

論文 SC 杭のパイルキャップにおいて埋込み部がある場合の杭頭接合部耐力に関する実験的検討

石川 一真*1・小梅 慎平*2・岸田 慎司*3

要旨: 本研究では、SC 杭の杭頭接合方法を埋込み方式および併用方式とした場合の杭頭接合部耐力について、実大スケールの実験結果に基づく耐力式を構築した。実験のパラメータは、杭頭定着筋の仕様、埋込み長、シアスパン比、パイルキャップのコンクリート強度と補強筋の仕様、杭の偏心量、軸力である。構築した耐力式は、埋込部補強筋を特に少なくした試験体 1 体を除いて、実験結果を安全側に評価した。

キーワード: SC 杭, パイルキャップ, 埋込み方式, 併用方式, 杭頭接合部耐力, 耐力式

1. はじめに

既製コンクリート杭を用いた設計において、曲げ耐力が大きい SC 杭（外殻鋼管付き高強度コンクリート杭）を上杭に採用する場合には、杭と基礎梁および柱との間の応力伝達を行うパイルキャップにも SC 杭に見合った耐力が求められる。しかし、パイルキャップの構造性能については未解明な部分が多く、構造実験や解析が十分ではないのが現状である。

図-1 に SC 杭の杭頭接合方法の概要を示す。筆者らは、SC 杭の頭部に定着筋を取り付ける定着筋方式、杭頭部をパイルキャップに埋め込む埋込み方式、およびこれらを組み合わせた併用方式について、研究^{1)~3)}を進めてきた。

既報 1) では、定着筋方式の接合面耐力を実験的に確認した。そして、解析断面を杭と同一の円環とし、支圧効果を考慮してパイルキャップコンクリート強度とヤング係数を材料試験値の 4~5 倍にした断面解析結果が、実験結果と最も整合性があることを報告した。

また既報 2) では、3 方式の接合部耐力を実験的に確認し、併用方式の場合には、接合面耐力と埋込部耐力との累加が成り立つことを報告した。

さらに既報 3) では、埋込部部に十分な量の補強筋を配

筋し、杭側面のパイルキャップコンクリートの圧壊によって埋込部耐力が決定される場合の耐力式を報告した。ただし、補強筋の降伏によって耐力が決定される場合については報告できていなかった。

そこで本論文では、既報の試験体のうち、埋込み方式と併用方式の試験体について総括し、埋込み部の補強筋の降伏によって耐力が決定される場合を含めた統一的な耐力式を報告する。なお、紙面の都合により実験概要および実験結果については概略を述べるに留めるため、これらの詳細は既報^{1)~3)}を参照されたい。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

表-1 に試験体諸元、表-2 に鉄筋の力学的特性、表-3 にコンクリートの力学的特性を示す。また、図-2 に特徴的な試験体の配筋図を示す。試験体は、実大スケールの SC 杭、パイルキャップおよび基礎梁で構成される。試験体のパラメータは、表-1 で塗り分けた部分であり、杭頭定着筋の仕様、埋込み長、シアスパン比、パイルキャップのコンクリート強度と補強筋の仕様、杭の偏心量、軸力である。表-2(a)および表-3 の塗り分け色は、表-1 の色に対応している。

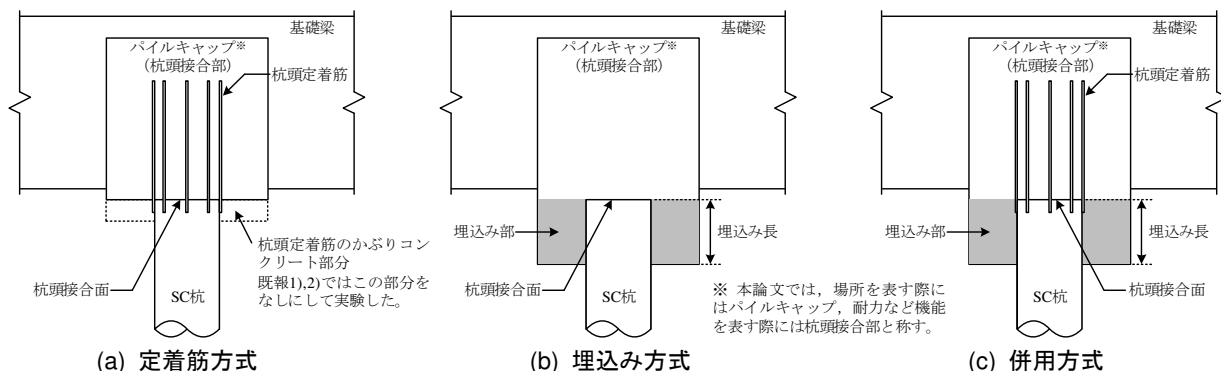


図-1 SC 杭の杭頭接合方法の概要

*1 ジャパンパイル (株) 技術企画部 副部長 博士(工学) (正会員)

