

後補強をしたコンクリート部分充填角形鋼製橋脚の強度解析

信州大学大学院 学生員 ○ 亀子 学
 信州大学工学部 正 員 清水 茂

1. はじめに

阪神淡路大震災以降、各種既設構造物に対してさまざまな耐震補強が施されている。鋼製橋脚へのコンクリート充填は、既設構造物への施工の容易さなどの長所を持つことから、その利用例も多い。その多くが、柱基部のみコンクリート充填を行う部分充填柱である。この作業は、既設構造物に対して行われるため、明確な設計法や指針はなく、技術者の経験に頼ることが多い。そのため、コンクリート充填により新たな断面変化点となった、充填部直上での局部座屈等に対してはあまり対策が施されていない。また最近、鋼製橋脚への耐震補強として注目されているのが、鋼製補剛材のみで耐震補強したハイダクティリティ鋼製橋脚である。このハイダクティリティ鋼製橋脚は、コンクリート充填柱に比べ、軽量、粘り強さなどの利点を持っている。しかしながら、既設鋼製橋脚にこの方法で耐震補強する場合、橋脚内での作業のため作業効率も悪く、補剛材の長さ、本数等は制限されてしまう。

そこで本研究では、コンクリート充填と鋼製補剛材の両方を利用した既設鋼製橋脚に対する後からの耐震補強を考え、その基本的な性質を明らかにするものである。そのために、汎用解析プログラム「LUSAS」を使用した、弾性解析及び弾塑性解析を行った。

2. 解析手法

まず、その基本的な性質を明らかにするため弾性解析を行った。解析モデルは、基本的な性質を明らかにするため図-1のような角形鋼管柱とした。モデルの寸法は600mm×600mm×3000mmである。パラメータは載荷方法、コンクリート充填率、補剛材の長さである。載荷方法はZ軸方向の単軸圧縮モデル、Y軸方向の水平載荷モデル、Z軸方向の圧縮載荷+Y軸方向の水平載荷モデルの3種類とした。Y軸方向の水平載荷は、地震時の水平加速度を考慮し、Z軸方向の圧縮載荷の50%とした。コンクリートの充填率は、0%, 17%, 34%, 50%, 67%, 84%, 100%とし、鋼管柱の底面から500mmずつZ軸方向に高くしていった。縦補剛材は、その有無と長さをパラメータとし、柱の各面の中心に突出幅50mmで一本ずつ取り付け、鋼管底面もしくはコンクリート充填部の上に500mmずつZ軸方向に延ばしていった。この組み合わせにより、84モデルを解析した。図-1はその例として、底面から1000mmまでコンクリート充填、その上1000mmに縦補剛材を取り付けたモデルである。鋼とコンクリートは完全に付着しているものとし、鋼板はSS400材を想定しヤング率206GPa、ポアソン比0.3、コンクリートはヤング率20.6GPa、ポアソン比0.3の完全弾性体とした。境界条件は底面完全固定としている。次に、弾性解析の中からいくつかのモデルを選び、弾塑性解析を行った。載荷方法がZ軸方向の圧縮載荷+Y軸方向の水平載荷のモデルのみとし、その他のパラメータ、拘束条件等は弾性解析と同じである。材質は、鋼板はSS400材を想定し、ヤング率206GPa、ポアソン比0.3のBilinear型とし、コンクリートは弾性解析と同じく完全弾性体とした。また、モデルの対称性を考慮し、全モデルとも奥行きを1/2にし、部分解析を行った。また、載荷部分の断面保持のため、上部には蓋を取り付けた。この蓋はヤング率を 206×10^4 GPaとし、近似的に剛体となるようにした。

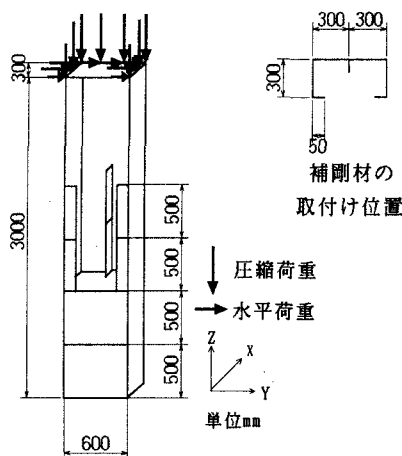


図-1 解析モデル
 (1000mm充填1000mm補剛したモデル)

