

凍結工法適用時に凍害劣化を引き起こさない裏込材の開発

富士化学(株) 正会員 ○黒岩 大地 富士化学(株) 正会員 笹原 茂生
 富士化学(株) 正会員 松山 雄司 大成建設(株) 正会員 西田 与志雄
 大成建設(株) 正会員 西田 泰夫

1. はじめに

昨今、大深度における高水圧下で、ライフラインをシールド工法で構築する場合、シールド同士の接合や、立坑からの発進・到達で凍結工法が用いられることが多い。このような施工では、氷点下で構造体を構築後、構造体背面に裏込め充填を行う。また、地盤の解凍沈下を防止するため、凍土中への固化材の注入を行う場合もある。充填材には一般に、セメントベントナイトスラリー(以下CB)が用いられる。常温ではCBの品質に問題は無いが、氷点下にさらされた場所では凍害劣化による材料分離や、これに伴う体積収縮、強度不良が発生するという問題がある(写真1)。また、凍土中をシールドが掘進する場合、セグメント背面に裏込材を充填するが、凍土に接する部分では氷点下となり、裏込材としての機能を発揮しない可能性が高い。

以上の背景を踏まえ本研究では、凍結工法施工時(-10℃)において凍結せず、充填性を維持し、凍結解除後は速やかに硬化する裏込材について検討した。今回はDSC(示差走査熱量計)による融点の確認、未凍結および凍結解凍後の一軸圧縮強さ、可使時間についての結果を報告する。

2. 試験概要

2. 1. 使用材料および配合

表1に、使用材料を示す。本材料のメカニズムとして、硬化はスラグとけい酸ソーダの縮重合反応により行われ、けい酸ソーダのモル比が低いほど硬化にかかる時間が短くなる。また、比重の高いけい酸ソーダは、凝固点降下するため、これと混合することで、氷点下においても凍結せず可塑性を維持できないか検討した。

表2に、今回の試験で使用した配合を示す。

2. 2. 実験方法

1)融点の確認

凝固点は過冷却の影響により実際の値より低く見積

もられる傾向がある。そのため本研究では、DSCを用いて、作製した裏込材の融点を測定した。

2)一軸圧縮強さの確認

JIS A 1108に準拠し、材齢7日で測定した。凍結による強度への影響を確認するため、常温で7日間養生したパターンと、作製後24時間は-10℃で養生後、6日間常温で養生したパターンで試験を実施した。



3)可使時間の確認

作製した裏込材を20、30、40℃の環境下に静置し、流動性が無くなるまでの時間を測定した。

写真1 CB(左:凍結前、右:凍結解凍後)

表1 使用材料

材料	種類
硬化材	高炉スラグ微粉末、密度:2.90g/cm ³ 、比表面積4000cm ² /g
助材	ベントナイト、密度:2.5g/cm ³
反応材	1号けい酸ソーダ、比重:1.523

表2 配合(1m³あたり)

No.	硬化材(kg)	助材(kg)	反応材(kg)	水(kg)
1	79.1	613.6	1002.8	72.7
2			891.4	145.5
3			779.9	218.2
4			668.5	290.9
5			557.1	363.6
6	158.2	545.5	1002.8	72.7
7			891.4	145.5

キーワード 裏込材、凍結工法

連絡先 〒509-9132 岐阜県中津川市茄子川字中垣外1683番地1880 テクニカルセンター TEL0573-68-7222

3. 実験結果

比重の高いけい酸ソーダは凝固点降下する。このけい酸ソーダを混合した本裏込材の不凍性について検討するため、DSCによる融点の確認を行った。図1に、No. 1~No. 5の融点と裏込材中のけい酸ソーダの関係を示す。これによれば、No. 1~No. 3は、-10℃環境下での不凍性が確認された。すなわち、No. 1~No. 3の配合では凍結工法による凍結環境下においても凍結しない事が確認された。また、裏込材中のけい酸ソーダの割合を増やすことで融点も低下していることから、けい酸ソーダの割合を変えることで、融点の調整が可能であると考えられる。写真2に氷点下に24時間静置したNo. 1の写真を示す。このように-10℃においても凍結せずに流動性がみられた。

