

### 3.3.4 杭頭半剛接合構法を採用した建物の地震時挙動に関する研究

## 目 次

### (1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 3カ年の年次実施計画
- (e) 平成14年度業務目的

### (2) 平成14年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
  - 1) 文献調査
  - 2) 杭頭接合部の挙動を考慮した実建物-杭-地盤系の動的解析
- (c) 業務の成果
  - 1) 文献調査
  - 2) 杭頭接合部の挙動を考慮した実建物-杭-地盤系の動的解析
- (d) 結論ならびに今後の課題
  - 1) 結論
  - 2) 今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

### (3) 平成15年度業務計画案

- (a) 概要
- (b) 実験の目的
- (c) 模型試験体
- (d) 実験ケース
- (e) 入力地震波
- (f) 測定項目

## (1) 業務の内容

(a) 業務題目 杭頭半剛接合構法を採用した建物の地震時挙動に関する研究

(b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
大成建設株式会社 技術センター 建築技術研究所	所長	藤井 俊二
	室長	真島 正人
	課長代理	青島 一樹
	課長代理	船原 英樹

(c) 業務の目的

1995年の兵庫県南部地震では、杭頭部の破壊によって、多数の構造物に不同沈下や傾斜などの被害が生じた。これらの被害事例によって、従来の杭頭接合方法（剛接合）が過大な地震力に対しては不利であることが再認識された。これを契機に、杭頭をピン接合や半剛接合とする新しい杭頭接合方法（以後、杭頭半剛接合構法と総称する、図1参照）の研究開発が精力的に進められ、地震時に杭頭部や基礎梁の応力を低減し、耐震安全性向上に有利であることが明らかにされつつある。しかし、既往の研究では、主に杭頭接合部の構造性能に着目した静的な検討に留まっていることが多く（図2）、動的相互作用を考慮した構造物全体での有効性を実験的に検証したものは少ない。

本研究では、杭頭半剛接合構法による建物を対象として、杭および建屋の地震時挙動を解析並びに実験を通じて明らかにするとともに、合理的な耐震設計手法を構築することを目的とする。

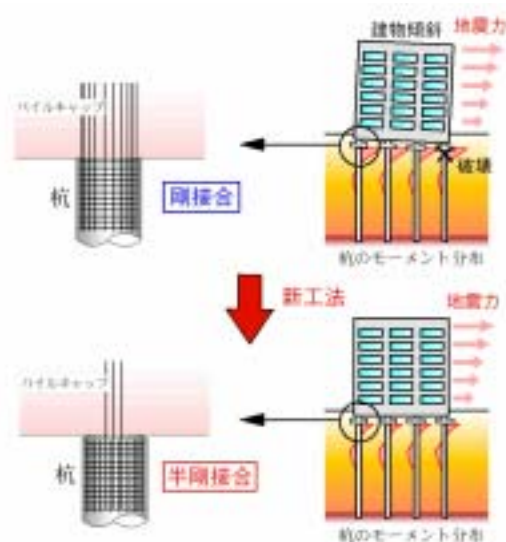


図 1 杭頭半剛接合構法の効果

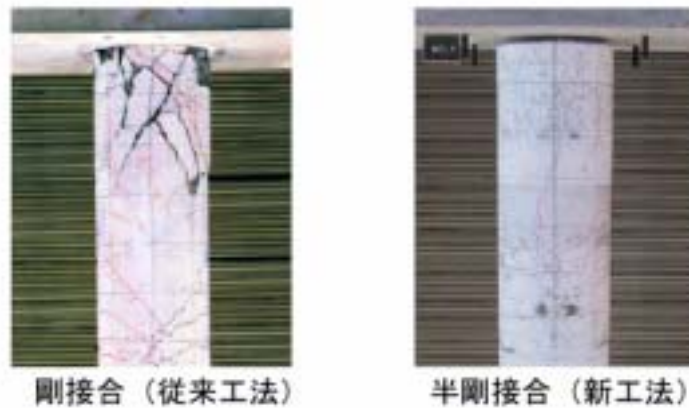


図 2 静的構造実験による検証事例

(d) 3 ヶ年の年次実施計画

表 1 に業務の全体工程を示す。

1) 平成 14 年度：

既往の研究事例に関する文献調査

杭頭接合条件を考慮した実建物の地震時挙動に関する解析的検討

2) 平成 15 年度：

模型振動実験（剛接合）

実験結果の解析的検討

杭頭接合条件を考慮した実建物の地震時挙動に関する解析的検討

3) 平成 16 年度：

模型振動実験（半剛接合）

実験結果の解析的検討

杭頭半剛接合構法を採用した構造物の耐震設計手法の構築

表 1 研究の全体概略工程

実施項目	平成14年度	平成15年度	平成16年度
1.1.文献調査	■		
1.2.建物-杭-地盤系の挙動解析	■	■	■
1.3.報告書の作成		■	
2.1.振動実験の予備解析と実験計画		■	
2.2.模型杭基礎試験体の作製		■	
2.3.杭頭剛接合試験体の振動実験		■	
2.4.報告書の作成			■
3.1.振動実験の予備解析と実験計画			■
3.2.杭頭半剛接合試験体の振動実験			■
3.3.耐震設計手法の構築			■
3.4.報告書の作成			■

(e) 平成14年度業務目的

1) 文献調査

現在提案されている杭頭半剛接合工法に関する研究論文等を収集し、これらの性能を調査する。調査結果から大都市の地震時被害の軽減に有効なものを抽出する。

2) 杭頭接合部の挙動を考慮した実建物-杭-地盤系の動的解析

杭頭接合方法、建物アスペクト比、地盤種別、入力レベルをパラメータとし、2次元 FEM による建物-杭-地盤系の地震応答解析を実施する。これにより、杭頭半剛接合構法が、杭基礎および基礎梁の地震時安全性確保に有効であることを確認するとともに、設計上留意すべき事項を抽出する。

(2) 平成14年度の成果

(a) 業務の要約

平成14年度は次の各項目を実施した。

1) 文献調査

各種の杭頭半剛接合構法に関する研究論文を収集・調査した。過去4年(1999年度~2002年度)の日本建築学会大会梗概集を対象として調査したが、いずれの年も、杭の水平抵抗に関

する分野の総論文数のうち、半数前後が杭頭接合部に関するものであった。

## 2) 杭頭接合部の挙動を考慮した実建物-杭-地盤系の動的解析

実大構造物を対象に、杭頭接合条件、地盤条件、建て屋のアスペクト比、入力地震動の大きさをパラメータとして、数値解析を実施した。解析の結果、(1)杭頭半剛接合構法により杭頭と基礎梁の応力が緩和され、設計上有利になる可能性があること、(2)杭頭条件が建て屋の応答に与える影響は小さいこと、(3)半剛接合の効果は入力地震動が大きいほど顕著であること、などが明らかになった。

## (b) 業務の実施方法

### 1) 文献調査

- a) 過去4年(1999年度～2002年度)の日本建築学会大会梗概集を対象として調査
- b) 各種構法の特徴を分析・評価

### 2) 杭頭接合部の挙動を考慮した実建物-杭-地盤系の動的解析

- a) 解析モデルの設定と解析の実施
- b) 杭頭接合条件による影響の検討
- c) 建物アスペクト比と地盤条件の影響の検討
- d) 入力地震動レベルの影響の検討

## (c) 業務の成果

### 1) 文献調査

文献調査の対象は、過去4年(1999年度～2002年度)の日本建築学会大会梗概集の杭の水平抵抗分野とし、論文総数は192編となった。このうち、半剛接合やピン接合といった新しい杭頭接合方法に関する研究論文は90編となった。いずれの年も論文総数の半数前後を占めており、杭の水平抵抗分野において、杭頭新接合方法に関する研究が最も注目されていることが分かる。この背景には、1995年の阪神大震災において杭頭の被害が多数報告され、現在主流である杭頭を剛結する接合方法の限界が示されたことにあるようである。図3に文献調査結果の概要を示す。

