

水の供給を受ける表面被覆コンクリートの耐凍害性

Frost Resistance of Surface - Coated Concrete

高橋 丞二* 堺 孝司** 熊谷 政行*** 里 隆幸****

Jyoji TAKAHASHI, Koji SAKAI,
Masayaki KUMAGAI and Takayuki SATO

コンクリートの凍害は寒冷地における典型的な劣化現象であり、凍害に対する適切な予防が、また劣化したものについては補修が必要となる。凍害対策のひとつとして、表面被覆材の塗布によりコンクリートの表面から侵入する水を遮断する方法が考えられる。本研究は、表面被覆材を施したコンクリート面以外から水の侵入があった場合のコンクリートの耐凍害性について検討を行ったものである。試験法として、従来の凍結融解試験に加え、乾燥条件に加わった新しい凍結融解試験を行った。また、表面被覆材の耐久性の評価のために、表面被覆材が熱や紫外線などによる劣化作用を受けた後の凍害抑制効果についての検討も行った。

その結果、厚膜柔軟型の被覆材を施したコンクリートは、被覆面以外から水の侵入があっても凍害を受けにくいことが明らかとなった。一方、コンクリート内に水みちとなる欠陥がある場合では、コンクリートの品質がよければ耐凍害性に問題はないが、欠陥部で被覆材の付着強度が低下することが明らかとなった。また、有機無機系の被覆材は紫外線を受けた場合、凍害に対する効果が小さくなることが明らかとなった。

《コンクリート；表面被覆材；凍害；紫外線》

Frost damage of concrete is a typical form of deterioration in cold regions, requiring appropriate preventive measures or repairs. One such means is to cover the concrete with a coating, preventing water from entering through the surface. This paper describes frost damage in coated concrete when water enters through a non-coated surface. In addition to conventional freeze-and-thaw tests, a new type of test, in which a dry condition is added, was employed. In order to evaluate the durability of the coating, its frost resistance after deterioration due to heat and ultraviolet rays was also examined.

The test results led to the following conclusions: (1) Good quality concrete with a thick, flexible type of coating remains relatively resistant to frost damage even when water has entered through a non-coated area; (2) When water does enter through the defect in concrete, the bond strength between the coating and the concrete is weakened whereas concrete is frost-resistant if the quality is good; (3) Organic-inorganic coating become less effective when they are exposed to ultraviolet rays.

Keywords : concrete, coating, frost damage, ultraviolet.

*材料研究室研究員 **同室長 ***前材料研究室研究員 現旭川開発建設部旭川道路事務所第三工事課長 ****大日本塗料㈱新規事業部副主事

1. まえがき

コンクリートの凍害は寒冷地における典型的な劣化現象であり、凍害に対する適切な予防が、また劣化したものについては補修が必要となる。現在、凍害対策としては、AEコンクリートの使用が最も一般的であるが、AEコンクリートの使用にも係わらず凍害を受けている構造物が少なくない。

凍害対策のもうひとつの方法として、表面被覆材の塗布によりコンクリートの表面から侵入する水を遮断することが考えられる。現在、コンクリートの表面被覆材は美観上のほか、塩害対策、中性化対策、アルカリ骨材反応対策などを目的として用いられており、これらに関する研究は少なくないが、凍害対策用としての表面被覆材に関する研究は少ない。

本研究は、凍結融解作用を受けるコンクリートに対する表面被覆材の効果を明らかにするための基礎的研究である。これまでに、適切な表面被覆材を選択することにより、表面からの水の侵入を遮断し、コンクリートの凍害を抑制できることを明らかにした¹⁾²⁾。今回は、表面被覆材を施したコンクリート面以外から水の侵入があった場合のコンクリートの耐凍害性についての検討を行った。試験法として、土木学会基準の凍結融解試験とそれに乾燥条件を加えた新しい凍結融解試験を行った。また、表面被覆材が熱や紫外線による劣化作用を受けた後の凍害抑制効果についても検討を行った。

2. コンクリート試験

2.1 供試体

試験に用いたコンクリート供試体は、表-1に示す試験計画に基づき、土木学会基準の「コンクリートの凍結融解試験方法 (JSCE-1986)」

に準じて、10×10×40cmの型枠を用いて作成した。コンクリートの配合は、表-2に示すように水セメント比を55%、70%、80%の3種類、スランプを8±2.5cm、空気量を5±1.0%となるよう決定した。使用材料は表-3に示すように、セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は樽前産海砂、粗骨材は見晴産砕石を使用した。AE減水材は、リグニンスルホン酸系AE減水剤を用いた。

被覆材の仕様および被覆方法は表-7、図-1に示すとおりである。表面被覆は、厚膜柔軟型エポキシ樹脂塗装系および有機無機複合型水系の2種類を用いた。コンクリートに水が供給されるように両小口は被覆せず、残りの4側面に表面被覆を施した。

また、コンクリートの欠陥部からの水の侵入がある場合を想定して、水セメント比55%のも

表-1 試験計画

記号	被 覆 材	水セメント比 (%)	欠陥部
①-1	無 塗 装	55	な し
①-2		70	
①-3		80	
②-1	厚膜柔軟型	55	あ り
②-2		70	
②-3		80	
②-4		80	
③-1	有機無機型	55	あ り
③-2		70	
③-3		80	
③-4		80	

表-2 コンクリート供試体配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/cm ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)	温 度 (℃)
		セメント	水	細骨材	粗骨材	混和材			
55	44	265	146	884	1,079	0.663	7.5	4.7	20
70	46	219	153	935	1,052	0.548	9.5	4.7	19
80	49	200	160	993	994	0.500	7.5	4.3	20

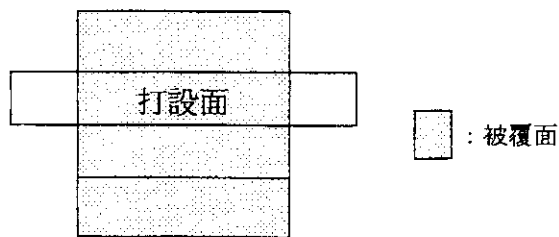


図-1 被覆方法

表-3 使用材料

材 料	仕 様
セメント	普通ポルトランドセメント 比重 3.16
細 骨 材	樽前産 海砂 比重 2.79
粗 骨 材	見晴産 砕石 比重 2.68
混 和 材	A E減水材 標準型 ポゾリスNo.70
水	水道水