*2 ジャパンパイル (株) 技術企画部 技師 博士(工学) (正会員)

*3 芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授 博士(工学) (正会員)

表－１ 試験体諸元

試験体		A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	B-3	B-4	D-1	D-2	D-3	E-1	E-2	E-3
杭		SC 杭, 杭径 $D=600$ mm, 肉厚 $t=90$ mm, コンクリート設計基準強度 $F_c=105$ N/mm ² , 鋼管板厚 $t_s=19$ mm, 鋼管材質 SKK490													
杭頭定着筋		なし	8 本-D29 (SD345)	なし	8 本-D29 (SD345)	なし		なし	8 本-D35 (SD390)	なし			なし		
定着長		—	1195 mm (41d)	—	1195 mm (41d)	—		—	1195 mm (34d)	—			—		
杭の埋込み長 h		300 mm		600 mm				600 mm		600 mm			600 mm		
水平加力点から パイルキャップ下面 までの距離 $L^{※1}$		2100 mm		1800 mm				1800 mm		1800 mm			1200 mm		
シアスパン比 $(L+h)/D$		2400/600 = 4.0		2400/600 = 4.0				2400/600 = 4.0		2400/600 = 4.0			1800/600 = 3.0		
パイル キャップ	高さ	1500 mm		1800 mm				1800 mm		1800 mm			1800 mm		
	幅 $B \times$ 幅 B コンクリート の設計基準 強度 F_c	1500×1500 mm		1500×1500 mm				1500×1500 mm		1500×1500 mm			1500×1500 mm		
		21N/mm ²		21N/mm ²				30N/mm ²		21N/mm ²	18N/mm ²	21N/mm ²	21N/mm ²		
	主筋 ^{※2}	8 本-D13 (SD345)		8 本-D13 (SD345)		8 本-D19 (SD345)		8 本-D13 (SD345)		6 本-D19 (SD345)		6 本-D19 (SD345)	8 本-D13 (SD345)	8 本-D13 (SD345)	4 本-D13 (SD345)
	立上げ筋 ^{※2}	6 組-D13 (SD345)		6 組-D13 (SD345)		6 組-D19 (SD345)		6 組-D13 (SD345)		8 組-D19 (SD345)		8 組-D19 (SD345)	6 組-D13 (SD345)	6 組-D13 (SD345)	3 組-D13 (SD345)
	外横筋	2 段-D13 (SD345)		5 段-D13 (SD345)			5 段-D19 (SD345)	5 段-D13 (SD345)		5 段-D19 (SD345)		5 段-D19 (SD345)	5 段-D13 (SD345)	5 段-D13 (SD345)	3 段-D13 (SD345)
	内横筋	2 段-D13 (SD345)		5 段-D13 (SD345)			5 段-D19 (SD345)	5 段-D13 (SD345)		5 段-D19 (SD345)		5 段-D19 (SD345)	5 段-D13 (SD345)	なし	3 段-D13 (SD345)
	一辺の寸法	694 mm		694 mm		704 mm	716 mm	694 mm		877 mm		877 mm	694 mm	—	694 mm
	帯筋	11 段-D13 (SD345)		11 段-D13 (SD345)		7 段-D13 (SD345)	7 段-D19 (SD345)	7 段-D13 (SD345)		7 段-D19 (SD345)		7 段-D19 (SD345)	11 段-D13 (SD345)	11 段-D13 (SD345)	5 段-D13 (SD345)
	はかま筋 ^{※2}	14 本-D13 (SD345)		14 本-D13 (SD345)		8 本-D19 (SD345)		8 本-D13 (SD345)		8 本-D19 (SD345)		8 本-D19 (SD345)	14 本-D13 (SD345)	14 本-D13 (SD345)	7 本-D13 (SD345)
基礎梁	幅×せい	800×1100 mm													
	主筋	上端筋, 下端筋ともに 6 本-D32(SD390)													
	あばら筋	D19(SD345)@100 mm													
杭の偏心量 e		0 mm		0 mm				0 mm		0 mm		100 mm	0 mm		
軸力		0 kN		0 kN				0 kN		正側 5000 kN 負側 0 kN		0 kN	正側 5000 kN 負側 0 kN		

※1 図-3 参照。 ※2 X 方向に配筋された鉄筋の本数を示す。Y 方向にも同数の鉄筋が配筋されている。

表－2(a) 鉄筋の力学的特性

使用部位	鉄筋種類	降伏 強度 σ_y (N/mm ²)	引張 強度 σ_u (N/mm ²)	ヤング係数 E_s ($\times 10^4$ N/mm ²)	降伏 ひずみ (μ)
杭頭 定着筋	D29(SD345)	387.8	564.9	19.30	2009
	D35(SD390)	434.6	634.2	19.48	2231
主筋 立上げ筋 外横筋 内横筋 帯筋 はかま筋	D13(SD345)	374.8	586.4	18.92	1981
	D13(SD345)	368.0	514.5	18.68	1970
	D13(SD345)	359.7	533.3	18.67	1927
	D19(SD345)	402.4	599.8	19.04	2113
	D19(SD345)	369.4	529.0	19.00	1944
	D19(SD345)	372.4	553.1	19.16	1944
	D19(SD345)	362.7	528.6	18.96	1913

