

V-609

コンクリート充填鋼管の接合部耐荷力実験

J R 東日本 東京工事事務所
J R 東日本 建設工事事務所
新日本製鐵 鉄鋼研究所

正会員 鷹野 秀明
正会員 鎌田 則夫
正会員 木下 雅敬

1. はじめに

コンクリート充填鋼管は、高い耐震性能を有する構造として柱や杭構造に用いられるようになってきている。柱と杭構造にコンクリート充填鋼管を用いる場合、径の異なるコンクリート充填鋼管を接合することが必要となる。この時、径の大きな鋼管内に小径の鋼管を所定の長さ差し込み、その隙間にコンクリートを充填することにより荷重伝達を行う差し込み接合が考えられる。しかし、このような接合形式の耐荷力や挙動については、必ずしも明らかでないため、今回実験を行うこととした。

2. 実験概要

(1) 試験体諸元

図-1 に示すように接合部を有する試験体の柱頭に水平力を載荷し接合部の耐荷力を調査した。試験体諸元を表-1 に示す。パラメータをA-1 からA-4 は差し込みとし、B-1、B-2 は鋼管杭厚さとしている。これらの実験では、柱部材に肉厚の鋼管を用いることにより柱の曲げ破壊が接合部の破壊に先行して発生しないようにしてある。

(2) 載荷方法

載荷方法は、単純載荷としている。本接合部の降伏荷重の定義は鋼管杭の天端より 15mm 下方の載荷方向中心から両側 45° 以内に貼り付けたひずみゲージの周方向ひずみが降伏ひずみを越えた時とする。コンクリート材料は、設計基準強度=27N/mm²、粗骨材最大寸法=10mm を使用し、鋼管材料は、鋼管杭（外鋼管）SKK400、鋼管柱（内鋼管）STK490 相当品を使用した。

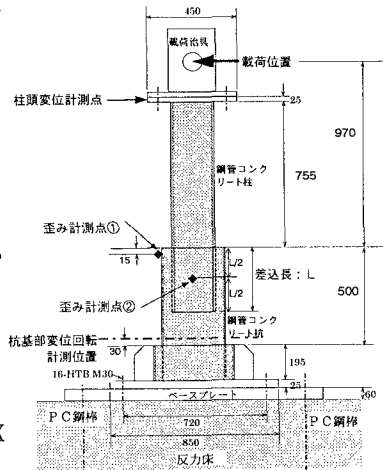


図-1 試験体形状

3. 実験結果と考察

(1) 破壊性状

図-2 に試験体A-3の降伏荷重時の鋼管杭表面のひずみ分布を示す。鋼管杭上部圧縮側の周方向ひずみが、卓越すると同時にこれら周方向応力が鋼管杭側面において、斜め引張力を介して接合部下端において曲げモーメントに変換されるという応力の流れが読みとれる。

しかし、試験体A-1は柱の抜け出しによる破壊であり、試験体A-4は杭下端圧縮側の曲げが先行して局部座屈を起こし破壊に至っている。その他の試験体は、試験体A-3と同様であった。

(2) 荷重～変位と降伏荷重及び終局耐力

各試験体の柱頭の変位の関係を図-3に差し込み長を変化させ比較したもの、図-4は杭鋼管肉厚を変化させ比較したものを示している。図中において記された○印は定義された降伏荷重であり、▽印は以下に定義する終局耐力を表している。図から分かるように、荷重～変位関係が明確な荷重ピークを示さず変位がかなり進んだ状態においても荷重が低下傾向を示さない。そこで、今回終局耐力を荷重～変位曲線の接線勾配がその初期剛性の5%にまで低下する点を便宜的に実験により得られた終局耐力と定義することとした。図-3・4から差し込み長が長いほど、また鋼管厚が厚いほど降伏荷重及び終局耐力は増加する。

表-1 試験体緒元

試験体	鋼管柱（内鋼管）			鋼管杭（外鋼管）			使用鋼管 種別	試験当日 コク・H強度 (N/mm ²)	差込長L(mm) (L/D)	変化パラメータ
	径 D ₁ (mm)	肉厚 t ₁ (mm)	降伏点 (N/mm ²)	径 D ₂ (mm)	肉厚 t ₂ (mm)	降伏点 (N/mm ²)				
A-1	216	14.5	442	318	6.24	372	平鋼管	35.0	108(0.5)	差込長
A-2	216	14.5	442	318	6.24	372	平鋼管	32.6	216(1.0)	差込長
A-3	216	14.5	442	318	6.24	372	平鋼管	33.6	324(1.5)	標準ケース
A-4	216	14.5	442	318	6.24	372	平鋼管	35.1	432(2.0)	差込長
B-1	216	14.5	442	318	3.00	283	平鋼管	27.4	324(1.5)	杭肉厚
B-2	216	14.5	442	318	8.92	315	平鋼管	28.6	324(1.5)	杭肉厚

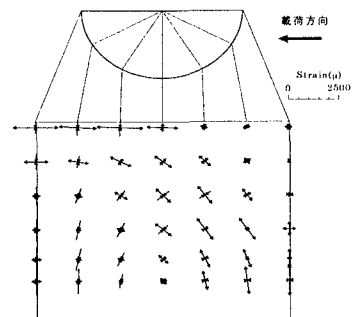


図-2 試験体A-3降伏荷重時鋼管杭表面のひずみ分布

4. 終局耐力の推定モデル式

接合部の破壊状況により、接合部耐力機構は、支圧力の偶力と摩擦力の偶力により柱に作用する曲げ・せん断力に抵抗するものと考えられる。そこで、図一5に示すような耐力モデルを仮定して力の釣合により接合部の耐力を推定する。

