

[1020] 高炉微粉末を混入した特殊水中コンクリートの耐凍結融解性

正会員 ○宮野一也(間組 技術研究所)

正会員 喜多達夫(間組 技術研究所)

正会員 高見 晃(日鐵セメント)

木村輝夫(新日本製鐵)

1. まえがき

近年、高分子化合物をコンクリートに添加することにより、水中での材料分離を防止した特殊水中コンクリートが開発され適用実績も増大している。これらのコンクリートは、水中に直接打設しても、材料分離が少なく、均一で高品質なコンクリートを得ることができる。しかしながら、特殊水中コンクリートは一般的に耐凍結融解性が普通コンクリートに比べて劣るため、凍結融解作用を受ける地域で適用するには特殊水中コンクリート自体の耐久性を改善する必要がある。本研究は、高炉微粉末を混入することによる特殊水中コンクリートの耐凍結融解性の改善効果について実験的に検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

実験に使用した材料は、表-1に示す通りである。ここで、高性能モルタルとは、高炉微粉末、結合材(普通セメント)および高炉水砕スラグをそれぞれ30,30および40%の割合で混合したものである。

2.2 コンクリートの配合

コンクリートの配合は表-2に示す通りである。高性能モルタルはセメントの内割で25,50,100%とした。ここで、すべての配合について結合材量(セメント+高炉微粉末)は一定とした。また、高性能モルタルに含まれる高炉水砕スラグは、細骨材として考えた。

なお、スランプフローおよび空気量は、高性能減水剤およびAE剤により調整した。

2.3 コンクリートの練りまぜおよび供試体作製

コンクリートの練りまぜには60ℓの傾胴式ミキサを用いた。特殊水中コンクリートの練りまぜは、0.85W(W=単位水量)で練りまぜた普通コンクリート

表-1 使用材料

	種 類	備 考
セメント	普通セメント	比重 3.16
	高炉セメントB種	比重 3.04
細骨材	川 砂	大井川産 比重 2.59
粗骨材	砕 石	秩父産 比重 2.70
混和材	高性能モルタル	比重 2.92
混和剤	AE減水剤	リグニンスルホン酸塩化合物
	AE剤	ロジン酸化合物
	高性能減水剤	高縮合トリアジン化合物
	特殊混和剤	セルロース系高分子化合物

表-2 コンクリートの配合

No	セメントの種類	W/C (%)	S/a (%)	特殊減水剤添加率 SP/C (%)	単 位 量 (kg / m³)									
					W	C	S	G	混和材					混 和 剤
									高性能t89#	特殊混和剤	高性能減水剤 ℓ/m³	AE減水剤	AE剤 ℓ/m³	
1	普通	55	43	0.6	240	436	648	892	0	2.61	6.54	1.09	0.109	
2						327	577	892	182					
3						218	505	892	363					
4	高炉B種	55	43	0.6	240	0	361	892	727	2.61	10.03	1.09	0.153	
5						436	642	884	0					
6						327	574	884	182					
7						218	506	884	363		3.49		0.109	

に、0.15Wに溶かしてスラリー状にした特殊混和剤を添加して製造する後添加法とした。試供体は、10×10×40cmの角柱とした。

2. 4 試験項目および試験方法

試験項目としては、フレッシュコンクリートの物性試験（スランブフロー，空気量および水中分離抵抗性）、圧縮強度試験（材令7，28および91日）、凍結融解試験（ASTM C666-71法に準拠）および細孔径分布（水銀圧入法による）の測定とした。

凍結融解試験は、28日間標準水中養生後に開始し、30サイクルごとに共鳴法による動弾性係数および重量減少量を測定した。試験は300サイクルもしくは、相対動弾性係数が60%以下となるまで行った。

細孔径分布は、Aminco社の水銀ポロシメータ 5-7125 BE型を用いて測定した。試験片は、破碎およびアセトン処理し、100℃で24時間真空乾燥処理したものとした。

3. 実験結果および考察

3. 1 空気量に及ぼす影響

空気量 $4 \pm 1\%$ を得るために必要なAE剤の量は、図-1に示すように高性能モルタルの混入率の増加に伴って若干増大する傾向がみられる。ここで、1Aとは、 $C \times 0.0025\%$ の使用量を表す。

一般に、微粉材料が多くなると空気量が減少しAE剤使用量が大幅に増大することも少なくない。しかし、今回の試験結果によると、高性能モルタルを混入した場合の空気量の減少は少なく、若干のAE剤の増量で対応できるといえる。

3. 2 流動性に及ぼす影響

図-2は、同一スランブフロー45cmを得るために必要な高性能減水剤量と高性能モルタル混入率との関係を示したものである。なお、高性能減水剤のセメント1kgあたり1ccの増減がスランブフロー1cmの増減につながると仮定して図-2を作成した。

図-2によると、高性能モルタル混入率が50%以下の場合には、その増大に伴って高性能減水剤量も増加する。なお、高性能モルタル混入率が100%の場合の高性能減水剤量は、50%の場合と大差がないようである。

