

PC壁体継手部の静的曲げ耐荷性能に関する実験報告

オリエンタル建設㈱ ○正会員 渡瀬 博
 オリエンタル建設㈱ 正会員 工修 阿部 浩幸
 オリエンタル建設㈱ 正会員 佐藤 祐輔
 オリエンタル建設㈱ 正会員 松崎 睦彦

1. はじめに

「PC壁体」とは、円柱状の中空を有した正方形断面の杭を、壁状に一列に連続して配置する土留め構造物用プレキャストコンクリート部材である。鋼矢板に比べ部材変位が小さく、防振効果もあり、これまで擁壁・護岸・調整池・橋台・防振壁・造成・水路など様々な構造物に用いられてきた。運搬の制約上、杭単体の長さは制限されるが、端部の鉄板を溶接接合することで長尺の構造物にも対応できる。杭の継手部には、標準部と同等の性能を求められるが、諸性能を満足するには部材端部のプレストレスロスや端部座板とコンクリートとの界面の開きを制御することが必要不可欠となる。これを満足した（遠心締め固め+ボタンヘッド定着による）既存工法に対して、本報告では遠心締め固めを行わないでナット定着した新しいタイプのPC壁体を提案し、その実験結果について報告する。

2. 実験概要

2. 1 試験体

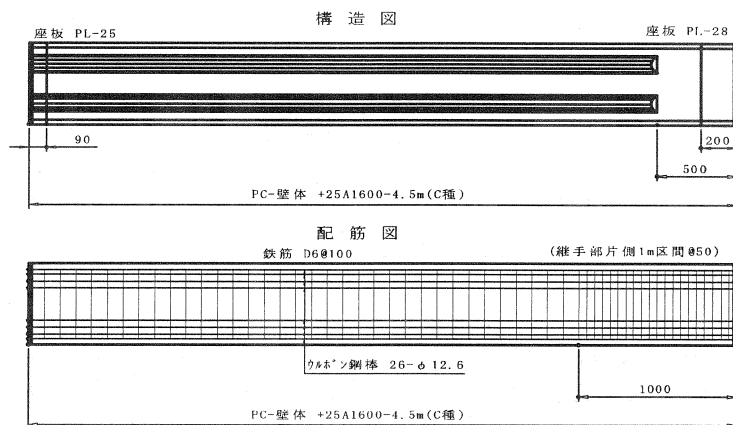


図1 構造一般図

試験体は□600-C種を想定したもので一辺が600、φ400の中空を有する正方形断面に対して、プレストレス量を $10\text{N}/\text{mm}^2$ とした。接合端部は、プレストレスのロスや曲げ荷重によるPC鋼材の付着切れから、鋼材の伸び量が端板とコンクリートの付着界面の開きとなることが予想される。ここではプレストレスのロスを最小限に抑えるよう、異形PC鋼材をナットで定着した。また界面の開きを制御するため、以下に示す3種類の異なる補強方法の試験体を各1体ずつ製作した。試験体一般図を図1に、端部補強の詳細をそれぞれ図2～4に示す。また、ここでは境界部の状態を観察しやすいようType1, Type3については補強バンドを取り付けずに製作した。

Type1は先端をネジ切加工した鉄筋を端板にネジ定着したもので、PC鋼材に比べ付着が良好な鉄筋を補強することで端板とコンクリートの開きを抑制されると考えられる。

Type 2は、端板外周にバンド状に溶接された薄鉄板に、閉塞した鉄筋を溶接することで、閉塞鉄筋内のコンクリートを拘束し、コンクリートのせん断で端板とコンクリートとの開きを抑制すると考えられる。

Type 3は曲げモーメント作用時に PC 鋼材が附着切れを起こさないよう、図 4 に示すように端板の内側に定着用のナットを追加配置する方法を採用した。

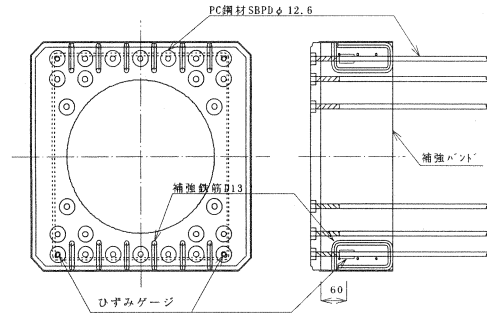


図3 バンド鉄筋補強 (type2)

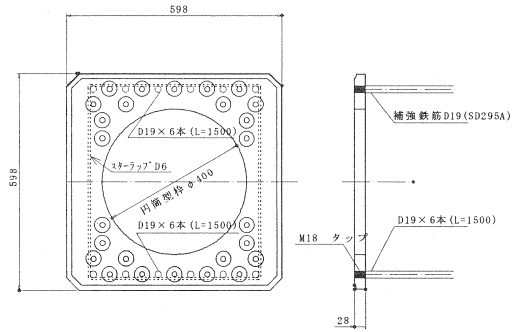


図2 軸方向鉄筋補強 (type1)

