

## 合理的な杭基礎構造を目指した新杭頭接合工法の開発

清水建設(株)正会員 青木 孝、同 田蔵 隆、同 大槻 明、 真野英之、 磯田和彦  
 (株)クボタ 正会員 岩本利行、 荒川範行、 石原孝浩、 大川雅之

## 1. はじめに

杭頭をピン接合にした場合、杭に発生する最大曲げモーメントは、剛接合とした場合に比べて小さくなり、それによって杭およびフーチングの断面性能を減じることができる。さらに、杭・地盤・構造物系の動的相互作用の研究の進展に伴い、杭の地震時応答に及ぼす地盤震動の影響が非常に大きいことが認められるようになり<sup>1)</sup>、杭頭をピン接合とした場合と剛接合とした場合で、杭の変位には大きな差異は発生しないことが、解析的研究ならびに実験的研究から明らかにされるようになった<sup>2)</sup>。本報は、杭頭をピン接合とすることの利点に着目して開発した、新杭頭接合工法について述べたものである。

## 2. 杭頭ピン接合デバイスの概要

開発した杭頭デバイスの概要を図1に示す。デバイスはダクタイル鋳鉄製で、上蓋、球座、ハイテンボルト、球面座金などによって構成される。

デバイスに作用する軸力およびせん断力は、上蓋と球座の面接触により伝達され、曲げモーメントは上蓋と球座間の接合面の回転を許すことによって、その発生を極力小さくする機構となっている。また、引き抜き力に対応するため、上蓋と球座をハイテンボルトで連結した。

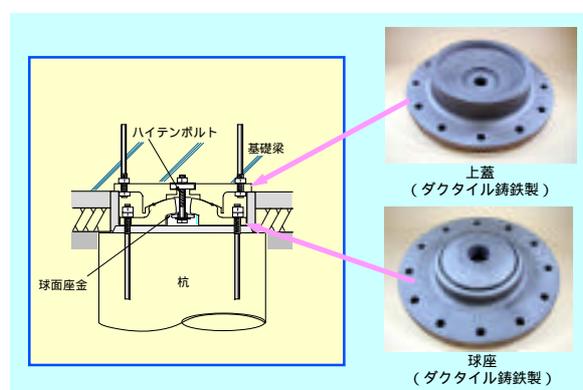


図1 開発した杭頭ピンデバイス

## 3. デバイスの曲げ試験とせん断試験

デバイスは上蓋と球座の接合面に特別な表面加工を施さないため、回転時に摩擦力による曲げモーメントが発生する。図2に長期荷重8MN用のデバイスに対して行った曲げ試験の結果を示す。デバイスに発生する最大曲げモーメントMは、軸力をNとすると、 $M/N = 0.16(m)$ で表せる。

また、せん断試験の結果から、上蓋と球座が横すべりを起こさずに伝達が可能な最大せん断力Sは、軸力の0.4倍であることが確認できた。実験ではその後、軸力の0.6倍のせん断力まで载荷を行い、上蓋-球座間ですべりを生じた後も、せん断力の伝達能力には余裕があることを確認している。

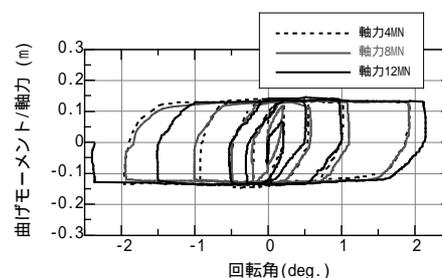


図2 デバイスの曲げ試験結果

## 4. デバイスを用いた建物の地震応答解析

解析モデルを図3に示す。建物は免震建物で、RC造の地上9階、地下2階建ての集合住宅である。杭は場所打ちコンクリート杭で、線形の梁要素でモデル化した。解析幅は水平方向に430m、地盤深さ90mとし、2次元平面ひずみ要素によりモデル化した。地盤は、地表からGL-7.5mまでが $V_s = 100$  m/s、-7.5~-36mまでが $V_s = 300 \sim 340$  m/s、それ以深は $V_s = 400 \sim 490$  m/sである。地盤の非線形特性は修正 Ramberg-Osgood モデルによってモデル化した。

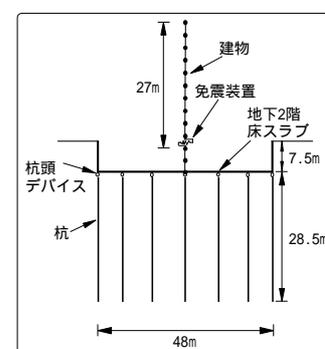


図3 解析モデル

杭頭デバイスは、非線形の回転ばねと、剛な水平方向ばねおよび鉛直方向ばねでモデル化した。回転ばね特性は曲げ試験結果に基づき、軸力  $N \times 0.16$  (MN・m) の曲げモーメントで降伏するバイリニア型とした。