表－2(b) 鉄筋の力学的特性

使用部位 鉄筋種類	試験体	降伏 強度 σ_y (N/mm ²)	引張 強度 σ_u (N/mm ²)	ヤング係数 E_s ($\times 10^4$ N/mm ²)	降伏 ひずみ (μ)
基礎梁 主筋	A-5, A-6, A-7 A-8, B-3, B-4	453.4	648.3	19.24	2357
	A-9, A10 D-1, D-2	453.7	644.0	19.39	2340
	E-1	446.0	651.5	19.22	2320
	D-3, E-2 E-3	444.8	631.4	19.09	2330
基礎梁 あばら筋	A-5, A-6, A-7 A-8, B-3, B-4	395.4	581.4	19.09	2071
	A-9, A10 D-1, D-2, E-1	402.4	599.8	19.04	2113
	D-3, E-2 E-3	372.4	553.1	19.16	1944

2.2 荷装置置概要

図－3 に荷装置置図を示す。実際の杭, パイルキャップおよび基礎梁とは上下を反転させて, 試験体を荷装置置に設置し, 基礎梁を反力床に緊結した。杭頭接合面位置の曲げモーメントの計算式を式(1)に示す。

$$M = P \cdot (L + h) + N \cdot \delta_H \quad (1)$$

表－3 パイルキャップコンクリートの力学的特性

試験体	設計基準 強度 F_c (N/mm ²)	圧縮強度 σ_B (N/mm ²)	ヤング係数 E_c ($\times 10^4$ N/mm ²)	割裂引張 強度 σ_t (N/mm ²)	圧縮強度時 ひずみ (μ)
A-5	21	25.8	2.50	2.07	2018
A-6	21	25.8	2.18	2.19	2145
A-7	21	24.3	2.14	2.27	2042
A-8	21	22.9	2.35	2.07	1856
A-9	21	27.1	2.45	2.46	2088
A-10	21	27.3	2.51	2.26	2236
B-3	30	31.8	2.66	2.41	1890
B-4	30	35.7	2.95	2.45	2038
D-1	21	27.3	2.86	2.53	2007
D-2	18	18.9	2.30	1.98	1979
D-3	21	21.5	2.35	1.82	1831
E-1	21	27.8	2.59	2.44	2281
E-2	21	23.0	2.76	2.10	1653
E-3	21	24.5	2.38	2.14	1999

ここに, M : 杭頭接合面位置の曲げモーメント, P : 水平力, L : 水平加力点からパイルキャップ下面までの距離, h : パイルキャップ下面から杭頭接合面までの距離, N : 軸力, δ_H : 鉛直ジャッキと加力治具との接続位置の水平変位とする。

2.3 実験計画

本実験は, 回転角 θ にて制御を行う漸増変位正負交番繰返し载荷とした。回転角 θ は SC 杭の側面に設置した変位計を用いて式(2)より求めた。

$$\theta = (\delta_{V1} - \delta_{V2}) / L_V \quad (2)$$

ここに, δ_{V1} , δ_{V2} : パイルキャップ下面近傍の SC 杭の鉛直変位, L_V : 変位計の設置間距離 (図－2(a) の A-A 断面参照) とする。

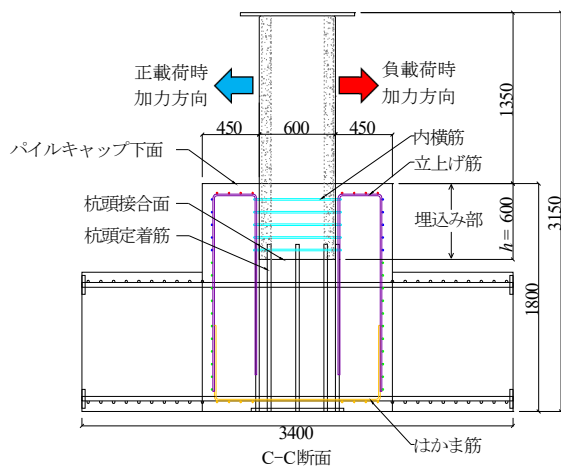
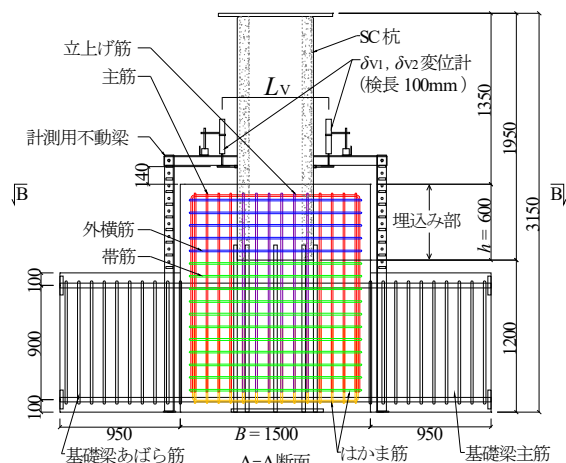