3. 弾性解析の結果

図-2に弾性範囲の解析の結果を示す。このグラフは単純圧縮載荷モデルの補剛材高さと、鉛直方向の変形量をコンクリート充填率毎に表している。この変形量は無補剛・無充填のモデルの変形量を100として各モデルの変形量を表している。このグラフから微小変形では、縦補剛材の効果は少ないといえる。この傾向は、このほかの載荷条件のモデル見られた。つまり微小変形域では、縦補剛材の追加よりも、コンクリート充填の方が、鋼製橋脚の剛性を向上させるといえる。

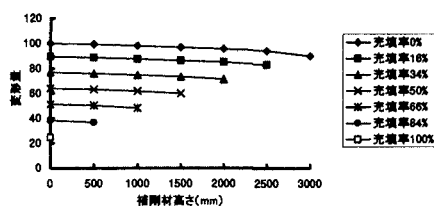


図-2 変形率と補剛材高さ

4. 弾塑性解析の結果

次に弾塑性解析の結果を示す。現在のところ12モデルを解析した。その中から、1500mmまでコンクリート充填、縦補剛材の追加もしくはその両方によって補強した4モデルの荷重-変形曲線を図-3に示す。変形量は水平方向 (Y軸方向) の変形量である。また、比較のため1000mmまで充填したモデルも示した。どのモデルも1000mmまで充填したモデルより強度は向上している。また、補強した高さが同じであれば、最大荷重はそれほど大きな差はない。最大荷重時での変形量は縦補剛材の追加されているモデルの方が大きい。これは補剛材の追加によりその部分の鋼が粘っているためで、鋼管柱の変形性能が上がっていることがわかる。また、同じ充填高さのモデルを比較すると、載荷初期は同じ曲線を描いているが、途中から無補剛のモデルの変形が大きくなっている。これは充填部直上の局部座屈を、縦補剛材が抑制したためと思われる。図-4に、上に示した4モデルの最大荷重時の変形図を示す。この図より、補剛材を取り付けた部分がある程度変形し粘ることで、充填部直上の局部座屈を弱め、鋼管柱全体の強度を向上させているのがわかる。しかし、縦補剛材のみでの補強の場合、柱基部付近での面外変形が見られ、充填の必要性があると思われる。現在、ここに示した以外のモデルについても解析中である。詳細は、当日発表する。

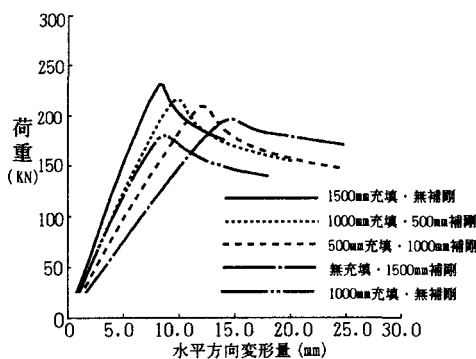


図-3 荷重-変形曲線

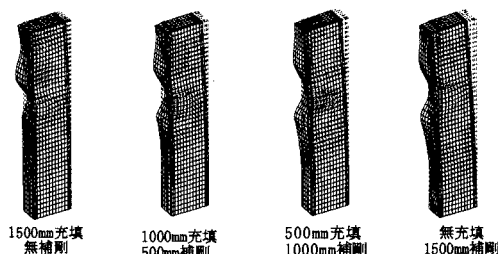


図-4 変形図 (実際の変形量×10倍)

付けた部分がある程度変形し粘ることで、充填部直上の局部座屈を弱め、鋼管柱全体の強度を向上させているのがわかる。しかし、縦補剛材のみでの補強の場合、柱基部付近での面外変形が見られ、充填の必要性があると思われる。現在、ここに示した以外のモデルについても解析中である。詳細は、当日発表する。

5. 結論

コンクリート部分充填は構造物の剛性を高めることはできるが、充填部直上での局部座屈が問題となる。しかし、その部分に短い縦補剛材を追加することで局部座屈を防止し、縦補剛材の粘りによって変形性能を向上させることができる。また、補強する高さが同じ場合、このコンクリート部分充填+縦補剛材の補強は、コンクリート部分充填のみの補強と同程度の耐荷力を得ることができ、加えて変形性能のより大きい構造にすることができる。また既設構造物に対して、そのすべての補強を鋼製補剛材とすることは、大変難しく、非経済的である。それゆえ、このコンクリート充填と鋼製補剛材の両方を利用した補強は、既設構造物への耐震補強として効果的であると思われる。

参考文献

- ・ハイダクティリティー鋼製橋脚 宇佐見 勉 橋梁と基礎 1997年6月
- ・コンクリート部分充填鋼製橋脚の非線形解析と実験 葛西 昭 ほか 鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集 (1997年5月)