

プレキャストコンクリート製塔状構造物の強度性能に関する実験的研究

日本ヒューム(株) 正会員 ○山中 典幸, 野本 禎久
 戸田建設(株) 正会員 浅野 均, 請川 誠
 戸田建設(株) 正会員 小林 修, 佐藤 郁

1. はじめに

近年,地球温暖化などの環境問題がますます顕在化の中で,環境負荷の小さいクリーンなエネルギーとして,風力発電が注目されており,発電コスト低減のため,風力発電装置の大型化が進んでいる。これまで,日本における風力発電のタワー部は,鋼製のものがほとんどであったが,コンクリート製の風力発電タワーは,高剛性で耐久性に優れ,定期的なメンテナンスを必要としないため,大型の風力発電装置や洋上での発電に適している。

筆者らは,風力発電のタワー部をプレキャスト化し,さらに今回開発した「調整ブロック」を使用することにより,風力発電タワー等のコンクリート製塔状構造物を短期間で経済的に構築する技術(STEP Sタワー工法)の開発を行った。

本稿では,STEP Sタワー工法の一資料を得ることを目的として,調整ブロックを用いた構造及び構造物下部に設けた開口部の強度性能を実験的に明らかにした。

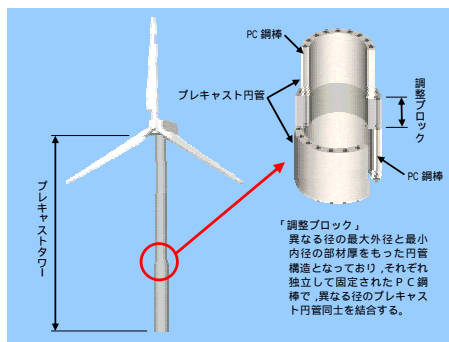


図-1 風力発電タワー適用例

2. 試験概要

本試験では,調整ブロックとアンボンド PC 鋼棒(C種 1号 SBPR 1080/1230)を使用して組み立てた供試体と,下段ブロックにおける開口部構造の強度性能を確認するため,正負交番繰り返し載荷試験を実施した。

供試体は,風力発電タワーに適用した場合における実物大モデルの1/4.35に縮小したものとした。表-1に供試体の使用材料特性値を,表-2に供試体諸元を示す。

表-1 使用材料特性値

材料名	材料強度(N/mm ²)	ヤング係数(N/mm ²)
コンクリート	圧縮強度 = 87.8	40,416
PC鋼棒 (φ 9.2mm)	降伏強度 = 1238 引張強度 = 1285	201,100
PC鋼棒 (φ 11.0mm)	降伏強度 = 1238 引張強度 = 1285	202,000

表-2 供試体諸元

供試体 No	ブロック名	外径 (mm)	壁厚 (mm)	PC鋼棒 径(mm) × 本数	断面二次 モーメント (mm ⁴)	有効 プレストレス (N/mm ²)
1	上段ブロック	920	80	11.0 × 28	1.97×10^{10}	6.6
	調整ブロック	1050	145	11.0 × 28 9.2 × 28	4.51×10^{10}	6.6 4.7
	下段ブロック (開口なし)	1050	80	9.2 × 28	2.97×10^{10}	4.7
2	上段ブロック	920	80	11.0 × 28	1.97×10^{10}	6.6
	調整ブロック	1050	145	11.0 × 28 9.2 × 28	4.51×10^{10}	6.6 4.7
	下段ブロック (開口あり)	1050	80	9.2 × 25 11.0 × 6	2.97×10^{10}	4.7 6.6

載荷試験は,供試体の縮小率に準じ,鉛直力 50kN を一定値に載荷したまま,水平力を正負方向に繰り返して載荷するものとした。水平力の載荷方法は,載荷点における変位により制御し,変位が 2/500rad に達するまでは正負方向に 1 回,その後は 1/500rad 間隔に変位を増加させて行き,それぞれ正負 3 回ずつ最大耐力に達するまで繰り返し載荷を実施した。

図-2 に水平力載荷サイクルを,図-3 及び写真-1,写真-2 に供試体及び試験装置の設置状況を示す。

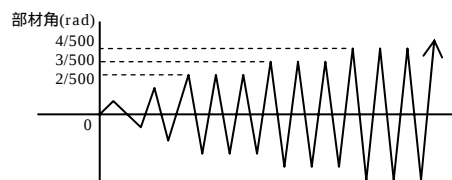


図-2 水平力載荷サイクル

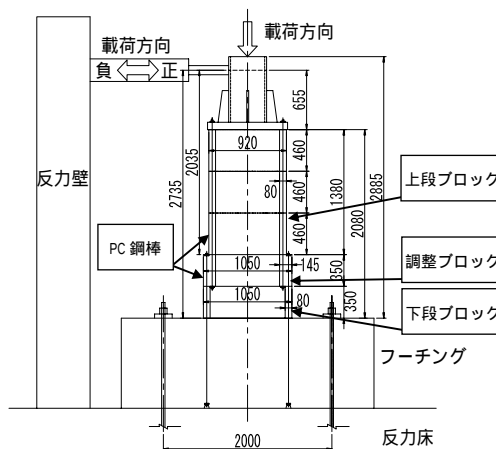


図-3 供試体及び試験装置

キーワード 塔状構造物, 風力発電タワー, プレキャスト, プレストレスト, 正負交番試験

連絡先: 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株) tel 03-3535-1602

〒105-0004 東京都港区新橋 5-33-11 日本ヒューム(株) tel 03-3433-4114

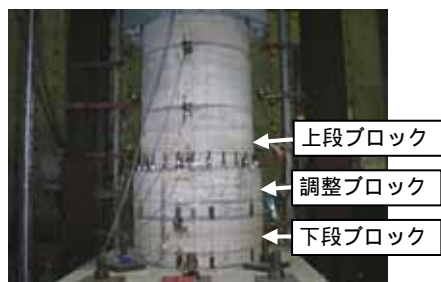


写真-1 No.1 供試体 (反力壁側から撮影)