図-2(a) 試験体 A-8 の配筋図

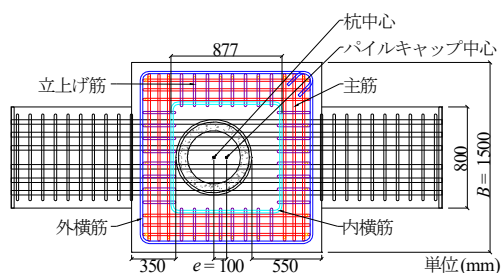


図-2(b) 試験体 D-3 の配筋図

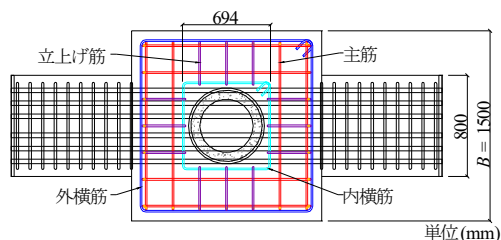


図-2(c) 試験体 E-3 の配筋図

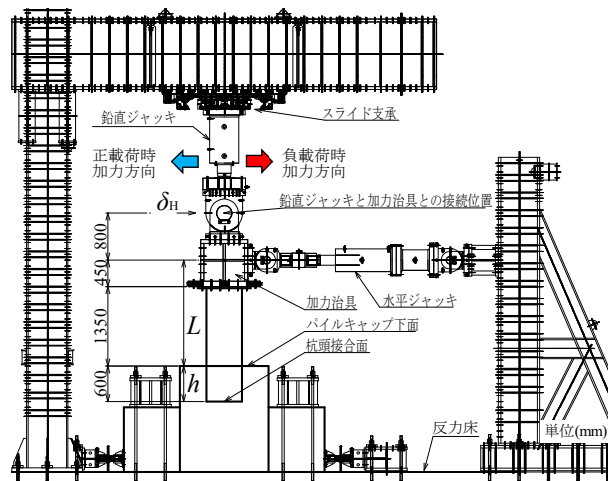


図-3 載荷装置図 (試験体 A-8 設置時)

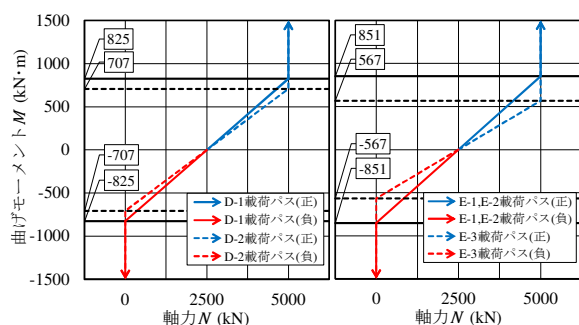


図-4 変動軸力を作用させた試験体の載荷パス

変動軸力を作用させた試験体の載荷パスを図-4 に示す。軸力一定領域で試験体の最大耐力が発揮されるように、載荷パスの折れ点の曲げモーメントを定めた。

3. 実験結果

3.1 杭頭接合面位置の曲げモーメント-回転角関係

杭頭接合面位置の曲げモーメント-回転角関係を図-5 に示す。実験は $\pm 80/1000$ rad まで加力したが、ここでは $\pm 40/1000$ rad までの骨格曲線を示した。

曲げモーメントが概ね一定値になった時として、回転角が $\pm 20/1000$ rad 時の曲げモーメントを終局耐力の実験値として採用し、5章の表-4 に示す。なお、杭頭定着筋がなく、軸力もない場合は埋込部耐力 $_{exp}M_{\beta u}$ が測定され、杭頭定着筋がある場合および杭頭定着筋がなくとも軸力がある場合は、接合面耐力と埋込部耐力の和としての接合部耐力 $_{exp}M_{\gamma u}$ が測定される。

3.2 パイルキャップの崩壊形

実験で顕著に観察された崩壊形を図-6 に示す。崩壊形 g は杭周辺のコンクリートが圧壊するもの、崩壊形 b は加力前面の埋込部 (A 部) が基礎梁の上に乗り上げるもの、崩壊形 i は A 部が円形の杭によって押し広げられるものである。なお、崩壊形 b と i は複合して発生した。また、崩壊形 g と b は既往研究⁷⁾でも報告されている。

