

亜硝酸リチウムを用いた耐寒無収縮モルタルの諸特性に関する基礎的検討

北見工業大学大学院
北見工業大学
日本高圧コンクリート㈱
日産化学㈱

学生員 ○福間 優作
正会員 井上 真澄 崔 希燮
正会員 吉岡 憲一
正会員 須藤 裕司

1. はじめに

本研究では、-10℃程度の氷点下環境において特別な養生を必要としない耐寒無収縮モルタルの開発を目的として、亜硝酸リチウムを含有する硬化促進剤を添加した無収縮モルタルを練上がり直後から氷点下において養生した場合の強度発現性と膨張収縮挙動について基礎的検討を行った。

2. 亜硝酸リチウムを添加した無収縮モルタルの諸特性

まず亜硝酸リチウムを添加した無収縮モルタルの諸特性を把握するため、練上がり直後から氷点下で養生した場合の圧縮強度と膨張率について検討を行った。

表-1 に実験要因を示す。試験に使用した無収縮モルタルには、一般に使用されているプレミックス型のセメント系無収縮モルタルを使用した。結合材(B)には、セメントのほか、無収縮性を保持するために石灰系膨張材とアルミニウム粉末などが配合されている。硬化促進剤には亜硝酸リチウムを含有する濃度 40%水溶液(密度:1.25g/cm³、以下 LN と称す)を使用した。LN の添加率は、プレミックス材に含有する結合材質量に対する LN の固形分量の割合として計算し、その添加率は-10℃環境下での使用を想定して既報告の結果¹⁾を参考に 6%とし、LN 無添加の場合と比較した。また、寒中施工を想定して温度 10±1℃、湿度 85±5%の恒温恒湿室内にて各材料を温度管理し、ハンドミキサーを用いて練混ぜを行った。

圧縮強度は、練上がり直後にφ50×100mmのぶりき製軽量型枠に打込み、打込み面をラップで覆い封緘した。その後、初期養生せずに打込み直後から-10℃の恒温槽内にて封緘養生し、材齢 7 日において圧縮強度試験を行った。また、材齢 7 日以降は、氷点下における養生後の追加養生による強度回復の有無を確認するため、20℃の恒温槽内において追加養生(以下、回復養生と称す)を行い、材齢 28 日および 56 日にて圧縮強度試験を行った。

図-1 に打込み直後から材齢 7 日まで-10℃環境下において封緘養生した場合の圧縮強度の経時変化を示す。LN=6%の場合は材齢 7 日時点で 19.7N/mm²の強度が得られており、回復養生後には 60N/mm²程度まで強度増進した。一方、LN=0%では材齢 7 日が 1.0N/mm²であり、回復養生後は材齢 28 日で 28.6N/mm²を示すもの、材齢 56 日では若干強度が低下し、強度増進が停滞した。LN 無添加の場合は打込み直後から氷点下に曝されモルタル中の水分が凍結し初期凍害を受けたことにより強度増進しなかったものと考えられる。

次に LN=6%の配合を対象として-10℃環境下において膨張率を測定したところ、24 時間経過した時点で-0.55%と収縮側に挙動することを確認した。本実験で使用した無収縮モルタルには初期の収縮を抑制するために AL 粉末などが配合されているが、AL 粉末はセメント中の Ca(OH)₂ と反応して水素ガスを発生する化学反応であるため、その反応は温度条件に対する依存性があること²⁾が報告されており、氷点下では十分な初期膨張が得られなかったものと推察される。

3. AL 粉末の添加が耐寒無収縮モルタルの強度発現および膨張率に及ぼす影響

LN を添加した無収縮モルタルは氷点下においても凍結せずに良好な強度発現が得られる一方で、無収縮性の保持に課題がある。そこで初期膨張の付与を目的として LN を添加した無収縮モルタルに AL 粉末を追加添加した場合の強度発現性と膨張率に及ぼす影響について検討を行った。

