

第Ⅲ部門

炭酸ナトリウムの混合によるセメントベントナイトのブリージング低減に関する考察

明石工業高等専門学校 学生員 ○橋本 功
 マルシン 正会員 桑原秀一
 日本マテリアル 非会員 内田幸生・近藤武司
 芝浦工業大学(前 明石高専) 正会員 稲積真哉

1. はじめに

近年、我が国では高度経済成長期に大量に建設された建築物の老朽化が進んでおり、構造物の解体、建替え需要が増加している。構造物取壊し工において発生する引抜孔を放置しておく、土砂の崩壊や周辺地盤の沈下、軟弱化といった問題を引き起こす可能性があり、充填材を注入することによって地盤を安定化させる必要がある。よって、確実な充填および安定した強度を確保できる充填材の構築が求められている。

一連の研究では、多くの現場に対応可能なセメントベントナイト系空洞充填材の高度化を目的とする。炭酸ナトリウムの混合はセメントベントナイト系空洞充填材の強度発現早期化およびブリージング抑制効果が期待されており、セメントベントナイト及び炭酸ナトリウム混合セメントベントナイトに対し強度特性、流動性、材料分離の面で比較試験を行うことで炭酸ナトリウムの混合効果を検討、考察する。

2. 試験方法

2.1. 配合条件

表-1 は本研究における一連の試験で用いる供試体について、各材料の配合条件を示したものである。混合手順は、回転数 1500rpm/min の攪拌機に水(W)とベントナイト(B)を加えて3分間攪拌後、普通ポルトランドセメント(C)を投入して3分間攪拌、更に炭酸ナトリウム(S)を投入して3分間攪拌を行う。

表-1 配合条件

配合 No.	B (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	W (kg/m ³)	W/C (%)
A-1	50	240	0	905	377
A-2	50	240	20	897	374
B-1	50	300	0	886	295
B-2	50	300	20	878	293

2.2. 強度試験

日本工業規格 (JIS A 1216) 「一軸圧縮試験」に準じて試験を行う。配合条件に従って各試料を混合し、直径 50mm、高さ 100mm のモールドに流し込んで供試体を作成後、20°Cの恒温室で7, 14, 28, 60, 90, 120 日間養生を行い、各養生日数において一軸圧縮試験を実施する。また、各試料の混合から 24 時間後までのセメントベントナイトの硬化作用について調べるため、混合直後から 30分, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 24 時間における貫入抵抗値について簡易測定器を用いて計測する。

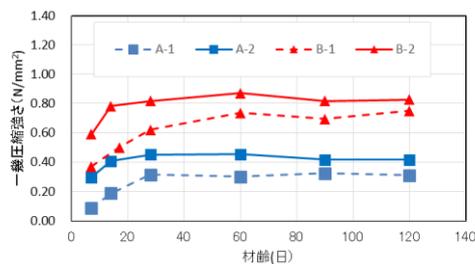


図-1 一軸圧縮試験結果

2.3. ブリージング試験

土木学会規準 (JSCE-F 522) 「プレパックドコンクリートの注入モルタルのブリージング率および膨張率試験方法 (ポリエチレン袋方法)」に準じて試験を行う。直径 50mm のポリエチレン袋に 200mm の高さまで各試料を混合、攪拌した充填材を入れ、1, 3, 24 時間後の

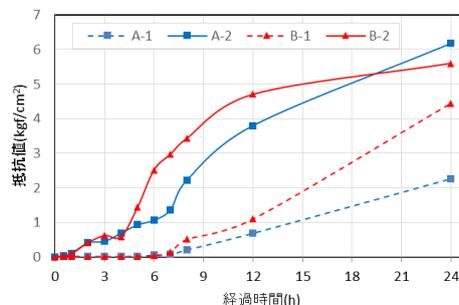


図-2 貫入試験結果

ブリージング水量を測定し、以下の式を用いてブリージング率を求める。

$$Br = \left(\frac{Wb}{V} \right) \times 100$$

ここで、Br (%) はブリージング率、Wb (ml) は各経過時間におけるブリージング水量、V (ml) は試料全体の体積を示す。

表-2 ブリージング試験結果

配合 No.	ブリージング率 (%)		
	1時間後	3時間後	24時間後
A-1	3.6	9.3	9.5
A-2	0.5	0.0	0.0
B-1	4.0	9.5	9.8
B-2	0.4	0.0	0.0