文献調査から、大地震時の杭基礎建物の被害を軽減するのにも有効であると思われる杭頭新接合方法を抽出した。表2に杭頭新接合法の一覧を示す。図4～図11に杭頭新接合法の概要を示す。抽出した杭頭接合法は、ピンタイプ(2種類)、半剛タイプ(5種類)、ローラータイプ(1種類)に大別され、半剛タイプが主流である。ピンタイプの特徴は、軸力に関わらず回転抵抗が殆どないことである。半剛タイプは、軸力に依存した回転抵抗を有することが特徴である。ピンタイプと半剛タイプが杭頭とパイルキャップ(建物)間のせん断力を伝達するのに対し、ローラータイプは杭頭部を滑り支障としてせん断伝達を行わないのが特徴である。また、実用化には至っていないが、杭頭に設置した鉛付きダンパーによってエネルギー吸収を行い、建物の応答低減を期待するタイプも研究が進められている。

上述した杭頭新接合方法のうち、現在、日本建築センターの一般認定を取得したものは6種類あり、場所打ち杭と既製杭に対応している。ただし、引き抜き力に対応できるものは少なく、

特に既製杭で引き抜き抵抗を有するタイプはない。

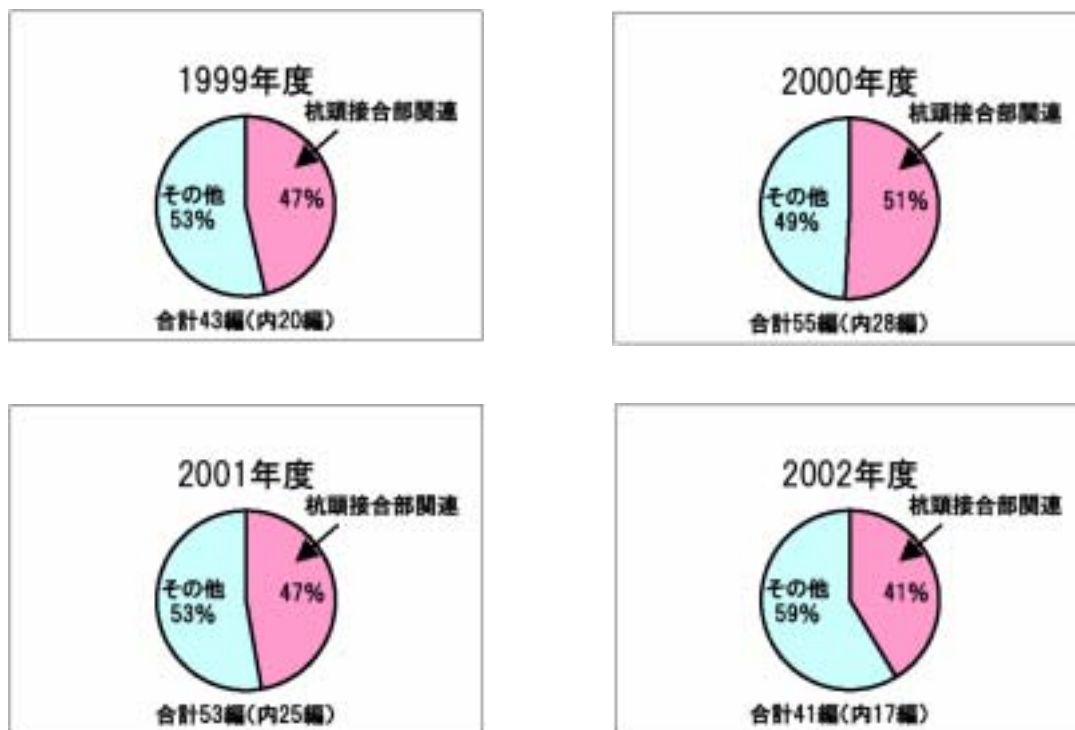


図 3 文献調査結果の概要

表 2 杭頭新接合法の一覧

工法名	タイプ	適用可能杭種		引き抜き 対応	軸力依存	認定	概要	参考文献
		場所打ち杭	既製杭					
P/R工法	ピン/ローラー	○	○	×	有	有	杭頭にゴムを用いるピン(早期)タイプと滑り材を用いるローラータイプ	1)~6)
キャップパイル工法	半剛	○	○	△	有	有	せん断力伝達用のP/Cリングを杭頭に配置、杭頭非定着	7)~10)
スーパーピン工法	ピン	○	○	△	小	有	球面支承によるピン構造	11),12)
F.T.Pile工法	半剛	○	-	○	有	有	杭頭非定着、杭頭断面縮小	13)~18)
SOHP工法	半剛	○	-	○	有	有	杭頭非定着、接地面縮小	19)
DYNACAP工法	半剛	-	○	×	有	有	杭頭に複層ゴムを積み、回転性能を向上	20)~26)
杭頭断面縮小	半剛	○	-	○	有	無	杭頭断面縮小(杭頭縮径)	27)~35)
鉛付きダンパー	半剛+エネルギー吸収	-	○	○	有	無	鉛付きスタッド鉄筋により杭頭とパイルキャップを接合	36)~44)