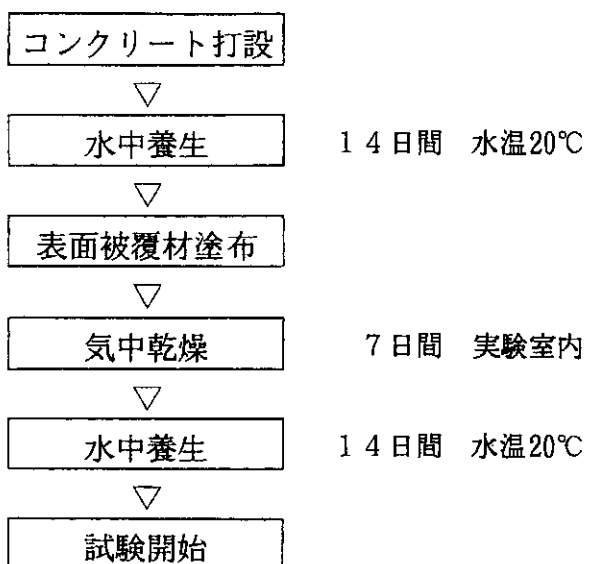


図-2 供試体作成フロー図

表-4 セメントの物理的性質

普通ポルトランド セメント	比 重	比表面積 (cm ² /g)	凝 結 (h-min)		圧縮強さ (kgf/cm ²)			水和熱(cal/g)	
			始 発	終 結	3d	7d	28d	7d	28d
	3.16	3,380	2-18	3-21	170	252	427	78.3	91.2

表-5 細骨材試験結果

種 別	比重	吸水率 (%)	単 位 容 積 重 量 (kg/cm ³)	実 績 率 (%)	洗 い 損 失 量 (%)	有 機 不 純 物	安定性試験 損 失 量 (%)	塩化物 含有量 (%)	粒 度 分 布 (残 留 率 %)						粗 粒 率
									5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
樽前産 海砂	2.79	0.91	1.860	67.3	0.33	合 格	0.0	0.006	0	7	23	57	88	99	2.74

表-6 粗骨材試験結果

種 別	粗骨材の最大寸法	比重	吸 水 率 (%)	単 位 容 積 重 量 (kg/cm ³)	実 績 率 (%)	洗 い 損 失 量 (%)	すりへり 損 失 量 (%)	安定性試験 損 失 量 (%)	粒 度 分 布 (残 留 率 %)					粗 粒 率
									25	20	15	10	5	
見晴産 砕石	25	2.68	1.58	1.560	58.1	0.25	11.3	0.7	0	23	47	74	100	6.97

のについてのみ供試体内部に水みちとなる欠陥を設けたものを作成した。欠陥は図-3に示すように、型枠内部に釣糸（ナイロン製、10号、φ0.52mm）を張り、脱型時に引抜くことによって設けた。

供試体の作成手順は図-2に示すとおりであり、打設後1日で脱型し、2週間20℃の水中で養生した後、3時間ほど室内で乾燥させてから被覆材を塗布した。1週間気中で乾燥した後、再び2週間水中で養生を行った。

表-7 表面被覆材仕様

No.	②	③
略 称	厚膜柔軟型	有機無機型
仕 様	厚膜柔軟型エポキシ樹脂塗装系	有機無機複合型水系被覆材
プライマー	エポキシ樹脂プライマー	有機無機複合型水系被覆材
パ テ	エポキシ樹脂パテ	有機無機複合型水系パテ
中 塗	厚膜柔軟型エポキシ樹脂塗料中塗	有機無機複合型水系被覆材
上 塗	厚膜柔軟型エポキシ樹脂塗料上塗	有機無機複合型水系被覆材
総膜厚	430 μm	400 μm

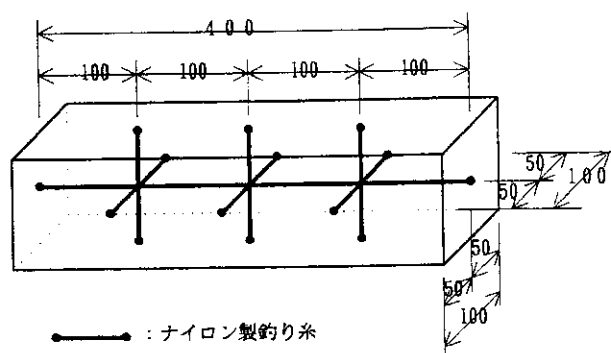


図-3 欠陥部作成要領

2. 2 試験方法

2. 2. 1 土木学会基準による凍結融解試験

前述のように作成した供試体を用いて、土木学会基準による凍結融解試験を行い、曲げ強度、折片圧縮強度および被覆材の付着強度の測定を行った。

凍結融解試験は土木学会基準の「コンクリートの凍結融解試験方法 (JSCE-1986)」に準じ、300サイクルまで行った。約30サイクルごとに外観観察および重量変化率、相対動弾性係数の測定を行った。なお、動弾性係数は被膜の上から測定しても測定値に影響がないことを確認している。

曲げ強度試験は、「コンクリートの曲げ試験方法 (JIS A 1127-1976)」に準じて、無塗装供試体および被覆供試体について行った。被覆供試体については被覆材を剝離した後試験を

行った。なお、無塗装供試体については比較のために凍結融解試験を行わないものについても曲げ試験を行った。

折片圧縮強度の測定は「はりの折片によるコンクリートの圧縮強度試験方法 (JIS A 1114-1976)」に準じ、曲げ強度試験により生じたすべての折片について行った。

被覆材の付着強度の測定は、「建研式単軸引張試験方法」に準じて行った。供試体は凍結融解試験後の被覆供試体8種について、1組3本中の1本を用いた。測定は打設面と底面の各々2ヵ所、計4ヵ所とし、小口から10cm側面から5cmの位置とした。

