既製コンクリート杭の機械式継手における引張耐力の検証 (その4 継手の降伏荷重の再評価)

既製コンクリート杭 機械式継手 引張耐力 ペアリング ジョイント トリプル プレート ジョイント 正会員 ○石川 一真*1,*2 正会員 松江 繁尚*1 正会員 熊谷 雄二*2 正会員 松木 靖紀*2 正会員 八田 宏志*1 正会員 新川 照雄*1 正会員 慶吾*1 全田 和之*1 鈴木

1. はじめに

筆者らは、機械式継手の引張耐力について前報¹⁾で報告した。前報では、引張試験における端板のひずみ値から降伏荷重を決定したが、この方法は安全側の評価ではあるものの鋼構造等の他の接合方法と比較して極めて厳しい評価方法であった。そこで今回は、新たに行った引張試験の荷重~変位関係から、slope factor 法²⁾を用いて降伏荷重を決定したので、以下に報告する。

2. 試験概要

表 1 に試験体概要を、表 2,3 に鋼材とコンクリートの材料強度を示す。前報その 2 と同様に、杭径 600 mm の PHC 杭 C 種同士をトリプル プレート ジョイント(以下 TPJ と表記)で接続した。ただし、杭の製造会社を前田製管株式会社に変更したため、PC 鋼材の配筋が前報と異なっている。このため、杭の PC 鋼材破断荷重(設計値)は、前報では 2675kN であったが、今回は2939kNとなった。これは、より継手に厳しい状態で試験することを意図したものである。

図 1 と写真 1 に、試験装置の全体を示す。鋼管で製作した 治具に杭を通し、治具と治具の間に設置した油圧ジャッキ 4 台 で、杭と継手に引張力を与えた。載荷方法は一方向繰返し載 荷とし、杭体の短期許容引張荷重(2287kN)を 10 回、PC 鋼材 の降伏荷重(2639kN)を 2 回載荷した後に、破壊まで載荷した。

図 2(a)に試験体の全体図を、図 2(b)に拡大図を示す。継手を含む試験体全体の伸びを変位計 No.11(写真 2)で測定し、

表 1 試験体概要

	端板	SS400 板厚19mm							
	補強バンド	SS400 縞鋼板 板厚4.5mm 長さ200mm							
TPJ	, 側板 SM400A 26×38mm								
IPJ	接続プレート	SM400A 17×110mm							
	接続ボルト	六角ボルト 強度区分10.9 基準強度700N/mm ² M14 24本							
	接続ワッシャー	皿ばね座金 S55C M14 24枚							
	規格	杭径600mm PHC杭 C種							
杭体	長さ	2.0m + 2.0m							
かいか	PC鋼材	SBPDL1275/1420 線径10.7mm 23本 配置半径256mm							
	コンクリート	設計基準強度105N/mm2 肉厚90mm							

表 2 鋼材の材料強度

			ミルシート		材料試験結果			
	材質	降伏強度	引張強度	破断伸び	降伏強度	引張強度	破断伸び	
		(N/mm^2)	(N/mm^2)	(%)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(%)	
端板	SS400	276	460	29	287	454	34	
補強バンド	i強バンド SS400		444	37	355	439	33	
側板	SM400A	300	441	41	325	456	38	
接続プレート	SM400A	318	447	32	305	434	37	
PC鋼材	SBPDL1275/1420	1400	1477	11	1378	1479	10	

表 3 コンクリートの材料強度

	設計基準強度	圧縮強度	ヤング係数	肉厚規格値	実測肉厚				
	(N/mm ²)	(N/mm^2)	(kN/mm ²)	(mm)	上杭(mm)	下杭(mm)			
コンクリート	105	115	48.1	90	104	103			

Verification of tensile strength on the mechanical joints of precast concrete piles (Part4 Reappraisal of yield load) 継手の変形を端板内側に設置した変位計 No.1 (写真 3)で測定した。変位計 No.1 は、取付治具の根元が回転する影響を除去する為に2本の変位計を並列に使用している。

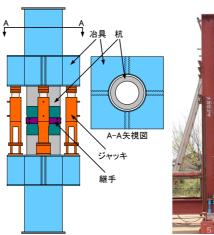
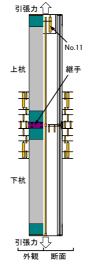


図 1 試験装置図

写真1 試験装置全景



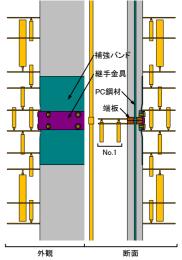


図 2(a) 試験体(全体図)

図 2(b) 試験体(拡大図)





写真 2 変位計 No.11

写真 3 変位計 No.1

ISHIKAWA Kazuma, MATSUE Shigehisa, KUMAGAI Yuji, MATSUKI Yasunori, HATTA Hirosi, SHINKAWA Teruo, SUZUKI Keigo, ZENDA Kazuyuki