表-2 に実験要因を示す。LN を 6%添加した無収縮モルタルに AL 粉末(主成分:アルミニウム)を結合材質量に対して 0.150~0.175%の範囲で添加した。各材料の温度管理や練混ぜ環境、養生条件や試験項目は 2 章と同じである。

図-2 に圧縮強度の経時変化を、図-3 に膨張率の経時変化を示す。膨張率の結果を見ると、AL 添加率 0.150~0.175%の範囲においては材齢 7 日まで無収縮性を示すことを確認した。いずれの添加率においても材齢 1 日時点で膨張率は最大を示し、その後は幾分膨張率が低下するものの概ね一定の膨張率を示した。また、AL 添加率を増加すること

表-1 実験要因

要因	仕様
ベース材	セメント系無収縮モルタル (W/B=36.0%)
LN 添加率	0%, 6%
練混ぜ環境	10±1℃, 85±5%RH
養生条件	-10℃(材齢 7 日以降, 20℃回復養生)
試験材齢	7, 28, 56 日
試験項目	圧縮強度試験(JSCE-G 541 に準拠) 膨張率試験(JSCE-F 535 を参考にメスシリンダーを用いて測定)

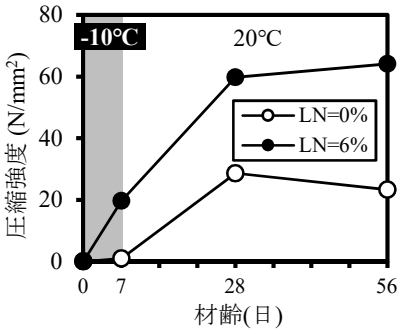


図-1 圧縮強度の経時変化

キーワード 無収縮グラウト、亜硝酸リチウム、氷点下環境、強度発現、膨張率

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地
北見工業大学 工学部 社会環境系 TEL : 0157-26-9513

表-2 実験要因

要因	仕様
ベース材	セメント系無収縮モルタル (W/B=34.4%)
LN 添加率	6%
AL 添加率	0.150%, 0.163%, 0.175%
練混ぜ環境	10±1℃, 85±5%RH
養生条件	-10℃(材齢 7 日以降, 20℃回復養生)
試験材齢	7, 28, 56 日
試験項目	圧縮強度試験(JSCE-G 541 に準拠) 膨張率試験(JSCE-F 542 に準拠)

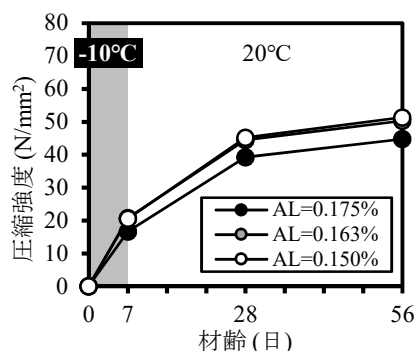


図-2 圧縮強度の経時変化

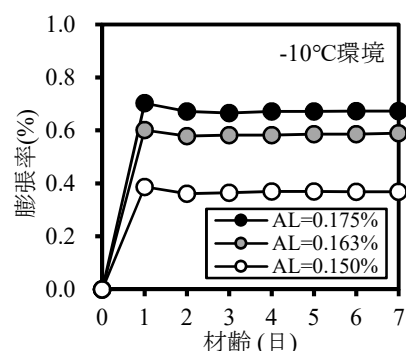


図-3 膨張率の経時変化

により膨張率は増加する傾向を示した。これに対して圧縮強度は、AL 添加率の増加により強度が低下する傾向を示した。この強度低下は、AL 粉末の発泡による膨張に起因するものと考えられることから、AL 添加率は無収縮性を保持できる範囲でできるだけ少なくする必要がある。なお、本実験の配合および養生条件においては、AL 添加率 0.150%において材齢 28 日強度が無収縮モルタルの規格値(45N/mm²)³⁾を概ね満足できており、材齢 56 日においてもその強度が増進していることを確認した。

