

ダックスポールの開発

—超高強度繊維補強モルタルを用いた塔状構造物の載荷実験—

技術本部 土木技術第一部 桜田道博
技術本部 土木技術第一部 ハシマワシ ゴンケオ
技術本部 土木技術第一部 大山博明
技術本部 土木技術第一部 森 拓也

1. はじめに

近年、携帯電話のエリア拡大、次世代携帯の導入および新規業者の参入、等によりアンテナ塔の需要が増えている。通常のアンテナ塔は、写真－１のとおり鋼製であるが、耐久性、景観性および経済性を考慮するとコンクリートやモルタルなど、セメント系材料を使用したアンテナ塔も有効と考えられる(写真－２)。そこで、設計基準強度 120MPa の超高強度繊維補強モルタルを使用した塔状構造物(以降、ダックスポール)を考案し、これを実現するための検討を行った。超高強度モルタル塔は、図－１のように、プレキャストセグメントによる施工が前提となるため、プレキャストセグメント工法で塔状の供試体を製作し、載荷実験を行うことで超高強度モルタル塔の構造特性を検討した。

2. 実験方法

2.1 供試体

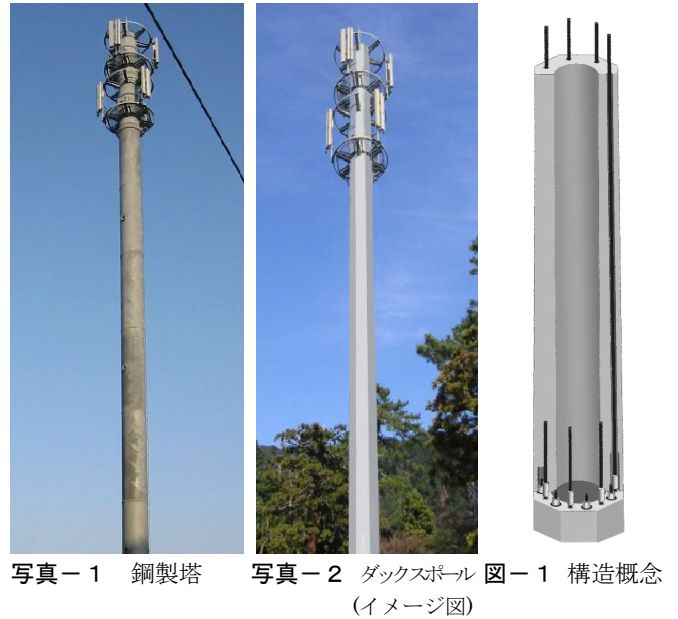
供試体一般図を図－２に示す。供試体は、フーチングおよび３つのプレキャストセグメントからなる高さ 7m の塔状とした。セグメントは、鉛直方向の PC 鋼棒によりプレストレス(有効緊張力で $6972\text{kN}=581\text{kN}\times 12$ 本)を導入し、一体化した。鉛直方向の PC 鋼棒にはプレストレス導入後、すみやかにグラウトを行った。セグメントの断面寸法は高さ 30m の塔を試設計した際に想定した実物大とし、１つのセグメントの長さは 2m とした。載荷実験時のフーチングの損傷および浮上りを防止するためフーチングには水平方向および鉛直方向にプレストレスを導入した。

2.2 載荷方法

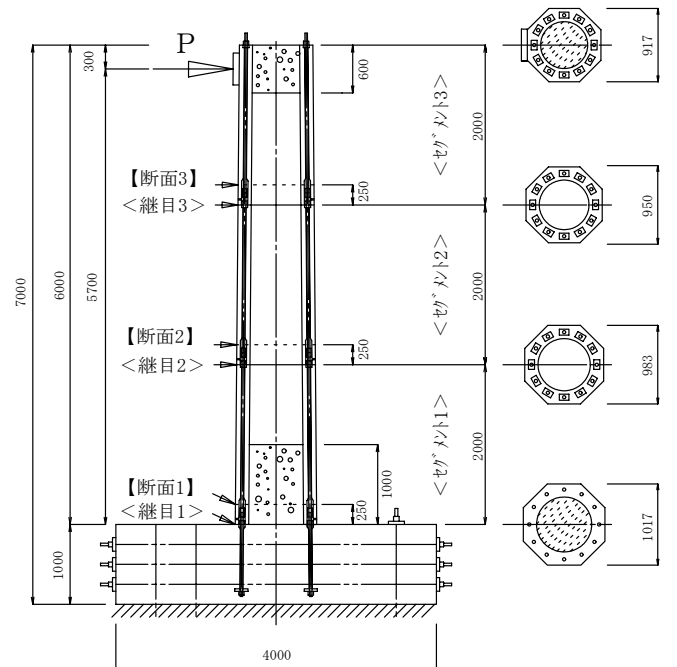
載荷状況を写真－３に示す。荷重は供試体頂部から 300mm 下の位置に静的に載荷した。載荷方法は、荷重を設計降伏モーメント相当(566kN)まで増加させた後、一度除荷し、残留変位を確認した後、再度、荷重を増加させ、供試体を破壊させる方法とした。