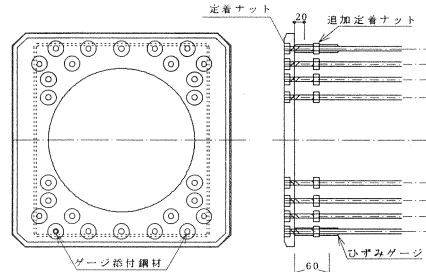


図4 定着ナット追加 (type3)

2. 2 使用材料

断面の諸元を表 1 に、硬化コンクリートの物性を表 2 に、使用 PC 鋼材を表 3 に示す。

表 1 PC 壁体 断面諸元

幅 mm	PC鋼材		コンクリート断面積		断面2次モーメント		基準曲げモーメント	
	径 mm	本数	総断面 cm ²	換算断面 cm ²	総断面 cm ²	換算断面 cm ²	ひび割れ kN・m	破壊 kN・m
600	12.6	26	2186	2348	904900	980600	480	1029

表 2 硬化コンクリートの強度および弾性係数

		材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
Type1 鉄筋補強	NO.1	26	73.9	36.86
	NO.2	25	69.3	36.32
Type2 バンド補強	NO.1	21	66.6	35.89
	NO.2	20	71.8	36.69
Type3 ナット追加	NO.1	23	77.7	36.38
	NO.2	22	67.7	36.84

表 3 使用 PC 鋼材の諸元

PC鋼材; SBPDφ12.6			
断面積 mm ²	引張強度 N/mm ²	降伏強度 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²
125.0	1450	1300	200

2. 3 曲げ荷重試験

1) 荷重方法

荷重方法を図 5 に示す。荷重条件は、荷重スパン 1000mm で中央 2 点荷重とし単純支持(L=8.0m)で行った。載荷荷重は、50kN ずつの漸増載荷

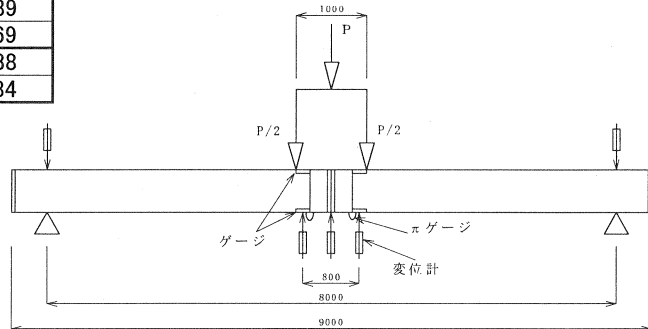


図 5 継手部の荷重試験状況と計測位置図

とし、設計荷重時でひび割れ状況を確認した後除荷した。その後ピークまで漸増載荷し、ピーク後は変位制御を行った。

2) 計測項目

荷重は 1000kN のロードセルで管理し、たわみは高感度変位計で、コンクリート表面のひずみ・鋼材ひずみ(添付位置は図2～4を参照)はひずみゲージで、コンクリートと端板の開きはパイ型変位計で計測した。また載荷ステップごとに、目視によるひび割れ観察を行った。

3. 実験結果と考察

3. 1 曲げ載荷試験結果

表4に試験結果の一覧を示す。バンド補強タイプは、設計時の要求性能(変形性能および曲げ耐力)を上回る結果を示した。その他のタイプについては、設計値を満足する結果ではなかった。鉄筋補強タイプは、変形こそ設計値に比べ多少大きいものの、破壊荷重はほぼ設計曲げ耐力に近い値を示した。ナット追加タイプの破壊耐力は、他のタイプと比較して最も低い値であった。

表4 曲げ載荷試験結果一覧

		設計		試験体性能	
		常時	地震時	ひび割れ発生	破壊時
計算値	曲げモーメント(kN・m)	322	451	480	1029
	載荷荷重(kN)	155.5	227.1	250.7	564.2
	計算たわみ(mm)	4.83	7.05	—	—
実験結果	前回モデル	4.68	7.61	390.0	483.1
	Type1(鉄筋補強)	5.03	8.22	250.0	558.9
	Type2(バンド補強)	4.61	7.10	375.0	605.0
	Type3(ナット追加)	5.82	9.65	350.0	453.3

それぞれの破壊状況を以下に示す。鉄筋補強タイプは、端板とコンクリートの境界面が大きく開き、最大荷重付近で鉄筋ネジ部のスベリ音を伴いながら変形が進み、接合部上縁コンクリートが圧壊し耐力を失った。バンド補強タイプは、補強バンド脇のコンクリートに大きいひび割れが発生し(図6参照)、このひび割れの進行に伴い最大荷重時に PC 鋼材の破断により耐力を失った。ナット追加タイプは、鉄筋補強タイプと同様、境界部において大きな開きが発生し(図7参照)、最大荷重時において PC 鋼材の破断により耐力を失った。