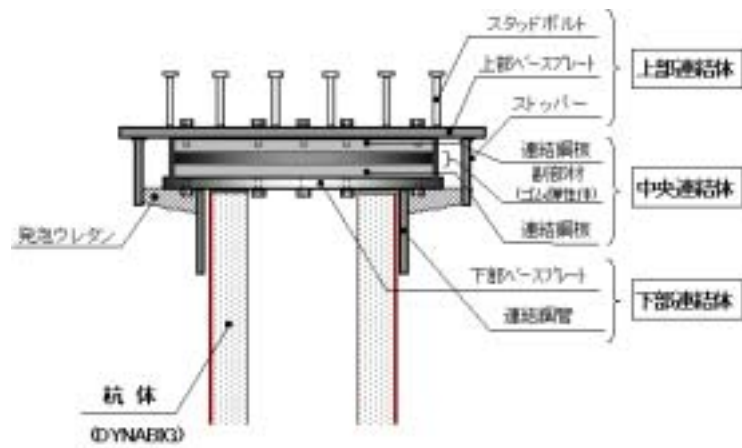


図 4 DYNACAP工法

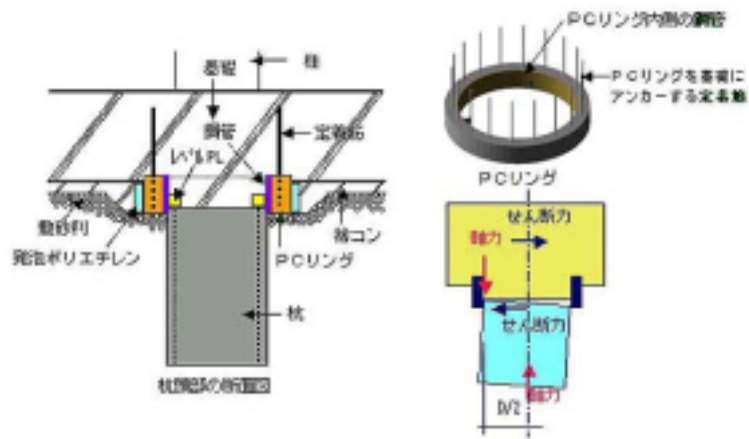


図 5 キャッピングパイル工法

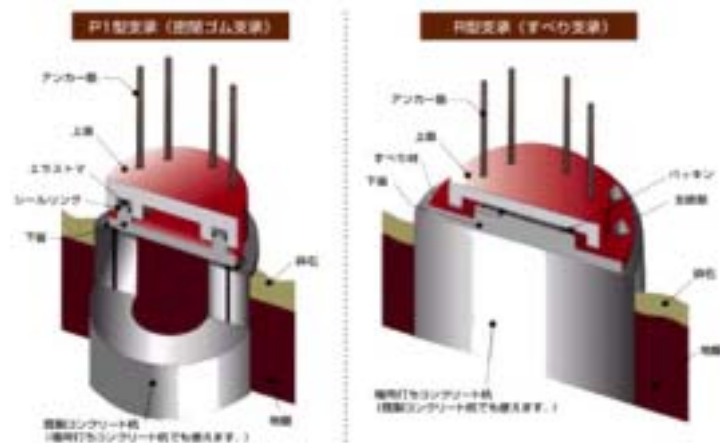


図 6 P/R工法

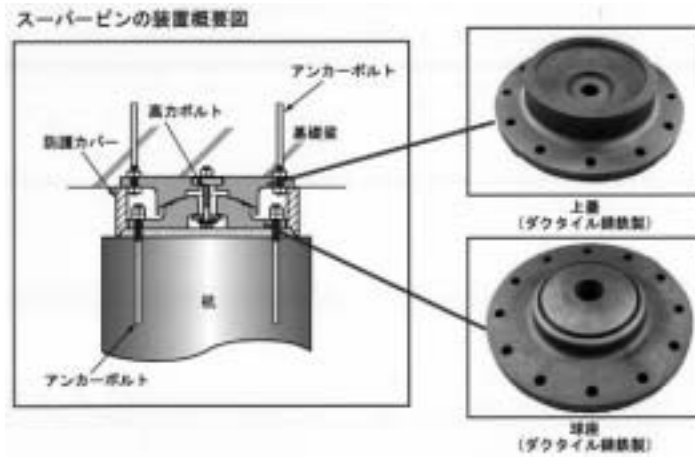


図 7 スーパーピン工法

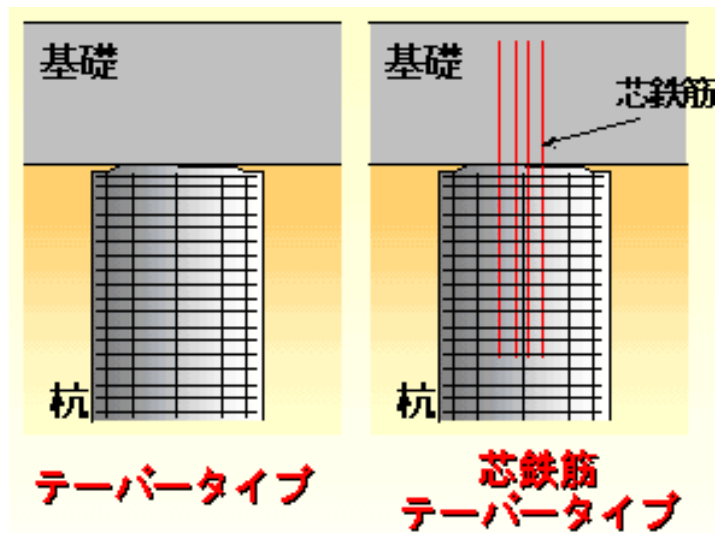


図 8 F.T.Pile工法

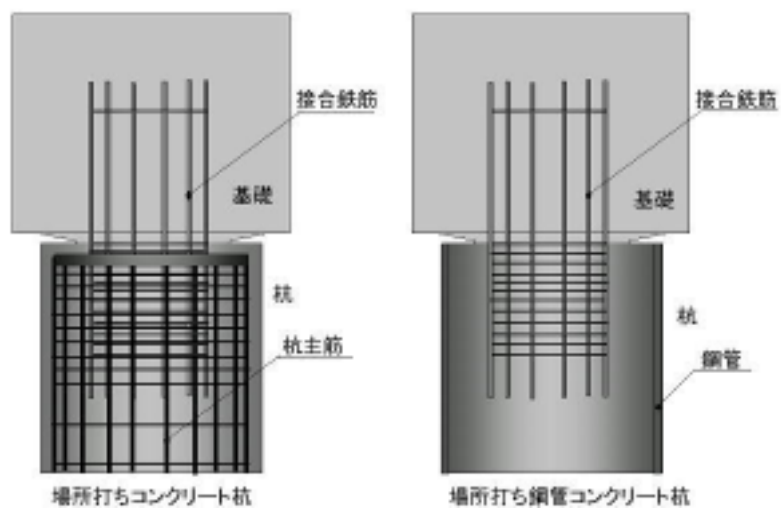


図 9 SOHP工法



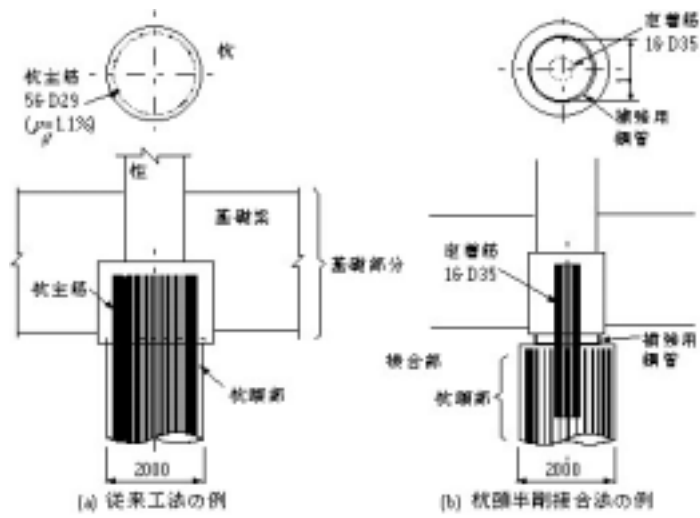


図 10 場所打ち杭の杭頭断面縮小接合

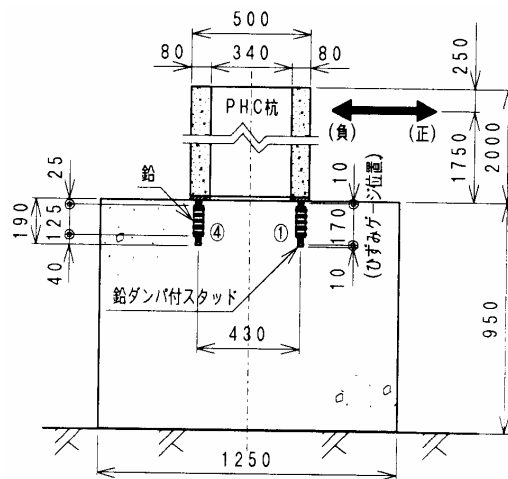


図 11 エネルギー吸収タイプ接合

2) 杭頭接合部の挙動を考慮した実建物-杭-地盤系の動的解析

a) 解析の概要

杭頭半剛接合構法を採用した実大の構造物を想定し、地盤との動的相互作用を考慮した解析を実施することによって、杭頭接合条件が、構造物の各種動的応答値に与える影響を調べた。

解析条件

解析手法は2次元有限要素法による全応力逐次解析とした。表3に解析ケースの一覧を、図12に解析モデルの例を示す。考慮したパラメータは、(1)杭頭接合条件、(2)地盤条件、(3)建屋のアスペクト比、(4)地震動の入力レベル、の4種類である。

表3 解析ケース

ケース	杭頭接合条件	地盤条件	アスペクト比	入力レベル
1	剛	軟弱	2 スパン	レベル2
2	ピン			
3	半剛			
4	剛	硬質		
5	ピン			
6	半剛			
7	剛	軟弱	8 スパン	
8	ピン			
9	半剛			
10	剛	硬質		
11	ピン			
12	半剛			
13	剛	軟弱	2 スパン	レベル1
14	ピン			
15	半剛			
16	剛	硬質		
17	ピン			
18	半剛			