2. 2. 2 新しい凍結融解試験

実際のコンクリート構造物が置かれる環境条件では、凍結融解以外に乾燥の条件も存在するため、土木学会基準による凍結融解試験に乾燥条件を加え、新しい凍結融解試験とした。新しい凍結融解試験は1サイクルを、 $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中凍結を2時間、 $5 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中融解を2時間、 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ で30%RHの気中乾燥を2時間とし、300サイクルまで行った。また、30サイクルごとに外観観察、重量変化率および相対動弾性係数の測定を行った。なお、重量の測定は供試体をひと晩 $3 \sim 4^\circ\text{C}$ の水中に浸漬後行った。

3. モルタル試験

3. 1 供試体

試験に用いるモルタル供試体は、表-8に示す試験計画に基づき、「セメントの物理試験方法 (JIS R 5201)」の強さ試験に準じて、 $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の供試体を3連型枠を用いて作成した。モルタルの配合は、表-9に示すように水セメント比が50%、フロー値が $190 \pm 5\text{cm}$ となるよう決定した。使用材料は表-10に示すように、セメントは普通ポルトランドセメント、砂は豊浦産標準砂を使用した。凍害の影響をより明確にするため、AE減水剤は使用しなかった。

被覆材の仕様は表-11に示すとおりである。表面被覆材は道路橋塩害対策指針(案)³⁾のA種、厚膜柔軟型エポキシ塗装系、ゴム系および有機無機複合型水系被覆材の4種類を用い、供試体の全面を被覆した。

供試体の作成手順は図-4に示すとおりである。すなわち、打設後1日で脱型し、1週間20℃の水中で養生した後、3週間気中で供試体を乾燥させ被覆材を塗布した。その後再び4週間気中で乾燥した後、再び2週間水中で養生を行った。その後、熱劣化グループには300ccサイクルの熱劣化（-30℃：2時間～+70℃：2時間）を与え、紫外線劣化グループには500時間のサンシャインウエザオメーター試験機による紫外線劣化を与えた後、凍結融解試験を行った。

3. 2 試験方法

凍結融解試験は前述の方法で作成したモルタル供試体を用い、土木学会基準の「コンクリー

トの凍結融解試験方法（JSCE-1986）に準じて300サイクルまで行った。30サイクルごとに外観観察、重量変化率の測定を行った。

モルタル供試体の凍結融解試験を行うにはコンクリート供試体用の容器では大き過ぎるため、図-5に示すような方法を用いた。すなわち、ゴム容器の底に10×10×20cmのコンクリート柱を置き、その上に厚さ1cmのゴム板を敷いた。その上に厚さ1cmのゴム板を十字に組んだ仕切りを設け、1本のゴム容器について4本の供試体を試験できるようにした。なお、ゴム板のモルタルに接する面の表面には3mmのゴム製の突起を設けた。

凍結融解温度の管理は、コンクリートの凍結

表-8 モルタル試験計画

記号	被覆材種別	劣化作用
①-1	A種	熱劣化
①-2		紫外線劣化
②-1	厚膜柔軟型	熱劣化
②-2		紫外線劣化
③-1	ゴム系	熱劣化
③-2		紫外線劣化
④-1	有機無機型	熱劣化
④-2		紫外線劣化

表-9 モルタル配合

水セメント比 W/C	セメント C(g)	水 W(g)	砂 S(g)	モルタルフロー値 (mm)
50%	560	280	1,020	191, 194

表-10 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント	比重3.16
砂	豊浦産標準砂	
混和剤	なし	
水	水道水	

表-11 表面被覆材仕様

No.	①	②	③	④
略称	A種	厚膜柔軟型	ゴム系	有機無機型
仕様	A種（道路橋の塩害対策指針（案））	厚膜柔軟型エポキシ樹脂塗装系	ゴム系	有機無機複合型水系被覆材
プライマー	エポキシ樹脂プライマー			有機無機複合型水系被覆材
パテ	エポキシ樹脂パテ			有機無機複合型水系パテ
中塗	エポキシ樹脂塗料中塗	厚膜柔軟型エポキシ樹脂塗料中塗	ポリブタジエン樹脂塗料中塗	有機無機複合型水系被覆材
上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗	柔軟型ポリウレタン樹脂塗料上塗	柔軟型ポリブタジエン樹脂塗料上塗	有機無機複合型水系被覆材
総膜厚	90 μm	430 μm	530 μm	400 μm

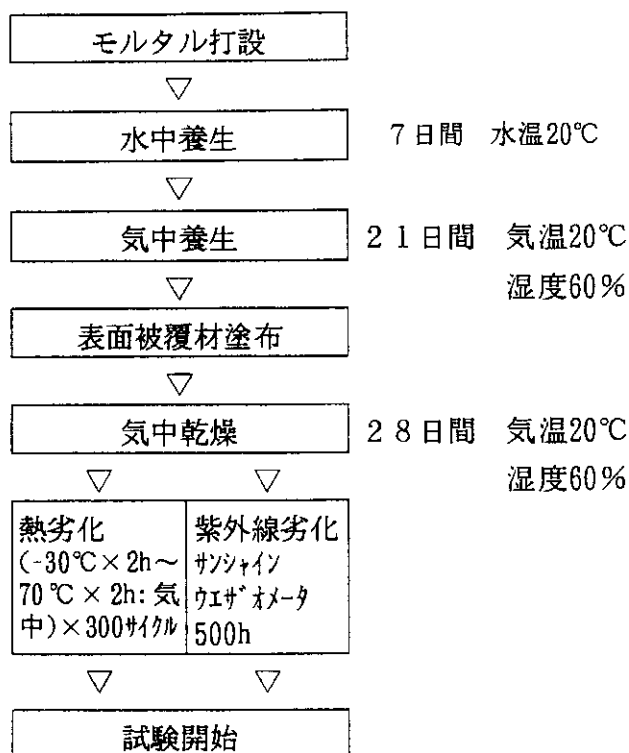


図-4 供試体作成フロー図

融解試験に用いる10×10×40cmのコンクリート中の中心温度によって行った。

4. 試験結果および考察

4. 1 コンクリート試験

4. 1. 1 土木学会基準による凍結融解試験

(1) 外観観察

図-6に外観観察結果を示す。無塗装供試体では、水セメント比が55%のものでは300サイクル終了時点でも打設面にごく軽いスケーリングが生じただけであった。水セメント比が70%のものでは、60サイクルぐらいからスケーリングが生じはじめ、300サイクル終了時点では粗骨材が露出する激しいスケーリングを生じた。水セメント比が80%のものでは、60サイクルぐらいからスケーリングが生じはじめ、200サイクルでは粗骨材が露出するほど激しく劣化し、230サイクル時点では供試体が破壊したものもあった。