図2に、常温で7日間養生したパターンと、作製後24時間-10℃で養生後、6日間常温で養生したパターンでの一軸圧縮強さを示す。これによれば、CBでは-10℃で凍結させた場合、写真1のように材料分離を起こすが、本材料は-10℃で養生しても、若干の低下はあるものの、強度は90%以上を維持していることが確認された。また、本裏込材の一軸圧縮強さは硬化材の量で調整できた。硬化材添加量の少ないNo. 1とNo. 2は低温で養生すると強度増加する傾向が見られた。これは低温、低濃度で養生したことで、ゲル化がゆっくりと均一に

進行したと考えられる。高濃度では不均一にゲル化が進行しやすいため低濃度と異なる結果となったと考えられる。さらに、No. 2に比べNo. 4、No. 5の強度が高くなる傾向がみられた。これは裏込材中の水が多くなるにつれ硬化材の溶解度が増加し、より早く硬化反応が進むため強度が増したと考えられる。

図3に、各温度での可使用時間を示す。なお、氷点下では溶解度が低下して硬化反応も遅くなるため、今回試験に使用した配合においては、-10℃で硬化することはなかった。No. 1、No. 2では、施工時の温度が30℃程度であっても、材料を混合し注入するまでの十分な時間が確保できると考えられる。また、硬化材の量に比例して可使用時間も変化することから、一軸圧縮強さと同様に可使用時間も調整が可能であった。

4. まとめ

以上の結果から、以下のことが確認できた。

- 1) 裏込材に比重の高いけい酸ソーダを使用することで、氷点下でも凍結せずに可塑状を維持し、凍結解除後は速やかに硬化することが確認された。
- 2) 一軸圧縮強さおよび可使用時間は、主に硬化材の量を調整することで、ある程度のコントロールができた。

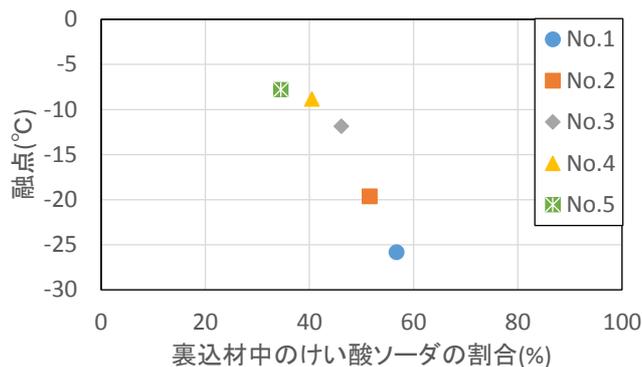


図1 融点と裏込材中のけい酸ソーダの関係



写真2 開発中の裏込材が流動する様子(-10℃)

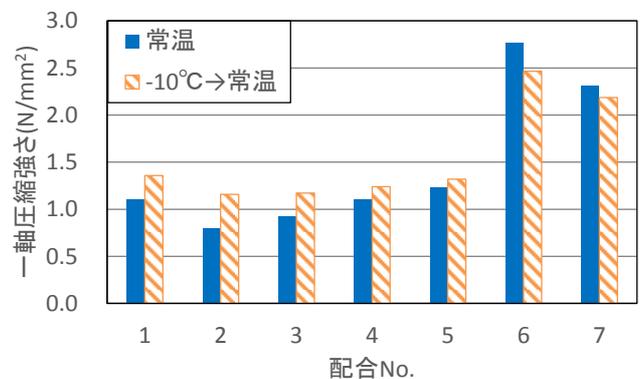


図2 一軸圧縮強さ

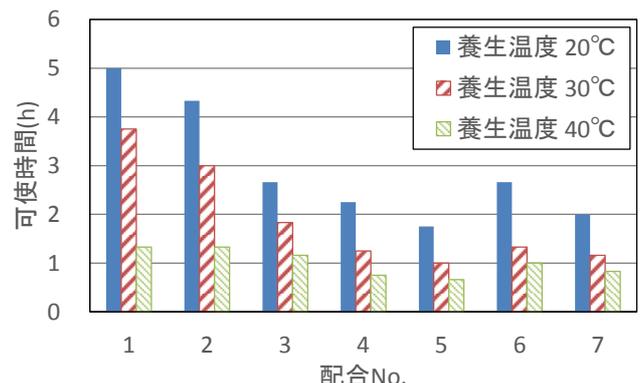


図3 可使用時間