

せん断変形の影響を考慮したコンクリート部分充填鋼製 ラーメン橋脚の変形能に関する解析的研究

名古屋大学 学生員 ○清川昇悟 学生員 天野麻衣
フェロー 宇佐美勉 正 員 葛 漢彬

1. まえがき

本論文は、せん断変形の影響を考慮したコンクリート部分充填鋼製ラーメン橋脚の地震時保有水平耐力照査法の開発を目的とする解析的研究についてまとめたものである。既存の研究では、解析対象が片持柱に限定されていたが、今後異なる構造形態の構造物を解析対象とする必要性が予想されることから、本研究では、逆し字型柱及び門型ラーメンを解析対象とした。(Fig.1 参照) また、より汎用性の高い解析手法を確立するために、汎用構造解析プログラムABAQUSを用いた。特に門型ラーメンにおいて、隅角部でせん断変形度が卓越すると思われるので、本論文ではその影響を考慮できる解析手法を確立し、前解析および実験結果との比較を行い、その上でパラメトリック解析を行うことによりこの種の橋脚の変形能を求めている。

2. 解析方法

本研究では、橋脚の水平荷重—水平変位 ($H-\delta$) 関係を局部座屈を考えない弾塑性有限変位解析により数値解析的に求めることにする。このため、局部座屈を考えない棒要素を用いる。ここで、Fig.2(a) に示す片持柱を例にして説明する。柱を部材軸に沿って分割する (Fig.2(b))。節点1から5まではコンクリート充填部で、その上は中空鋼断面部である。要素分割においては、コンクリート充填部は、鋼とコンクリートを別々に要素定義する。但し、これらの要素 (即ち、Fig.2(b) での要素①～④と⑪～⑭) については節点共有としている。せん断変形の考慮については、ABAQUSではTimoshenkoのはり理論に基づいて、横せん断剛性を考慮したはり要素が用意されているので、それを用いる。この要素のせん断変形は、軸変形と曲げ変形とは独立となる線形弾性が仮定されている。ラーメン構造は、隅角部が純せん断に近い状態になるので、Fig.2(d) のように隅角部に膜要素を用いて解析を行う。はり要素と膜要素の結合は、平面保持の仮定の下で節点の変位をTyingを用い拘束させる。

鋼およびコンクリートの応力—ひずみ関係は、文献[2]で示されている応力—ひずみ関係を用いる。鋼材に対してはひずみ硬化の影響を考慮したものを仮定し、コンクリートの破壊に対しては鋼板による拘束効果のため、圧縮ひずみが1.1%で生ずると仮定している。残留応力および初期たわみなどの初期不整は考慮しない。また、コンクリート充填柱においては、鋼とコンクリート完全付着とし、平面保持を仮定する。

3. 断面の破壊基準と損傷度

解析的に求めた $H-\delta$ 関係より、終局状態での水平荷重 H_u と水平変位 δ_u を算定するために断面の破壊基準を定める。この論文では、圧縮フランジの軸ひずみが圧縮フランジの局部座屈崩壊に対する限界ひずみに達したとき、限界状態と判定する方法を採用する。但し、フランジの軸ひずみとして、文献[1,2]と同様に、照査断面から測ってフランジ幅の0.7倍ないしはダイアフラム間隔の小さい方の長さ領域におけるフランジ平均軸ひずみを用いる。

コンクリート充填部および中空鋼断面部のそれぞれについて損傷度 D_c および D_s を次式に従って照査する。いずれかが1.0に達したときに構造物は終局状態に達したとみなす。

$$D_c = \varepsilon_{a,c} / \varepsilon_{u,c}, \quad D_s = \varepsilon_{a,s} / \varepsilon_{u,s} \quad (1)$$

ここに、 $\varepsilon_{a,c}$ はコンクリート最縁端に生ずる圧縮ひずみのコンクリート充填部の有効破壊長 (=0.7b) 領域での平均値、 $\varepsilon_{a,s}$ は中空鋼断面フランジに生ずる圧縮ひずみの中空鋼断面部の有効破壊長 (0.7b または a の小さい方の長さ) 領域での平均値、b はフランジ幅、a は中空鋼断面フランジ補剛板のダイアフラム間隔、 $\varepsilon_{u,c}$ はコンクリートの限界ひずみ (=0.011)、 $\varepsilon_{u,s}$ は中空鋼断面フランジの限界ひずみで、その定義式は文献[1]を参照されたい。

コンクリートの最適充填高さは、橋脚の終局状態において、 $D_c, D_s \cong 1.0$ になるように定める。破壊照査領域は、片持柱の場合はコンクリート充填部基部および中空鋼断面部の2カ所であるが、ラーメン橋脚の場合、隅角部に対しても照査を行う。その際においても、いずれかの損傷度が1.0に達した場合を橋脚の終局状態と定める。