厚膜柔軟型エポキシ塗装系被覆材を施した供試体（以下、厚膜柔軟型）は、外観上は300サイクル終了時点でも被膜に変化は生じなかった。また被膜をはがしてコンクリートを観察したが、

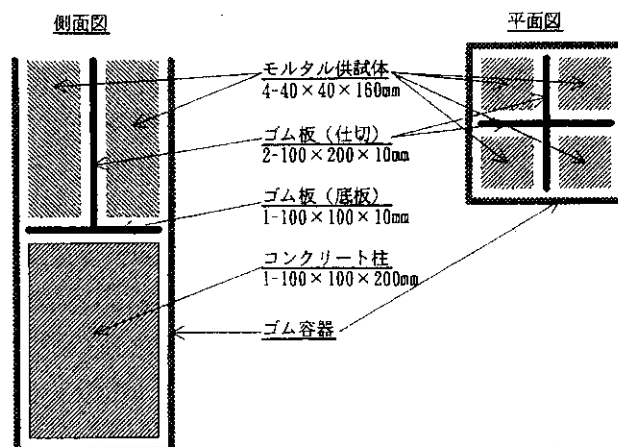


図-5 モルタル凍結融解試験用容器

特別な変化は見られなかった。

有機無機複合型水系被覆材を施した供試体（以下、有機無機型）では、水セメント比が55%のものが欠陥の有無に係わらず260サイクルぐらいから打設面の被膜に小さなふくれを生じた。水セメント比が70%のものでは170サイクルぐらいから小さなふくれ生じ、次第に大きくなっていった。最終的には、端部から被膜の剝離と中央部のふくれは連続し、底面を除くすべての面で大きなふくれが生じた。底面では小さなふくれ以外の大きな変化は見られなかった。水セメント比が80%のものでも70%のものと同様に、100サイクルぐらいから小さなふくれを生じ、230サイクルでは被膜全体の剝離となった。

水セメント比が70%と80%のものでは、被覆下のコンクリートには激しいスケーリングが生じており、剝離したモルタル分が砂状になり被覆材とコンクリート面の間に残っていた。水セメント比が55%のものでは、変化は見られなかった。

(2) 重量変化率および相対動弾性係数

図-7に、凍結融解試験を行った供試体の各サイクルごとの重量変化率および相対動弾性係数を示す。

重量変化率は、無塗装配合の供試体で大きく減少したものの、厚膜柔軟型と有機無機型では重量に変化は生じなかった。また、欠陥部の有無の影響もなかった。しかし、前述したように、有機無機型では剝離したモルタル分が被覆材との間に残っていたことから、コンクリートの実際の重量変化率はもっと大きかったものと

