

超微粒子スラグセメントと特殊増粘剤を用いた水中不分離性注入材の開発

芝浦工業大学 工学部土木工学科

芝浦工業大学 工学部先進国際課程兼任土木工学科

全国止水躯体補修工事協同組合

日鉄セメント株式会社

○大橋優樹

伊代田岳史

天野智雄

高林佳孝

1. はじめに

港湾構造物を代表するケーソンの側壁部に発生した水中ひび割れは中詰材部に到達すると、中詰材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。

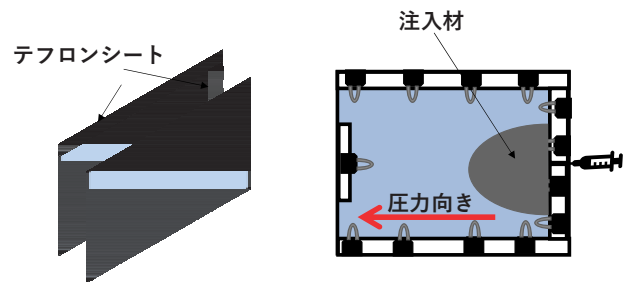


図-1 模擬ひび割れ注入試験概要

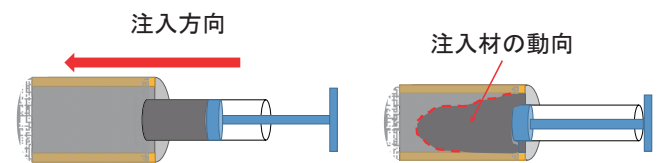


図-2 水中ひび割れ注入試験概要

2. 実験概要

2. 1 使用材料と配合選定

本研究では、緻密な硬化体を形成し狭いひび割れに充填される流動性を付与するために比表面積 8000 プレーンのスラグセメントと材料分離抵抗性を付与する2種の特殊増粘剤、液体(以下 BT と示す)、粉体(以下 ASK と示す)を使用した。注入材の水に対して液体タイプを1～10%、セメント分に対して粉体タイプを0.1～2%添加し、W/C70%で注入材の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、模擬ひび割れ注入試験、水中ひび割れ注入試験による注入効果から注入材の配合を決定した。注入材の略号は例えば、BTを3%添加した場合 BT3%のように表記する。

2. 2 フレッシュ性状試験

注入材の水中で示す挙動と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。増粘剤の低添加率では水質汚濁によって注入材動向が視認できない場合は、不適正な添加率とした。

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。評価基準は時間経過によって注入箇所より流下した場合は評価×とする。一方、時間経過に依存しない注入箇所での滞留が見られた場合、評価○とする。

2. 4 水中ひび割れ注入試験

図-2に水中ひび割れ注入試験概要を示す。円柱供試体(φ50×100mm)を割裂した。これにテフロンシートを挟みひび割れ幅 0.5mm で固定した。水中でひび割れ内を満水にし、側面から注射器でゴム圧入した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 フレッシュ性状試験の結果

図-3にBT、図-4にASKの増粘剤を用いた添加量に対するスランプフローを示す。BT添加において水中フロ

一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。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は添加率 1～5%で水中フローの緩やかな減少を示している。これは増粘効果に対する流動抑制効果が小さく注入材として扱いやすい。一方、ASKは各添加率において気中・水中フロー値が比較的近い値を示した。しかしながら、ASK1%を超える配合では簡易モールド内に残留する注入材が多く確認された為、不適正とした。以上のことから、BT1～5%、ASK0.25～1%を適正添加率として選定した。

3. 2 模擬ひび割れ注入試験結果

図-5に例として2mmの模擬ひび割れ注入試験の結果を示す。BT1%、ASK0.25%は注入後、同心円状に広がるが注入箇所より下へ流下した。注入箇所を閉塞しない時間経過による流動が確認された。また、BT5%はひび割れ幅 3mm において、注入時に空気を巻き込み無数の空隙が確認され、2mm 以下では手動注入が不可であった。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。一方、BT3%、ASK1%は注入後、同心円状に広がった後に流動せず滞留した。これらの結果はいずれのひび割れ幅でも同様に示され、以上のことから、BT3%、ASK1%を適正添加率として選定した。

