低鉄筋既設ケーソン基礎の耐力・変形能評価におけるファイバー解析の適用性

(独)	土木研究所	正会員	○小森	暢行
(独)	土木研究所	正会員	堺	淳一
(独)	土木研究所	正会員	星隈	順一

1. はじめに

平成8年道路橋示方書(以下,道示)適用前のケーソン基礎は,軸方向鉄筋量が極めて少ないため,ひび割 れ曲げモーメントMcが終局曲げモーメントMuより大きく脆性的な破壊形態となり,大規模地震に対し脆弱で あることが懸念される.このような低鉄筋部材の破壊挙動として鈴木ら¹⁾や豊島ら²⁾は既設ケーソン基礎を対 象とした供試体の水平載荷実験を行っている.両者ともに曲げモーメントが最大となる断面において水平クラ ックが生じ,クラック位置を境界に浮き上がりと閉合を繰り返す低鉄筋部材の特徴といえる挙動を確認してい る.また張ら³⁾は,豊島²⁾らの実験を対象にFEM解析を行い耐力および破壊挙動が大略再現可能であることを 確認している.本稿は,豊島ら²⁾が行った既設ケーソン基礎の大型模型供試体を対象として,ファイバー解析 による終局状態の評価手法についての検討結果を報告するものである.

2. 実験概要

図-1 に載荷実験の概要を図-2 に概略配筋図を示す.対象供試体は,軸方向鉄筋比 0.19%,横拘束筋体積比 0.20%の低鉄筋部材である.実験では周辺地盤の影響を考慮するものとし,模型地盤は,上層の緩い砂層と下層の比較的堅固な粘性土層を想定したセメント改良土層からなる 2 層構成としている.実験における供試体の挙動としては,土層境界に発生した周方向の貫通クラックにより,浮上がり・閉合を繰返す挙動が確認されたものの実験の最終段階において,一般的な RC 橋脚の終局限界である軸方向鉄筋の座屈は見られていない.

3. 解析概要

実験では、土層境界にクラックが発生し変形が生じていること から、図-1に示す通りケーソン基礎一般部はファイバー要素とし、 柱、ケーソン基礎頂版および底版は線形はり要素として解析を行 った.ここで、周方向の貫通クラックが生じた土層境界において は、塑性変形が集中することが想定されるため、この部分の要素 長をパラメータとすることとした。その要素長は、かぶりコンク リートの剥落を伴う一般的な RC 橋脚の塑性ヒンジ長の塑性回転変 形とは異なり、土層境界に発生したクラックのみで塑性回転変形 が生じているため、軸方向鉄筋の伸び出し長を等価塑性ヒンジ長 として換算した値(Lp=210mm)(以下、等価塑性ヒンジ長ケース) とすることとし、比較のために道示に示される塑性ヒンジ長 (Lp=450mm)(以下、道示ケース)を用いたケースの解析も行った. ここで、等価塑性ヒンジ長は、鈴木ら¹⁾の手法で求めるものとし (1)式にて算出した.

$$L_{p}' = S / \varepsilon_{u} \tag{1}$$

ここに、 L_p 'は等価塑性ヒンジ長、Sは軸方向鉄筋の伸び出し長 で鈴木ら⁴⁾の手法によって求め、 ε_u は軸方向鉄筋の破断時ひずみ としてここでは 20%とした.

キーワード 既設ケーソン基礎,低鉄筋構造物,大型模型実験,ファイバー解析,塑性ヒンジ長 連絡先 〒305-8516 つくば市南原1-6 (独)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-6773



図-1 載荷実験の概要およびモデル図



図-3 は、地盤抵抗としてのバネ値の妥当性を確認するために、 バネ値を室内土質試験結果から求めた値と設計 N 値から求めた値 に対して最大耐力までの水平耐力-水平変位関係を検討した結果 である.バネ値を比較すると上層で後者が前者の 30%、下層で 15% の値である.設計 N 値のケースでは、実験値および土質試験結果 のケースに対し勾配が 34%程度と上層のバネ値の比と同程度緩く なる.土質試験結果のケースでは実験値を良く再現しているため、 本解析の地盤抵抗は室内土質試験において得られた結果を用い受 動土圧強度および最大周面摩擦力度を上限としたバイリニア型の バネとしてモデル化した.

4. 解析結果

図-4 に実験および解析の水平耐力-水平変位関係を示す. 両ケ ースの解析において、土層境界に設けた塑性ヒンジ部で塑性回転 変形が生じ,最大耐力およびその後の耐力低下が再現できている. コンクリート圧縮ひずみが道示V編における終局ひずみ E, に達 する変位は、道示ケースで 55mm、等価塑性ヒンジ長ケースで 29mm と塑性ヒンジ長を大きく設定する方が大きめに評価される. その 際実験の損傷状況は、全ての軸方向鉄筋が引張で降伏しケーソン の上部分が浮上がりを生じている状態に該当するが終局状態であ る軸方向鉄筋の座屈には至っていない状態であり、変形能に対し ては必ずしも再現性は良くない. また鉄筋の引張ひずみに着目す ると最外縁鉄筋の土層境界位置における $1\sigma_{,}$ 時の引張ひずみが実 験において最大 6,800 μ程度を計測しているのに対し,道示ケース では 6,000 μ, 等価塑性ヒンジ長ケースでは 12,600 μ と道示ケー スで比較的良く再現している.しかし $1\sigma_{v}$ 以降においては、実験 の引張ひずみは大きく増加せず解析値との差が大きくなっている. その要因として、繰返し載荷による鉄筋とコンクリートの付着力 の低下が考えられる.今回の計算では、等価塑性ヒンジ長を求め る際には付着力の低下の影響を考慮しておらず、その結果等価塑 性ヒンジ長を小さく評価することになり解析値のひずみと実験値 の差が大きくなったと考えられる.





300

道示終局点 (*ε* cu)

5. まとめ

本研究において、低鉄筋既設ケーソン基礎の大型模型供試体に

生じた水平クラックを塑性ヒンジとしてモデル化したファイバー解析を実施した.以下,本検討で得られた成 果を示す.(1)最大耐力は,塑性ヒンジ長の値に関わらず良く再現できる.(2)道示V編における終局状態であ る軸方向鉄筋の座屈時変位は,両ケースともに実験と一致せず,また鉄筋引張ひずみも載荷サイクルが進むに つれ実験値と解析値で差が大きくなった.

参考文献

1) 鈴木直人, 井上晋, 青島行男, 村上弘: 低鉄筋比 RC 部材の終局挙動に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 22, No. 3, pp1489-1494, 2000 2) 豊島孝之, 張広鋒, 谷本俊輔, 白戸真大, 中谷昌一, 大石雅彦, 小滝勝美: 大型模型載荷実験に よる既設ケーソン基礎の耐震性能評価, 第 13 回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講 演論文集, pp267-274, 2010.2 3) 張広鋒, 豊島孝之, 谷本俊輔, 白戸真大, 中谷昌一, 大石雅彦, 小滝勝美: 既設ケーソン基 礎の耐震性能評価(その3), 日本地震工学大会-2009 梗概集, pp356-357, 2009. 11 4) 鈴木基行, 張一泳, 綿貫正明, 尾坂芳 夫: フーチングからの軸方向主鉄筋の抜け出し量評価法に関する研究, コンクリート工学論文集, 第 3 巻第 1 号, pp33-40, 1992. 1