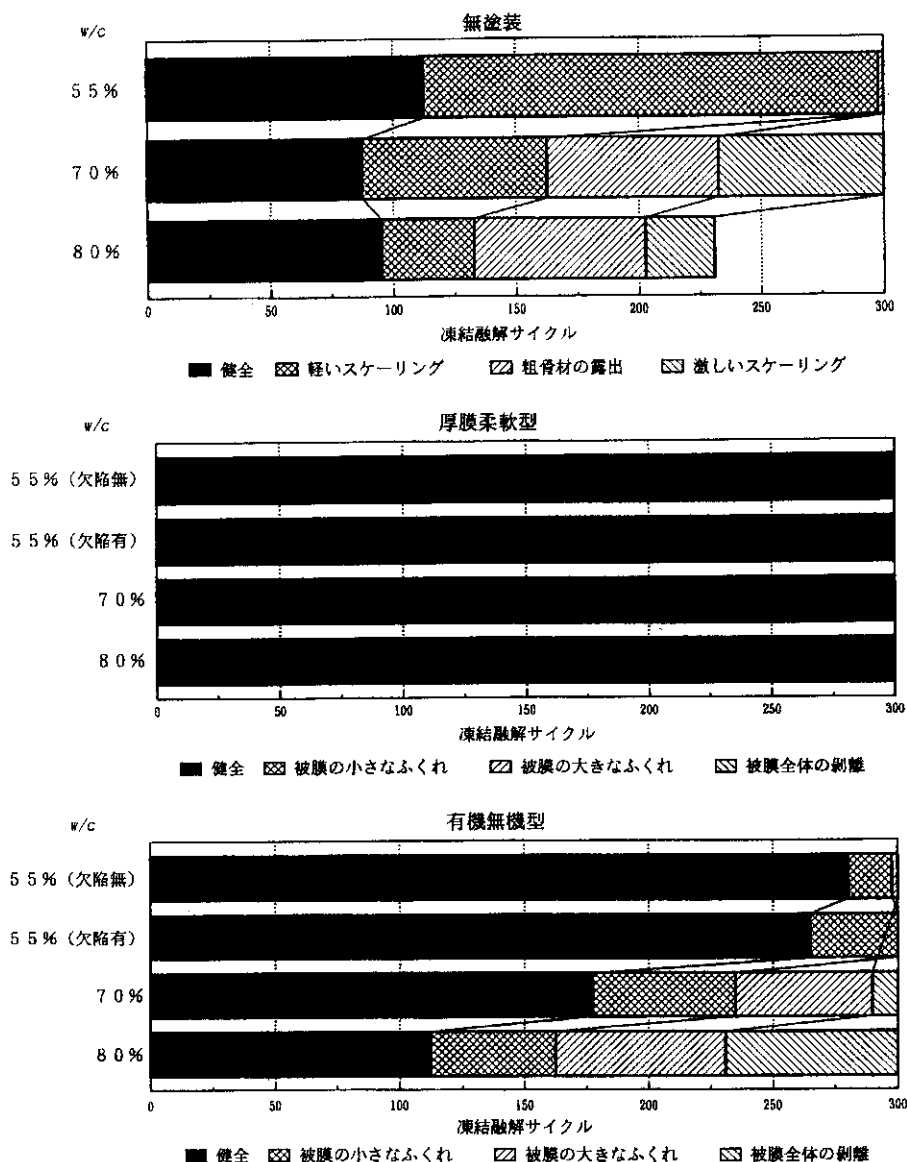


図-6 外観観察結果

考えられる。

相対動弾性係数は重量変化率と同様に、無塗装配合のものが大きく低下した。また、無塗装で水セメント比が55%のものと有機無機型の水セメント比が80%のもので、相対動弾性係数にわずかな低下が見られた。厚膜柔軟型のすべての供試体では、相対動弾性係数の低下は全く見られなかった。なお、相対動弾性係数を求めるためのたわみ振動の一次共鳴振動数の測定は、ふくれを避けて行っているが、被覆材の剥離が全体にわたっている場合などはやむを得ずふくれの上から行っている。この場合、相対動弾性係数の低下は実際の値よりも大きくなる。

これらの結果から、どの被覆材もコンクリー

トの凍害防止には有効であるが、特に厚膜柔軟型が凍害抑制効果が大きいことが明らかとなった。また、本試験においては、欠陥の有無はコンクリートの耐凍害性に影響を与える因子とならなかったことが明らかとなった。

(3) 曲げ強度および切片圧縮強度

図-8, 9に、凍結融解試験前後の各供試体の曲げ強度および切片圧縮強度を示す。

曲げ強度は、水セメント比が55%のものでは欠陥ありのものを除き無塗装、被覆のいずれの供試体も低下は見られず、むしろ増加している。水セメント比が55%のものでも欠陥部を設けたものは、曲げ強度がわずかに低下した。70%および80%のものでは、無塗装のものの曲げ強度

