

アンボンド PC 圧着梁のせん断耐力確認実験

その1 実験計画概要

PC 構造 アンボンド 圧着梁
せん断破壊 せん断耐力

正会員	○江頭 寛* ¹	同	藤井 睦* ²
同	樋渡 健* ³	同	岡安 隆史* ⁴
同	五十嵐 泉* ⁵	同	島崎 和司* ⁵

1.はじめに

一般社団法人長寿命建築システム普及推進協議会では建築物の長寿命化の目的のひとつとして、大地震後にも継続使用可能な建築物の実用化を推進中である。これまでに、プレストレストコンクリート（以下、PC）構造の梁部材を対象にし、プレキャスト部材として PC 鋼材で柱に圧着する PC 圧着構造の検討を行った結果、同構造は、現行の建築基準法に従った設計においても、残留ひび割れ幅が小さく、地震遭遇後も補修することなく継続使用できる可能性が高いことが示された¹⁾²⁾。

PC 圧着構造のうち、PC 鋼材とコンクリート間に付着がないアンボンド PC 圧着梁部材は、建物の超寿命化や適応性に大きな可能性を持っているが、実用化のための課題は多い。同部材に関しては、曲げ性能に関する研究は進められているが³⁾、せん断挙動に関する研究は不十分であり、せん断性能の評価方法については不明な点が多い。そこで、前記協議会にてアンボンド PC 圧着梁のせん断耐力に関する部材性能の確認実験を実施した。その 1 では実験計画の概要を、その 2 で実験結果の概要を報告する。

2.実験計画概要

2.1 試験体の設計

本実験はアンボンド PC 圧着梁の損傷状況とせん断耐力を確認することを目的としている。アンボンド PC 部材の耐力算定に確立した式はないため、試験体のせん断耐力に関しては次式を準用した。曲げ耐力の検討に関しては、アンボンド部材に関する既往の研究⁴⁾を参考にし、試験体の破壊モードがせん断破壊となるような設計を行った。

- ・せん断ひび割れ強度式（靱性指針式）

$$Q_c = \phi \left(\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_T \cdot \sigma_0} \right) b \cdot D / 1.5 \quad (1)$$

- ・せん断破壊耐力式（PC 規準式）

$$Q_{su} = b_0 \cdot j_0 \cdot p_w \cdot w \cdot f_y + \frac{b_0 \cdot D}{2} (v \cdot F_c - 2 \cdot p_w \cdot w \cdot f_y) \tan \theta \quad (2)$$

（記号は靱性指針，PC 規準を参照）

(1)式は靱性指針によるせん断ひび割れ強度式⁵⁾である。(2)式は PC 規準による塑性理論に基づいたトラス、アーチ両機構の和によるせん断破壊耐力式⁶⁾で、ボンド型 PC 圧着部材のせん断耐力に関する既往の研究⁷⁾を参考に、せ

ん断補強筋比 p_w を 1/2 に低減して算定した。

2.2 試験体

表-1 に試験体の一覧を、図-1 に試験体図を示す。試験体の一覧には、式(1)，(2)による耐力計算値を併記した。試験体の縮尺率は約 1/2 であり、梁の断面形状は、幅とせいが $b \times D = 300 \times 450$ の矩形断面（同図(1)）と、これと同じ幅とせいを有し、ウェブ幅を 100mm とした I 形断面（同図(2)）の 2 種類である。プレストレスの導入には PC 鋼棒を用いた。梁および梁両側のコンクリートスタブの内部に埋設したシース管内に PC 鋼棒を挿入し、両者を圧着接合した。この時、梁とスタブの圧着接合面には厚さ 20mm の目地モルタル（ $\phi 2.3 @ 50\text{mm}$ のワイヤメッシュを配置）を設けた。梁内部に配筋した軸方向筋（D10）は梁端部で切断されており、スタブ内には定着されていない。軸方向筋を拘束するせん断補強筋（D6）には、溶接閉鎖型を用いた。試験体数は合計 7 体であり、矩形断面は PC01～PC04 の 4 体、I 形断面は PC05～PC07 の 3 体である。いずれの試験体もプレストレスは高い値となっており、 F_c に対する有効プレストレス σ_g の比 σ_g / F_c は、矩形断面で 0.48、I 形断面で 0.43 となっている。過度のプレストレスの導入は、圧着面の曲げ圧縮破壊をもたらす要因となりうるが、ここでは梁本体をせん断破壊させることを第一に考え、曲げ耐力を可能な限り大きくする計画とした。