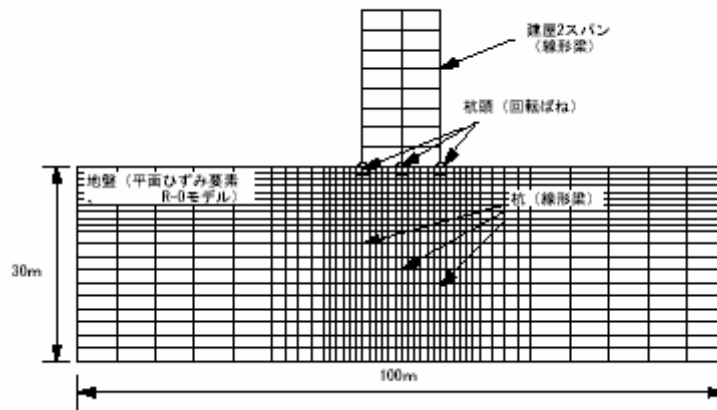


図 12 解析モデル (アスペクト比 2.0)

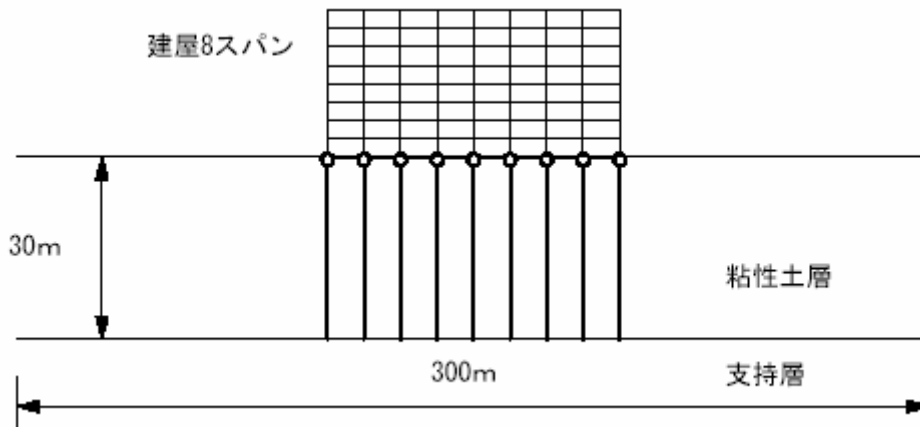


図 13 アスペクト比 0.5 のモデル概要

### 建物

建物は、8階建ての鉄筋コンクリートラーメン構造（高さ：24m、1 スパンの長さ：6 m）を想定し、図 12 のような 2 スパンモデル（アスペクト比 2.0）と図 13 のような 8 スパンモデル（アスペクト比 0.5）の 2 種類とした。1 次固有周期はいずれもほぼ 0.8 秒である。建屋および基礎梁は、杭頭における軸力変動を適切に模擬するため梁要素でフレームとしてモデル化した。本検討では、梁要素は線形（要素減衰 3%）とした。

### 杭

杭は 1600 の場所打ち杭（長期軸力 3920kN）を想定し、線形の梁要素でモデル化した。杭頭接合条件は、剛、ピン、半剛の 3 種類とした。杭頭と基礎梁の節点間に回転ばねを配し、剛接合の場合は、回転剛性（曲げモーメント-回転角関係）を無限大、ピン接合の場合はゼロとした。また、半剛接合の場合は、回転剛性を完全剛塑性の非線形弾性で規定した（図 14）。頭打ちとなる最大曲げモーメントは、長期軸力 3920kN に杭の半径 0.8m を掛けて求まる 3136kNm とした。

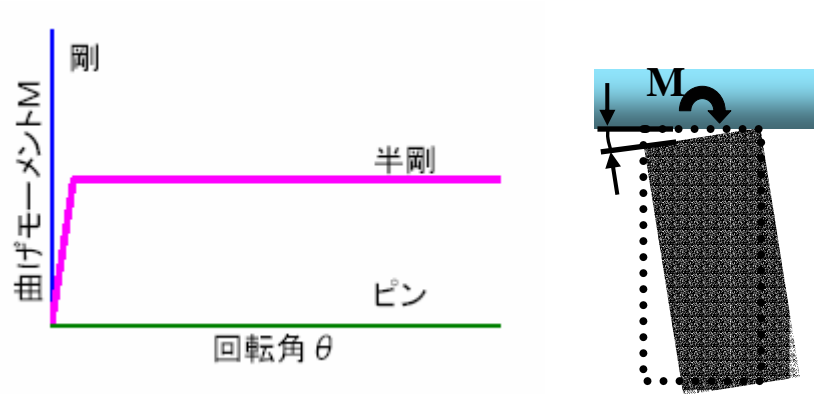


図 14 杭頭のモデル化

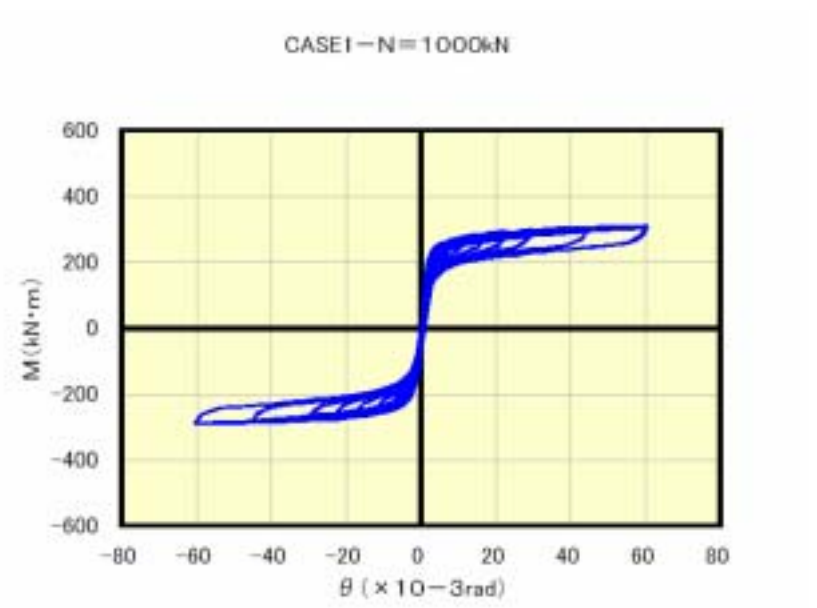


図 15 静的実験結果の例 (履歴曲線-軸力 1000 kN-)

## 地盤

地盤は、支持層深さが30mの粘性土地盤とし、剛性の違いにより2種類想定した。すなわち平均せん断波速度( $V_s$ )が100m/secの軟弱地盤と、平均 $V_s$ が200m/secの硬質地盤である。ここでは初期せん断剛性の拘束圧依存性を考慮し、初期せん断剛性の深度方向の変化をHardin-Black(1968)の式<sup>45)</sup>「 $G = 330 \frac{(2.97 - e)^2}{1 + e} (\sigma'_0)^{0.5}$ 」により評価した。想定地盤の $V_s$ の深度分布を図16に示す。地盤は平面ひずみ要素(厚さ6m)でモデル化し、修正R-Oモデル<sup>46)</sup>( $\alpha : 1.727$ 、 $\beta : 0.788$ 、 $h_{max} : 0.18$ )により非線形性を考慮している。

