# RC 橋脚の地震時水平保有耐力照査法に用いる応力-ひずみ関係に関する-考察

名古屋工業大学 学生会員〇 亀田好洋 中部大学 正会員 水野英二

# 1. はじめに

#### 2. 実験概要

実験で用いた供試体は、断面 200×200 mm, 柱高さ 1,000 mm であり、コンクリート強度 f<sub>ck</sub> (20,40 および 60 MPa の 3 水準) および横拘束筋間隔 s (35,50,65,90,105,120 および 150 mm の 7 水準) をパラメトリックに変化させている.載荷は、累加軸耐力の 5 %相当を一定軸力として載荷させると同時に、部材降伏時の変位を基準として、等比倍の変形を正負交番で変位制御方式により水平荷重を載荷した.詳しくは、文献 2) を参照されたい.

#### 3. 解析概要

実験供試体の寸法および配筋条件に基づき,図-1 に示す ような解析モデルを設定した.断面内は 40 分割,要素は 1 要素長 100 mm で 10 分割してある.道路橋示方書(以下, 示方書)の規定に基づき,材料構成モデルとして,鋼材には 「弾完全塑性モデル」,コンクリートには「ひずみ軟化型モ



デル(図-2参照)」を用いた.また,解析プログラムには, 図-1 解析モデル(要素・断面分割図) 2次元有限要素解析プログラム FEAP を用いた.なお,解析に用いた材料定数の一覧を表-1に示す.



# 図-2 コンクリートモデル(示方書)

# 4. 解析結果および考察

本章では、文献 2) でのコンクリート強度 $f_{ck}$  = 20 および 60 MPa ならびに横拘束筋間隔 s = 35 および 150 mm を有する供試体の載荷実験結果と示方書の規定に準拠したプッシュオーバー解析結果との比較および考察を行う. なお、解析結果は、1 要素長 100 mm に対するものであり、要素長さが変化すれば当該結果が変化することに留意されたい.

# 4.1 全体的な挙動に対する考察

一般に、示方書に準拠した解析では、拘束効果を考慮したコンクリートの圧縮強度の 8 割まで低下した 点までは解析結果の精度が保証される.しかし本節では、全体的な挙動に対する検証を行うことを目的とし て、応力の下降勾配 *E*<sub>des</sub>を用い、応力がゼロになる点でのひずみを求め、変位 150 mm までのプッシュオー バー解析を実施した.

ここで、各ケースに対する荷重-変位関係を図-3に示す. 図より、s = 35 mmのケースでは+4 $\delta_v$ 近傍

まで, s = 150 mm のケースで は $+2\delta_v$  (変位 16 mm 前後) 近傍までそれぞれ実験から得た 荷重-変位関係(シンボル〇) を再現することが可能である. しかし一部を除き, それ以降の 領域での解析結果は、実験結果 と比較して耐荷性能を低く見積 ることが分かる.また,その傾 向はコンクリート強度が高く, かつ横拘束筋間隔が大きくなる に従って顕著となる. なお, 鉄 筋の座屈による耐力低下が生じ る+8 $\delta_v$ (変位 64 mm 前後) 以降の領域では,いずれのケー スにおいても, 解析結果の方が 脆性的な挙動を採ることが分か る.



4.2 道路橋示方書に準拠した解析結果に対する考察

4.1節での解析を基に、示方書の規定に従い、0.8fcまでの解析により再現可能な当該関係上の位置を図ー 3 中にシンボル▼で示す. ただし示方書では、断面内における 0.8f の定義がなされていないことから、本 研究では、かぶりコンクリートの最外縁における圧縮応力が 0.8 f c に達した段階で解析を終了している.図 より、コンクリート強度が高く、かつ横拘束筋間隔が大きいものほど、実験結果を再現できる領域が小さい. 示方書で定義される、耐力的な観点での RC 橋脚の塑性化の限界状態は、「橋脚の水平耐力が大きく低下し 始める状態」である.しかし、文献 2) でも明らかなように、+2δ,から+4δ,(変位 32 mm 前後) にかけ ての領域は最大耐荷力近傍であり、解析結果は示方書での塑性化の限界状態まで十分に評価できていないこ とを示唆している.ここで,応力の下降勾配  $E_{des}$ の算定式を $\mathbf{20-2}$ 中に示す.なお,式中の $ho_{s}$ :体積横拘束 筋比, σ<sub>ck</sub>: コンクリート強度をそれぞれ示す.

式より, 横拘束筋間隔が大きく(体積横拘束筋比が小さい), かつコンクリート強度が高い解析ケースほ ど、算定される下降勾配が大きくなる.したがって、前述のような条件の下での解析を行った場合、それの 影響が過大に反映され、実験結果と比較して、ポストピーク領域における解析結果が脆性的な挙動を呈する ものと推察される.

## 5. まとめ

本研究では、文献 2) での実験結果を基として、道路橋示方書での規定に準じた地震時水平保有耐力照査 として,有限要素法によるプッシュオーバー解析を実施した.実験結果との比較・考察を通して,現行の道 路橋示方書の準拠した解析では、同書が定義する「耐力的な観点での RC 橋脚の塑性化の限界状態」までの 耐荷性能を十分に評価できないことがわかった.

謝辞:本研究は科学研究費(基盤研究(C)22560488 代表:水野英二)および中部大学特別研究費 A(研究 代表者:水野英二)の助成を得た.ここに記して,謝意を表す.

## 参考文献:

1) 日本道路協会編:道路橋示方書・同解説(V 耐震設計編),平成14年3月.

2) 亀田好洋・水野英二・鈴木森晶・梅原秀哲:一方向繰り返し曲げを受ける鉄筋コンクリート柱の変形特 性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.139 - 144, 2009.7.