試験体のパラメータは、コンクリート強度とシアスパン比、およびせん断補強筋比 p_w とした。基本となる試験体は PC02 であり、 F_c60 、シアスパン比 1.0、 $p_w=0.21\%$ の設定となっている。これに対し、PC01 はコンクリート強度を F_c30 、PC03 はシアスパン比を 1.5、PC04 は $p_w=0.6\%$ と変化させた試験体となっている。一方、PC05 は PC02 と同様なパラメータの設定とし、 F_c60 、シアスパン比 1.0、 $p_w=0.28\%$ とするが、断面形状を I 形とした。これに対し、PC06 はシアスパン比を 1.5、PC07 は $p_w=0.64\%$ と変化させた。表-2 にコンクリートおよび目地モルタルの、表-3 に鋼材の材料試験の結果をそれぞれ示す。

2.3 計測計画

図-1(3)に変位計配置図を示す。上下スタブ間に設置した変位計により試験体の全体変形を計測した。同図に示すように、梁の側面の材軸方向に変位計を連続配置し、曲げ変形とせん断変形を分離するための区間変形を計測した。PC 鋼棒と軸方向筋およびせん断補強筋にはひずみ

ゲージを貼付け、各鋼材のひずみの分布を計測した。ひび割れ幅の計測はクラックスケールを用い、後述する加力サイクルのピーク時と除荷時に対応させて行った。

2.4 加力計画

図-2 に加力装置図を示す。水平方向の加力は、反力壁から試験体中央高さに相当する位置に取付けた主アクチュエータで行った。図-3 に加力サイクルを示す。梁の部材角で 1/800, 1/400, 1/200, 1/133, 1/100, 1/67 の順に正負 2 回ずつの静的繰返し加力を行った。

3.まとめ

その 1 ではアンボンド PC 圧着梁のせん断耐力確認実験の実験計画について報告した。

【参考文献】

- 1) 竹中ほか：多数回繰返し載荷を受ける PC 梁に関する実験的研究, AIJ 学術講演梗概集, 構造 IV, pp.919-920, 2012.9
- 2) 杉本ほか：多数回繰返し載荷を受ける RC, PC 梁部材の非線形 FEM 解析, AIJ 学術講演梗概集, 構造 IV, pp.921-922, 2012.9
- 3) 東京大学大学院工学系研究科・社団法人建築業協会：共同研究「構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビル建築の開発」総合技術開発報告書, 平成 20 年 9 月
- 4) 竹本靖：アンボンド PRC 部材の曲げ終局時 tendon 応力について, 大林組技術研究所報告, No.28, pp.49-54, 1984
- 5) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, pp.140-141, 2006
- 6) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説, pp.232-236, 2002
- 7) 増田ほか：プレストレストコンクリート部材の終局せん断耐力と変形性能, AIJ 学術講演梗概集, 構造 IV, pp.835-836, 2009.8

表-1 試験体の一覧

試験体	PC01	PC02	PC03	PC04	PC05	PC06	PC07
断面形状	矩形				I形		
幅b×せいD(mm)	300×450				300×450(ウェブ幅100)		
梁長さL(mm)	900	900	1,350	900	900	1,350	900
コンクリート強度	Fc30		Fc60		Fc60		
せん断比β	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0
PC鋼棒本数・径	2-φ40		4-φ40		4-φ32		
せん断補強筋	2-D6@100		4-D6@70		2-D6@225		2-D6@100
せん断補強筋比P _w	0.21%		0.60%		0.28%		0.64%
軸方向筋	4-D10		8-D10		16-D10		
導入時プレスト力(kN)	2,165		4,329		2,770		
有効プレスト力(kN)(有効率:η=0.85)	1,840		3,680		2,355		
有効プレスト力σ _p (N/mm ²)	14.0		28.9		25.8		
σ _p /F _c	0.48				0.43		
せん断ひび割れ強度Q _c (kN)(φ=1.0)	501	826	826	826	257	257	257
せん断破壊耐力Q _{su} (kN)	403	749	729	805	244	248	262