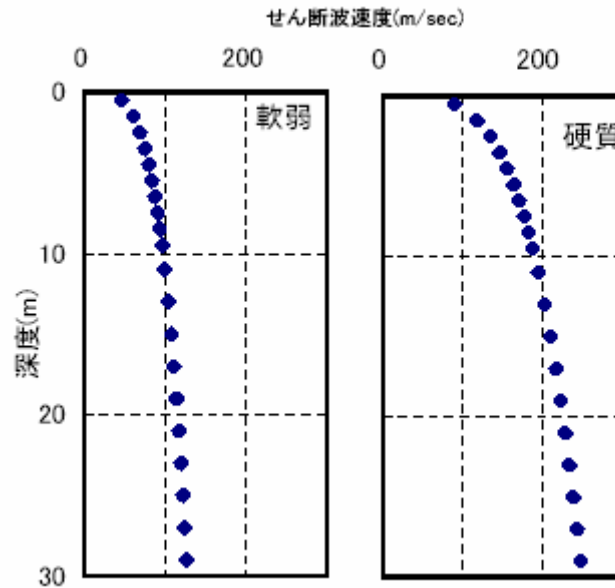


図 16 地盤条件

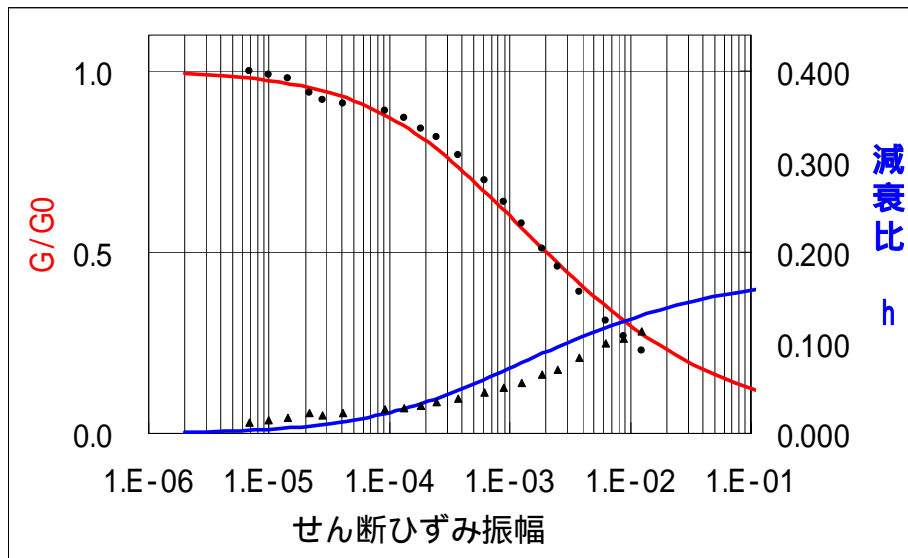


図 17 地盤の非線形性

入力地震動は、兵庫県南部地震においてポートアイランドで実測された波( GL-32m, NS 成分、  
 図 18 ) を、合成波として入力した。原波をレベル 2 とし、原波の 0.2 倍をレベル 1 として 2  
 種類の入力レベルを設定した。

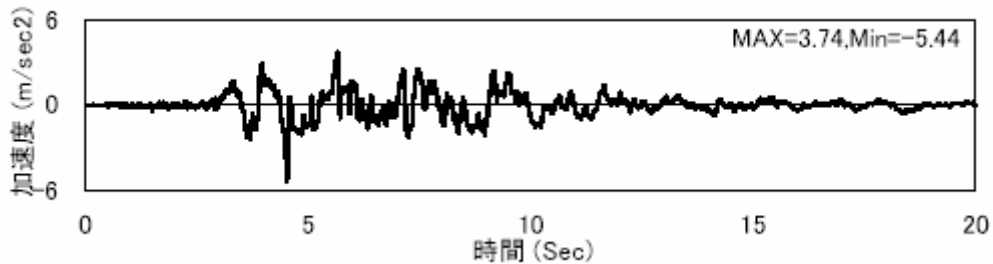


図 18 入力地震動

境界条件は、地盤の両サイドは周期境界、底面は固定とした。また、杭先端はピンとした。

b) 杭頭接合条件による影響の検討

図 19 は杭頭の曲げモーメント時刻歴を、杭頭条件別に示した例（硬質地盤、アスペクト比  
 2.0）である。剛接合の場合には、5 秒付近で長期軸力下の終局モーメント（7300kNm）を超え  
 る応力が発生している（線形要素でモデル化したため）。一方、半剛接合の場合には曲げモー  
 メントが頭打ち（3136kNm）になり、降伏モーメント（5970kNm）以下に留まっている。ピン接合  
 の場合には、杭頭モーメントは発生しない。図 20 に杭応力の最大値分布を示す。ピン接合の  
 場合には、地中部で終局モーメントを超える結果となっているが、半剛接合の場合には、地中  
 部でも剛接合とピン接合の中間的な応力となり、降伏応力は超えるものの、終局応力以下に留  
 まっている。