3. 3 水中分離抵抗性に及ぼす影響

濁度およびpHの測定結果を図-3に示す。

濁度は、普通セメントで混入率50%の場合を除くと、大略 $50 \pm 10\text{ppm}$ の範囲にあり大きな差はみられず、高性能モルタルの混入によって水中分離抵抗性が変化することはないと推定される。

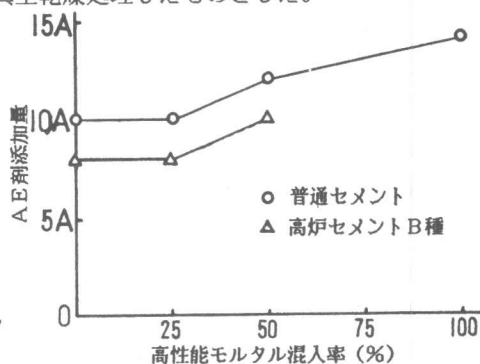


図-1 AE剤使用量に及ぼす影響

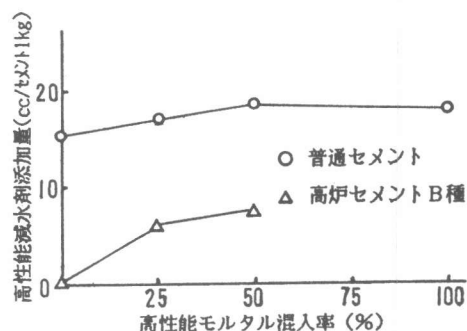


図-2 高性能減水剤使用量に及ぼす影響

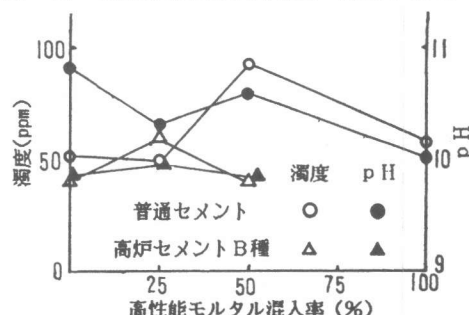


図-3 水中分離抵抗性に及ぼす影響

pHについても、高性能モルタルの混入率にかかわらず、ほぼ一定であるが、高炉セメントB種を用いた方が普通セメントの場合に比べて若干小さくなるようである。

3.4 圧縮強度に及ぼす影響

圧縮強度試験の結果を図-4に示す。

図-4によると、普通セメントの場合には、高性能モルタル混入率の増大とともに圧縮強度も増加しており、その効果が認められる。

一方、高炉セメントB種の場合には、高性能モルタルの混入率にかかわらず圧縮強度にはほとんど差がみられない。

3.5 耐凍結融解性

凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係を図-5および図-6に示す。

図-5は、普通セメントを用いた場合であるが、高性能モルタルの混入率の増加とともに、凍結融解の繰り返しに伴う相対動弾性係数の低下は少なくなっており、耐凍結融解性改善効果がみられる。特に、高性能モルタルの混入率を50および100%とした場合、300サイクルでも相対動弾性係数はほとんど低下しないことが確認された。

一方、図-6は高炉セメントB種を使用した場合であるが、普通セメントの場合と同様に高性能モルタルの混入率の増加に伴って、耐凍結融解性は向上しており、その効果がみられる。普通セメントの場合と比べると、耐凍結融解性は相対的に大きく、また、高性能モルタルの混入率が25%の場合には、普通セメントではほとんどその効果がみられないのに対し、高炉セメントB種を使用した場合は、かなり効果がみられ、相対動弾性係数が60%まで低下するのに240サイクルを要している。

3.6 細孔径分布

図-7、8にそれぞれ普通セメントおよび高炉セメントB種の場合の細孔径分布の測定結果を示す。また、表-3に図-7、8から求めた各細孔径ごとの細孔容積を示す。

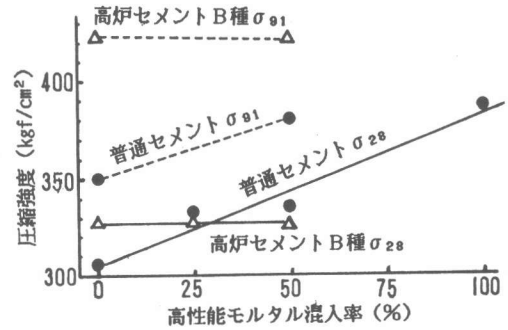


図-4 圧縮強度に及ぼす影響

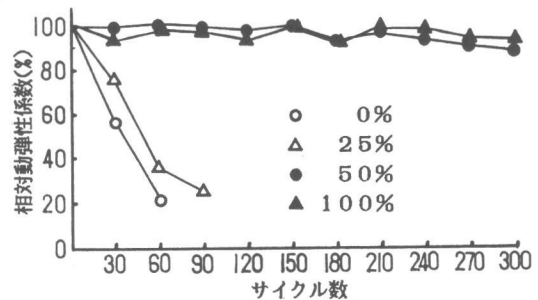


図-5 凍結融解試験結果 (普通セメント)