3. 3 水中ひび割れ注入試験結果

図-6に水中ひび割れ注入試験結果で得られた注入材の動向を示す。ASK1%はひび割れ内全体に充填され、水圧による流動性の抑制はなく十分な閉塞効果が確認された。一方、BT3%はひび割れ後方部において流入材が流下し、斜線部の未充填領域が確認された。これは、水圧或いは重力の影響により、注入材が流れやすい動線を辿ったと推測される。今回の範囲では以上のことから、水中不分離性注入材として増粘剤 ASK1%に優位性が示唆された。

4. 注入材の管理基準

現場施工において、ひび割れ幅や季節で変化する海水や練り混ぜ水の温度によって注入材の流動性や粘性が異なる。ASK1%の水中不分離性注入材は気中、水中のフロー値が比較的近い値を示している。よって注入材のフレッシュ性状を気中で試験を行うことで性能を確認し、施工を行うことが可能である。

【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

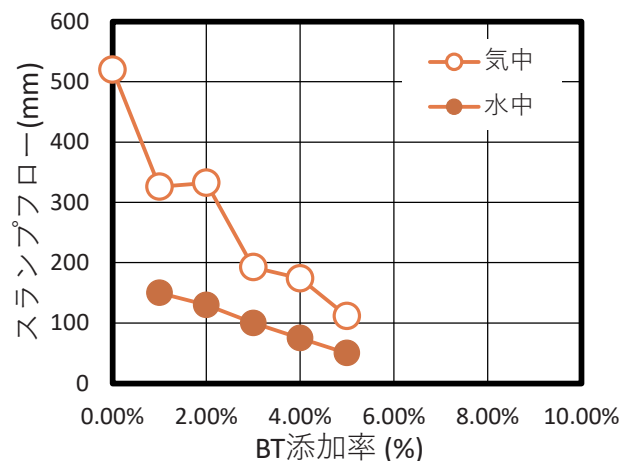


図-3 BT 添加率に対するスランプフロー

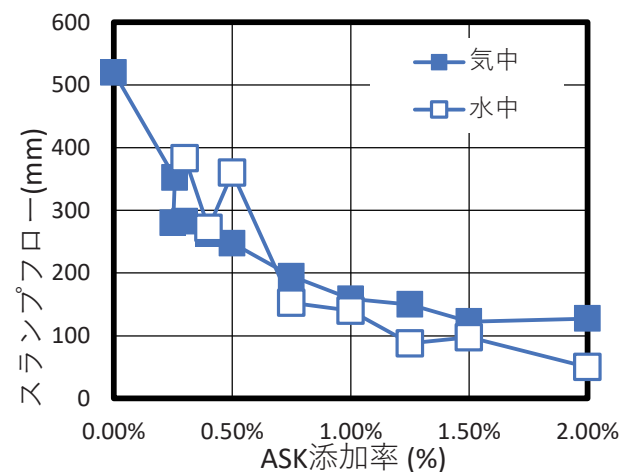


図-4 ASK 添加率に対するスランプフロー

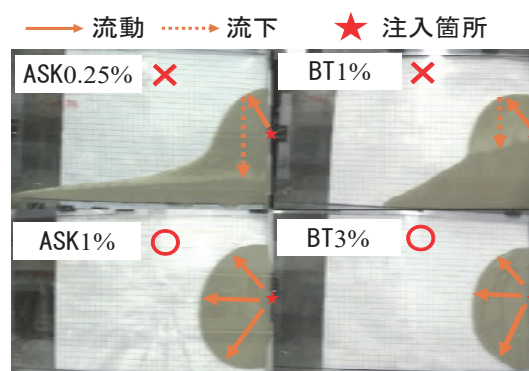


図-5 模擬ひび割れ注入試験結果

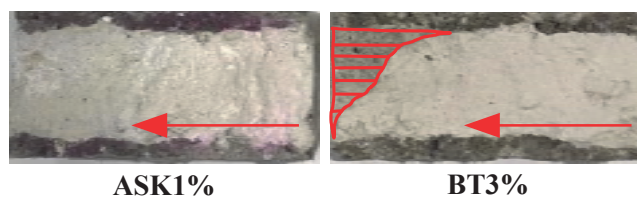


図-6 水中ひび割れ注入による注入材の動向