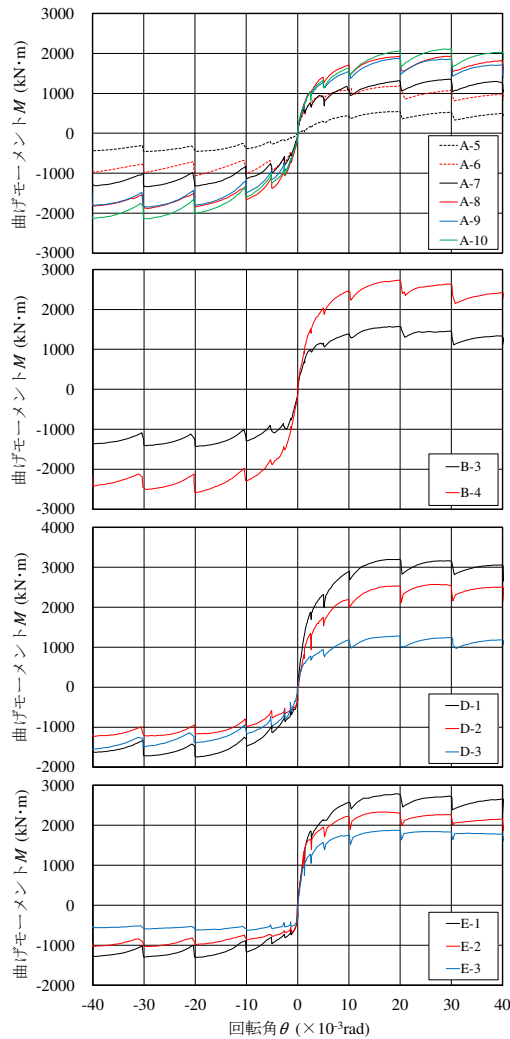


図-5 杭頭接合面位置の曲げモーメント-回転角関係

4. 耐力式の構築

杭頭接合部の耐力は、接合面耐力と埋込部耐力との和であるため、図-7 および図-8 に示すようにそれぞれを分離して考える。ここで、埋込部耐力は崩壊形 g および bi の耐力の小さい方とし、曲げモーメントの評価位置を杭頭接合面とする。

$$calM_{\gamma u} = calM_{au} + calM_{\beta u} \quad (3.1)$$

$$calM_{\beta u} = M_{3u} = \min\{gM_{3u}, biM_{3u}\} \quad (3.2)$$

$$gM_{3u} = gQ_{tu} \cdot (L + h) \quad (3.3)$$

$$biM_{3u} = biQ_{tu} \cdot (L + h) \quad (3.4)$$

ここに、

$calM_{au}$: 接合面の終局曲げ耐力 (N・mm) ($calM_{au}$ の算出方法は既報 1), 3) を参照されたい。)

$calM_{\beta u}$: 埋込み部の終局曲げ耐力 (N・mm)

$calM_{\gamma u}$: 接合部の終局曲げ耐力 (N・mm)

M_{3u} : 埋込み部が破壊する時の曲げモーメント (N・mm)

gM_{3u} : 崩壊形 g が発生する時の曲げモーメント (N・mm)

biM_{3u} : 崩壊形 bi が発生する時の曲げモーメント (N・mm)

gQ_{tu} : 崩壊形 g が発生する時の加力点水平力 (N)

biQ_{tu} : 崩壊形 bi が発生する時の加力点水平力 (N)

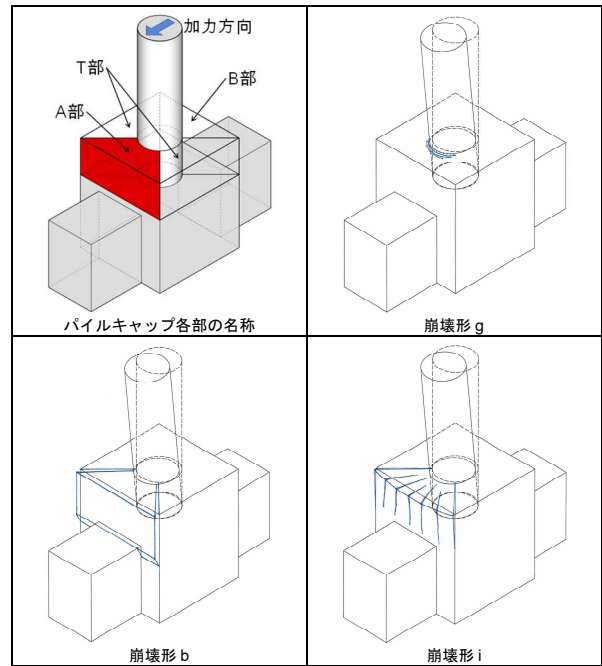


図-6 パイルキャップの崩壊形

4.1 崩壊形 g

図-7 に示すように、埋込み長 h の半分の点に作用するせん断力 Q_2 と曲げモーメント M_2 を考え、式(4.1)を得る。直応力度 $\sigma_s + \sigma_m$ がパイルキャップコンクリートの支圧強度に達すると崩壊形 g が発生すると考える。支圧係数 ϕ_{ch} は図-9 を参照し、式(4.3)または式(4.4)で求める。

