

コンクリート充填鋼殻剛結部における杭接合部の破壊について

北海道大学工学研究科 学生会員 ○中山 耕太
 北海道大学工学研究科 正会員 古内 仁
 北海道大学工学研究科 フェロー 上田 多門

1. はじめに

近年、鋼とコンクリートのそれぞれの短所を補い、長所を生かすという合理的かつ経済的な鋼コンクリート混合構造がよく利用されている。そして、現在、複合ラーメン橋形式の剛結部としてコンクリート充填鋼殻という新しい剛結部が提案されている。この構造の特徴は、鋼とコンクリートの長所を生かし橋台である鋼殻内ではずれ止めや鉄筋はなくてもよく、厳しい経済性の迫及と施工期間の短縮への要求、技能労働者の不足への対策、さらに、狭い施工空間への対応、高耐震性能や長寿命化の要求に応えることができるなどの特徴がある。しかし、このような構造の施工実績はほとんどなく、剛結部の設計手法もまだ確立されていない。本研究では、設計法の基礎資料を得ることを目的に鋼管の埋め込み長、鋼管径を変えた縮小モデルに対する杭接合部の破壊形式を検討する。

2. 実験概要

実験に使用した供試体は、図-1に示すように鋼管杭と模擬桁(H型鋼)が一体化したコンクリート充填鋼殻である。供試体のH型鋼端部を反力床に固定し、鋼管杭に油圧ジャッキ(1000kN ローゼンハウゼン載荷試験機)により静的に荷重を作用させた。実験変数とした鋼管埋め込み長と鋼管径の組み合わせを表-1に示す。使用した鋼管の実測降伏強度は、327 N/mm²(外径34.0mm)、373 N/mm²(60.5mm)、324 N/mm²(89.1mm)である。コンクリートの圧縮強度は、24~30 N/mm²(材令14~28日)である。

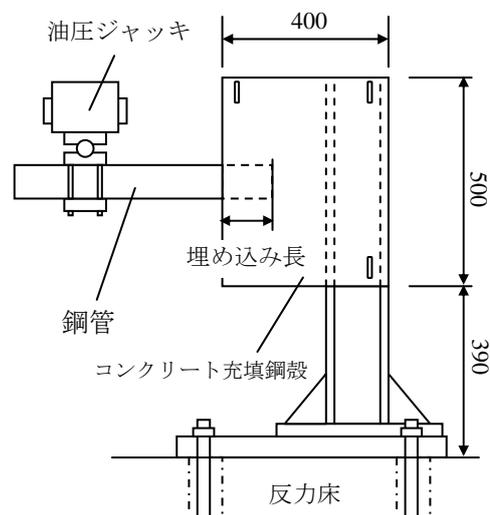


図-1 実験供試体

表-1 実験変数

| | 鋼管径 (mm) | 鋼管埋め込み長 (mm) |
|----------|-------------|-----------------|
| D61-L34 | 60.5 | 43 |
| D61-L103 | 60.5 | 103 |
| D61-L118 | 60.5 | 118 |
| D89-L137 | 89.1 | 137 |
| D34-L140 | 34.0 | 140 |

3. 実験結果および考察

供試体の破壊形式として、鋼殻外の鋼管降伏破壊と鋼殻内でのコンクリート支圧破壊が確認された。鋼殻内のコンクリートが杭の支圧によって破壊した供試体はD61-L43のみで、他の4供試体は鋼管の降伏破壊で終局をむかえた。

図-2および図-3は、破壊荷重と実験変数との関係を示したものである。鋼管が降伏破壊したものに対しては、鋼管径が同じであれば埋め込み長が大きくなるにつれ、破壊荷重が増加する傾向がみられた。また、埋め込み長が等しければ、鋼管が大きくなるにつれ、破壊荷重が増加する傾向がみられた。

3. 1 鋼管の降伏破壊

鋼管の降伏破壊を検討する上で、鋼管断面を分割するファイバーモデルによって計算を行った。以下に計算方法を明記する。鋼管断面の分割数は100とし、ひずみ分布は鋼管内に充填されたコンクリート圧縮縁の終局ひずみを $\epsilon_{cu}=0.0035$ とした上で、平面保持を仮定し計算を行った。鋼管の応力-ひずみ関係には実測降伏強度を上限とした弾塑性モデルとして、コンクリートの応力分布に関しては等価応力ブロックモデルを使用して、計算を行った。このモデルによって得られた終局曲げモーメントを載荷位置から鋼殻表面までの距離で除して破壊荷重を求めた。破

キーワード 鋼管径, 鋼管埋め込み長, 降伏強度, 支圧破壊

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北13西8 北海道大学大学院工学研究科環境創生工学専攻 TEL 011-706-6181

