

新潟大学 正会員 ○米山 紘一
新潟大学 正会員 松野 操平

1. まえがき

カルシウム・サルホアルミネート系の膨張材を用いた場合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氷とは、いずれもコンクリートを膨張させる働きがある点では似ている。もしカルシウム・サルホアルミネート系の膨張材を混入したコンクリートが拘束条件の下で初期に凍結されるならば、まずキャピラリー水の凍結による膨張圧が生じ、つぎにこのコンクリートが常温に戻されるならば、エトリンガイトの生成には多量の結晶水が必要であることから、融解したキャピラリー水の多くがエトリンガイトの生成のために消化され、エトリンガイトがキャピラリー空間を埋めコンクリートの膨張圧を保持すると考えられる。したがって拘束条件下では、この種の膨張材を使用することによってコンクリートの初期凍害が緩和されること、また適当な凍結方法と組合せることによってキャピラリー水の凍結による膨張圧をセルフストレスとして利用すること、などが可能になるものと考えられる。このような観点から本研究は、まずアンカーボルトなどの定着用モルタルへの応用を目論んで、この種の膨張材を混入したモルタルと鉄筋との付着強度に及ぼす短期材令における凍結の影響について実験的に検討したものである。

2. 使用材料およびモルタルの配合

セメント：普通ポルトランドセメントを用いた。

膨張性混和材：カルシウム・サルホアル

ミネート・フリッカー系の膨張材を用いた。その試験成績を表1に示す。

骨材：5mmふるいを通過する信濃川産の川砂を用いた。その比重は2.64、吸水量は1.23%、粗粒率は2.57であった。

鉄筋：直径19mmの普通丸鋼SR24とD19の異形棒鋼SD30（直角フシ）を用いた。

拘束用鋼管：外径165.2mm、厚さ5mmの配管用炭素鋼鋼管（150A）を用いた。

モルタルの配合：モルタルの配合は、表2に示す如く普通モルタルと膨張モルタルの2種類とした。

表1

化 学 成 分 (%)								
ig. loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total
1.1	1.9	2.4	12.4	1.3	51.8	0.5	28.2	99.6
比 重						粉 末 度		
						比表面積 (cm ² /g プレン法)	88μ篩 残分(%)	
						2.95	2390	45.5

表2

モルタル の種類	W	膨張材 C+膨張材 (%)	C+膨張材 S (%)	フロー値 の平均 (mm)
	C+膨張材 (%)			
普通モルタル	40	0	100	249
膨張モルタル	40	15	100	252

3. 実験方法

供試体：拘束用鋼管を長さ15cmに切断してこれを型枠とし、その中心に鉄筋を配筋し、型枠と鉄筋との間にモルタルを打込んで付着強度試験用供試体を作製した。供試体は各条件につき2個ずつとした。

養生方法：練り温度約20℃のモルタルを型枠に打込んだ後、供試体を24時間20℃60%RHの恒温恒湿室に設置し、モルタルから水分ができるだけ逃げないように処置した。付着強度試験を材令28日に行ったが、材令24時間後から材令28日までの間の養生を次の5通りとした。(1)20℃の水中、(2)材令48時間まで-10℃の冷凍室中、その後20℃の水中、(3)12時間-10℃の冷凍室中、その後12時間20℃の水中を1回の凍結融解とし、これを7回繰返した後、20℃の水中、(4)27回の上記凍結融解、(5)材令48時

間まで -9°C の冷凍室中、その後冷凍室中に設置したまま冷凍室の温度を $3^{\circ}\text{C}/\text{日}$ 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。

付着強度試験：引抜き試験方法を採用し、ASTM C239-44T に準じて行った。付着強度は鉄筋が基準すべり量に達した時の引抜き荷重を付着面積で割った値とした。なおここでは、自由端における鉄筋の 0.05 mm のすべり量を基準すべり量とした場合の結果についてのみ報告する。