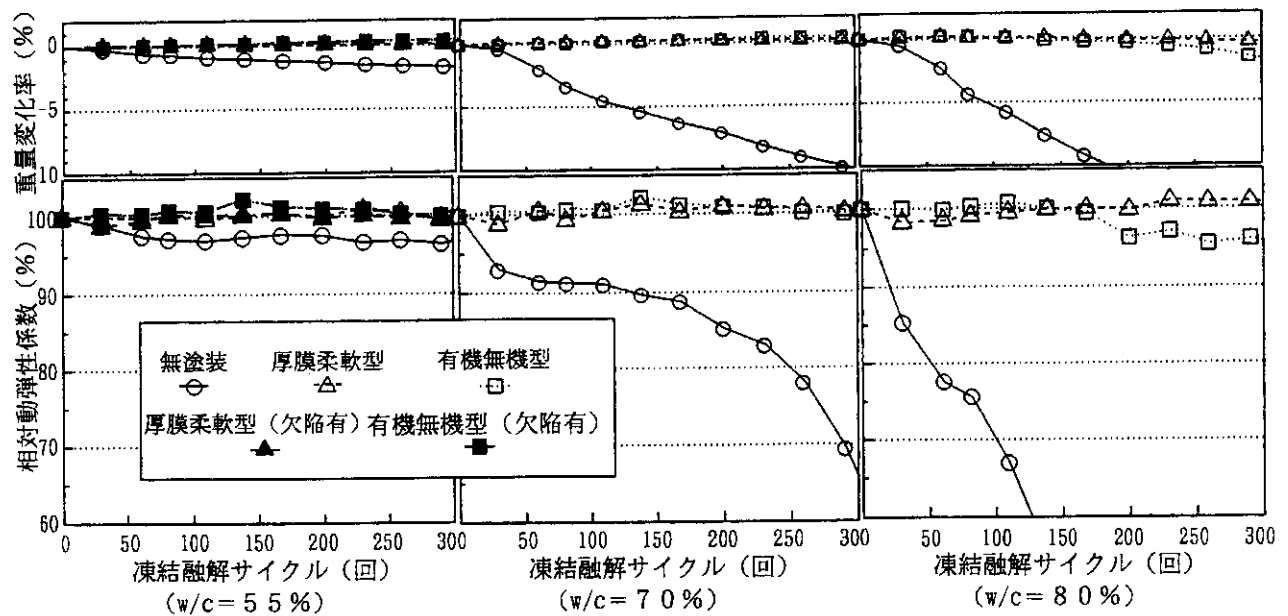


図-7 重量変化率および相対動弾性係数

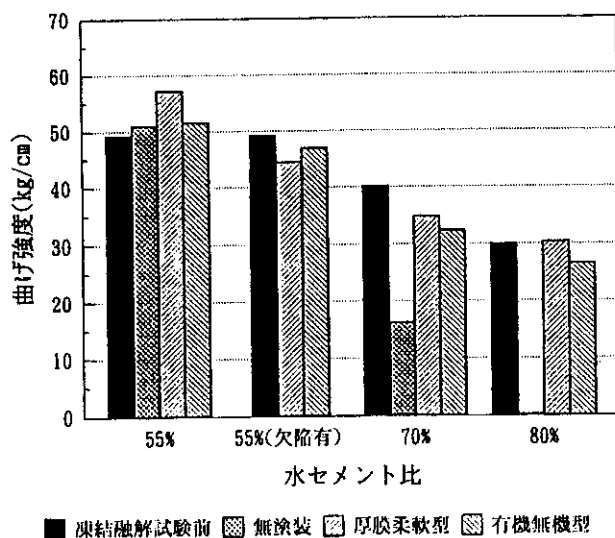


図-8 曲げ強度

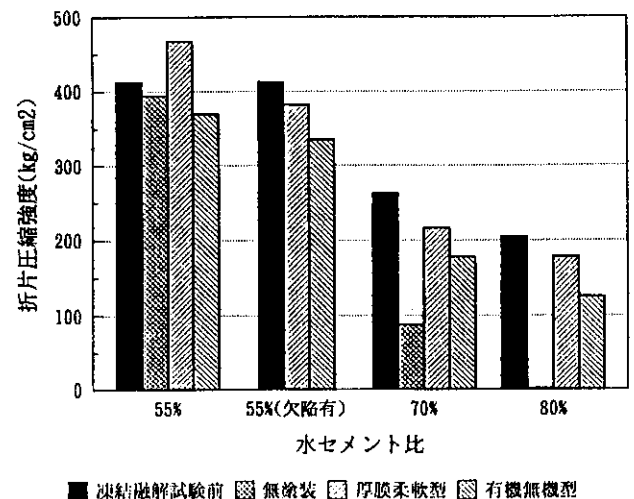


図-9 折片圧縮強度

が6割以上低下したのに比べて、被覆供試体の曲げ強度の低下は2割以下と小さく、厚膜柔軟型の水セメント比が80%のものではわずかに増加している。

折片圧縮強度は、水セメント比が55%のものでは厚膜柔軟型の欠陥なしで増加したほか、いずれの供試体も1割～2割程度圧縮強度が低下した。70%および80%のものではいずれの供試体も圧縮強度が低下したが、無塗装のものが6割以上も圧縮強度が低下したのに対し、厚膜柔軟型で2割程度、有機無機型で4割程度の低下

であり、被覆材の凍害防止効果は明らかである。

これらの結果から、曲げ強度や折片圧縮強度は、重量変化率や相対動弾性係数よりも凍結融解作用に対する被覆材の効果の差を明確に示し、厚膜柔軟型の方が有機無機より有効であることが明らかとなった。欠陥ありのものがなしのものに比べ曲げ強度、折片圧縮強度ともやや低い値を示したのは欠陥の存在自体が強度に影響を与えていると考えられ、欠陥によって劣化が促進されたとは必ずしもいえない。

(4) 付着強度

図-10に、付着強度試験の結果を示す。厚膜柔軟型では、打設面の付着強度が底面のそれと比較してやや低い値を示したが、水セメント比が55%で欠陥部ありのものが被膜とコンクリートの界面で破壊したほかは、コンクリート部で破壊しており、付着性能としては良好な結果を示した。

これに対して、有機無機型では打設面でいずれもコンクリートに凍害を生じており、付着強度は0となった。また、底面においても付着強度は小さく、ほとんどがコンクリートと被膜の