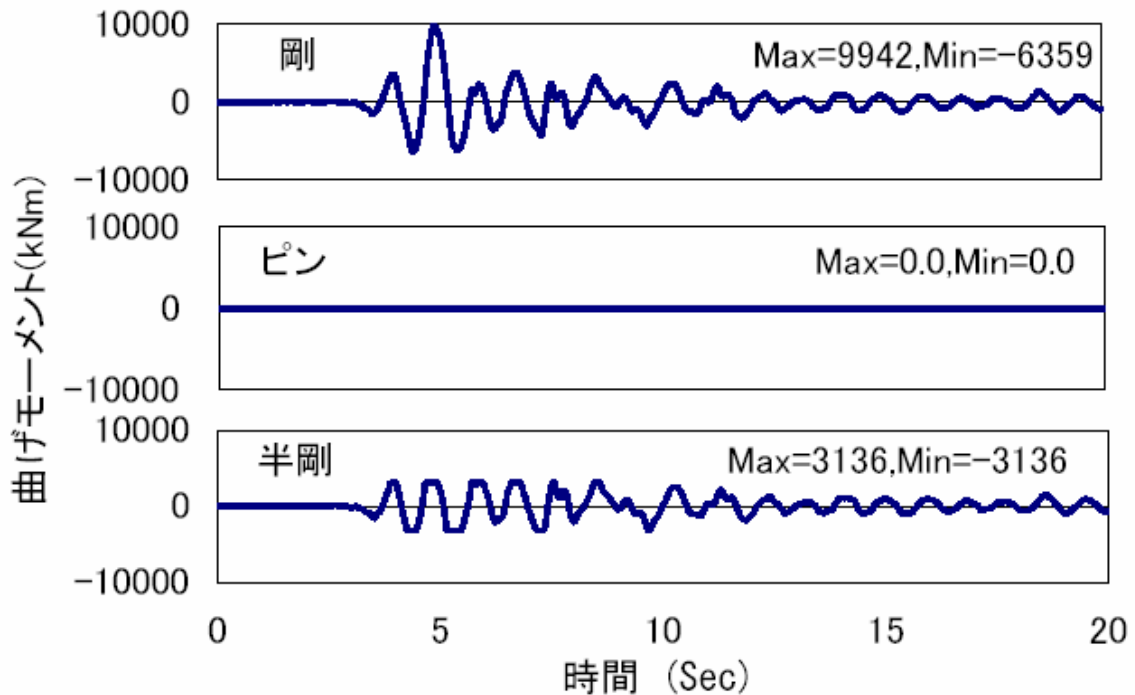


図 19 杭頭曲げモーメントの時刻歴（杭頭条件の影響）

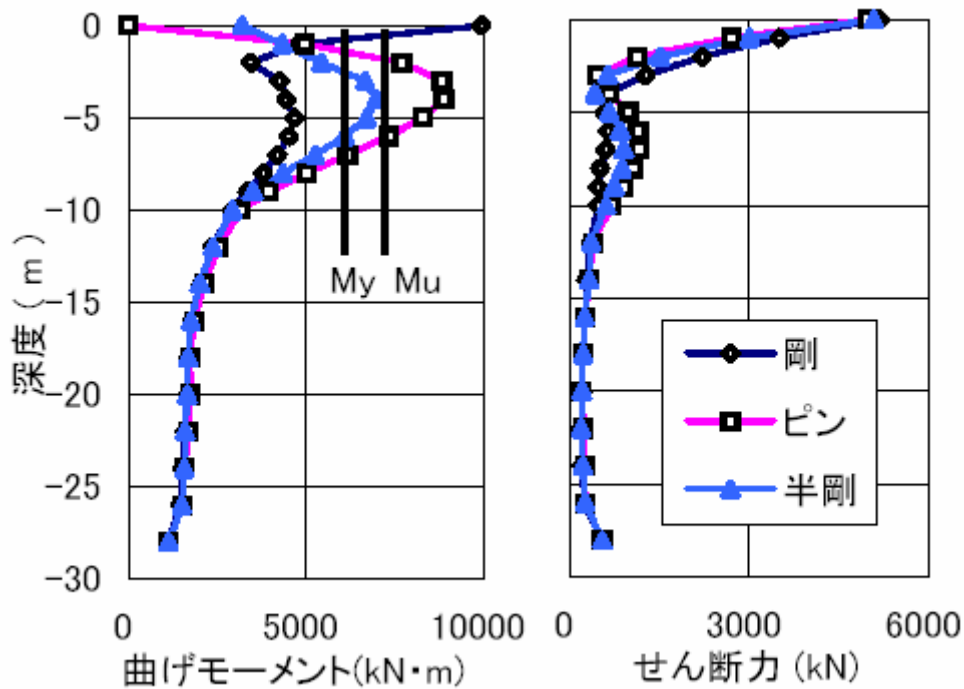


図 20 杭応力最大値の深度分布

杭頭接合条件が、各種の動的応答値にどの程度影響するかを、剛接合の最大応答値を基準として整理した例（硬質地盤、アスペクト比 2.0）を図 8 に示す。杭頭条件によって、自由地盤の変位は影響を受けないが、杭頭部の変位は、ピンで 1.11 倍、半剛で 1.07 倍となっており、杭頭固定度が低いほど大きくなることわかる。いわゆる Chang 式によると、同一の杭頭水平力に対して、ピン接合の場合は剛接合の場合の 2 倍の変位が発生することになる<sup>47)</sup>が、本検討では地震動による地盤そのものの変位の占める割合が大きく、杭頭条件の影響は相対的に小さなものとなっている。また、柱脚のせん断力（すなわち建屋の応答）は杭頭条件の影響をあまり受けていない。一方、基礎梁の曲げモーメントは、杭頭固定度の低下により、大きく低減されている。

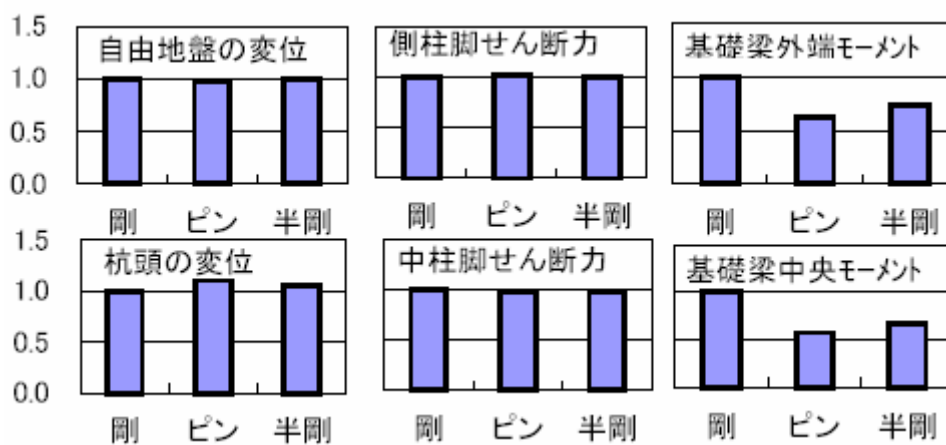


図 21 杭頭条件が各種動的最大応答値に与える影響

### 建物アスペクト比と地盤条件の影響の検討

図 22 に建物アスペクト比と地盤条件の影響度合いを見るため、基礎梁外端の曲げモーメントの低減割合を比較して示す。本検討の範囲内では、地盤は軟弱な方が、また建屋アスペクト比は小さな方が、基礎梁応力の低減効果が大きいといえる。

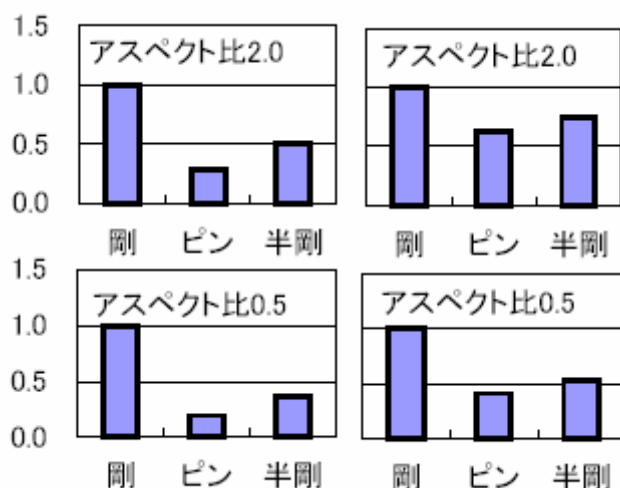


図 22 アスペクト比と地盤条件の影響

### 入力地震動レベルの影響の検討

図 23 に入力レベルの違いによる基礎梁応力の低減率の比較例を示す。ピン接合では、入力レベルによらず一定の低減効果があるが、半剛接合では、入力レベルが小さいと、その効果が限定的な場合があるといえる。

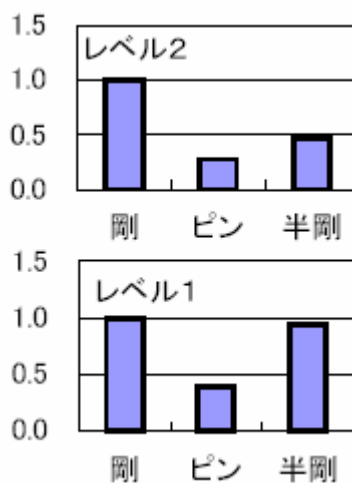


図 23 入力レベルの影響



(d) 結論ならびに今後の課題

1) 結論

- a) 杭頭半剛の場合の杭の曲げ応答は、杭頭剛の場合と杭頭ピンの場合の中間的な値となり、杭頭部、地中部ともに設計を合理化できる可能性があることが明らかとなった。
- b) 本検討の範囲内では、杭頭条件の違いは上部建物の地震時挙動に大きな影響を与えなかった。
- c) 杭頭半剛は杭頭剛に比べて基礎梁の曲げ応力を低減するが、その効果は地震動レベルが大きいかほど顕著であることが分かった。

