

(I -47) 充填鋼管継手構造の耐震性能向上に関する基礎的研究

早稲田大学大学院 学生員 遠藤学史
早稲田大学理工学部 フェロー 依田照彦

1. はじめに

コンクリート充填鋼管を用いた柱は強度とじん性に富んでいる構造である^{1)~2)}。一方、一度大地震で損傷を受けると補修が難しい構造でもある。本研究は、コンクリート充填鋼管柱の接合部を溶接なしで連結したとしても、柱の耐力を十分確保できるジャケット継手構造を、補修のし易さの面から数値解析的に検討したものである。

2. 解析モデル

解析モデルのモデル化は以下のように行った。外鋼管および内鋼管はシェル要素、充填コンクリートはソリッド要素を用いてモデル化した。材料定数を表1に示す。鋼管とコンクリートの接触部では節点を共有させている。一方、荷重載荷時に内鋼管とコンクリートが剥離することを考慮し、内鋼管と接触しているコンクリートの剛性は初期値の10分の1に落としている。さらに、スリットの位置ではコンクリートの崩壊が著しいことを考慮し、内鋼管内のコンクリートは剛性のみを100分の1、外鋼管と内鋼管の間のコンクリート部分はソリッド要素を除き、代わりに圧縮力だけを伝達するバネ要素を用いた。このときバネ要素の圧縮域の荷重-変位関係はバイリニア型とし、降伏荷重に達した後は一定値とした。また、外鋼管のスリット(10mm)において接触時の力の伝達機構を評価するためにそれらのスリットにバネ要素を用いた。このバネは引張には抵抗せず、接触した後圧縮力のみを伝達するという特徴を持っている。図1と図2はそれぞれ解析対象、解析モデルの概念図である。解析では鋼の応力-ひずみ関係にはバイリニア型を用い、コンクリートの応力-ひずみ関係にはコンクリート標準示方書の応力-ひずみ曲線を折れ線で近似したものを用いた。ただし、ひずみ硬化領域での最終勾配は一定としている。

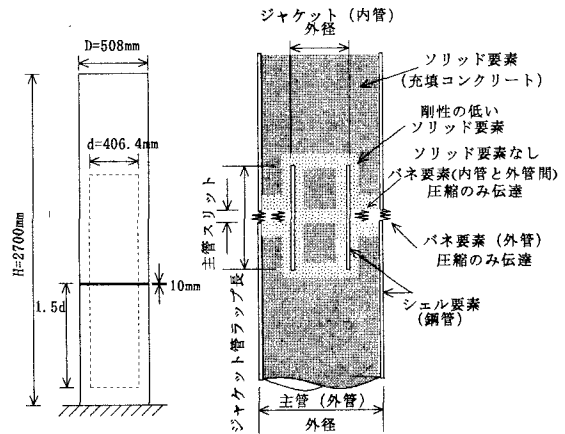


図1 解析対象 図2 解析モデル概念図

表1 材料定数

	項目	単位
コンクリート	圧縮強度	30 MPa
	ヤング係数	30 GPa
	ポアソン比	0.15
	密度	2500 kg/m ³
鋼	降伏応力	320 MPa
	ヤング係数	206 GPa
	ポアソン比	0.3
	密度	7850 kg/m ³

3. 解析手法

柱天端において鉛直方向に一定軸力(100kN)を与え自重解析を行い、実験で得られた降伏変位 δy が $4\delta y$ となるまで水平方向に交番載荷を行った。降伏変位 δy は、最下段断面(固定端から25mmの位置)、またはその一段上の断面(固定部から125mmの位置)の外鋼管の最大維ひずみ発生箇所から、中心角にして45度の位置に取り付けたゲージの軸方向引張ひずみが降伏ひずみに達したときとした。解析では、材料非線形性、幾何学的非線形性を考慮したRiks法を用い、非線形つり合い方程式を解いている。数値計算には汎用有限要素法コードABAQUS (Version5.8)を用いた。