3. 試験結果

図 3(a) に示す、試験体全体(変位計 No.11)の荷重~変位関係は、杭体コンクリー トのひびわれ発生により大きく剛性低下し、その後 3000kN 程度で再度剛性低下して いる。後者の剛性低下は、PC 鋼材の降伏によるものと推定される。最後は、変位が 50mm 以上となって PC 鋼材が破断した。破断箇所は、写真 4(a)に示すように、PC 鋼材の母材部であり、全本数が一気に破断した。破断荷重の実測値は、表 4 に示す 通り、材料規格値による設計値の 1.13 倍、材料試験結果から求めた計算値の 1.08 倍であった。

一方、図 3(b)に示す、継手(変位計 No.1)の荷重~変位関係は、終局まで小さな 値を保っていた。写真 4(b),(c)は、解体後の金具であり、目視で分かるような変形や 損傷はなかった。

4. 継手の降伏荷重の決定方法

降伏荷重の決定には slope factor 法を用いた。 slope factor 法は、荷重~変位関係 における接線剛性が初期剛性の 1/3 になる時の荷重を降伏荷重とするものである。

図3(c)は、図3(b)の横軸を変更し骨格曲線を強調表示したものである。骨格曲線 上には、データ点をマーカーで示してある。履歴曲線は、繰り返し載荷においてルー プを描いている。また、骨格曲線に棚(荷重は同一のまま、変位が増大する部分)が できている。これらは、前報で示したように端板が局所的に降伏することによるエネル ギー吸収、および機械的に接合していることによる「ズレ」や「馴染み」の影響と考えら れる。なお、図中の初期剛性の直線は、荷重が 500kN と 1500kN のデータ点を結ん で求めたものである。1 サイクル目の荷重~変位関係は、載荷初期に変位が不安定 な部分があり、また載荷途中から剛性が変化するため、上記の方法をとった。(2 サイ クル目の載荷時はこのような影響が少ないため、2 サイクル目の剛性を初期剛性とし て採用する場合もある。)

図 3(d)は、図 3(c)のデータ点間の傾きを接線剛性として求め、荷重との関係を示 したものである。接線剛性(図中の水色線)を見ると、載荷初期と杭体短期荷重以上 ではグラフが激しくブレている。また、杭体短期荷重では、荷重~変位関係の棚の影 響で接線剛性が 0 になっている。このため、移動平均をとって滑らかな線(図中の青 線)とした。(平均したデータの個数は7点である。)なお、図中のピンク色の縦線は、 図 3(c)で求めた初期剛性を 1/3 にした線である。そして、青線とピンク線が交わる荷 重をグラフデータから読み取り、継手の降伏荷重とした。その値は、表 4 に示す通り、 杭体の短期許容引張荷重の 1.29 倍であった。すなわち、継手の短期引張有効率は 100%以上である。

5. まとめ

引張試験により、最終破壊箇所は杭体である事を確認した。また、継手の荷重~ 変位関係から降伏荷重を決定し、それが杭体の短期許容引張荷重を上回っている 事を確認した。今後は、継手そのものの終局引張耐力を検証する。

PC鋼材降伏(計算值) 1000 PC鋼材降伏(設計值) 杭体短期(設計値) 500 ひびわれ発生 0 30 変位δ(mm) 3500 3000 (b) 2500 2000 2000 PC鋼材破断(計算值) 框₁₅₀₀ PC鋼材破断(設計值) PC細材除伏(計算值) 1000 PC鋼材降伏(設計值) 杭体短期(設計値) 500 30 変位 δ (mm) 3500 = 2767 x + 309 3000 (c) 2500 PC鋼材破断(計算值) 2000 PC鋼材破断(設計值) PC鋼材降伏(計算值) 悔₁₅₀₀ PC鋼材降伏(設計值) 杭体短期(設計値) 1000 No.1 500 骨格曲線(No.1) 初期剛性 0 を 変位 & (mm) 3500 3000 (d) 2500 2000 接線剛性 接線剛性(移動平均 初期剛性の1/3 拒1500 杭体短期(設計値) 1000 500 8000 図3 試験結果グラフ 表 4 試験結果

(a)

PC鋼材破断(計算值)

PC鋼材破断(設計值)

参考文献

- 1) 石川一真他: 既製コンクリート杭の機械式継手における引 張耐力の検証(その1~3),日本建築学会大会学術講演梗 概集, 構造 I, pp.425-430, 2019.9
- 2) 建築研究所、日本鉄鋼連盟:鋼構造建築物の構造性能評価 試験法に関する研究委員会報告書, pp.81-87, 2002.4

杭体の 短期許容 引張荷重 (設計値) (kN)	継手の 降伏荷重 (実測値) (kN)	比率	ひびわれ 荷重 (実測値) (kN)	PC鋼材の 破断荷重 (設計値) (kN)	PC鋼材の 破断荷重 (計算値) (kN)	PC鋼材の 破断荷重 (実測値) (kN)	比率		破壊状況
2287	2958	1.29	2350	2939	3062	3310	1.13	1.08	PC鋼材の母材部破断

3000

2500

2000

乍1500



写真 4(a) 破壊状況(継手は試験後に解体した)



写真 4(b) 端部金具 写真 4(c) 継手金具

*1 Triple Plate Joint Association

*2 Pair-ring Joint Association

^{*1} 継手研究会

^{*2}無溶接継手杭(PJ)工業会