$$gQ_{tu} = (\sigma_s + \sigma_m) \cdot \frac{D \cdot h^2}{6L + 4h} \quad (4.1)$$

$$\sigma_s + \sigma_m = \phi_{ch} \cdot \sigma_B \quad (4.2)$$

$$\phi_{ch} = \sqrt{(B - 2t)/D} \quad (4.3)$$

$$\phi_{ch} = \sqrt{(B - 2e - 2t)/D} \quad (4.4)$$

ここに、

D : 杭径 (mm)

σ_s : Q_2 による直応力度 (N/mm²)

σ_m : M_2 による直応力度 (N/mm²)

ϕ_{ch} : 水平方向の支圧係数

σ_B : パイルキャップコンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

B : パイルキャップの幅 (mm)

t : 外横筋のコンクリートかぶり厚 (mm)

e : 杭の偏心量 (mm)

4.2 加力点水平力 Q_{tu} とてこ力 R_1

式(4.1)を変形して、加力点水平力 Q_{tu} とてこ力 R_1 の関係式(5.1)を得る。てこ力 R_1 によって崩壊形 bi が発生する。

$$biQ_{tu} = R_1 \cdot \frac{3h(2L + h)}{(3L + 2h)^2} \quad (5.1)$$

$$R_1 = Q_{su} + Q_{du} \quad (5.2)$$

ここに、

R_1 : てこ力 (N)

Q_{su} : A 部のせん断耐力 (崩壊形 b) (N)

Q_{du} : A 部の押し出し耐力 (崩壊形 i) (N)

4.3 崩壊形 b

図-10 に示すせん断破壊面を仮定し、A 部のせん断耐力を式(6.1)で求める。コンクリートのせん断強度は告示式で求め、せん断破壊面を横切る立上げ筋のダウエル効果を考慮した。

$$Q_{su} = \tau \cdot A_s + (f_u/\sqrt{3}) \cdot a_u \cdot n_u \quad (6.1)$$

$$\tau = 3 \times (0.49 + \sigma_B/100) \quad (6.2)$$

$$A_s = (C + D) \cdot C \quad (6.3)$$

$$A_s = (C - e + D) \cdot (C - e) \quad (6.4)$$

$$A_s = (C + D) \cdot C + e \cdot B \quad (6.5)$$

ここに、

τ : コンクリートのせん断強度 (N/mm²)

f_u : 立上げ筋の降伏強度 (N/mm²)

a_u : 立上げ筋 1 本の断面積 (mm²)

n_u : 立上げ筋の有効本数 (本)

A_s : 想定破壊面の面積 (mm²)

C : へりあき (mm)

4.4 崩壊形 i

図-11 に示すストラット・タイにより水平方向の補強筋が降伏すると仮定し、A 部の押し出し耐力を式(7.1)で求める。なお、既報 4) に示したように、実験においては補強筋のひずみゲージの値が降伏ひずみに到達しない場合もあった。しかし、既報 6) に示す FEM 解析では、ひずみゲージ貼付け箇所以外で補強筋が降伏したこと、および文献 8) の光ファイバーセンサを用いた実験では、鉄筋のひずみ値はひび割れ位置で局所的に増えることが示されていることから、太いひび割れが発生した箇所の補強筋は降伏していると考えた。

$$Q_{du} = \sqrt{2} \times C_d = 2 \times T_{dx} = P_m + P_{ho} + P_{hi} \quad (7.1)$$

$$P_m = f_m \cdot a_m \cdot n_m \quad (7.2)$$

$$P_{ho} = f_{ho} \cdot a_{ho} \cdot n_{ho} \quad (7.3)$$

$$P_{hi} = f_{hi} \cdot a_{hi} \cdot n_{hi} \quad (7.4)$$

ここに、

C_d : 加力方向から斜め 45° 方向の圧縮分力 (N)

T_{dx} : X 方向の引張分力 (N)

P_m : X 方向の主筋の降伏荷重 (N)

f_m : 主筋の降伏強度 (N/mm²)

a_m : 主筋 1 本の断面積 (mm²)

n_m : 主筋の有効本数 (本)

P_{ho} : X 方向の外横筋の降伏荷重 (N)

f_{ho} : 外横筋の降伏強度 (N/mm²)

a_{ho} : 外横筋 1 本の断面積 (mm²)

n_{ho} : 外横筋の有効本数 (本)

P_{hi} : X 方向の内横筋の降伏荷重 (N)

f_{hi} : 内横筋の降伏強度 (N/mm²)

a_{hi} : 内横筋 1 本の断面積 (mm²)

n_{hi} : 内横筋の有効本数 (本)

