

相反する粘性と流動性を兼ね備えた水中不分離性注入材の開発

芝浦工業大学 学生会員 ○大橋 優樹 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史
全国止水躯体補修工事協同組合 天野 智雄 日鉄セメント（株） 正会員 高林 佳孝

1. 背景・目的

港湾構造物を代表するケーソンの水中ひび割れは劣化因子侵入によるコンクリートの劣化や中詰砂の流出による上部コンクリート陥没などを引き起こす。これは社会基盤を苛む問題として報告され、早急な補修が望まれる。ただし、気中ひび割れの閉塞のために用いられる注入材を水中で使用した場合、水中での材料分離による品質低下が懸念される。そのため増粘剤により水中不分離性を高める必要がある。しかし、増粘剤添加により流動性は低下し、注入材が有する自己変形抵抗性の増加による充填不良を引き起こす可能性がある。そのため、水中不分離性注入材は相反する流動性と粘性が求められているが、兼ね備えた配合は開発されていない。この相反関係を踏まえ、本研究では超微粒子スラグセメントと界面活性作用を付与する特殊増粘剤の併用により相反する粘性と流動性を兼ね備えた水中不分離性注入材の開発を試みた。

2. 実験概要

2. 1 使用材料と配合選定

本研究で使用した材料を表-1に示す。二種の比表面積の異なるスラグセメントに増粘剤である BT を 1~10%、ASK を 0.1~2%添加し、W/C70%でフレッシュ性状の把握をした。その結果から、増粘剤添加量の適正範囲を選定し、模擬ひび割れ注入による閉塞試験から注入材の配合を決定した。注入材の略号は例えば、HS に BT を 3% 添加した場合 HS-BT3%のように表記する。

2. 2 フレッシュ性状試験

注入材が水中で示す挙動から配合選定を行う為に、実際に試験可能な気中との関係性を把握したい。そこで、簡易モールド（φ50×100mm の筒）を使用して気中・水中スランプフローを計測した。モールドに注入材を充填し、垂直に引き抜いた際に広がった注入材の最大の直径とそれに直行する直径を mm 単位で小数点第 1 位まで計測した。水中スランプフローは水槽にスランプコーンを設置後、注入材を充填した。その後、水位 100mm まで注水し、モールドを引き抜き、水中スランプフローを計測した。

表-1 使用した材料

超微粒子スラグセメント			増粘剤		
略号	比表面積(cm ² /g)	比重	略号	添加方法	添加量
HS	8000	3.01	液体(BT)	W×%	1~10%
SQ	6000	2.92	粉体(ASK)	C×%	0.1~2%

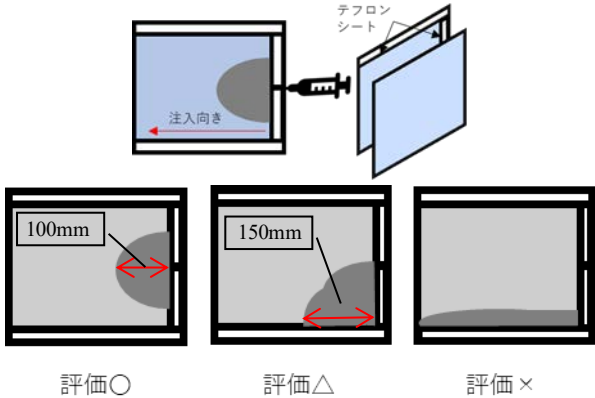


図-1 模擬ひび割れ注入試験概要

2. 3 模擬ひび割れ注入試験

図-1に模擬ひび割れ注入試験概要を示す。2枚の亚克力板にテフロンシートを挟み垂直に固定し、側面から注射器で注入材を手動注入した。評価基準は注入深さ100mm以上でひび割れ底部に到達しなかった場合は評価○、底部到達長さが150mm以内は評価△、模擬ひび割れから流出した場合評価×と定める。また、水中で加圧された注入材の水中不分離性を評価する為に水槽水の pH を測定した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 フレッシュ性状試験の結果

図-2にBTを用いた添加量に対するスランプフローを示す。各スラグセメントにおいて、水中フロー値はいずれの配合で気中より低い値を示した。これは注入材の流動性が水圧の影響によって抑制されたと考えられる。HSはBT5%以降で注入材の沈降と水圧が均衡し、注入材が排出されず計測は行えなかった。また、BTは各スラグセメントで添加率1~5%で水中フローの緩やかな減少を示し増粘効果に対する流動抑制効果が小さくなり、少量の

