一端を剛体変位拘束のため反力壁に固定した。

荷重は、柱頭部に死荷重 + 活荷重に相当する荷重 318kN のうち、供試体自重分を除いた  $V=254\text{kN}$  を固定荷重し、その状態で、水平荷重をアンカービーム先端付近の橋脚主鉄筋が降伏するまで 10 ~ 20kN ピッチを目安に漸増荷重した。

柱基部の鉄筋ひずみが降伏に達したときの荷重荷点の水平変位を +1 y とし、その後、-1 y, +2 y, -2 y.....と、変位制御で各振幅とも 3 回ずつの交番荷重をおこなった（図 - 2）。そのとき、各段階のひび割れ発生状態を観察した。ひずみ・変位の計測は、荷重荷重ステップごとにおこなった。3 回繰り返し荷重の 1 回目が、+1 y 時の水平荷重を下回った時点で、荷重を終了した。

表 - 1 供試体の種類 (N/mm<sup>2</sup>)

供試体名	コンクリートの 圧縮強度 <sup>注)</sup>	コンクリートの 設計基準強度
CASE1	39.0	35.0
CASE2	31.9	27.0

注) 圧縮強度試験による

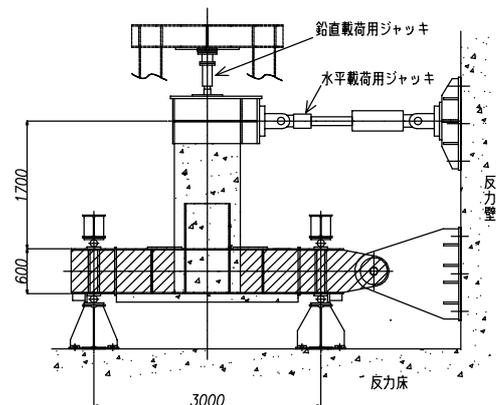


図 - 1 実験概要図

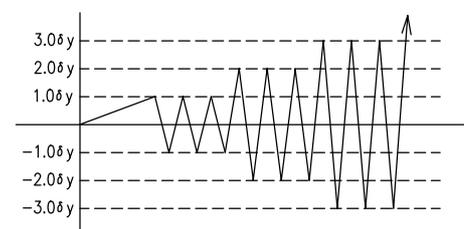


図 - 2 荷重荷重サイクル

キーワード；上下部一体構造，複合ラーメン橋，繰り返し荷重試験，非線形 FEM 解析，変形性能

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 日本鉄道建設公団，TEL03-3506-1860 FAX03-3506-1891

〒135-8322 東京都江東区毛利 1-19-10 石川島播磨重工業（株），TEL03-3846-3151 FAX03-3846-3345

3. 解析概要

降伏変位 (+1 y) に達するまでの供試体の挙動を、コンクリートの材料非線形性を考慮した立体非線形有限要素解析でシミュレーションした。モデルは、鋼桁およびアンカービームをシェル要素、コンクリートをソリッド要素とし、鉄筋はリバー要素にてソリッド要素内部に配置した。また、Case1, Case2 とも、スタッドをバネでモデル化したバネ要素タイプと、鋼とコンクリートの境界を剛結合とした完全付着タイプの2種類とした。解析モデルの寸法、荷重、境界条件は供試体と同一とし、材料定数は供試体の材料試験値を使用した。また、汎用有限要素解析プログラムとして ABAQUS を使用した。

4. 結果および考察

各供試体の変形性能を評価するため、(荷重 / 降伏荷重) および (変位 / 降伏変位) で無次元化した履歴曲線を図 - 3 に示す。各ループの荷重最大値を、グラフ上に数値で示している。Case1 と Case2 では、Case1 の方が降伏耐力で 1~3% 高い値となったが顕著な差は見られなかった。これは、断面の破壊が曲げ引張で生じるような適切な鉄筋比で設計される場合、コンクリートの作用応力度が圧縮強度に達する前に、断面は最大耐力を迎えるためである。つまり、圧縮強度の違いは、断面耐力に対して支配的な影響要因とはならない。しかし、無次元化された吸収エネルギー (各ループの描く面積) で評価される変形性能では、Case1 の方が 1 回のループで最大約 20% 上回った。特に、Case1 は除荷時のエネルギー放出が少なかった。