レベル 2 地震動に対する地震応答解析を、(1) 杭頭が剛接合の場合、(2) 今回開発した杭頭デバイスを用いた場合、さらに(3) 杭頭を完全ピン接合とした場合の 3 ケースについて行った。図 4 に杭 4 の最大曲げモーメント(1本当たり)分布を示す。杭頭デバイス接合を用いることにより、杭頭の最大曲げモーメントは、剛接合の場合の 40~50%となっている。一方、-10m以深は杭頭接合条件によらずほぼ同じ値であり、杭頭をピン接合としても、地中部最大曲げモーメントには顕著な増加は見られなかった。

このことにより、場所打ちコンクリート杭の杭径は、杭頭デバイスを適用することによって、1500 mm から 1200 mm に減少でき、また床スラブの断面も縮小化を図れ、当初設計における基礎部の建設コストよりも 15%程度低減することができた。

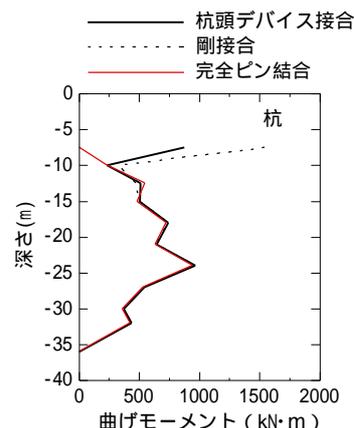


図 4 杭の最大曲げモーメント分布

### 5 . 杭頭デバイスの施工法

場所打ちコンクリート杭に対する施工法を表 1 に示す。現場の状況や作用荷重の状態によって表 1 の 3 つの方式から選択できる。これらの施工法は、特殊な施工機械や、特別な施工技術を必要とせず、杭の施工管理も通常の杭の施工管理基準によって行うことが可能である。

表 1 場所打ちコンクリート杭に対する施工法

	(1) アンカー筋直接埋設方式	(2) 後アンカー施工方式	(3) 杭コンクリート 2度打ち方式
工法概要	<p>・アンカー筋を予め杭主筋に取付けた後に杭コンクリートを打設する。余盛りコンクリート撤去時にアンカー頭部をはつり出してこれにデバイスを据付ける方式。</p>	<p>・杭コンクリートを打設して余盛りコンクリートを撤去した後に、所定の位置に後施工アンカーをセットし、これにデバイスを据付ける方式。</p>	<p>・杭コンクリートを 70~80cm 下で打ち止め、余盛りコンクリート撤去後、所定の位置にアンカーフレームをセットし、所定の高さまで気中コンクリートを打設する。この後、アンカーにデバイスを据付ける方式。</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3者の中で最も一般的で、安価な方式である。</li> <li>・杭頭位置が杭施工盤より深い場合には、アンカー筋が杭芯からずれることが懸念される。</li> <li>・デバイス取付け作業が、アンカー筋製作取付け時とデバイス据付け時の 2ステップになる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンカー筋の芯出しを余盛りコンクリート撤去後直に行なうため、その精度が出しやすく確実である。</li> <li>・鉄筋、アンカー筋がないため、余盛りコンクリートの撤去作業が簡単である。</li> <li>・施工が簡便である。</li> <li>・ケミカルアンカーを用いるため高価となる。</li> <li>・アンカーの定着長が短いため、引抜き力に対する抜け出しが懸念される。</li> <li>・アンカー筋回りのフープ筋がないため、アンカー筋のせん断抵抗が劣る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンカー筋のセットが気中コンクリート中になるため、その設置精度が高まる。</li> <li>・高荷重にも対応できる。</li> <li>・杭コンクリートを水中と気中の 2度打ちするため施工が煩雑となる。</li> <li>・気中コンクリート打設時に杭回り掘削・コンクリート打ち継ぎ処理・鉄筋工・型枠工・埋戻し工など多量の作業が必要になる。</li> </ul>

### 6 . あとがき

本報で述べた事柄の他、長期耐久性を確認するための塩水噴霧によるデバイスの腐食促進試験、地震時挙動特性を把握するための杭・地盤・構造物系の遠心模型振動実験、個別要素法ならびに有限要素法によるデバイスの接触問題の解析などを行い、デバイスの性能、有効性を確認している。

参考文献：1) 例えば、南荘ら：道路橋脚基礎杭の地震被災解析とその対策法に関する研究、土木学会論文集 No.661/1-53, pp.195-210、2000。 2) 田蔵ら：建設コストの低減と耐震性能の向上を目指した新杭頭接合工法の研究開発(その 1~3)、第 36 回地盤工学研究発表会、2001。