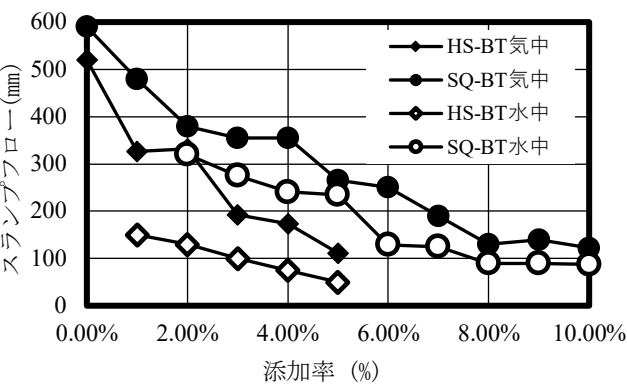


図-2 BT スランプフロー

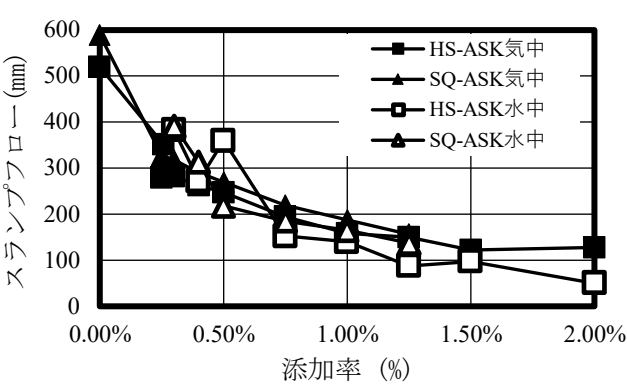


図-3 ASK スランプフロー

変動でも性能を確保できることから、注入材として扱いやすいと考えられる。

一方図-3に ASK を用いた添加量に対するスランプフローを示す。添加率 0.25～1%で配合及び気中・水中によらず同じ傾向を示したが、ASK1%を超える配合ではスランプコーン側面に残留する注入材が多く確認された為、適正添加率の上限は ASK1%であると考えられる。

以上のことから、BT1～BT5%、ASK0.25～ASK1%を選定範囲とした。

3. 2 注入試験結果と pH

表-3 に模擬ひび割れ注入試験の結果を示す。HS-BT3%はいずれのひび割れ幅でも注入材がひび割れ内底部に到達せず時間経過に依存しない滞留を確認できた。BT5%はひび割れ幅 1mm での注入が困難であり、これは増粘効果が強く注入材の変形抵抗性が高いことによるものだと考えられる。SQ-BT はいずれの配合、ひび割れ幅で注入材の時間経過による流出或いは不十分な滞留が確認された。これは増粘剤同添加率範囲では SQ が HS よりも高い変形抵抗性を示唆し、増粘剤添加時の流動性が高いことを示している。ASK では顕著な結果が示され、ASK1%はいずれの配合、ひび割れ幅で残留が確認され、HS、SQ に限らず配合の優位性が示された。

図-4 に水中スランプフロー値と注入材圧入による水槽水の pH の関係を示す。増粘剤の添加によって水中スランプフロー値が減少すると pH も減少している。これは増粘剤添加率による増粘効果で水中不分離性が確保されたことを示している。SQ-BT3%と HS-ASK0.25%は比較的近い水中フロー値を示しているが、異なる pH が計測された。この配合の増粘剤添加率をそれぞれ増加させた SQ-BT5%と HS-ASK1%では、比較的近い水中フロー値を示す一方、pH の大小関係が変わり同じ流動性を示しても材料によって水中不分離性が異なる。

表-3 模擬ひび割れ注入試験結果

セメント			HS			SQ		
ひび割れ幅			1mm	2mm	3mm	1mm	2mm	3mm
配合	BT	1%	△	△	△	×	×	×
		3%	○	○	○	×	×	×
		5%	×	△	○	△	△	△
	ASK	0.25%	×	×	×	×	×	×
		1%	○	○	○	○	○	○

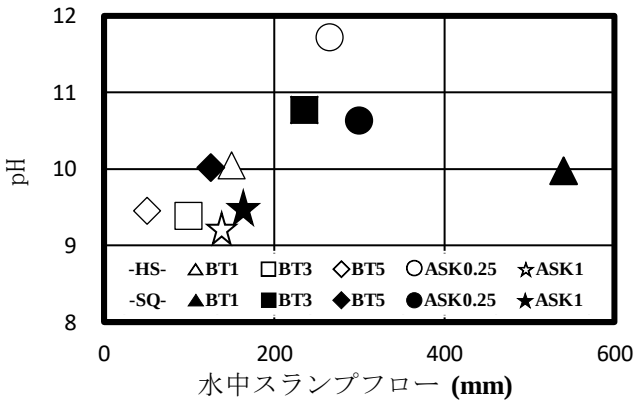


図-4 水中スランプフローと水槽水 pH

つまり、異なる比表面積のスラグセメントでも増粘剤により水中不分離性の増加傾向は異なると示された。

4. まとめ

- (1) HS-BT は増粘効果による水中不分離性が比較的一定の増加傾向を示し、材料の適合性が示唆された。
- (2) SQ-BT は BT5%以降の範囲でより精度の高い配合決定ができると考えられる。
- (3) 現場で水中不分離性注入材を使用する場合、HS-BT3～5%、HS-ASK1%、SQ-ASK1%の配合を推奨する。

参考文献

1) 荻村敬隆, 毛塚貴洋, 臼井匠, 伊代田岳史: 無機系ひび割れ注入材の基本物性とひび割れ注入効果の検, 第 39 回土木学会関東支部技術研究発表会, V-60, 2020