2) 今後の課題

- a) 変動軸力を考慮した杭頭回転ばねのモデル化
- b) 杭と建屋の非線形性を考慮した検討
- c) 根入れの影響などの検討

(e) 引用文献

以下の 1) ~ 44) は、日本建築学会学術講演梗概集より引用している。

- 1) 小野ほか：杭頭新接合法 (P/R-PILE) の開発 (その 3 現場実大実験による性能の確認), 1999 年, B-1 分冊, p.537
- 2) 岩本ほか：杭頭新接合法 (P/R-PILE) の開発 (その 4 現場実大実験と解析値との比較), 1999 年, B-1 分冊, p.539
- 3) 上田ほか：杭頭新接合法 (P/R パイル工法) の開発 (その 5 : 半固定接合法 (P1 型 1 型 支承) の模型実験, 2000 年, B-1 分冊, p.777
- 4) 安田ほか：杭頭新接合法 (P/R パイル工法) の開発 (その 6 : 半固定接合法 (P1 型) の室内実大実験の概要), 2000 年, B-1 分冊, p.779
- 5) 小橋ほか：杭頭新接合法 (P/R パイル工法) の開発 (その 7 : 半固定接合法 (P1 型) の室内実大実験 杭頭接合部の変形特性), 2000 年, B-1 分冊, p.781
- 6) 小野ほか：杭頭新接合法 (P/R パイル工法) の開発 その 8 実建物に適用したローラー接合 (R 型 支承) の動的効果, 2001 年, B-1 分冊, p.387
- 7) 斎藤ほか：半固定杭頭接合法の開発 その 1 一定圧縮軸力下の接合部回転性状, 2001 年, B-1 分冊, p.433
- 8) 宮田ほか：半固定杭頭接合法の開発 その 2 簡易型接合法の回転性状と固定度, 2002 年, B-1 分冊, p.541
- 9) 小野寺ほか：半固定杭頭接合法の開発 その 3 簡易型接合法の性能確認解析, 2002 年, B-1 分冊, p.543
- 10) 宮坂ほか：半固定杭頭接合法の開発 その 4 簡易型接合法の施工例, 2002 年, B-1 分冊, p.545
- 11) 大槻ほか：球面接触部を有する杭頭接合法の開発 その 1 : 工法の概要と曲げ試験, 2001 年, B-1 分冊, p.451
- 12) 真野ほか：球面接触部を有する杭頭接合法の開発 その 2 : せん断試験, 2001 年, B-1 分冊, p.453
- 13) 藤山ほか：杭頭接合法の開発に関する実験的研究 その 1 実験概要, 2001 年, B-1

分冊 , p.459

- 14) 小林ほか：杭頭接合法の開発に関する実験的研究 その 2 実験結果と考察,2001年 , B-1 分冊 , p.461
- 15) 原ほか：主筋を基礎に定着させない場所打ちコンクリート杭の開発 その 1 実験計画および結果,2002年 , C-2 分冊 , p.187
- 16) 安田ほか：主筋を基礎に定着させない場所打ちコンクリート杭の開発 その 2 実験結果の検討,2002年 , C-2 分冊 , p.189
- 17) 村松ほか：主筋を基礎に定着させない場所打ちコンクリート杭の構造性能 その 1 静的解析による評価,2002年 , C-2 分冊 , p.191
- 18) 征矢ほか：主筋を基礎に定着させない場所打ちコンクリート杭の構造性能 その 2 動的解析による評価,2002年 , C-2 分冊 , p.193
- 19) 片岡ほか：場所打ちコンクリート杭の杭頭半剛接合に関する実験研究,2002年 , B-1 分冊 , p.515
- 20) 宮崎ほか：杭基礎の耐震性能改善の実践的研究（その 1）杭体の耐震性能改善の基本構想と実現方法,1999年 , B-1 分冊 , p.497
- 21) 大和ほか：杭基礎の耐震性能改善の実践的研究（その 2）既成杭の杭頭自由接合法の開発：(1)実大モデル実験,1999年 , B-1 分冊 , p.499
- 22) 齋木ほか：杭基礎の耐震性能改善の実践的研究（その 3）場所打ち杭の杭頭自由接合法の開発：(1)実大モデル実験,1999年 , B-1 分冊 , p.501
- 23) 國松ほか：杭基礎の耐震性能改善の実践的研究（その 4）既製杭用杭頭回転自由接合装置の実大モデル実験,2000年 , B-1 分冊 , p.633
- 24) 福田ほか：杭基礎の耐震性能改善の実践的研究（その 5）既成杭用杭頭回転自由接合装置の製作と性能評価,2000年 , B-1 分冊 , p.635
- 25) 福田ほか：杭基礎の耐震性能改善の実践的研究（その 6）既製杭用非接着型杭頭回転自由接合装置の基本性能評価, 2001年 , B-1 分冊 , p.455
- 26) 西村ほか：杭基礎の耐震性能改善の実践的研究（その 7）既製杭用非接着型杭頭回転自由接合装置の実大モデル実験,2001年 , B-1 分冊 , p.457
- 27) 大西ほか：場所打ち杭頭部の半剛接合法に関する研究（その 1）実験方法および結果の概要,1999年 , B-1 分冊 , p.541
- 28) 森山ほか：場所打ち杭頭接合部の半剛接合法に関する研究（その 2）杭頭回転ばねの評価,1999年 , B-1 分冊 , p.543
- 29) 小林ほか：場所打ち杭頭部の半剛接合法に関する研究（その 3）杭の耐震性能の試算結果,1999年 , B-1 分冊 , p.545
- 30) 大西ほか：場所打ち杭頭部の半剛接合法に関する研究（その 4）杭 基礎梁部分架構の実験方法,2000年 , B-1 分冊 , p.771
- 31) 森山ほか：場所打ち杭の杭頭半剛接合法に関する研究（その 5）杭 基礎梁部分架構の実験結果, 2000年 , B-1 分冊 , p.773
- 32) 小林ほか：場所打ち杭の杭頭半剛接合法に関する研究（その 6）鋼管の拘束効果と接合部の曲げ耐力,2000年 , B-1 分冊 , p.775
- 33) 高森ほか：場所打ち杭の杭頭半剛接合法に関する研究（その 7）杭のせん断耐力

確認実験の概要,2001年, B-1分冊, p.443

- 34) 福島ほか：場所打ち杭の杭頭半剛接合法に関する研究 (その8) 杭のせん断耐力,2001年, B-1分冊, p.445
- 35) 小林ほか：場所打ち杭の杭頭半剛接合法に関する研究 (その9) 接合部のせん断耐力,2001年, B-1分冊, p.447
- 36) 平出ほか：回転自由度の高い杭頭接合法に関する実験研究 その1 実験概要,1999年, B-1分冊, p.527
- 37) 林ほか：回転自由度の高い杭頭接合法に関する実験研究 その2 実験結果,1999年, B-1分冊, p.529
- 38) 杉村ほか：回転自由度の高い杭頭接合法に関する実験研究 その3 最終状況と実験のまとめ,1999年, B-1分冊, p.531
- 39) 津田ほか：回転自由度の高い杭頭接合法に関する実験研究 その4 杭頭接合部設計時の仮想断面に関する検討,1999年, B-1分冊, p.533
- 40) 大岩ほか：エネルギー吸収を考慮した杭頭接合法に関する実験研究 その1 エネルギー吸収計画と試験計画,2000年, B-1分冊, p.789
- 41) 持丸ほか：エネルギー吸収を考慮した杭頭接合法に関する実験研究 その2 鉛ダンパ付スタッド要素試験,2000年, B-1分冊, p.791
- 42) 平出ほか：エネルギー吸収を考慮した杭頭接合法に関する実験研究 その3 杭頭接合部試験体による水平載荷実験結果,2000年, B-1分冊, p.793
- 43) 川口ほか：エネルギー吸収を考慮した杭頭接合法に関する実験研究 その4 水平載荷実験時の鉛ダンパ付スタッドの挙動,2000年, B-1分冊, p.795
- 44) 平出ほか：エネルギー吸収を考慮した杭頭接合法に関する実験研究 その5 解析モデルによる検討,2001年, B-1分冊, p.449
- 45) 石原研而：土質動力学の基礎、鹿島出版会、p.156
- 46) 日本建築学会：入門・建物と地盤の動的相互作用、p.250
- 47) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針(2001)、p.270

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
船原英樹 青島一樹 真島正人 石崎定幸 藤井俊二	杭頭半剛接合構法を採用した 建物の地震時挙動に関する解 析的検討	2003年度日本建築学会大会 日本建築学会 東海	2003年9月 (発表予定)

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
なし	

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 15 年度業務計画案

(a) 概要

平成 15 年度は、比較的小型の模型振動実験によって剛接合と半剛接合の挙動の違いを調査し、本工法（半剛接合）の有効性を確認する計画であり、将来導入される E-ディフェンスによる実大土槽実験の基礎実験として位置づけている。

