

拘束効果を考慮した円形コンクリート 充填鋼管柱の曲げ圧縮特性の解析

九州大学大学院 学生会員 ○唐 嘉琳 九州大学工学部 正 会 員 黒田一郎
九州大学工学部 正 会 員 日野伸一 九州大学工学部 正 会 員 太田俊昭

1. まえがき

阪神大震災後の復旧工事におけるRC橋脚の周りに鋼板を巻き立てたり、鋼製橋脚の中にコンクリートを充填するなど、一種の鋼管とコンクリートを合成した構造が多く見られる。この合成構造は、大きな軸力と曲げモーメントを受ける場合に、周囲の鋼管（鋼板）によりコンクリートが拘束される効果によって大きな保有耐力と変形性能の向上が期待できる。これらにおける鋼管とコンクリートの相互作用を的確に評価するために、著者らは既往のコンクリートを充填した円形鋼管柱（以下、円形CFT柱と略す）の中心圧縮実験によりポアソン比係数 β を導入した上で、拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみモデルを提案してきた¹⁾。本報では、この提案モデルを用いて、円形CFT柱の曲げ圧縮性状およびそれらに及ぼす鋼管の径厚比、材料強度比、軸力比などの各種パラメーターの影響を数値解析的に検討する。

2. 解析方法

円形CFT柱の曲げ圧縮特性の解析にあたっては、次のような仮定を設けている。

①軸方向ひずみの分布は平面保持の仮定に従うものとする。②コンクリートの引張応力は無視できるものとする。③局部座屈とせん断による破壊を生じない。④鋼管は完全弾塑性材料とする。⑤コンクリートは図-1に示す応力-ひずみモデルに従うものとする。

数値解析では、円形CFT柱の径厚比 (D/t) やコンクリートと鋼材の強度比 (f_{ck}/f_{sy}) と軸力比 (N/N_0)、(N : CFTの受ける軸力, N_0 : 鋼管とコンクリートとの強度を単純に累加した円形CFT柱の圧縮耐力) などをパラメーターとして、前述した仮定のもとに、充填コンクリートおよび鋼管部分の断面を分割し、各要素毎にコンクリートと鋼管の応力-ひずみ関係をそれぞれ用い、変形増分法により一定軸力での断面曲げモーメント-曲率関係（以下、 $M-\phi$ 曲線と略す）を計算した。また、各種軸力レベルについての $M-\phi$ 曲線における曲げモーメントの最大値により円形CFT柱部材の終局状態の軸力と曲げモーメントの耐力相関曲線（以下、 $M-N$ 相関曲線と略す）を求めた。そのうち、円形CFT柱と同じサイズの中空鋼管柱やコンクリート柱及びそれらを単純累加した $M-\phi$ 曲線、 $M-N$ 相関曲線との比較を行った。

3. 円形CFT柱の曲げ特性

3.1 $M-\phi$ 曲線

直径 $D=200\text{cm}$ 、径厚比 $D/t=100$ を計算例として、まず、 $N/N_0=0.4$ の軸力レベルもとで、それぞれ中空鋼管柱、コンクリート柱と円形CFT柱の $M-\phi$ 曲線に関する数値解析結果を図-2に示す。この図によると、円形CFT柱が中空鋼管柱とコンクリート柱との単純累加したものより大きい耐力とよい靱性をもつことがわかる。

また、軸力比がそれぞれ0.3と0.6の場合に、充填コンクリート強度の変化によるCFT柱の $M-\phi$ 関係の数値解析結果を図-3に示す。この図により、充填コンクリートの強度が高くなると、部材の曲げ耐力の増加が明らかであるが、高軸力レベル($N/N_0=0.6$)において

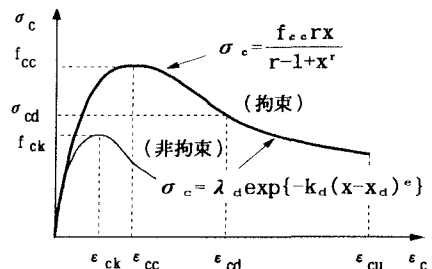


図-1 コンクリートの応力-ひずみモデル

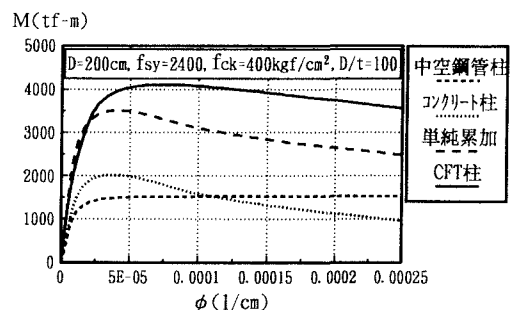


図-2 $M-\phi$ 曲線の比較 ($N/N_0=0.4$)

は、その増加率が低軸力レベル($N/N_0=0.3$)ほど見られない。さらに、高強度コンクリートを充填した場合は、低強度コンクリートを充填した場合より曲げモーメントが最大値に達した後の低下が大きい。特に、高軸力レベルでは曲げモーメントが急に減少しており著しい靱性低下を生じていることがわかる。従って、高強度コンクリートより低強度コンクリートを充填する方が円形CFT柱の靱性向上に対する効果が大きいことがわかる。

