

洋上風力用繊維入りグラウト注入材の施工性能について

(株)熊谷組 正会員 ○阿部 悟
 (株)熊谷組 正会員 吉田 健治

1. はじめに

洋上風力発電所のトランジションピース・モノパイル間のグラウト接合には、強度・耐久性に加え流動性、水中不分離性、セルフレベリング性、充填性の施工性能を有するグラウト材が必要とされる。筆者らは水中不分離性高流動無収縮グラウト材マックス AZ に引張特性や疲労特性の向上を目的に PVA 繊維(ビニロン繊維)を添加したグラウト材の耐久性状を確認してきた¹⁾が、PVA 繊維を添加したことにより流動性等の施工性能が低下することが懸念された。本稿では、グラウト接合部での実施工を想定したポンプ圧送打設試験を行い、施工性能を確認した結果について報告する。

2. 施工性能確認試験の概要

2.1 試験体概要

試験体は疲労試験で用いた PVA 繊維を 1Vol% 添加したグラウト材¹⁾を用いる。また、施行性能試験は主に図-1 に示す試験型枠で行った。試験型枠は洋上風力基礎に用いるモノパイルの最大径を 6m、施工周長を最大 18m と想定して試験型枠延長をその半分である 9.0m、幅 0.1m、高さ 1.0m で作製した。

2.2 試験項目と試験方法

試験項目を表-1 にまとめる。試験体の流動性、水中不分離性、セルフレベリング性、圧縮強度、充填性を計測することで施工性能を確認する。

流動性の確認は、フレッシュ性状試験での試験体のコンシステンシーの計測と、施工性能試験によって行う。

施工試験では高さ 0.1m の水を張った型枠に、高さ 0.3m の位置まで、ポンプ圧送(吐出量: 6.65l/min)によるトレミー方式で打設する。2 箇所からの打設を想定した型枠中央から吐出するケース 1 (流動距離 4.5m) と 1 箇所からの打設を想定した型枠端から吐出するケース 2 (流動距離 9.0m) を実施する。

水中不分離性は試験体打設時に水の濁り具合から材料分離を起こしていないことを随時目視で確認し、水中強度比が 80% 以上であることを確認する。

セルフレベリング性の確認は、施工性能試験にて打設終了後、静置して各測定点(試験型枠中央及び左右にそれぞれ 0.9m, 2.25m, 4.5m)での打設高さを計測する。

圧縮強度試験はポンプ筒先から採取、作製した供試体(気中作製供試体・水中作製供試体)で行う。各供試体は、温度 20±2℃・湿度 60±10% の条件で所定の材齢まで気中封緘養生した。

充填性は施工試験ケース 2 終了後、型枠を解体して試験体の側面に気泡等がなく、型枠端まで打設できていることを目視で確認する。



図-1 打設位置と試験体概要

表-1 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	
コンシ テンシー	20cmフロー時間	JASS15 M-103 準拠 (測定容器 φ50mm×100mm)
	1分フロー値	
	5分フロー値	
単位容積質量試験	JIS A 1171 準拠	
流動性	・練り上がり後及びポンプ圧送後のフレッシュ性状の確認 ・打設開始から試験体の端まで到達する時間の計測 ・打設高さ0.3mまでに要する時間の計測	
水中不分離性	・打設時の水の濁りを目視で確認 ・水中気中強度比の確認	
セルフレベリング性	打設終了後静置してから各計測点の打設高さをスケールで計測	
圧縮強度	JIS A 1132 準拠 水中不分離性コンクリート設計施工指針(案) 準拠	
充填性	ケース2終了後、型枠を解体してグラウト材の側面を目視にて確認	

キーワード：洋上風力発電，モノパイル，グラウト接合，マックス AZ，繊維補強グラウト材

連絡先：〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組土木設計部 TEL 03-3235-8622

2. 3 試験結果

2. 3. 1 流動性試験結果

フレッシュ性状試験における結果の可否は 5 分フロー値 210 mm程度を判定条件¹⁾とし、結果を表-2 に示す。施工性能試験では表-3, 4 より所定の高さまで打設するのにケース 1 では 45 分、ケース 2 では 44 分要した。流動距離 9.0m に 22 分で到達可能であることがケース 2 で確認された。実施工においても 1 箇所からの打設で 2 時間以内に充填可能であると推測される。