3. 室内配合試験結果

図-1 の一軸圧縮試験結果から、配合 A-1 と A-2, B-1 と B-2 において、セメントベントナイトと比較して炭酸ナトリウム混合セメントベントナイトの初期強度の方が大きくなっていることが分かる。また、いずれの材齢においても炭酸ナトリウム混合時の方が高い強度を示している。図-2 の貫入試験結果において、配合 A-1, B-1 のセメントベントナイトでは混合から7時間程度から固化性能を発揮するのに対し、炭酸ナトリウム混合セメントベントナイトである配合 A-2, B-2 では混合から一時間程度で固化性能を発揮している。

表-2 のブリージング試験の結果において、配合 A-1, B-1 のセメントベントナイトでは時間の経過と共にブリージング率が大きくなるのに対し、配合 A-2, B-2 の炭酸ナトリウム混合セメントベントナイトでは1時間後に約0.5%のブリージングが確認されたのみで、その後はブリージング率が0%となっておりブリージングを起こしていない。以上のことより、セメントベントナイトに炭酸ナトリウムを混合することで早期強度発現効果およびブリージング抑制効果を発揮するといえる。

4. ブリージング抑制効果の考察

ベントナイトとはモンモリロナイトを主成分とするスメクタイト系の粘土鉱物であり、薄い板状結晶が積み重なった層状構造をしている。結晶は負電荷を帯びており、結晶層間に陽イオンを吸着することによって電気的な平衡を保っている。天然のモンモリロナイトの層間陽イオンは主としてナトリウムイオン (Na⁺)、カルシウムイオン (Ca²⁺)、カリウムイオン (K⁺)、マグネシウムイオン (Mg²⁺) からなり、ベントナイトの性質はモンモリロナイトの層間陽イオンの種類によって異なる。大きくは二種類に大別され、Na⁺およびK⁺の1価の陽イオンを多く吸着している場合をNa型、Ca²⁺およびMg²⁺の2価の陽イオンを多く吸着している場合をCa型と呼ぶ²⁾。炭酸ナトリウムの混合によるセメントベントナイト系充填材のブリージング率の減少は、ベントナイトの膨潤性増加およびセメントベントナイトの早期強度発現性能が要因として挙げられる。ベントナイトはモンモリロナイトの層間陽イオンが水分子を吸着することによって吸水膨潤性を発揮している。Ca型ベントナイトと比較してNa型ベントナイトの方が単位層間の電気的な引力が弱いため、層間陽イオンが水分子を吸着した際に膨潤しやすいという性質を持つ。炭酸ナトリウムが水に溶解して電離することでNa⁺が発生し、ベントナイト中の層間陽イオンに含まれるCa²⁺とイオン交換される。ベントナイトの層間陽イオンにNa⁺が多く含まれるようになることでNa型ベントナイトとしての性質が強くなり、ベントナイトの膨潤性が増加したと考えられる。加えて、ベントナイト中の層間陽イオンに含まれるCa²⁺と炭酸ナトリウムの電離によって発生したCO₃²⁻から炭酸カルシウムが生成されることよって早急に硬化体が形成され、セメントベントナイト中の水分子の移動が阻害される。また、セメントとの水和反応に水分子が消費されていることによる水量の減少も発生する。以上のことから、炭酸ナトリウムの混合によるベントナイトの膨潤性増加および炭酸カルシウムの生成による早期強度発現、セメントと水の水和反応という複数の現象が関係して、混合、攪拌から数時間後には炭酸ナトリウム混合セメントベントナイトのブリージングが発生しなくなったといえる。

【参考文献】

- 1) 総務省：公共施設等の解体撤去事業に関する調査結果，総務省，2012
- 2) 八島隆志：粉末X線回帰法によるスメクタイト交換性陽イオンの推定，全地連技術フォーラム2011講演集，No.40，2011.