平成 14 年度に実施した実建物を対象とした解析的検討を引き続き実施し、杭頭モデルの軸力依存性、建物と杭の非線形の考慮、根入れ効果の検討を行う。

(b) 実験の目的

杭頭半剛接合建物と剛接合建物の地震時挙動の比較を行う。特に、杭頭モーメントと基礎梁のモーメントの差異、接合部の仕様が上部構造の振動特性に与える影響の有無に着目する。

(c) 模型試験体

1) 模型地盤

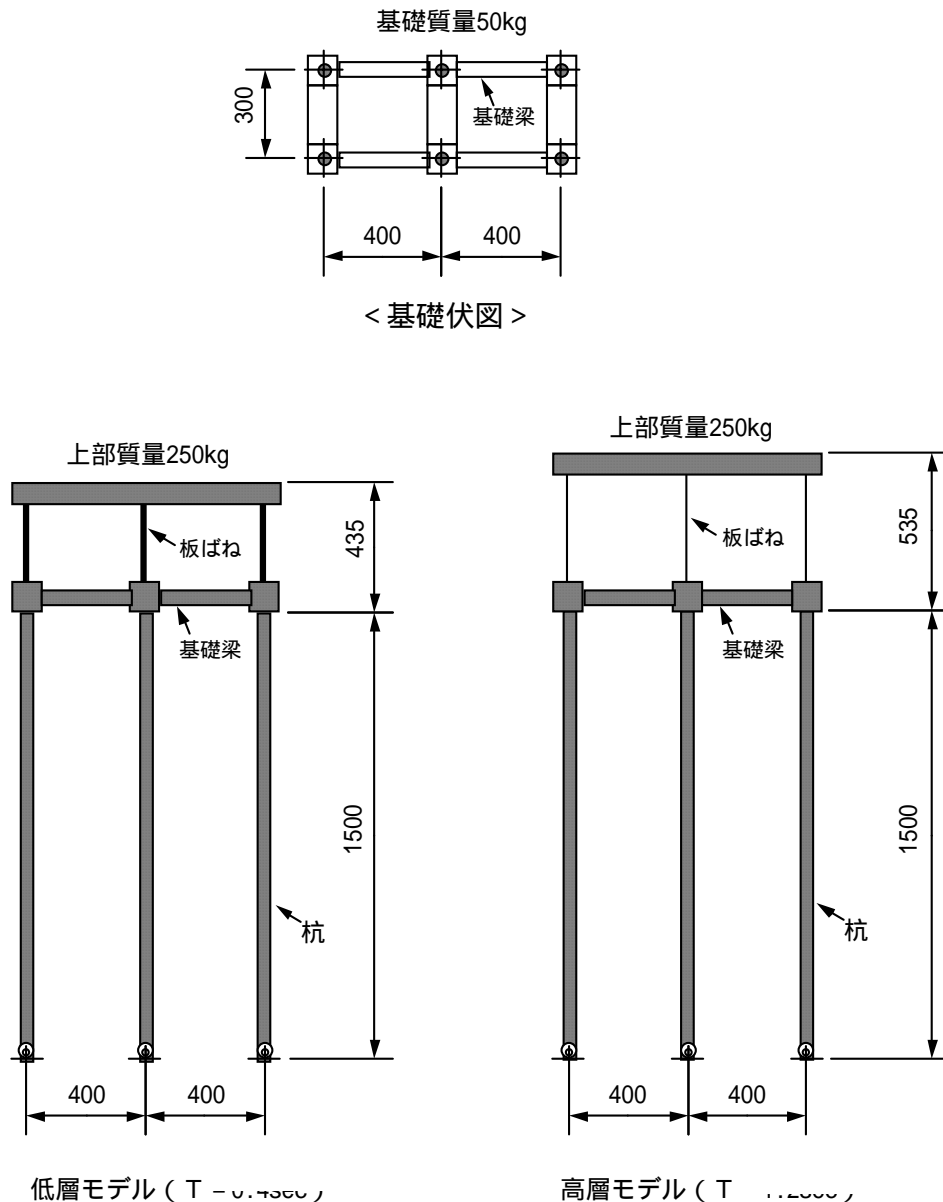
模型地盤は、珪砂を用いて作製する。実験では、同一の模型地盤を用いて複数回の加振実験を実施する計画である。加振実験毎の地盤特性の変化をできるだけ小さくするために、地盤の相対密度は 85% 程度とする。

2) 模型杭

杭頭半剛接合工法は、杭頭剛接合に比較して、杭頭モーメントを低減する工法である。ただし、その低減効果は、杭の軸力と外力（地盤剛性、杭断面、杭剛性、地震時水平力）に大きく依存することが特徴であり、模型試験体の作製においては杭頭モーメントの低減効果を実物に合わせることが最も重要となる。実物（杭）には、表層 N 値が 10 程度の地盤中にある支持杭を想定する。この支持杭の長期軸力における杭頭モーメント低減効果は、レベル 1 時に 0.6 倍、レベル 2 時に 0.4 倍程度となり、これを満足することを基本とし、上述した模型地盤を用いた場合の杭のスペック、水平力（ベースシア係数）の大きさを決定する。

3) 模型構造架構

低層建物（RC造、建物高さ20m、6階程度、 $T = 0.4\text{sec}$ ）と高層建物（S造、建物高さ40m、12階程度、 $T = 1.2\text{sec}$ ）をイメージした2種類の模型試験体を作製する。建物のスパン数は、端杭と中杭の応力状態の差異を把握するために加振方向3スパン（奥行き方向2スパン）とし、軸力変動の大きさと建物の固有周期をターゲットにスパン長、重心高さ、水平剛性、鉛直剛性を調整する。また、杭頭半剛接合による基礎梁の応力低減効果を確認するために、模型試験体には基礎梁を取り付ける。図24に模型建屋の概要を示す。



<立面図>

図 24 模型建屋の概要

(d) 実験ケース

実験パラメータを以下に示す。表 4 に実験ケースの一覧を示す。

上部構造の種類（低層モデル、高層モデル 軸力変動の大きさ、建屋の固有周期）  
外力レベル（レベル 1，2）  
上下動の有無

表 4 実験ケースの一覧

実施年度	No.	実験ケース	杭頭の仕様	建屋の種類	入力レベル	入力波	上下動
平成15年度	1	R-L-1	剛接合	低層モデル	レベル1	正弦波	無
	2	R-L-2			レベル1	地震波	無
	3	R-L-3			レベル1	地震波	有
	4	R-H-1		高層モデル	レベル1	正弦波	無
	5	R-H-2			レベル1	地震波	無
	6	R-H-3			レベル1	地震波	有
	7	R-H-4			レベル2	地震波	有
平成16年度	8	S-L-1	半剛接合	低層モデル	レベル1	正弦波	無
	9	S-L-2			レベル1	地震波	無
	10	S-L-3			レベル1	地震波	有
	11	S-H-1		高層モデル	レベル1	正弦波	無
	12	S-H-2			レベル1	地震波	無
	13	S-H-3			レベル1	地震波	有
	14	S-H-4			レベル2	地震波	有

(e) 入力地震波

実験には、正弦波の他に模擬地震動を用いる。模擬地震波（水平動）は建告 1461 号をターゲットスペクトルとして、一様乱数位相を用いた正弦波重ね合わせ法を用いて作成する。上下動は、水平動のターゲットスペクトルに（財）日本建築センター「設計用入力地震動作成手法技術指針(案)」の上下動変換係数を乗じたものをターゲットスペクトルとし、水平動と同様の方法で作成する。なお，入力倍率は，予備加振および予備解析に基づいて決定する。

(f) 測定項目

測定項目は、模型構造物と模型地盤の加速度、杭頭回転角、杭のひずみとする。