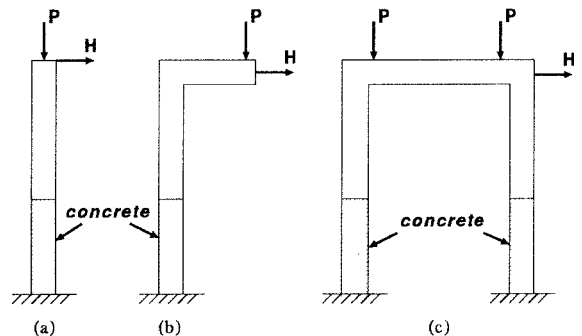


Fig.1 対象とする橋脚

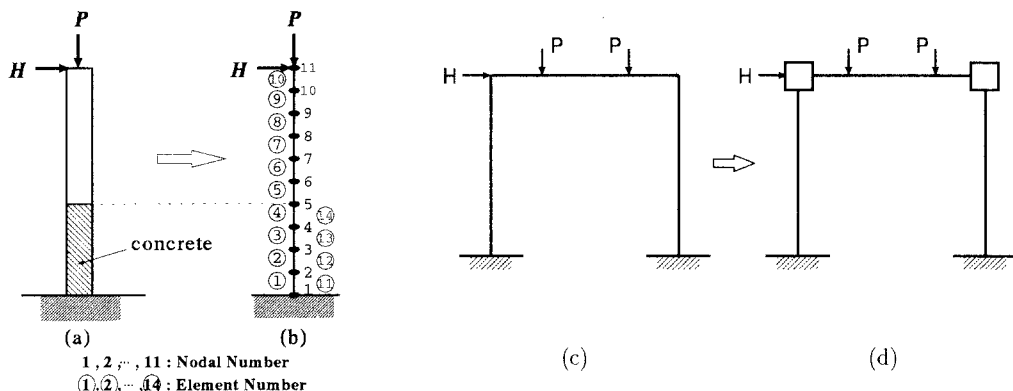


Fig.2 解析モデル

4. 解析結果

まず、文献[3]で用いた片持柱のN1供試体について、本解析結果を実験結果及びFEAP, MARCの両プログラムによる解析結果と比較し、本解析手法の妥当性を検証する。Fig.3(a)には、解析から得られた水平荷重—水平変位曲線を実験結果とともに示してある。同図から分かるように、ABAQUSを用いた解析結果と前解析結果はほぼ一致している。コンクリートの損傷度でMARCの結果がFEAP, ABAQUSと若干の差が生じるのは、MARCはプログラムの関係上コンクリートの引張ひずみを完全に無視することが出来ないことが原因と考えられる。

そして、これまで名古屋大学で行われてきた解析では、せん断変形の影響が考慮されていなかったが、本研究では、新たにせん断変形の影響を考慮した解析を行い、せん断変形が入っていない場合との比較を行う。Fig.3(b)にそれらを比較した図を示す。Fig.3(b)より、せん断変形の影響を考慮したモデルは、影響を考慮しないものより剛性が低くなっている。そして、前者は弾性域の初期段階において、後者に比べて実験結果により合っていることが分かる。破壊点に関しては、せん断変形の影響を考慮したもののほうが終局変位が大きくていっているもの、実験結果と比べてその差は小さく、ほぼ同じであると言える。

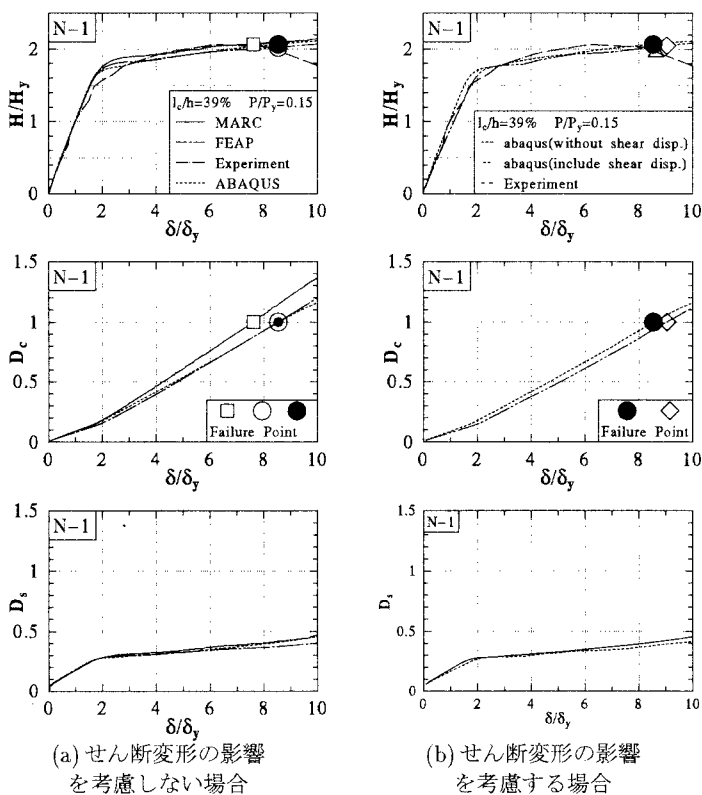


Fig.3 実験結果と解析結果との比較

5. あとがき

コンクリート部分充填鋼製ラーメン橋脚の解析は、現在計算中であり、その結果を講演当日にて発表する。

参考文献

- 1) 宇佐美勉, 鈴木森晶, H. P. Mamaghani, 葛漢彬: コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案, 土木学会論文集, No.525/I-33, pp.69-82, 1995年10月.
- 2) 葛西昭, 葛漢彬, 宇佐美勉: コンクリート部分充填鋼製橋脚の最適充填率と塑性率, 橋梁と基礎, Vol.31, No.9, pp.23-29, 1997年9月.
- 3) 天野麻衣, 葛西昭, 宇佐美勉, 葛漢彬, 岡本真悟, 前野裕文: コンクリート部分充填鋼製橋脚の弾塑性挙動に関する実験的及び解析的研究, 構造工学論文集へ投稿中.