表－１ 使用材料

材 料	記号	摘 要
セメント	C	シリカフュームセメント、密度 $3.08\text{g}/\text{cm}^3$
鋼繊維	SF	引張強度 2000MPa 、長さ 13mm 、径 0.16mm
細骨材	S	砕砂(山形県産)、表乾密度 $2.57\text{g}/\text{cm}^3$ 、 G_{max} 5mm
混和剤	SP	高性能 AE 減水材(ポリカルボン酸系)
PC 鋼棒	—	$\phi 32\text{mm}$ 、B 種 1 号、降伏点強度 1044MPa 、引張強度 1134MPa



写真－１ 鋼製塔 写真－２ ダックスポール 図－１ 構造概念 (イメージ図)



図－２ 供試体一般図

表－２ 示方配合

W/C (%)	Air (%)	SF 量 (vol.%)	単位量(kg/m³)				SP/C (%)
			W	C	S	SF	
17	2.0	0.5	210	1235	948	40	3.0

2.3 使用材料

使用材料，超高強度繊維補強モルタルの示方配合および強度性状をそれぞれ，表－１，表－２および表－３に示す。

表－３ 強度性状(載荷実験直前)

位置	材齢 (日)	圧縮強度 σ_c (MPa)	ヤング係数 E_c (GPa)	曲げ強度 σ_b (MPa)
セグメント1, 2	28	192	42.7	15.7
セグメント3	44	189	42.1	15.0

3. 実験結果

3.1 荷重と変位との関係

荷重と変位との関係および実験値と計算値との比較をそれぞれ，図－３および表－４に示す．ここでの変位は載荷点位置の変位であり，フーチングの回転，基部セグメントの浮上りおよびセグメント継目の目開きの影響を計算で除いた値である．ひび割れ発生荷重の計算値は，供試体引張縁の応力度が引張強度 8MPa に達する荷重で，曲げ破壊荷重の計算値は圧縮側の応力度を 2 次曲線と仮定し，破壊抵抗曲げモーメントより算出した荷重である．図－３より，曲げひび割れ発生荷重，PC 鋼材降伏荷重および曲げ破壊荷重はすべて，計算値を上回っており，ダックスポール供試体は十分な耐荷力を有していることが確認された．また，ひび割れが発生するまで，実験値は弾性理論値とよく一致しており，たわみの計算に弾性理論を適用できることも確認された．実験値と非線形 FEM 解析の結果とを比較すると，ひび割れが発生後，両者の差が大きくなっている．これは，非線形 FEM 解析においてモルタル中の鋼繊維を考慮していないこと，等が原因と考えられる．

3.2 破壊形態

供試体の破壊状況を写真－４に示す．破壊形態は，PC 鋼材が降伏した後に部材の圧縮縁が圧壊する曲げ引張破壊であった．また，圧縮縁側において，断面全体が破壊するような脆性的な破壊は認められなかった．鋼繊維を 0.5vol.%添加することで，高強度コンクリート特有の脆性的な破壊を防止できることが確認された．

3.3 その他の構造特性

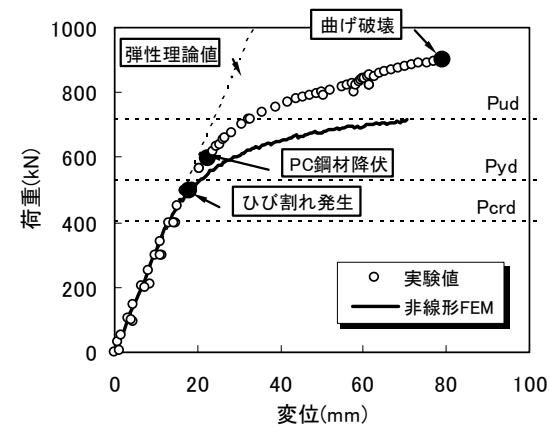
上記の他，今回実施した載荷実験により，ダックスポールのひび割れ幅は過度に大きくならないこと，曲げ破壊時の終局ひずみが 4000 μ を超えること，平面保持の仮定が成立すること，および降伏モーメント相当まで載荷した場合でも除荷すれば復元すること，等が確認された．

4. まとめ

以上より，プレキャストセグメント工法で施工したダックスポールは，所定のひび割れ耐力，曲げ耐力を有しており，破壊形態も良好であることが確認された．その他の構造特性に関しても通常の PC 部材と同様で，特に問題となる性状は認められなかった．施工性に関しても供試体製作時の施工性実験で問題がないことが確認されており，ダックスポールの実用化は十分可能と考えられる．



写真－３ 載荷実験状況



図－３ 荷重－変位曲線の結果

表－４ 実験値と設計値との比較

	実験値 (kN)	計算値 (kN)	比
ひび割れ発生荷重 P_{crd}	499	404	1.24
PC 鋼材降伏荷重 P_{yd}	597	527	1.13
曲げ破壊荷重 P_{ud}	899	719	1.25



写真－４ 破壊状況(基部圧縮縁)

Key Words: 超高強度繊維補強モルタル，塔状構造物，曲げ破壊実験，ひび割れ耐力，曲げ耐力，破壊形態



桜田道博 パンマワン ゴンケオ 大山博明 森 拓也