4. 実験結果

養生方法 (1) における付着強度を図 1 に示す。この場合普通丸鋼を水平に配筋した場合の試験結果（膨張モルタルの付着強度が普通モルタルのそれよりも幾分大きくなるのが本来の姿であろう）を除き、いずれも膨張モルタルの方が普通モルタルより $1.0 \sim 1.4$ 倍程度付着強度が大きい。

図 2 は、各条件ごとに、養生方法 (1) の場合の付着強度の平均値を 1.00 として各養生方法での付着強度を比較したものである。この図において、普通丸鋼を用いた場合の付着強度比は変動が大きい。この理由はその付着強度が小さいことによる。したがって変動の少ない異形棒鋼を用いた場合の付着強度比について検討を行うこととし、その結果つぎのことが言えるであろう。

(1) 凍結融解回数の多々にかかわらず、膨張モルタルの付着強度は普通モルタルのそれよりも大きい。(2) 普通モルタルの場合凍結融解回数の増加に伴って付着強度が減少する。一方膨張モルタルの場合凍結融解回数が 7 回程度であっても付着強度がほとんど減少せず、むしろ鉄筋を鉛直に配筋した場合には幾分増加する。

27 回凍結融解を受けた膨張モルタルの付着強度は幾分減少する。しかしその減少する度合は普通モルタルより小さい。(3) 凍結融解回数の増加に伴って付着強度が減少する割合は、鉄筋を鉛直に配筋した場合よりも水平に配筋した場合の方が大きい。これはブリージングの影響によるものと思われる。おそらくエトリンガイトが鉄筋の下側の水分を消化しきれないためであろう。(4) 初期材令で 1 回凍結しその後徐々に融解した膨張モルタルの付着強度は幾分増加する。

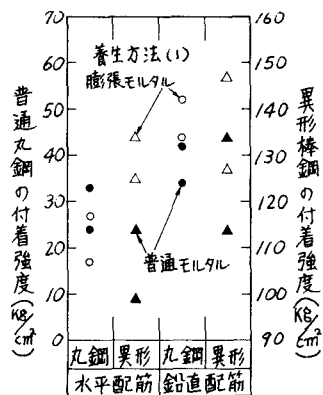


図 1

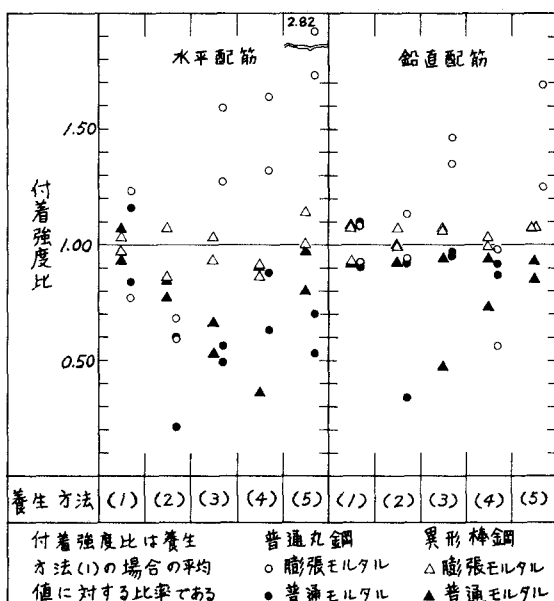


図 2

5. あとがき

短期材令で凍結を受けることによってコンクリートと鉄筋との付着が犯される現象は、拘束状態であるならば、コンクリート中にカルシウム・サルホアルミネート・クリンカー系の膨張材を混入することによって是正されることがほぼ明らかになったものと思われる。このことはエトリンガイトの生成に多量の結晶水が必要であることによるものと考えられる。事実、多量の結晶水を必要としない他種の膨張材を用いても短期材令時の凍害に対する緩和は見られなかった。このような観点でのカルシウム・サルホアルミネート・クリンカー系膨張材の使用効果は、セメントおよび膨張材中の SO_3 の量と練混ぜ水量との関係や、拘束程度などによって異なるものと考えられる。これらについては今後コンクリートの膨張圧や長さ変化などの測定を通じて検討する計画である。