4. 耐寒無収縮モルタルの付着強度試験

橋梁用支承の据付けにあたってグラウト材(省座モルタル)として使用される無収縮モルタルには、アンカーボルトとの付着性能が要求される。そこで LN と AL 粉末を添加した耐寒無収縮モルタルを-10℃環境下にて養生した場合の付着強度試験を行った。ここでは、3 章の実験結果を踏まえて、ベース材の無収縮モルタルに LN を 6%, AL 粉末を 0.150%添加した耐無収縮モルタルを試験対象とした。

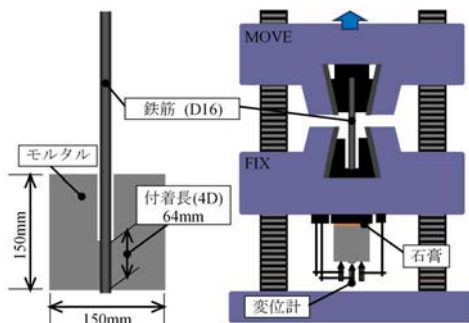


図-4 引抜き試験体概要および荷重試験方法

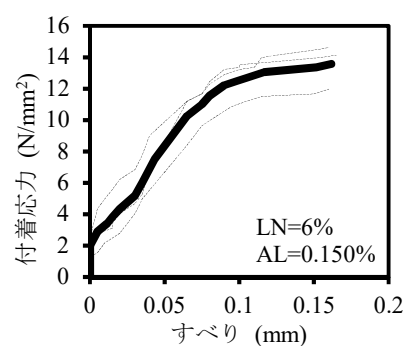


図-5 付着応力～すべり曲線

付着試験は、JSCE-G 503「引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法(案)」に準拠した。図-4 に引抜き試験体概要と荷重試験方法を示す。立方体試験体の一边の長さは 150mm とした。鉄筋は D16(SD345)の異形棒鋼とし、鉄筋とモルタル試験体の付着区間は自由端側に設け、その長さは鉄筋(D16)の直径の 4 倍(4D = 64mm)とした。また、試験体は 3 体作製した。各材料の温度管理は、前章までと同じく寒中施工を想定して 10±1℃、湿度 85±5%の恒温恒湿室内にて行い、同室内にてハンドミキサーを用いて練混ぜを行った。モルタルを型枠に打込んだ直後から-10℃の恒温槽内において材齢 7 日まで封緘養生した。材齢 7 日以降は材齢 28 日まで 20℃の恒温槽内にて回復養生を行い、材齢 28 日において引抜き試験を行った。

図-5 に付着応力～すべり曲線を示す。本実験では、全てのケースにおいて最大荷重時にモルタル試験体が割裂破壊した。その最大荷重から算出した最大付着応力度の平均値は、3 体の平均で 13.7N/mm²であった。道路橋示方書では、無収縮モルタルとアンカーボルトの付着強度の特性値は、支承が取り付けられる下部構造の設計基準強度(21～60N/mm²)に対して異形棒鋼を用いる場合 2.40～3.40N/mm²が規定されている⁴⁾。本実験で得られた最大付着応力度は、この特性値を大きく上回るものであり、-10℃の氷点下履歴を受けた場合であっても設計上十分な付着強度を有するものと考えられる。

5. まとめ

- 1) 練上がり直後から-10℃の氷点下で養生した場合、LN を 6%添加した無収縮モルタルに AL 粉末を 0.150%追加添加することで良好な強度発現と無収縮性を保持できることを確認した。
- 2) 同配合を対象とした付着強度試験の結果、-10℃の氷点下履歴を受けても十分な付着強度が得られた。

参考文献

- 1) 井上真澄, 吉岡憲一, 須藤裕司, 崔希燮, 田家康平: 亜硝酸リチウムを添加した耐寒 PC グラウトの基礎物性とその実用性の検討, 土木学会論文集, Vol.78, No.3, pp.210-223, 2022
- 2) 神代泰道, 小柳光生, 中島啓喜: 膨張性高流動コンクリートによる沈下補償に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.153-158, 2008
- 3) 日本道路協会: 道路橋支承便覧, pp.89-90, 2018
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説(III コンクリート橋・コンクリート部材編), pp.211-212, 2019