注1) I形断面のP_w, Q_c, Q_{su}算定時の梁幅にはウェブ幅(100mm)を用いた。

注2) 各耐力計算値には材料試験値を用いた。

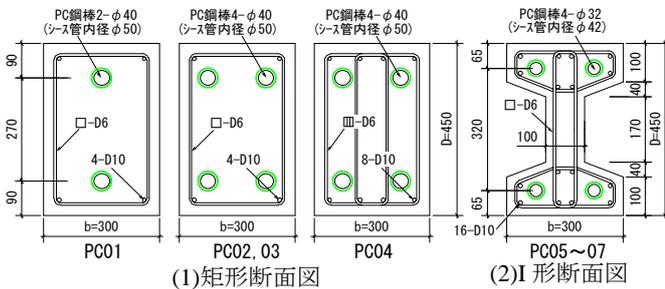
表-2 コンクリートおよび目地モルタルの材料試験結果

		圧縮強度	割裂強度	弾性係数	ポアソン比
		(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
コンクリート	Fc30	32.1	2.38	2.92×10 ⁴	0.18
	Fc60	63.5	2.95	3.60×10 ⁴	0.20
目地モルタル	PC01	63.0	-	-	-
	上記以外	94.5	-	-	-

表-3 鋼材の材料試験結果

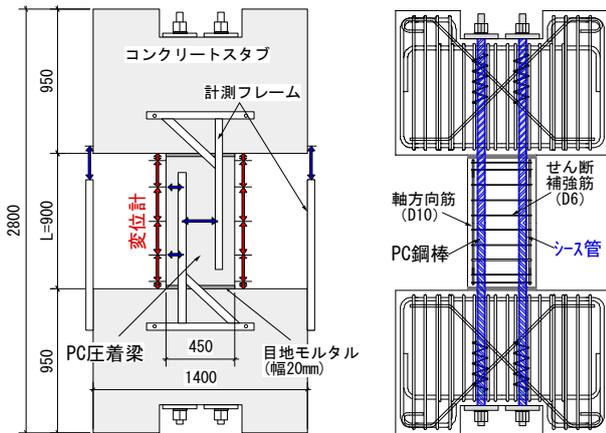
	材料	使用部位	降伏点(N/mm ²)	引張強度(N/mm ²)	弾性係数(N/mm ²)	伸び(%)
D6	異型鉄筋(SD295A)	せん断補強筋	360*	478	1.94×10 ⁵	-
D10		軸方向筋	385	533	1.82×10 ⁵	-
φ32	PC鋼棒(C種)	PC鋼材	1,200*	1,313	2.09×10 ⁵	14.8
			1,166*	1,299	2.11×10 ⁵	14.6

*0.2%オフセット値



(1) 矩形断面図

(2) I形断面図



(3) 変位計配置図

(4) 配筋図(PC02)

図-1 試験体図

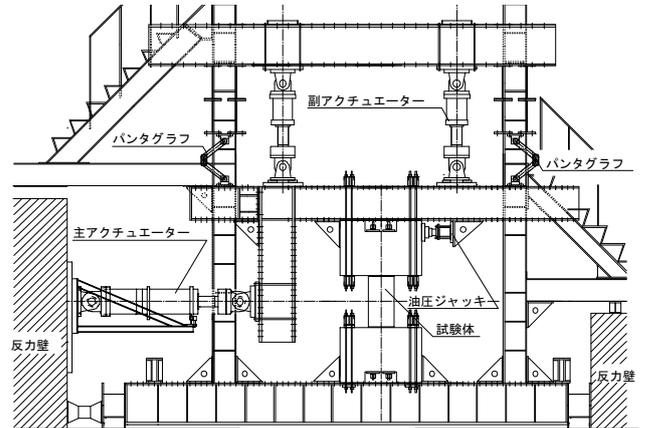


図-2 加力装置図

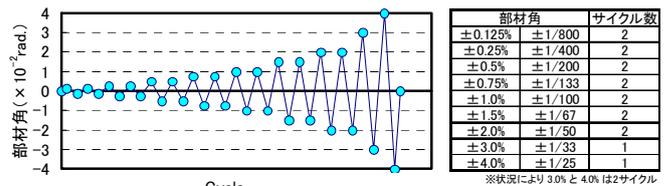


図-3 加力サイクル

- *1 三井住友建設
- *2 鴻池組
- *3 東亜建設工業
- *4 鹿島建設
- *5 神奈川大学

- *1 Sumitomo Mitsui Construction
- *2 Konoike Construction
- *3 Toa Corporation
- *4 Kajima Corporation
- *5 Kanagawa University