

粗骨材の応力伝達機構および境界面付着が鋼コンクリート接合部に及ぼす影響

横浜国立大学大学院 学生会員 ○高階 寛之
横浜国立大学大学院 正会員 藤山 知加子

1 はじめに

近年、洋上風力発電の注目の高まりに伴い、大量生産が可能なコンクリート製浮体を用いた浮体式洋上風力発電の開発が急がれている。風車の鋼製タワーとコンクリート支持物の接合部では、繰返し荷重と水の存在によって疲労損傷が加速されることは既に知られているため [1]、特に浮体では慎重に設計がなされる必要がある。本研究では、コンクリート材料として通常のポルトランドセメントを用いたコンクリート (OPC) に加えて、粗骨材の量が多くせん断破壊に対する抵抗性の向上が期待されるプレパックドコンクリート (PPC)、さらに鋼材との付着が強いジオポリマーコンクリート (GPC) を対象として接合部の挙動を実験と数値解析により検討した。

2 実験・数値解析条件

実験では鋼コンクリートの接合部の一形態である、アンカーリングを模した部分モデルを鋼製型枠の中に固定した状態でそれぞれのコンクリートを打設した。各コンクリートの配合は表1に示す。荷重は図1に示したようにセンターホールジャッキを用いて行った。それぞれ30kN、60kN、90kNまで載荷した後、除荷し、その後破壊耐力まで載荷を行った。ジャッキの荷重、アンカーリングの引き抜き量、アンカーリング底部のひずみ、コンクリート表面のひずみの計測を行った。

数値解析は非線形有限要素解析ソフトCOM3を用い、

図2に示すモデルによって解析を行った。各種条件は表2に示す。材料の物性値として、表3に示す載荷時の圧縮強度とヤング係数を利用し、その他の値に関してはこれらから推定した値を用いた。

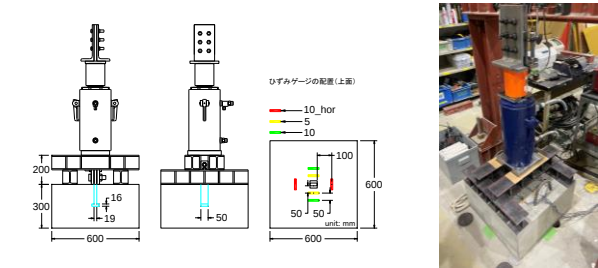


図1：実験の模式図および実際のセットアップ状況

表2：有限要素解析の条件	
要素分割	ソリッド要素数：2,152
境界条件	H型鋼の上部をx, y, z軸で固定
荷重条件	0.1mm強制変位 ×50ステップ

表3：解析ケースと物性値		a-OPC	a-GPC1	a-GPC2	a-PPC
圧縮強度	[MPa]	60	30	30	40
ヤング係数	[GPa]	31	16	16	45
引張強度	[MPa]	2.5	2	2	2
ポアソン比		0.2	0.2	0.2	0.2
ボンド要素					
摩擦係数		0.4	0.4	0.4	0.4
ヤング係数	[GPa]	31	16	205	45
せん断弾性係数	[GPa]	10	5	79	15

表1：各コンクリートの配合		単位量 [kg/m³]						
配合パラメータ								
OPC	W/C	s/a	Gmax	W	C	S	G	Admixture
	41 %	44 %	20 mm	175	427	712	931	4.27
GPC	A/W	BFS/AF	GPW/AF	GPW	AF	S	G	Admixture
	0.116	30 %	0.5	199	398	712	931	5.97
PPC	W/C	C/S	Gmax	W	C	S	G	Admixture
	41 %	0.5	60 mm	126	308	617	1389	8.48

キーワード 鋼コンクリート接合部、ジオポリマーコンクリート、プレパックドコンクリート、有限要素解析
連絡先 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ケ谷区常盤台 79-5
横浜国立大学 都市イノベーション学府 Email: takashina-hiroyuki-bn@ynu.jp