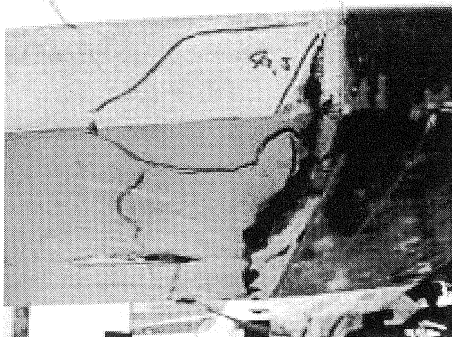


図6 バンド補強タイプのひび割れ状況

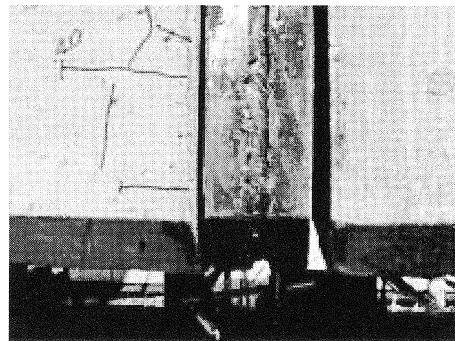


図7 ナット追加タイプ界面の開き

図8に荷重と変位の関係を示す。バンド補強タイプは、他のタイプに比べ弾性域における変形は小さく、破壊時変位は最も大きい値を示した。鉄筋補強タイプは前者と比較して、ひび割れ発生まではほぼ同じ挙動を示すが、その後の変形は大きく、設計計算曲げ耐力をわずかに下回る荷重で変形だけが進行する結果を示

した。一方、ナット追加タイプは、他のタイプに比べ早い段階から弾性計算値との差が生じ、変形はその後も大きく最も低い荷重で破壊した。

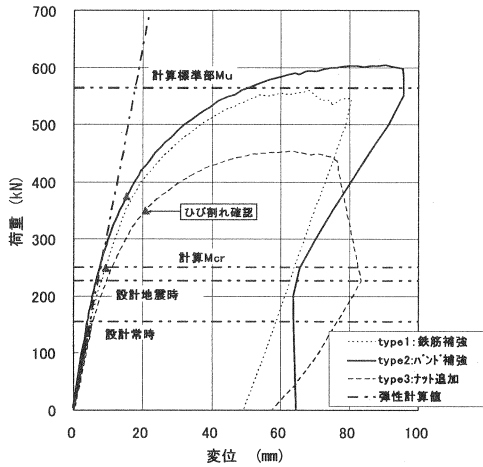


図8 荷重と変位の関係

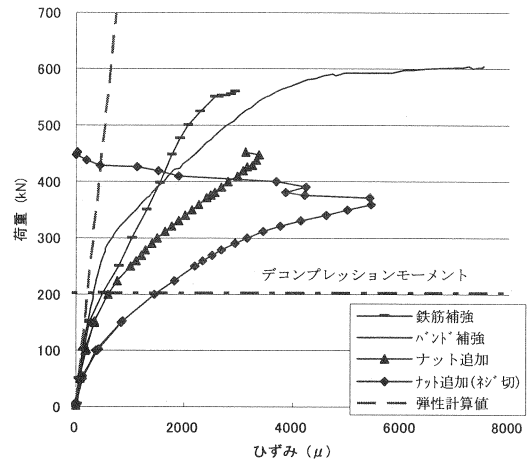


図9 荷重と引張縁側 PC 鋼材増加ひずみの関係

図9に端部引張縁側の PC 鋼材増加平均ひずみと荷重の関係を示す。载荷初期においてはバンド補強タイプの PC 鋼材ひずみの増加率が最も小さく、かつ最大荷重時のひずみが最大値を示している。これはバンド補強が他の補強に比べて引張力をより分担しているためと考えられる。鉄筋補強タイプおよびナット追加タイプについては、デコンプレッション荷重時までは類似した挙動を示すが、その後の鉄筋補強タイプのひずみ増加率はナット追加タイプに比べて小さく、補強鉄筋の効果と考えられる。ナット追加タイプのネジ切部（追加ナット—端板間）ひずみ増加は、初期段階から大きな値を示し、最大荷重に到達する前にひずみが減少している。これは試験後の解体結果から、破壊が端板とコンクリートの境界部 PC 鋼材が破断していたことから推定し、境界部分の伸びが進行することでゲージ位置のひずみが解放されたのではないかと推定される。ナット追加タイプは、補強ナットを追加することで端板近傍のネジ部に変形が集中し、ネジ部の鋼材だけが伸び、低い荷重で破壊に至ったのではないかと推定される。

4. まとめ

今回の試験結果より、以下のことが確認された。

1. バンド補強タイプは、設計の要求性能（変形および破壊曲げ耐力）を満足する結果を示した。
2. 鉄筋補強タイプは、わずかに設計曲げ破壊耐力を満足しなかった。この原因のひとつとして、鉄筋ネジ部の耐力不足が考えられる。
3. ナット追加タイプは、変形が端板と追加ナットの間で集中し、PC 鋼材ネジ部が伸びて破断したことで耐力を失う結果であった。

参考文献

- 1) (財)土木研究センター：建設技術審査証明報告書土木系材料・製品・技術（建技審証第 0105 号）土留め構造物用等辺角形プレストレストコンクリートパイル「PC-壁体」（H13.9）