

1 まえがき カルシウムサルホアルミネート系の膨張材の膨張成分となるエトリンガイトとコンクリート中のキャピラリー水が凍結して生じる結氷とは、いずれもコンクリートを膨張させる働きがある。またエトリンガイトの生成には多量の結晶水が必要である。もしも 0°C 以下の低温においてエトリンガイトの生成反応がセメントの硬化を担う水和反応より不活発であると仮定するならば、この種の膨張材を混入したコンクリートが拘束状態で若材令に凍結融解を受ける場合、凍結時には結氷による膨張圧が生じ、融解時にはエトリンガイトが融解したキャピラリー水を吸収して結氷に代ってキャピラリーを埋め膨張圧を保持すると考えられる。この観点から、本研究はカルシウムサルホアルミネート系の膨張材を混入したモルタルを若材令で凍結融解することによる諸効果の有無および効果の程度を実験によって基礎的に確かめたものである。

2 実験方法 供試体：外径 16.5cm 厚さ 0.5cm 長さ 4cm の鋼管を拘束用型枠とし、これにモルタルを打設し、所定材令でモルタルを $4\text{cm} \times 4\text{cm} \times 15\text{cm}$ の供試体に整形して曲げおよび圧縮強度試験を行った。同じ拘束用鋼管型枠にひずみゲージを貼り、型枠内の中心部にひずみゲージを設置しておき、これにモルタルを打設して材令の経過に伴うモルタルのセルフストレスおよび乾燥収縮を調べた。また同種の長さ 15cm の拘束用鋼管型枠の中心に直径 19mm の鉄筋を配置し、これにモルタルを打設し、所定材令で鉄筋とモルタルとの付着強度を引き抜き試験方法にて調べた。使用材料：普通セメント、カルシウムサルホアルミネート系膨張材、比重 2.64 粗粒率 2.57 の川砂、直径 19mm のSR24とSD30の鉄筋を用いた。モルタルの配合：水・セメント膨張材比を 0.40 、セメント膨張材・砂比を 1.00 とした。養生：練上り温度約 20°C のモルタルを型枠に打込んだ後、供試体を 24 時間 20°C の恒温室に設置した。材令 24 時間後から材令 28 日までの養生を次の5通り設定した。(1) 20°C の水中、(2) 材令 48 時間まで -10°C の冷凍室中、その後 20°C の水中、(3) 12 時間 -10°C の冷凍室中、その後 12 時間 20°C の水中を1回の凍結融解とし、これを7回繰返した後、 20°C の水中、(4) 27 回の前記凍結融解、(5) 材令 48 時間まで -9°C の冷凍室中、その後冷凍室の温度を $3^{\circ}\text{C}/\text{日}$ の割合で徐々に上昇させこれを6日間続けた後、 20°C の水中。強度試験用供試体については(1)~(4)の養生を採用し材令 28 日に試験を行った。ひずみ測定用供試体については(1)(3)の養生を採用し材令 28 日以後は 20°C 40% RHの乾燥養生とした。付着強度試験用供試体については(1)~(5)の養生を採用し材令 28 日に試験を行った。

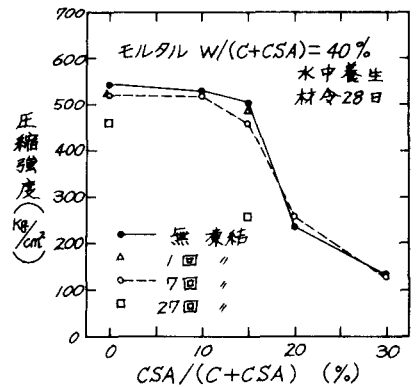


図1

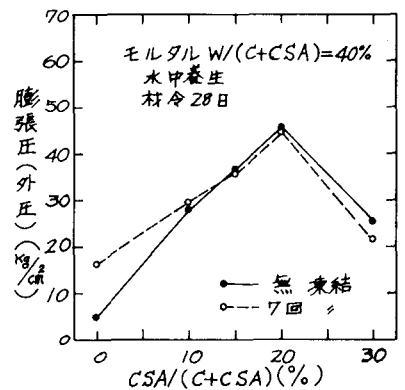


図2

3 実験結果 図1は圧縮強度に及ぼす凍結融解の影響を示したものである。凍結融解7回では無凍結の場合より幾分圧縮強度の低下が見られるが 10% 以下であった。凍結融解27回ではかなりの圧