2. 3. 2 水中不分離性試験結果

ケース 1, 2 とも、試験体注入口付近ではポンプ圧送による振動で水は濁っていたが、注入口から離れた型枠端付近では水の濁りが少なく、材料分離が生じていなかった。水中気中強度比(図-2)が材齢 28 日で 90%以上となったことから試験体の水中不分離性が確認された。

2. 3. 3 セルフレベリング性試験結果

セルフレベリング性の結果を表-3, 4 に示す。静置後の各測定位置における打設高さは両ケースとも大きな差はなかった。ケース 1 で型枠の左右で打設高さが異なっているのは、注入口が型枠右端の方向を向いていたためであると考えられる。排水後はケース 1 では左右の型枠端で 10mm の差があるが、ケース 2 ではどの計測位置でも同じ打設高さとなっていた。図-3 の型枠解体後の打ち上がり面を見ても、セルフレベリング性を有していると考えられる。

2. 3. 4 硬化性状試験結果

圧縮強度結果を図-2 に示す。疲労試験と同程度の圧縮強度 55N/mm²¹⁾ を目標とする。気中作製供試体に比べて若干水中作製供試体の強度が低く発現したが、どの供試体も材齢 28 日で 60N/mm² を超えたことが確認された。

2. 3. 5 充填性の確認

ケース 2 終了後、型枠を解体し試験体の側面の状況を図-3 に示す。側面に大きな気泡や顕著な隙間は見られず、型枠の端まで充填されていた。

3. 試験結果まとめ

試験の結果から、繊維入りグラウト材は流動性、水中不分離性、セルフレベリング性、充填性の十分な施工性能が確認された。水中作製供試体の圧縮強度は材齢 28 日で 60N/mm² 以上となり、水中気中強度比は 90%以上であった。

謝辞 株式会社 FATEC 高嶋様には本研究の実験計画、実験結果のまとめに際してご協力して頂きました。

参考文献

1) 吉田, 高嶋, 中島, 新井: 洋上風力用グラウト注入材の開発, 熊谷組技術研究所報告, 2015.No.74

表-2 フレッシュ性状試験

	試料	水量	練上温度	20cm到達フロー時間	1分フロー値平均	5分フロー値平均	単位容積重量
	kg	kg	°C	秒	mm	mm	kg/l
ケース1 練上後	100	22.8	23.4	44	213	240	2.04
ポンプ圧送後			22.6	35	220	250	2.07
ケース2 練上後			22.8	47	200	228	2.06
ポンプ圧送後			24.1	40	210	243	2.08

表-3 施工性確認試験(ケース 1)

経過時間(分)	各計測位置における打設高さ(mm)							コメント
	注入口より左側		注入口	注入口より右側				
	4.5m	2.25m	0.9m	0.9m	2.25m	4.5m		
14	-	-	-	-	-	-	50	側壁到達
15	45	-	-	-	-	-	-	側壁到達
45	280	280	290	310	330	320	310	打設終了
70	280	290	310	300	310	310	310	25分静置
125	330	330	330	340	340	340	340	排水後

表-4 施工性確認試験(ケース 2)

経過時間(分)	各計測位置における打設高さ(mm)							コメント
	注入口	注入口からの距離						
	0m	2.25m	3.6m	4.5m	5.4m	6.75m	9m	
10	200	150	205	20	-	-	-	中央到達
22	315	280	245	220	190	150	10	側壁到達
44	420	390	360	350	340	330	300	打設終了
61	360	360	350	350	350	360	360	17分静置
124	360	360	360	360	360	360	360	排水後

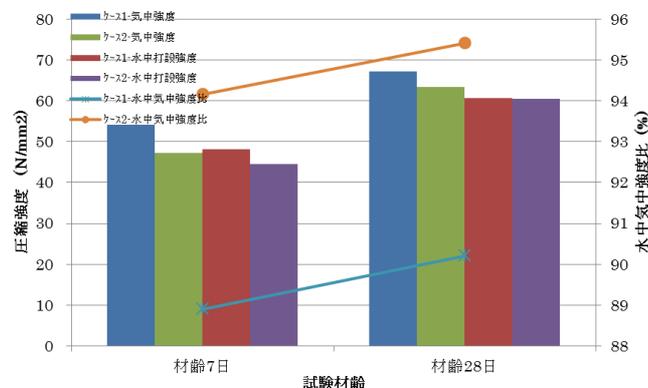


図-2 圧縮強度と水中気中強度比



図-3 試験体の型枠脱型状況