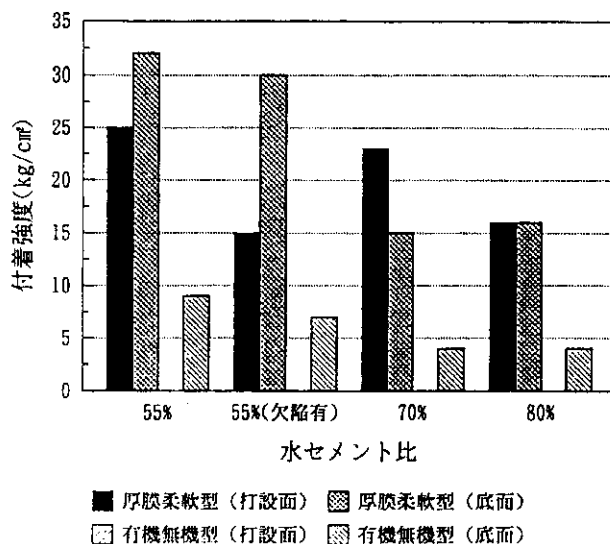


図-10 付着強度

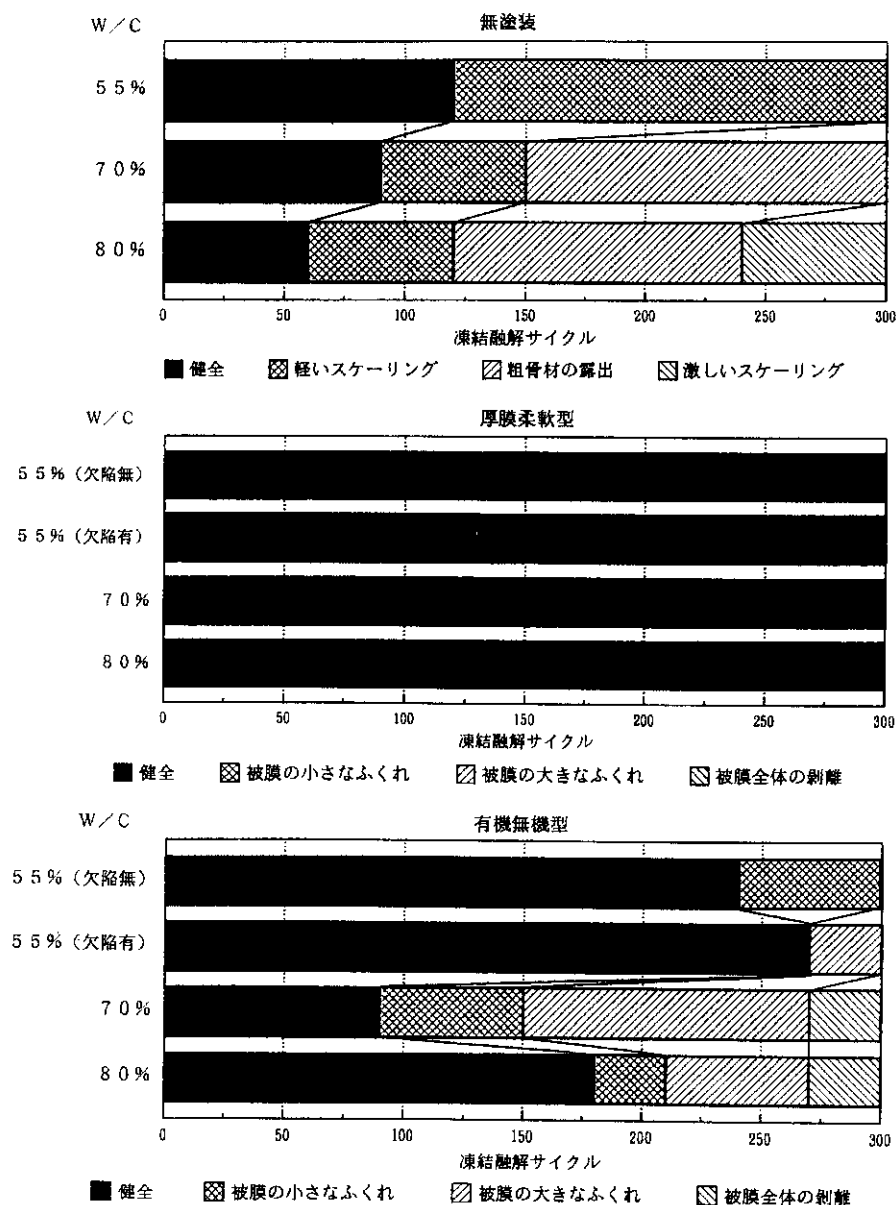


図-11 新しい凍結融解試験の外観観察結果

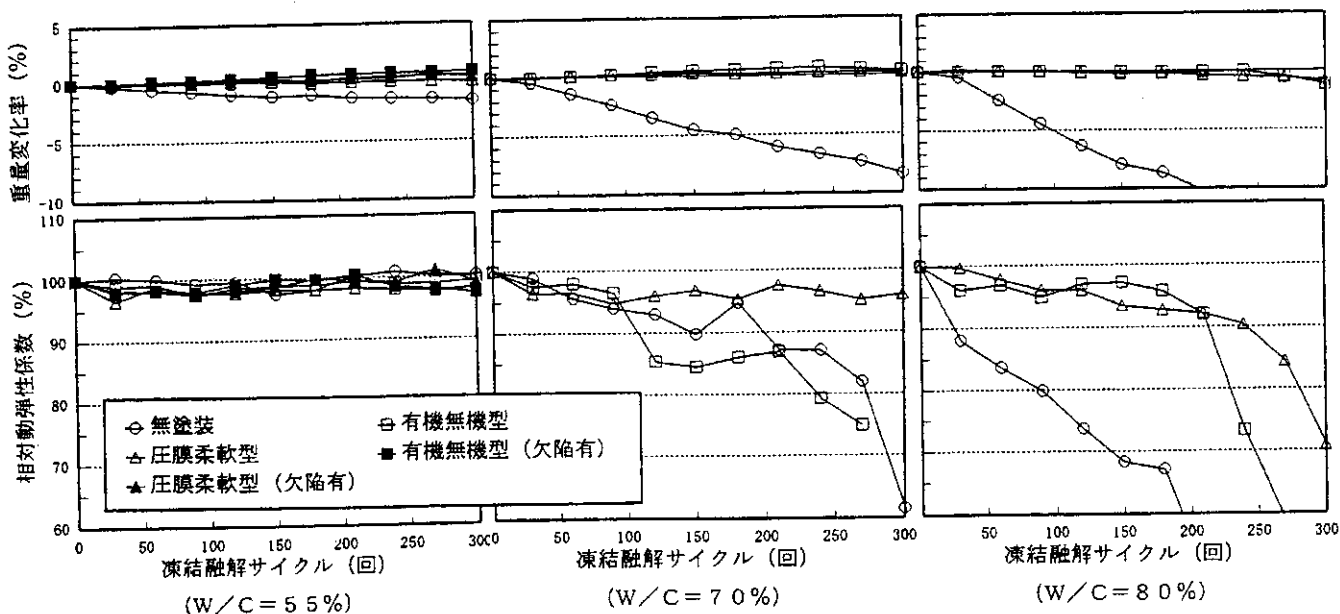


図-12 新しい凍結融解試験によるコンクリートの重量変化率および相対動弾性係数

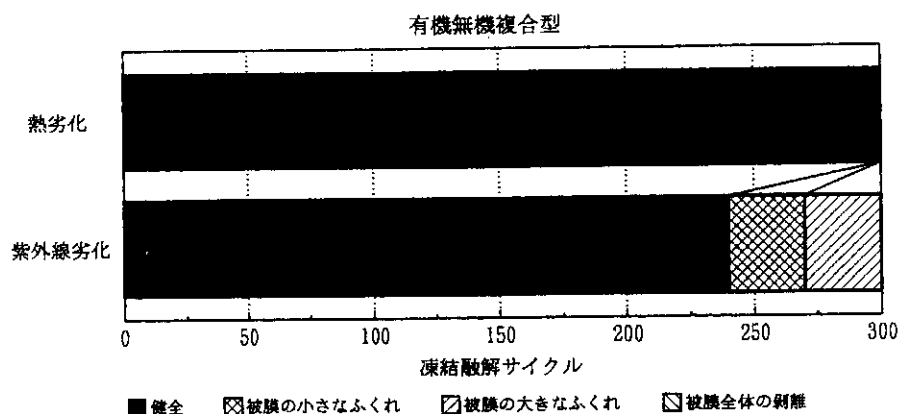


図-13 モルタル試験の外観観察結果

界面で剥離あるいは被膜内部で破壊した。

どちらの被覆材を用いた場合も付着強度は、欠陥のあるものがないものより小さい値を示しており、水みちの存在が被膜の付着力の低下の原因となっていると考えられる。

4. 1. 2 新しい凍結融解試験

(1) 外観観察

図-11に外観観察結果を示す。無塗装供試体では、水セメント比が55%のものでは軽いスケーリングを生じただけであった。水セメント比が70%のものでは300サイクル終了時点で粗骨材が露出し、80%のものでは激しいスケーリングを生じた。無塗装のものについては、特に70%および80%のものでは土木学会基準の凍結融解試験によるものの方が、新しい凍結融解試