キーワード：合成構造、ジャケット継手構造、コンクリート充填鋼管、終局強度

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学部 Tel&Fax 03-5286-3399

4. 解析結果および考察

図3に実験で得られた交番載荷 $4\delta y$ までの水平荷重-変位曲線の包絡線と解析で得られた水平荷重-水平変位曲線の包絡線を示す。

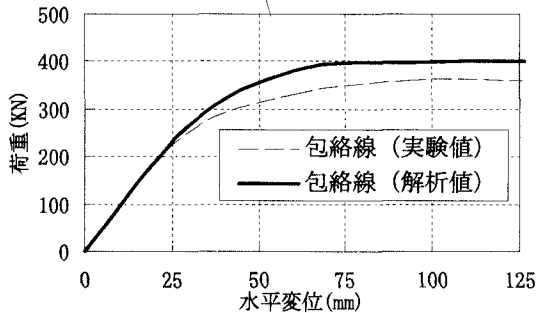


図3 荷重-変位曲線

初期剛性がよく整合している原因としては、解析において内鋼管と接触するコンクリートの剛性を低く設定し、スリット付近のコンクリートをバネ要素で表していることの影響が大きいと思われる。降伏後の挙動も実験値、解析値ともによく似た傾向を示している。

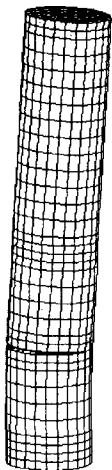


図4 全体変形図
($4\delta y$ 終了時)

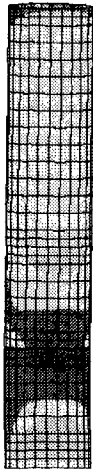


図5 外鋼管(圧縮側)
の主応力 ($4\delta y$ 終了時)

図4はプッシュオーバー解析後の変形図である。柱基部においては鋼製柱に見られるような座屈は外鋼管では見られないが、スリット近傍での変形は大きい。しかしながら、外鋼管スリット下側で円周方向のひずみが一部塑性域に入るものの、上側では塑性ひずみは観察されなかった。図5は外鋼管の主応力分布図を表している。外鋼管のスリット部に設け

たバネ要素により、スリット上部の応力を下部に伝達していることが観察できる。図6は内鋼管の変形図および塑性ひずみ分布である。内鋼管はスリットのある位置で大きく変形している。このため、塑性ひずみもその近傍に集中している。全体的な力学挙動は内鋼管とその周りのコンクリートの剛性に依存していることが分かる。

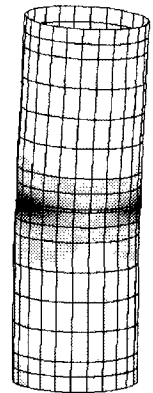


図6 内管の塑性ひずみ分布
充填鋼管柱の全体
($4\delta y$ 終了時)

変形が大きい割に

は、内鋼管の塑性ひずみがそれ程大きくならないことと損傷の大部分が内鋼管下端部のコンクリートであることから、柱の形状を元に戻し損傷したコンクリート部分に部分充填を施し、鋼板巻き付け等の補強を行えば、柱としての再利用が可能になると思われる。

5. まとめ

- ① 終局限界状態においては充填コンクリート鋼管の外鋼管は、ジャケット部より下部で若干塑性ひずみが見られるが、上部では塑性域まで達することはなく、コンクリートが充填されていない鋼製柱で見られるような外鋼管全体の座屈現象は観察できなかった。このことよりジャケット継手部の十分な変形性能が確認できたものと思われる。
- ② 実験値と解析値の比較から、本論文で提案した解析モデルの妥当性についても確認できた。
- ③ 繰り返し挙動時の履歴曲線から判断する限り、ジャケット継手の損傷後の補修はコンクリートの再充填と鋼板あるいはFRPシートの巻き付けにより容易に行えると考えられる。

参考文献

- 1) 遠藤学史, 堀地紀行, 保坂鐵矢, 依田照彦: 充填鋼管ジャケット継手構造の静的挙動に関する数値解析的研究, 第28回関東支部技術研究会講演論文集, I-21, pp. 42-43, 2001.
- 2) 築嶋大輔, 野澤伸一郎, 鷹野秀明, 木下雅敬: コンクリート充填鋼管柱のソケット式接合部の耐力評価について, 土木学会第52回年次講演会, Vol.224, pp.448-449, 1997.