3.2 M-N相関曲線

円形CFT柱や中空鋼管柱、コンクリート柱及び両者を単純累加したM-N相関曲線を図-4に示す。また、円形CFT柱のM-N相関曲線に関する数値解析結果と単純累加強度式との比較を図-5に示す。これらによると、径厚比 D/t が一定で、充填コンクリートの強度が高くなると、解析結果と単純累加強度式との差が小さくなっていく。すなわち、低強度のコンクリートを充填した場合は高強度のコンクリートを充填した場合より鋼管の拘束効果が大きいことがわかる。また、材料強度比 f_{ck}/f_{sy} が一定、すなわち、同じ強度のコンクリートを充填した場合、径厚比 D/t が大きくなると、同上的ような傾向が見られる。

充填コンクリートの強度を変化させて、そのM-N相関曲線の数値解析結果を図-6に示す。これより、充填コンクリートの強度が高くなると、部材の純曲げ耐力はほとんど変わらず、軸力の増加により曲げ耐力が緩やかに増加し、軸力比が0.3~0.4の間で曲げ耐力の増加率が最大になっている。さらに、部材の軸圧縮耐力の増加も明らかである。また、充填コンクリートの強度が一定で、鋼管の種類を変化させた場合の計算結果を図-7に示す。これより、部材の軸圧縮耐力の増加率が小さく、曲げ耐力の増加率が大きいことが明らかである。したがって、部材の耐力に関して、円形CFT柱を圧縮部材とすると、高強度コンクリートを充填した方が有利で、低軸力レベルの曲げ部材とすると、高強度の鋼管を使った方が効果が大きいことがわかる。

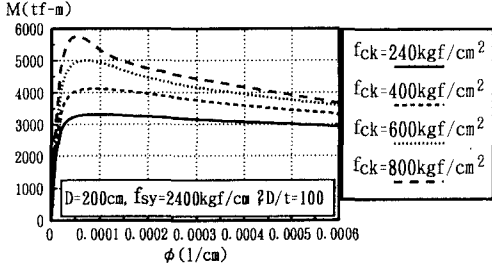


図-3(a) CFT柱のM- ϕ 曲線 ($N/N_0=0.3$)

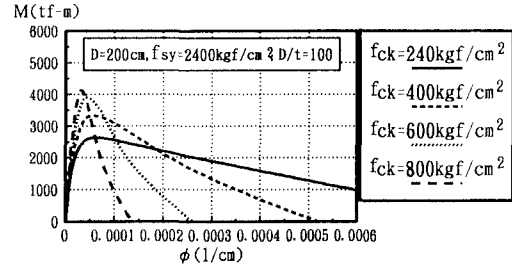


図-3(b) CFT柱のM- ϕ 曲線 ($N/N_0=0.6$)

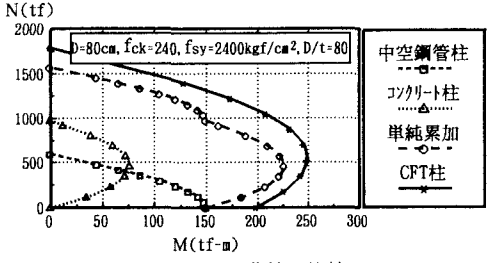


図-4 M-N相関曲線の比較

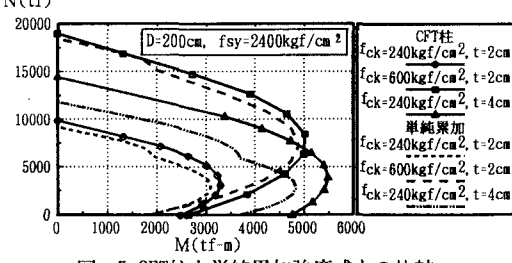


図-5 CFT柱と単純累加強度式との比較

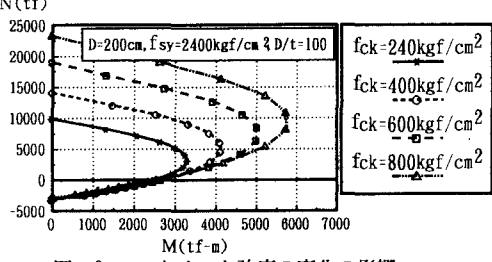


図-6 コンクリート強度の変化の影響

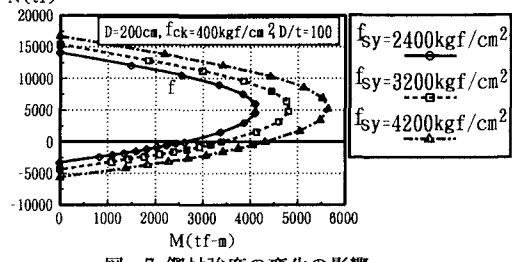


図-7 鋼材強度の変化の影響

【参考文献】1)唐ら：円形鋼管柱の解析に用いるコンクリートの応力-ひずみ関係 土木学会第51年次学術講演会要集 CS-71, pp.142-143, 1996.9.