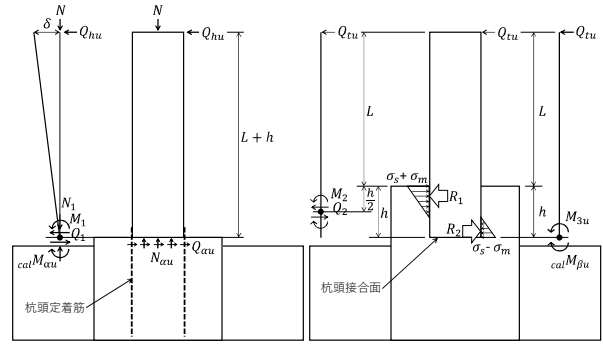


図-7 接合部耐力と埋込部耐力の考え方

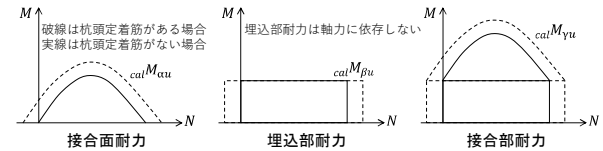


図-8 終局曲げ耐力の累加

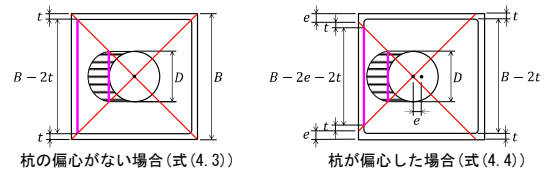


図-9 崩壊形 g

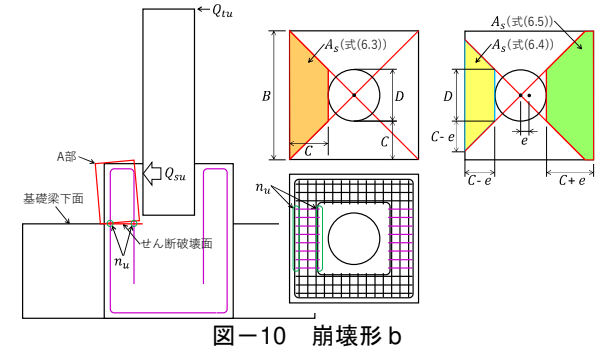


図-10 崩壊形 b

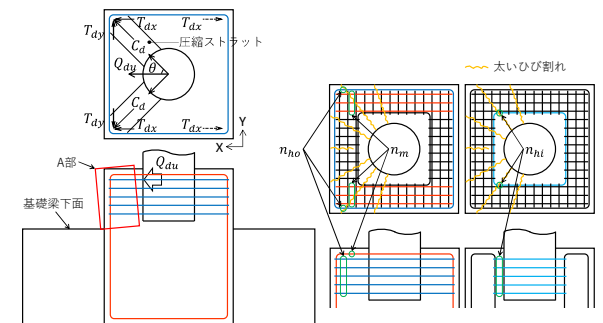


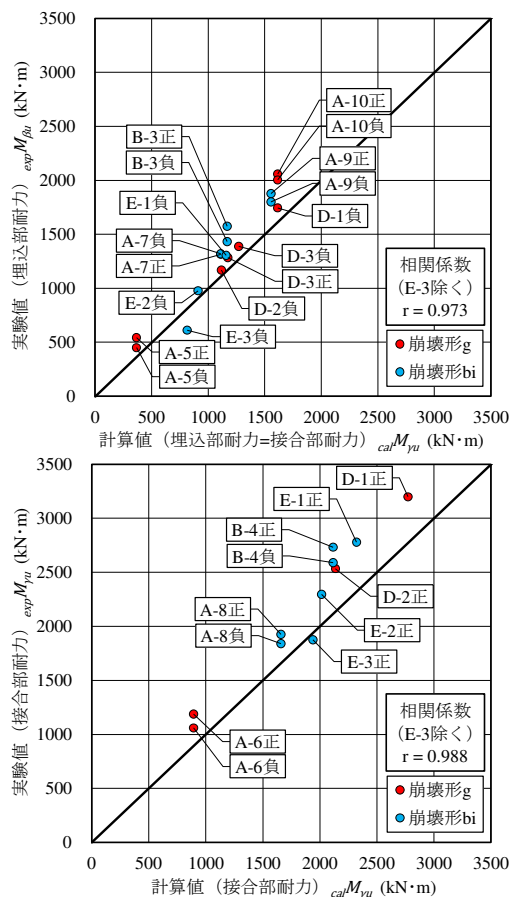
図-11 崩壊形 i

5. 耐力式の妥当性確認

耐力式による計算値を表-4 に示し、実験値との比較図を図-12 に示す。図-12 は、埋込部耐力 $exp M_{\beta u}$ が測定された試験体と接合部耐力 $exp M_{\gamma u}$ が測定された試験体とに分けて示した。4 章に示した耐力式は、試験体 E-3 を除いて、実験結果を精度良く安全側に評価した。試験体 E-3 は埋込部補強筋を特に少なくした試験体であり、耐力式の適用についてはさらなる検討が必要である。