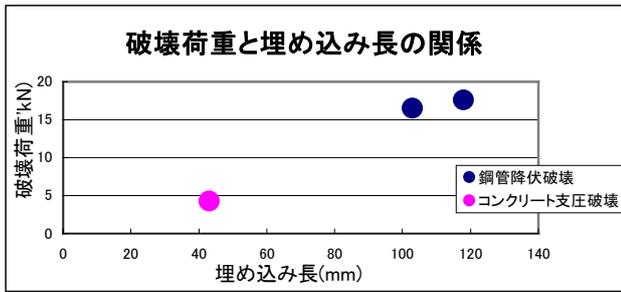


図-2 埋め込み長と破壊荷重の関係

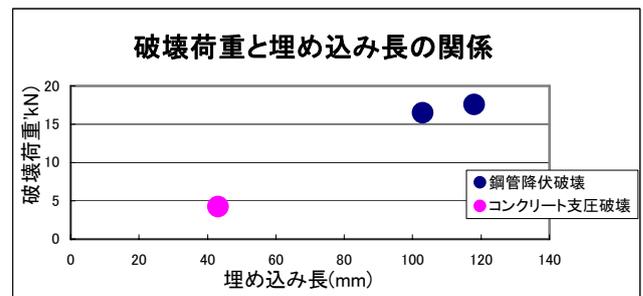


図-3 鋼管径と破壊荷重の関係

破壊荷重の計算値と実験値の比較を表-2に示す。表には、計算値／実験値の比も示した。これらの比によれば、すべての供試体で1を下回っており、鋼管径 60.5mm 供試体に関しては約 90%で、鋼管径 34mm の供試体では 75%の安全側の耐力を与えたが、鋼管径 89.1mm の供試体では 20%ほど危険側の耐力を与えることとなった。

表-2 ファイバーモデルの計算結果

| | 実験値 | 計算値 | 計算値 実験値 |
|----------|------|------|------------|
| D61-L43 | — | — | — |
| D61-L103 | 23.4 | 19.6 | 0.84 |
| D61-L118 | 18.0 | 17.4 | 0.97 |
| D89-L137 | 36.8 | 44.7 | 1.21 |
| D34-L140 | 4.57 | 3.45 | 0.75 |

3.2 コンクリートの支圧破壊

鋼殻内部でのコンクリート支圧破壊に対して、既往の研究において FEM 解析によって得られた簡易破壊モデル¹⁾を用いて、終局荷重の検討を行った。このモデルは、図-4に示すように鋼管によって生じる支圧応力分布 (FEM 解析結果) を等価な応力ブロックとしてモデル化し、その反力から破壊荷重を求めたものである。破壊荷重の推定式は以下ようになる。

$$P = \Psi \times \Phi \times f'_c \times l \times (\alpha_1 \times \beta_1 - \alpha_2 \times \beta_2) \times \gamma \times d$$

ここに、 f'_c = コンクリート圧縮強度(N/mm²)

l : 鋼管埋め込み長(mm)

d : 鋼管径(mm)

$\Psi, \Phi, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma$: 解析結果による係数

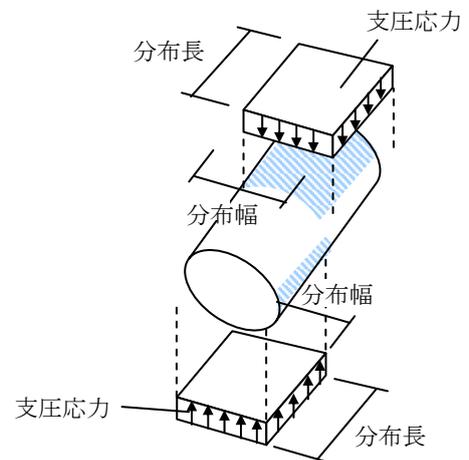


図-4 支圧破壊の簡易モデル

支圧破壊した D61-L34 について、上記の式で得られた破壊荷重の計算値と実験値を比較すると、計算値が 4.35kN に対し、実験値が 4.24kN と非常に近い値となった。しかし、本実験ではデータがひとつの供試体のみであり、今後の条件によるデータの蓄積が必要である。

5. まとめ

- (1) 破壊形式として、鋼殻内部でのコンクリート圧縮破壊と鋼殻外の鋼管降伏破壊の2形式が確認された。
- (2) 鋼管の埋め込み長が大きくなるにつれて、破壊荷重が増加することが明らかとなった。
- (3) 鋼管径が大きくなるにつれて、破壊荷重が増加することが明らかとなった。
- (4) 鋼管降伏破壊に対しては、ファイバーモデルを用いて安全側の耐力を推定できることが確認された。
- (5) 支圧破壊に対しては、既往の簡易モデルによる計算値とほぼ一致するが、実験データの蓄積が必要である。

参考文献

- 1) M. A. Bashir*, H. Furuuchi, T. Ueda: Parametric Analysis of Concrete-Filled Steel Box Connection By using 3-D Finite Element Analysis/ Journal of Structural Engineering Vol.54A, 2008