

## 超低固定度の杭-柱直接接合部による地中梁不要化構法 (その1 構法の概要)

### Non Footing Girder Construction Method by Super Low Fixing Degree Pile-to-Column Joint

#### Part1. Outline of Construction Method

○新井佑一郎<sup>1</sup>, 柳田佳伸<sup>1</sup>, 石鍋雄一郎<sup>2</sup>

\* Yuichiro Arai<sup>1</sup>, Yoshinobu Yanagita<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>

**Abstract:** Building construction work rationalizes it by deleting footing girder. However, there is a difficult problem with lose footing girder. For example, it is necessary to analyze frame and pile in one body. In this paper devised Pile-to-Column joint which was near to pin-joint to solve a problem.

#### 1. はじめに

建設工事における地下部分の掘削工事(土工事)のウェイトは大きい。特に断面が大きな鉄筋コンクリート部材である地中梁の構築には、コストや工期の増加だけではなく、環境負荷の増大にもつながり、工事上の課題となっていた。つまり、合理的な方法で地中梁を不要化できれば、建設工事の効率化につながることになる。

しかし、構造設計の視点から見れば、地中梁は基礎と上部構造を明確に分離する役割がある。これにより、地盤の動きに左右されない安定した上部構造の実現と、基礎と上部構造を分離することで簡略化された設計が可能になっている。ゆえに、設計的な側面から見ると、地中梁は建物の合理化につながっているといえる。

以上より、施工と設計で生じている地中梁への認識のギャップを埋めるような地中梁不要化構法を実現する必要がある。本論では、以上のような課題解決のために、杭-柱接合部の固定度を低減した構法の提案を行う。

#### 2. 地中梁を不要化するための構法

**2.1 地中梁不要化構法の現状と課題** 現在、地中梁を設けない建物は少ないものの、駅舎や工場などの低層鉄骨建物で採用された例がある。

地中梁を設けない場合、特に地震時の地盤挙動が杭から直接上部構造に伝達してしまうという問題がある。地中梁がない構造が水平力を受けた場合の変形状態の概念を図1に示す。なお、フレームは2スパン切り出して、スパン、断面は共通、杭同士はスラブ(剛床)でつながれている。杭周りの地盤硬さ

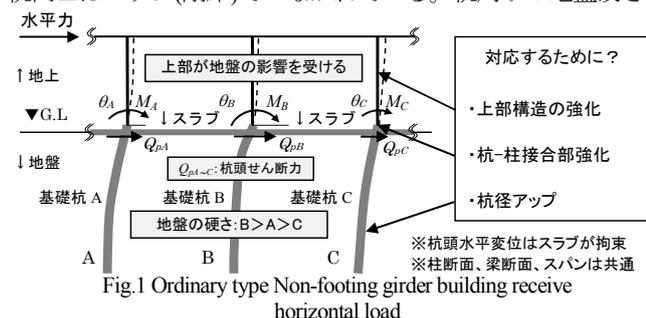


Fig.1 Ordinary type Non-footing girder building receive horizontal load

の序列が $B > A > C$ だとすると、杭頭回転は $\theta_C > \theta_A > \theta_B$ となり、柱脚曲げモーメントは $M_C > M_A > M_B$ となる。つまり、地盤が相対的に軟弱な部分の柱脚部に大きな力が作用する。このように、地盤の不安定な挙動の影響が、上部構造にも影響を及ぼすため、従来の技術では地盤の不安定な動きに強度で抵抗するという方法をとっていたため、地中梁を設けた建物よりも杭-柱の物量は増加していた。

また、設計では杭と上部構造を一体とした複雑な構造計算が必要となってくる。

#### 2.2 杭-柱ピン接合部の採用

2.1節では、従来の技術背景として、杭-柱を剛強に接続する方法を示した。しかし、杭-柱を剛接合とすると、接合部が曲げモーメントを伝達してしまうため、地盤の不安定な動きが直接上部建物に影響を与えてしまうという欠点がある。これは、部材断面の増大や設計の複雑化につながり、地中梁不要化の障害となる。ここで、杭と柱の間に曲げモーメントを伝達しないピン接合部を設ければ、以上の課題解決が可能になると考えることができる。