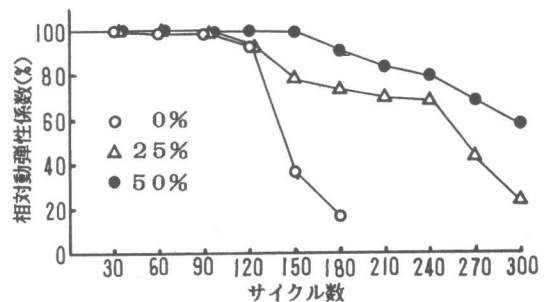


図-6 凍結融解試験結果 (高炉セメントB種)

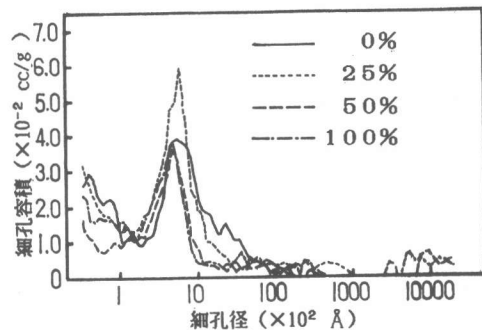


図-7 細孔径分布 (普通セメント)

これからわかるように、普通セメントの場合、全細孔容積は、高性能モルタルの混入率の増加に伴い減少する傾向がある。図-9は1000および500Å以上の細孔容積と高性能モルタルの混入率の関係を示したものである。これからわかるように、高性能モルタルが25%混入されているものは、細孔容積の減少がみられないのに対し、50,100%の場合は大幅に減少している。この結果は凍結融解試験の結果と合致しており、高性能モルタルを添加することによって1000,500Å以上の細孔容積が減少し耐凍結融解性が改善されたものと思われる。

一方、高炉セメントB種の場合は、普通セメントと同様に高性能モルタルの混入率の増加に伴って全細孔容積は減少する傾向はみられるが、その程度は、普通セメントの場合に比べて顕著ではない。また、1000,500Å以上の細孔容積は、普通セメントに比べてかなり少なくなっている。今回の試験では、高炉セメントB種の方が普通セメントに比べて耐凍結融解性が大きく、また、高性能モルタルの混入による改善効果が普通セメントの場合より小さいという結果となっており、細孔径分布の測定結果と極めて相関が高いと言える。

4. まとめ

本実験の結果をまとめると次のようになる。

(1) 高性能モルタルを特殊水中コンクリートに混入することによって流動性および空気量は変化するが、その程度は小さく、高性能減水剤およびAE剤によって調整可能である。

(2) 高性能モルタルは、水中分離抵抗性にはほとんど影響がない。

(3) 高性能モルタルの混入率の増加に伴い、1000,500Å以上の細孔容積が減少し、耐凍結融解性が改善される。また、その効果は、普通セメントを用いた場合の方が大きい。

5. あとがき

今回は、高炉微粉末、結合材および高炉水砕スラグからなる高性能モルタルを混入することによって特殊水中コンクリートの耐凍結融解性の改善を試みた。その結果かなりの効果があることが判明し、特殊水中コンクリートの寒冷地への適用に関して大きな手応えが得られた。今後は、経済性を含めてさらに検討を加える必要があると言える。

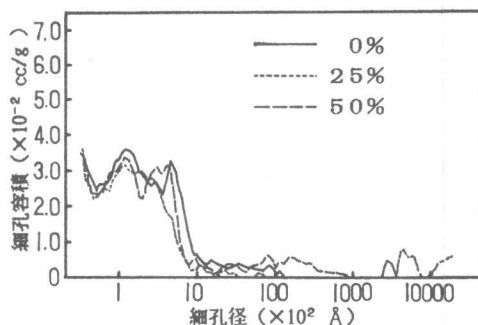


図-8 細孔径分布 (高炉セメントB種)

表-3 細孔径分布

細孔径 Å	細 孔 容 積 (×10 ⁻² cc/g)						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
10000<	0.090	1.191	0.990	0.066	0.191	0.628	0.080
5000~10000	0.210	0.276	0.162	0.197	0.128	0.032	0.414
1000~5000	1.829	1.105	0.404	0.428	0.513	0.158	0.241
500~1000	2.038	2.424	1.078	0.822	0.897	0.254	0.320
100~500	2.368	3.407	2.587	2.927	4.261	3.710	0.391
50~100	1.200	0.951	0.485	0.855	1.635	1.522	4.128
30~50	1.199	1.144	0.512	1.589	1.313	1.142	2.742
全細孔容積	8.934	10.498	6.218	6.884	8.938	7.446	8.316

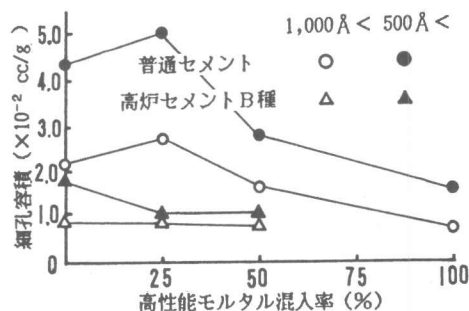


図-9 1000および500Å以上の細孔容積と高性能モルタル混入率の関係