験によるものよりも早く劣化が進行する結果となった。

厚膜柔軟型では、300サイクル終了時点で外観上の変化はなかった。有機無機型では、欠陥の有無に係わらず、被膜のふくれは、240サイクル以降に生じている。水セメント比が70%のものは80%のものよりも早く被覆のふくれを生じているが、被覆全体の剥離はどちらも270サイクルで生じている。

(2) 重量変化率および相対動弾性係数

図-12に、重量変化率および相対動弾性係数を示す。無塗装貧配合のものについては重量が大きく減少しており、相対動弾性係数も同様に大きく減少している。土木学会基準の凍結融解試験によるものと比較すると、若干ではあるが

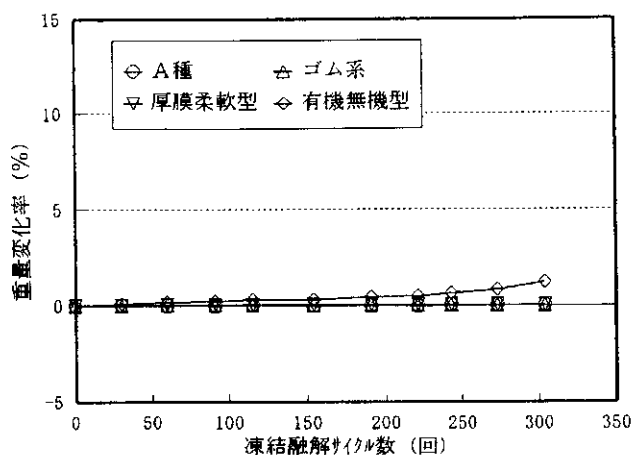


図-14 モルタル試験の重量変化率
(熱劣化)

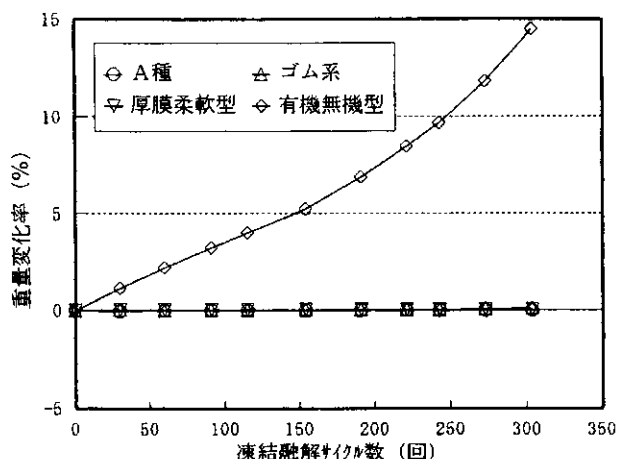


図-15 モルタル試験の重量変化率
(紫外線劣化)

重量変化率、相対動弾性係数とも減少の割合が小さいことがわかる。これは、新しい凍結融解試験の場合供試体が2時間乾燥状態に置かれるために、その後の水中凍結時にコンクリート内部に含まれる水分が、土木学会基準の凍結融解試験のものよりも少ないためであると考えられる。

厚膜柔軟型と有機無機型については、重量はほとんど変化が見られなかった。相対動弾性係数は水セメント比が80%のもので、厚膜柔軟型、有機無機型とも200サイクル以降大きく低下した。これは、2時間の乾燥状態の間温度が60℃と比較的高温に保たれることにより、被膜とコンクリートの界面における水分の気化圧が被膜のふくれを起こしたためであると考えられる。

4. 2 モルタル試験

(1) 外観観察

図-13に、有機無機型の外観観察結果を示す。有機無機型の供試体では、熱劣化を受けたものについては変化は見られなかった。紫外線劣化を受けたものについては、240サイクルぐらいから小さなふくれを生じ、300サイクル終了時では、ふくれが大きくなり、一部に塗膜の割れを生じたものもあった。ただし、実験中の不注意により塗膜が若干損傷を受けており、その部分から劣化が進行したことも考えられる。一方、A種、厚膜柔軟型、ゴム系の供試体については同じように損傷を受けていたのにも関わらず、外観にまったく変化は見られなかった。

(2) 重量変化率

図-14、15に、熱を受けたものと紫外線を受けたものの重量変化率を示す。

有機無機型の供試体では、300サイクル終了時点で熱を受けたものについては約1%、紫外線を受けたものについては約14%の重量増加が見られた。これは、塗膜の遮水効果が低下したことにより水がコンクリート内部に侵入したことによると考えられる。

A種、厚膜柔軟型、ゴム系の供試体については、重重の変化は見られなかった。

5. まとめ

以上の結果をまとめると、以下のとおりである。

(1) 厚膜柔軟型の被覆材を施したコンクリートは、被覆面以外から水の供給があっても凍害を受けにくい。

(2) 有機無機型被覆材を施したコンクリートの場合には、凍結融解作用による動弾性係数の低下は少ないが、貧配合の場合、表面にスケールリングを生じて断面が欠損し、曲げ強度や圧縮強度が大きく低下するとともに、被覆材の剝離を生じることがある。

(3) コンクリート内部に水みちとなる欠陥がある場合でも、コンクリートがしかるべき品質を有すれば耐凍害性に問題はないが、欠陥部で被覆材の付着強度が低下する。

(4) 被覆コンクリートについては、土木学会

基準の凍結融解試験よりも新しい凍結融解試験の方が劣化が早く進行する。これは60℃の乾燥条件が加わったことにより、被膜とコンクリートの界面における水分の気化圧が被膜のふくれを起こしたためであると考えられる。

(5) 有機無機型の被覆材は紫外線による劣化作用を受けた場合、凍害抑制効果が他の被覆材よりも劣る。

参考文献

- 1) 熊谷政行, 堺 孝司, 里 隆幸; コンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす表面被覆材の効果, 土木学会第48回学術講演会講演概要集第5部, pp. 234~235, 1993.
- 2) 熊谷政行, 堺 孝司, 里 隆幸; 非塗装面を有するコンクリートの凍結融解作用下の挙動, 土木学会第49回学術講演会講演概要集, 1994.
- 3) (社)日本道路協会; 道路橋塩害対策指針(案), pp. 51~54.

*

*

*