図2に、杭-柱接合部をピンとした場合の水平力を受ける建物挙動を表す(骨組み、スラブ条件は図1と共通)。地盤の硬さは図1と同じように、 $B > A > C$ の順となっている。ただし、柱脚モーメントが $M_A = M_B = M_C = 0$ となるため、(杭頭回転は $\theta_A \neq \theta_B \neq \theta_C$ だが、接合部がピンであるため影響を与えない)。条件では柱の曲げモーメント分布も全ての柱で同一となる。そのため、上部建物の挙動は設計で想定しやすくなり、地盤の不安定さを考慮した強度割増も不要になると考えられる。

また、杭-柱接合部はせん断力のみしか伝達しないため、上

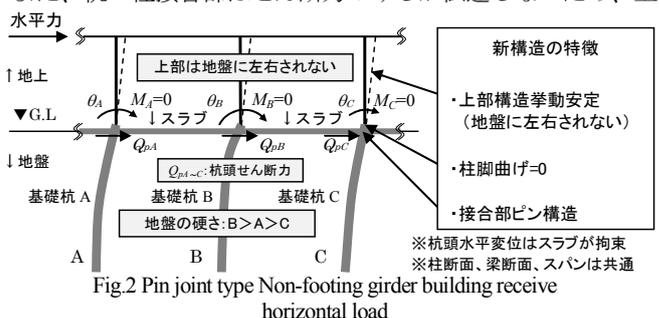


Fig.2 Pin joint type Non-footing girder building receive horizontal load

1 : 青木あすなる建設株式会社    2 : 日大理工・教員・建築

部構造と杭の設計は、地中梁を設けた通常の建物のように分離して構造計算を行うことも可能となる。

ここで、杭-柱接合部をピンとするためには、杭-柱双方の変形に追従可能な固定度が低い接合機構が必要である。

### 3. 鋼管コイルばねを用いたピン接合

**3.1 鋼管コイルばねについて** 限りなくピンに近い接合として図3のような機構を提案する。本機構は、柱下端中心にせん断力は伝達するものの、引張力をほとんど負担しないアンカー要素を挿入することで、ピンに限りなく近い挙動を示すようにしたものである。そこで重要となるのが、アンカー要素の機能を満たす部材の実現である

本論では、上記のような特性を持つ部材として、鋼管コイルばねを提案する。鋼管コイルばねは、鋼管にらせん状の切込みを入れた部材で、切込み部分(ばねのように挙動)の剛性が小さくなり、引張力をほとんど負担しない。ただし、図4で示す未加工部分に柱脚部ベース板から水平力を伝達させれば、杭に柱せん断力を十分伝えることができる。

鋼管コイルばねは、鋼管径よりも5mm大きな穴が開けられた柱下端ベース板に挿入されているため、ルーズ穴の効果により接合部回転角 $R=1/10$ 程度までほぼ回転フリーで挙動する(図3)。これは、建物や杭の変形量よりも十分大きい値である。

**3.2 鋼管コイルばねによる固定度低減性能** 柱脚等のように、接合部をピンとみなす設計は一般的に行われている。従来とばねを用いた接合部(本論接合部)の違いは、固定度が非常に小さく、 $R=1/10$ 程度まで弾性挙動することである。

ここで、比較例として従来のピン接合(1本アンカー)と本論接合部の固定度を比較する。検討ではせん断力300kN程度の杭-柱接合部を想定した。検討モデルを図5に示す。