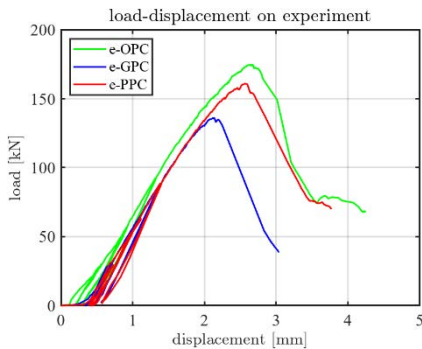


図3：実験における荷重－変位関係

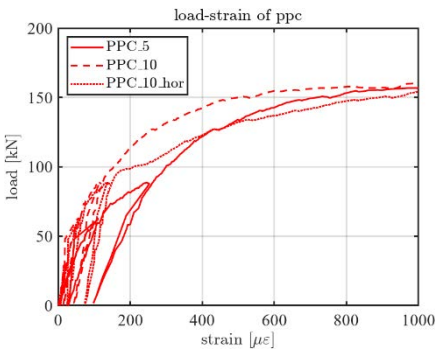


図4：荷重－コンクリート表面のひずみ (PPC) 関係

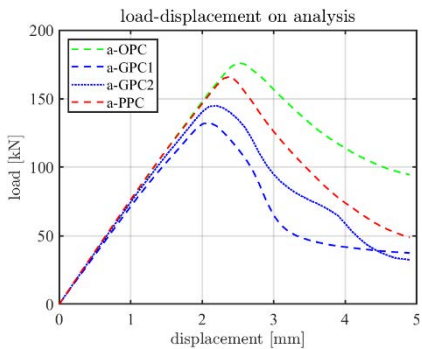


図5：解析における荷重－変位関係

3 結果

3.1 実験結果

OPC, GPC, PPCの実験で得られた破壊形態と最大荷重を表4, 実験で得られた荷重変位曲線を図3に示す. 材料のヤング係数が大きく異なるにも関わらず, 全ケース初期剛性は同等であった.

OPCとPPCに関しては上面のひび割れがアンカーリングから縦や横に広がり破壊したものの, GPCに関してはひび割れがアンカーリングの横のみに進展し耐力が急激に低下したため, 試験体コンクリートの曲げ引張破壊であると判断した. なお, 今回の条件では粗骨材の量増加によるせん断耐力の向上は見られなかった. これは粗骨材を拘束する鉄筋が入っていなかったためと考えられる.

図4にPPC上面のコンクリートのひずみを示す. アンカーリングから近い場所 (5cm) のひずみ (PPC_5) は90kNの除荷後に100 $\mu\epsilon$ の残留ひずみが確認された. しかしながら, 最終的には残留ひずみが確認されていない GPCより高い耐力が得られた. モルタルの充填不足に起因してひずみが発生したものの粗骨材の噛み合わせ効果によって局所的なせん断抵抗が影響した可能性が挙げられる.

なお, 載荷時の円柱供試体の圧縮強度とヤング係数も同様に表4に示す.

表4：載荷時の破壊形態と円柱供試体の物性値

	e-OPC	e-GPC	e-PPC
破壊形態	せん断	引張	せん断
最大荷重 [kN]	174.5	134.9	160.8
圧縮強度 [MPa]	57.1	32.8	39.9
ヤング係数 [GPa]	31.5	16	46.1

3.2 解析結果

解析で得られた荷重変位曲線を図5に示す. 各ケースの耐力力および剛性は概ね再現できたものの, 数値解析上では全ケースにおいて, 実験における曲げ引張破壊と同様の方向に高ひずみ領域と変形がみられた. なお, GPC1の荷重変位関係においてはヤング係数を低く設定したジオポリマーコンクリートの傾きが低く得られたが, 載荷時の円柱供試体のヤング係数ほど大きな差ではなかった. 一方で, GPCの鋼コンクリート境界面におけるせん断剛性を高く設定したGPC2では曲線の傾きがGPC1より大きくなったことから, 実験時各ケースでの荷重変位曲線の傾きが同等であったのは, GPCの付着の影響が考えられる.

4 結論

本研究で得られた知見は以下のとおり.

1. 実験においてGPCが引張破壊, OPCとPPCはせん断破壊が確認された. 粗骨材の量の増加によるせん断耐力の向上はみられなかったものの, 残留ひずみが発生したにもかかわらず他のケースと同等の耐力が得られたことに粗骨材の影響が考えられる.
2. 実験, 解析ともに荷重変位関係ではコンクリート材料のヤング係数の影響は明確に確認できなかった. 境界面付着がそれに影響を及ぼしている可能性がある.

参考文献

[1] Chijiwa, Nobuhiro, et al.: Rapid Degradation of Concrete Anchorage Performance by Liquid Water, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 13, No. 10: pp. 438–48, 2015.