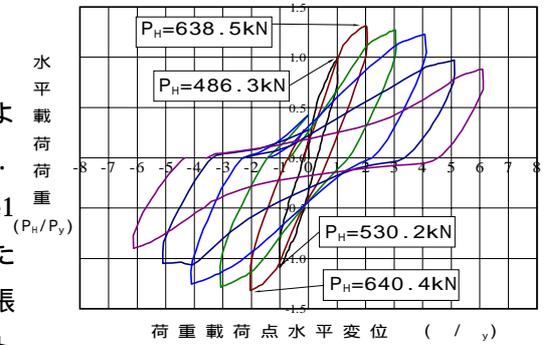
図 - 4 に、降伏荷重までの荷重 - 変位曲線について、実験値と FEM 解析値との比較を示す。荷重の初期の段階 (0kN ~ 200kN) では、剛結モデルと実験結果はよく一致しているが、以降の段階 (200kN ~ +1 y) では、バネモデルの方が実験値に近い値を示した。降伏荷重時では、バネモデルの変位は、実験結果にほぼ近い値となった。

5. まとめ

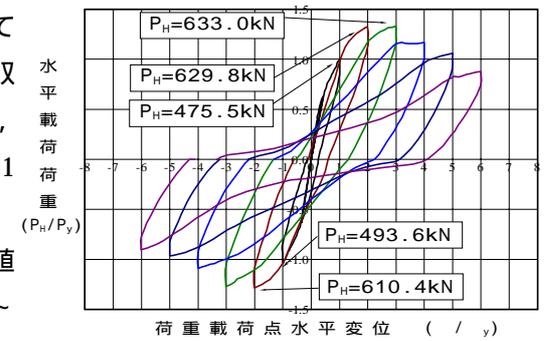
- 1) 本実験供試体の耐力に対して、コンクリート強度は支配的なパラメーターとはならない。
- 2) 圧縮強度の高いコンクリートを使用した方が、無次元化されたエネルギー吸収能力が大きく、設計荷重値に対する変形性能の大きさがより大きいことが理解できる。
- 3) 供試体の鋼とコンクリートは、水平荷重 200kN (設計荷重の2倍) 程度まで付着性が保たれているが、降伏荷重付近では完全に付着が切れる。しかし、付着が切れてもスタッドが有効に作用しているため部材耐力は期待できる。

参考文献

- 1) 保坂, 堀地, 依田, 八巻, 岡田: 結合方式の違いによる鉄桁と RC 橋脚の一体構造の荷重試験, 土木学会構造工学シンポジウム Vol.46A, pp.1501-1508, 2000.3
- 2) 保坂, 依田, 岩崎, 岡田: アンカービームを用いた上下部一体構造の地震時を想定した静的交番繰返し荷重実験, 土木学会構造工学シンポジウム Vol.47A, pp.1391-1401, 2001.3
- 3) 保坂, 依田, 八巻, 岡田: 上下一体構造のアンカービーム部の検討, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集, 共通, 2001.9



(a) Case1



(b) Case2

図 - 3 無次元化した荷重 - 変位履歴曲線

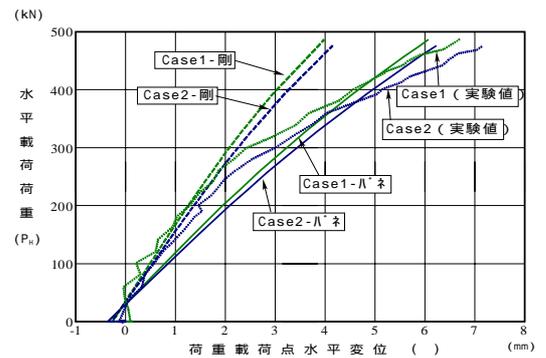


図 - 4 荷重 - 変位曲線 (実験 / FEM)