表－４ 実験値と計算値

試験体	実験値 (kN・m)						計算値 (kN・m)								比率			
	埋込部耐力			接合部耐力			接合面耐力		埋込部耐力 $calM_{\beta u}$				接合部耐力		埋込部耐力		接合部耐力	
	$expM_{\beta u}$			$expM_{\gamma u}$			$calM_{\alpha u}$		gM_{3u}		biM_{3u}		$calM_{\gamma u}$		$expM_{\beta u}/calM_{\gamma u}$		$expM_{\gamma u}/calM_{\gamma u}$	
	正側	負側		正側	負側		正側	負側	正側	負側	正側	負側	正側	負側	正側	負側	正側	負側
A-5	544	450					0	0	365	365	439	439	365	365	1.49	1.23		
A-6				1187	1058		555	555	336	336	433	433	891	891			1.33	1.19
A-7	1315	1320					0	0	1437	1437	1111	1111	1111	1111	1.18	1.19		
A-8				1926	1840		554	554	1354	1354	1103	1103	1657	1657			1.16	1.11
A-9	1878	1800					0	0	1602	1602	1555	1555	1555	1555	1.21	1.16		
A-10	2058	2004					0	0	1614	1614	2088	2088	1614	1614	1.28	1.24		
B-3	1575	1433					0	0	1880	1880	1168	1168	1168	1168	1.35	1.23		
B-4				2733	2590		925	925	2111	2111	1191	1191	2116	2116			1.29	1.22
D-1		1745		3200			1158	0	1614	1614	2103	2103	2772	1614		1.08	1.15	
D-2		1169		2535			1019	0	1117	1117	2054	2054	2136	1117		1.05	1.19	
D-3	1284	1388					0	0	1174	1271	1847	2103	1174	1271	1.09	1.09		
E-1		1304		2781			1162	0	1695	1695	1159	1159	2321	1159		1.13	1.20	
E-2		978		2297			1104	0	1402	1402	910	910	2014	910		1.07	1.14	
E-3		613		1876			1125	0	1494	1494	814	814	1939	814		0.75	0.97	



図－12 実験値と計算値の比較

6. まとめ

本研究では、SC 杭の杭頭接合方法を埋込み方式および併用方式とした場合の杭頭接合部耐力について、実大スケールの実験結果に基づく耐力式を構築した。耐力式は、埋込部補強筋を特に少なくした試験体 E-3 を除いて、実験結果を安全側に評価した。

本論文で報告した耐力式の適用範囲は、本報で示した実験の範囲に限られる。すなわち、1 つのパイルキャップに 1 本の杭が付く 1 柱 1 杭形式であり、かつパイルキャップの両側面に基礎梁が付く中柱形式であり、さらに

パイルキャップの幅が杭径の 2.5 倍であり、そして埋込み部の補強筋の配筋方法およびその鉄筋量が試験体 E-3 を除いた本報の範囲の場合にのみ、耐力式は適用できる。上記以外の場合については、今後の検討課題である。

参考文献

- 1) 小梅慎平, 石川一真, 岸田慎司: SC 杭のパイルキャップにおける杭頭接合部耐力に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.45, No.2, pp.547-552, 2023
- 2) 小梅慎平, 石川一真, 岸田慎司: SC 杭のパイルキャップにおける埋込み部耐力に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.46, No.2, pp.421-426, 2024
- 3) 小梅慎平, 石川一真, 岸田慎司: SC 杭のパイルキャップにおいて十分な量の補強筋を配筋した場合の埋込み方式の杭頭接合部耐力に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.47, No.2, pp.655-660, 2025
- 4) 小梅慎平, 石川一真, 岸田慎司: SC 杭のパイルキャップにおいてコンクリートと補強筋との関係が埋込み部耐力に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, Vol.90, No.832, pp.723-734, 2025.6
- 5) 栗原菜月, 小梅慎平, 石川一真, 岸田慎司: SC 杭を使用した場合のパイルキャップにおける埋込み部耐力に関する実験的検討—シアスパン比と補強筋量の影響—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 構造IV, pp.443-444, 2025.9
- 6) 松倉 寛, 石川一真, 小梅慎平: SC 杭を使用したパイルキャップに関する解析的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 構造IV, pp.445-446, 2025.9
- 7) 桐原英秋, 牧野俊雄, 棚橋秀光, 秋山 宏: 鋼管く基礎接合部の終局耐力と変形能力, 日本建築学会構造系論文報告集, No.366, pp.132-141, 1986.8
- 8) 十川貴行, 曾我部直樹, 平 陽兵: 残留ひび割れ幅に基づく RC 梁部材の損傷評価に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.46, No.2, pp.139-144, 2024