柱サイズは400mmとし、柱軸力の影響は考慮しない。その

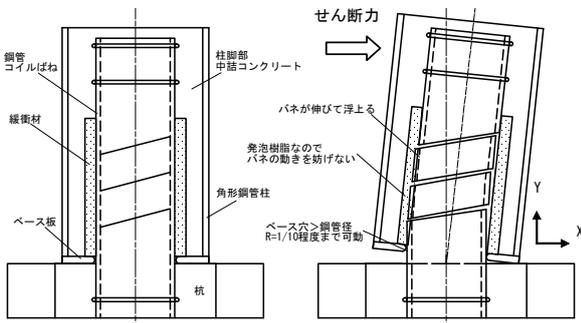


Fig.3 Column to pile joint using steel pipe spring

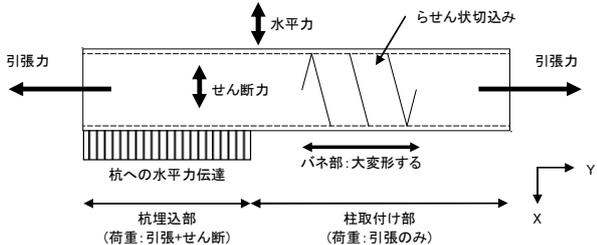


Fig.4 Load transmission mechanism of steel pipe spring

ため、アンカー要素引張力×柱径/2(=200mm)が接合部曲げモーメントとなる。アンカー要素は鋼管コイルばねが200mmピッチ2周となっているため、端部加工を含めて70cm程度となる。鋼管コイルばねの軸剛性 $K_S$ は式(1)、降伏変位 $\delta_{Sy}$ は式(2)で算出する<sup>2)</sup>。従来アンカーの軸剛性 $K_A$ を式(3)、降伏変位 $\delta_{Ay}$ を式(4)に示す。

$$K_S = \frac{G \cdot t^3 \cdot h}{2.79n \cdot D^3 (t^2 + h^2)} \quad \dots(1)$$

$$\delta_{Sy} = \frac{3.48n \cdot D^2 \cdot (t^2 + h^2)}{\sqrt{3}G \cdot t \cdot h(2t + h)} \cdot F \quad \dots(2)$$

$G$ :せん断弾性係数  $h$ :ばね線材高さ(=ピッチ)  $t$ :鋼管厚さ  
 $n$ :線材巻き数  $D$ :鋼管径  $F$ :鋼材基準強度

$$K_A = E \cdot A_b / l_b \quad \dots(3) \quad \delta_{Ay} = l_b \cdot F / E \quad \dots(4)$$

$E$ :ヤング係数  $A_b$ :アンカーボルト断面積  $l_b$ :アンカーボルト長さ

表1に、従来(1本アンカー)と本論接合部の概要および性能を示す。接合部回転剛性は、部材の軸剛性から変位を求め、軸変位に対する接合部の回転量(アンカー要素伸び/端部距離200mm)に換算して算出、その後接合部の回転量と曲げモーメントの関係を用いて求めた。

表1に示す結果から、従来接合部では接合部回転剛性が21000kN.m/rad、アンカー降伏伸び $\delta_{Ay}$ が1.4mmとなった。降伏時の接合部回転角は $R=1/143$ である。これに対し、ばねを用いた本論接合部は、回転剛性が22.9kN.m/rad、降伏伸び $\delta_{Sy}$ は55mmとなった。よって、降伏時回転角 $R=1/3.7$ となり、ベース板のルーズ穴効果による変形限界( $R=1/10$ )を上回る高い変形能力である。以上より、本論接合部は従来と比較して接合部回転剛性が1/920に低減し、接合部限界変形まで損傷しないと考えることができる。

### 4. まとめ

本論では、非常に固定度の低い杭-柱接合部として鋼管コイルばねを用いた機構を提案した。以下に知見を示す。

- 1) 杭-柱接合部をピンとすることで、合理的に地中梁を設けない建物を実現できる。
- 2) 鋼管コイルばねを用いた接合部は、従来と比較して大幅に固定度を低減し、変形能力を拡大できる。

今後は実大鋼管コイルばねの製作と加力を行い、実験的に期待される性能を有するかを確認する予定である。

#### 【参考文献】

- 1) (財)鉄道技術総合研究所:線路上空建物(低層)構造設計標準 2009, (社)鉄道建築協会, 2009.7
- 2) 機械工学便覧 改定第6版, 日本機械学会, 1977

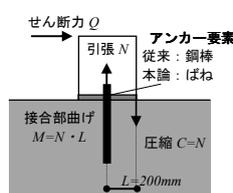


Fig.5 Examination model of joint

Table.1 Comparison between outline and performance of ordinary type and pin joint

	従来	本論接合部
アンカー要素	M48(490N)	STK490○-216.3×12.7
変形長さ	70cm	70cm(200ピッチ2周)
アンカー軸剛性	4512kN/cm	5.63kN/cm
アンカー降伏時変位	1.4mm	55mm
接合部回転剛性	21000kN.m/rad	22.9kN.m/rad
剛性比	1.0	1/920