(1) モーメントの釣合式

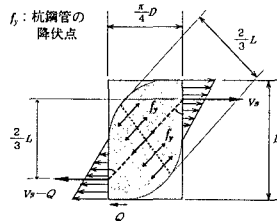
摩擦力は柱の引張側及び圧縮側に各々1/4に均等に作用していると仮定する。(a)

(2) 終局時の摩擦力の合力 T

柱とコンクリートの間の摩擦係数は、(b)のクーロン摩擦に従うものとする。(c)

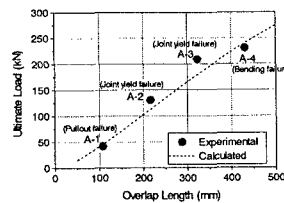
(3) 支圧力の合力 P

柱に作用する支圧力は、図一6に示すように、鋼管の差し込み長しの区間のせん断パネル（杭鋼管及び柱鋼管と杭鋼管の間に充填された円環状のコンクリートにより構成される）のせん断耐力により決定される。(d)

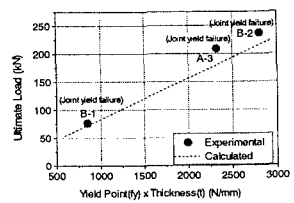


図一6 鋼管杭のせん断パネル終局状態モデル

この様にして求めた計算耐力と、実験により求めた終局耐力を比較したものを図一7・8に示す。耐力力の計算において、平鋼管の場合の摩擦係数は既往の検討[1]より $C=0.7\text{N/mm}^2$ 、 $\phi=20^\circ$ としている。図より、計算耐力は実験により得られた終局耐力に対して、全般的に安全側であるが、ほぼ良い予測値を示している。



図一7 終局荷重の実験値と計算耐力の比較（差し込み長の影響）



図一8 終局荷重の実験値と計算耐力の比較（鋼管杭肉厚の影響）

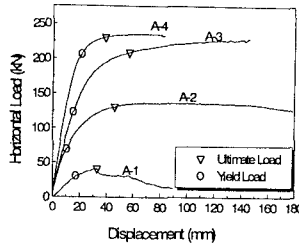
5. まとめ

今回の実験により得られた結果をまとめる。

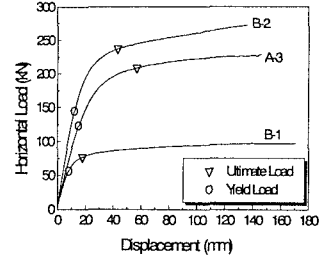
(1) 接合部の破壊は、差し込み長が極端に短い場合は、柱の抜け出しによるが、柱径以上差し込んだ場合は、接合部の鋼管杭の降伏の進展による。

(2) 接合部の耐力及び降伏荷重は、差し込み長及び鋼管杭の肉厚にほぼ比例する。

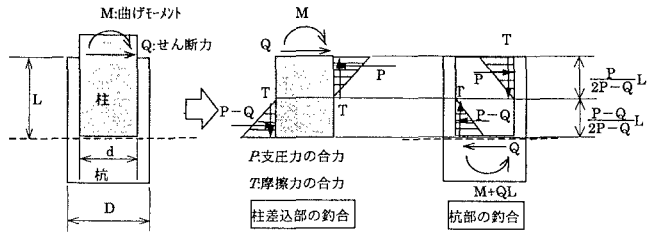
(3) 支圧力の偶力と摩擦力の偶力による耐力機構を仮定した接合部の耐力計算法は、接合部の耐力の良い予測値を示す。参考文献：[1] 木下他 「異径コンクリート充填鋼管差し込み継手の実験及び解析について」土木学会第49回年次講演会、第1部門 p p 728-729、1994.9



図一3 荷重～変位曲線（差し込み長の影響）



図一4 荷重～変位曲線（鋼管杭肉厚の影響）



図一5 耐力モデル

$$M - T \left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \right) d = - \frac{LP^2}{3(2P-Q)} + (P-Q) \frac{L(5P-2Q)}{3(2P-Q)} \quad (a)$$

但し、 $M=Q \cdot a$ (a : せん断スパン)

$$\tau_{\max} = c + \sigma_n \tan \phi \quad (b)$$

ここで、 c は粘着力、 σ_n は界面に作用する直応力 ϕ は摩擦角

とすると、摩擦力の合力 T は次式で表される。

$$T = c \frac{\pi}{4} L \frac{P-Q}{2P-Q} + \frac{\pi}{2\sqrt{2}} (P-Q) \tan \phi \quad (c)$$

$$P = V_s + V_c \quad (d)$$

ここで、 V_s は杭鋼管の負担するせん断力 V_c はコンクリート部が負担するせん断力

$$V_s = f_s \cdot 2t \cdot \frac{D}{\sqrt{\left(\frac{2}{3}L\right)^2 + D^2}} \left(\frac{2}{3}L\right)^2 \quad \text{ここで、} D = \frac{\pi}{4} D \quad (e)$$

$$V_c = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \frac{D}{L} \left\{ \frac{\pi}{4} D \cdot [L - (D-d)/2] \cdot c - \frac{\pi}{4} d \frac{L}{2} c \right\} \quad (f)$$