縮強度の低下が見られた。図2はモルタルが拘束用鋼管に及ぼす膨張圧を示したものである。膨張材混入率 10 % 以下では無凍結による膨張圧よりも7回凍結融解した膨張圧の方が大きかった。混入率 15 % 以上では逆の傾向が見られるが大差なかった。図3は水中養生で材令 28 日におけるモルタル中心部の収縮ひずみを示したものである。7回凍結融解することによって無凍結の場合より収縮ひずみが大きくなった。たとえば膨張材混入率 15 % の場合両者の差は 230×10^{-6} であった。無凍結で混入率 0 % および 10 % の場合に膨張ひずみが見られた理由は不明である。図4は水中養生終了時を基準とした場合のモルタル中心部の乾燥収縮を示したものである。膨張材混入率 10 % 以下では無凍結の場合より7回凍結融解した場合の方が乾燥収縮ひずみが幾分か小さかった。混入率 15 % 以上では逆の傾向が見られた。図2に見られる膨張圧のことと考えると、混入率 12 ~ 13 % 程度以上ではエトリンガイトの生成量に対して結氷の占めていた空間が狭すぎるため、エトリンガイトがセメント硬化組織に新たなクラックを生じさせるものと考えられる。セメントと膨張材の成分から試算したこの臨界混入率は約 15 % であった。図5は付着強度に及ぼす凍結融解の影響を示したものである。膨張モルタルの膨張材混入率は 15 % とした。また付着強度は自由端における鉄筋のすべり量が 0.05 mm のときの値とした。疑問の残るデータも少々あるが概して、膨張モルタルの方が普通モルタルよりも付着強度が大きいこと、膨張モルタルの付着強度は無凍結の場合に比べて7回以下の凍結融解では値下せず、27回では幾分低下することが認められるものと思われる。このことは図3に見られるモルタル中心部の収縮ひずみによる付着強度の増加と、図1に見られるモルタルの強度低下による付着強度の減少との相殺関係によって説明される。

4 あとがき カルシウムサルホアルミニート系の膨張材を混入したモルタルの凍結効果としては、拘束状態におけるモルタル中心部の収縮ひずみの増加による付着強度の無低下もしくは増加ということであろう。この応用面としてはアンカーボルト等の定着用後埋めモルタルへの応用が考えられる。今後は膨張材を混入した AE モルタルの若材令における凍結効果についても検討し、さらに若材令で凍結を受けた膨張モルタルの長期材令における凍結融解に対する耐久性についても検討することにしてゐる。

本研究に対して昭和 48 年度吉田研究奨励金を賜り深く感謝し厚くお礼申し上げます。

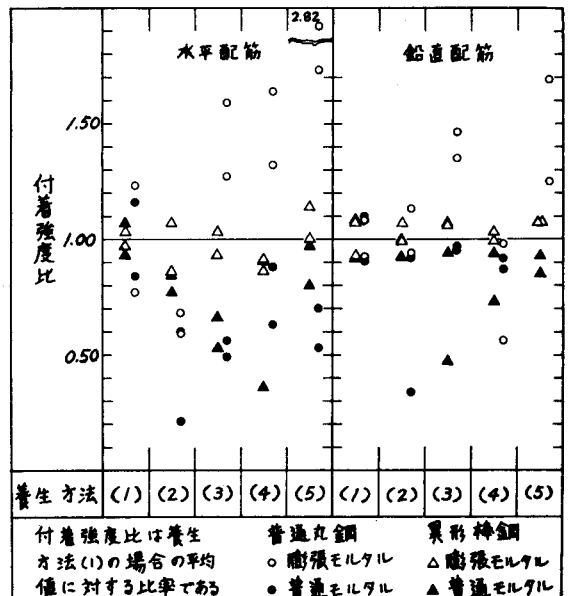
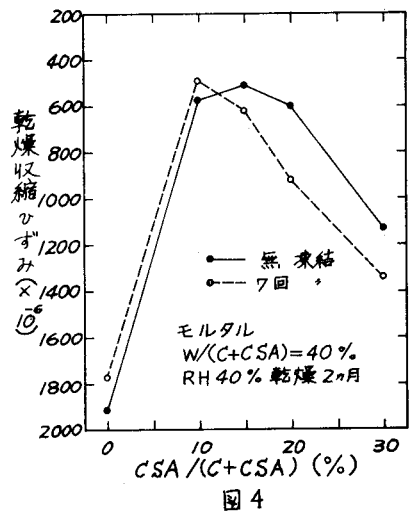
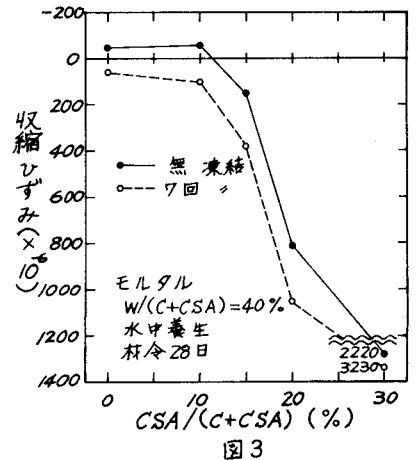


図5