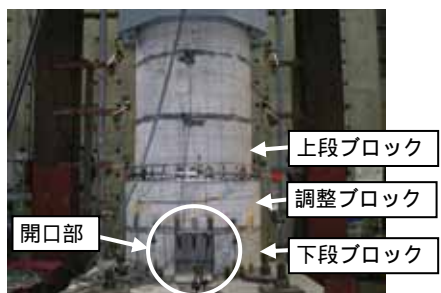


写真-2 No.2 供試体 (反力壁側から撮影)

3. 試験結果

図-4 及び図-5 に水平荷重 - 載荷点履歴を示す。履歴曲線は、No.1 供試体及びNo.2 供試体ともプレストレストコンクリート特有の高い原点指向性を示すが、No.2 供試体の正側載荷においては、開口部側の PC 鋼棒の最大耐力が大きかったため、他と比較して大きな履歴曲線を示した。

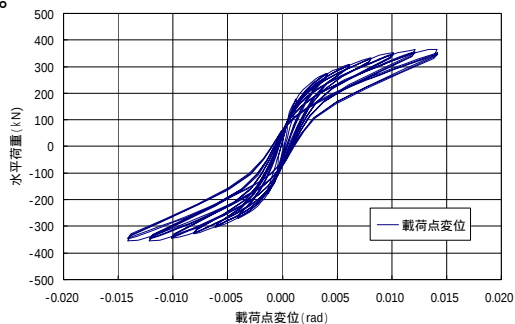


図-4 水平荷重 - 載荷点変位履歴 (No.1 供試体)

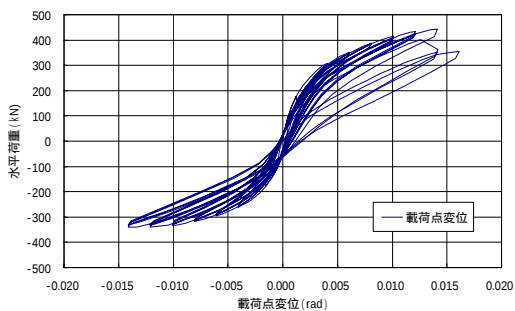


図-5 水平荷重 - 載荷点変位履歴 (No.2 供試体)

表-3 に最大耐力の試験値と計算値の比較を、図-6 に最大水平荷重 - 載荷点変位を示す。No.1 供試体及びNo.2 供試体とも初期剛性に大きな差は見られないが、水平荷重の増加に伴い、正側の耐力に違いが見られた。これは、No.2 供試体が開口部構造を有することに起因するもの

であり、表-3 に示す計算値からも同様の傾向が得られている。また、両供試体とも破壊は、曲げにより正側載荷時において圧縮側コンクリートが圧壊したことによる。

No.1 供試体及びNo.2 供試体の最大耐力は、それぞれ 355 kN 及び 340 kN (正負方向の小さい方の値) であった。この値は、土木学会コンクリート標準示方書¹⁾、日本道路協会道路橋示方書²⁾および建築学会 PRC 指針³⁾に従いアンボンド PC 鋼棒の最大耐力を算定して求めた計算値を上回るものであり、調整ブロックを用いた本構造が十分な強度性能を有することを確認できた。また、No.2 供試体の最大耐力は、No.1 供試体の 96% とほぼ同程度であり、調整ブロックを使用した開口部構造が所要の強度性能を満足することを確認できた。

表-3 試験結果 (最大耐力)

供試体	試験値 (kN)	土 木		建 築	
		計算値 (kN)	比率	計算値 (kN)	比率
No.1	355	291	1.22	269	1.32
No.2	正側	444	1.20	331	1.34
	負側	340	1.18	262	1.30

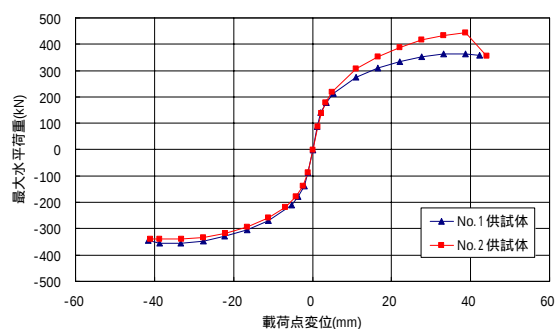


図-6 最大水平荷重 - 載荷点変位

4. まとめ

正負交番繰り返し載荷試験の結果により、以下のことが確認できた。

No.1 供試体及びNo.2 供試体の最大耐力は、試験値が計算値を上回るものであり、調整ブロックを用いた本構造は十分な強度性能を有する。

No.1 供試体とNo.2 供試体の最大耐力は、同程度であり、プレキャスト部材を前提とした開口部の構造は所要の強度性能を満足する。

【参考文献】

- (社)土木学会.コンクリート標準示方書 [構造性能照査編],2002 年制定
- (社)日本道路協会.道路橋示方書 コンクリート橋編, 平成 14 年 3 月
- (社)日本建築学会.プレストレスト鉄筋コンクリート (種 PC) 構造設計・施工指針・同解説,2003