

V-150

シリカフェームを用いた高強度コンクリートの 強度および塩素イオン透過性

金沢大学工学部 学生員○三原 守弘
金沢大学工学部 正会員 鳥居 和之
金沢大学工学部 正会員 川村 満紀

1. まえがき

近年、高性能減水剤およびシリカフェームの使用により、現場打ちの高強度コンクリートを作製することが可能になっている。シリカフェームを使用した高強度コンクリートは、セメントペーストの組織だけではなくセメントペーストと骨材との界面部分の組織をも改善できるので、高強度かつ高耐久性を有するコンクリートとしての利用が今後期待できる。本研究は、シリカフェームを使用した高強度コンクリートの強度および塩素イオン透過性に及ぼす配合および養生の影響について2、3の検討を行ったものである。

2. 実験概要

使用セメントは、早強ポルトランドセメント(比重:3.11, プレーン値:4330 cm^2/g)であり、シリカフェームは粉体状の市販品(SiO_2 含有量:90.9%, 比重:2.33, BET比表面積:24.2 m^2/g)を使用した。骨材は、福井県南条産の珪石砂(比重:2.56, 吸水率:1.1%)および珪石(比重:2.64, 吸水率:0.5%, 最大寸法:20mm)を使用した。コンクリートは、高強度レベル(略号:H, 単位セメント量:490 kg/m^3 , $W/(C+SF)=30\%$)と低強度レベル(略号:L, 単位セメント量:300 kg/m^3 , $W/(C+SF)=55\%$)の2種類のものを作製し、シリカフェームの重量置換率($SF/(C+SF)$)はすべて8%とした。混和剤は、高性能AE減水剤(K社製, アニオン型特殊高分子活性剤)を使用し、所定のワーカビリティが得られるように、その使用量を決定した。コンクリートの配合を表-1に示す。試験項目は、圧縮強度、圧裂引張強度、AE計測、細孔径分布(水銀圧入式ポロシメータ, 凍結乾燥を行った5mm角程度のモルタル試料を使用)および塩素イオン透過度(急速塩素イオン透過性試験¹⁾(AASHTO T-277), 円柱供試体の中央部からの2個の平均)である。塩素イオン透過性試験に用いたコンクリートの養生条件は、脱型後すぐに湿度60%および90%の屋内で28日間

表-1 コンクリートの配合

略号	強度レベル	SF置換率(%)	水結合材比(%)	細骨材率(%)	単位量 (kg/m^3)				
					W	C	S	G	S.P.*
L0	Low	0	55	42	165	300	761	1084	-
L8	Low	8	55	42	165	300	759	1081	5.1
H0	High	0	30	40	147	490	681	1054	9.8
H8	High	8	30	40	147	490	677	1047	12.3

* S.P.:高性能AE減水剤

3. 実験結果および考察

3.1 強度特性および破壊性状

各種コンクリート(水中養生)の圧縮強度および圧裂引張強度の経時変化を表-2に示す。LレベルおよびHレベルの両配合ともシリカフェームを使用することにより圧縮強度は初期および長期材令ともに大きく増大する。しかし、高強度コンクリートの圧裂引張強度は圧縮強度が600 kgf/cm^2 を超えるあたりからやや頭打ちになる傾向があり、このためシリカフェームの添加による圧裂引張強度の改善効果は圧縮強度の場合ほど顕著ではない。各種コンクリート(水中養生, 28日材令)の破壊時までの累積AEカウンターの測定結果を図-1に示す。コンクリートの破壊時までの累積AEカウンター数は、圧縮強度の大きなものほど増大する傾向を示すが、水・セメント比およびシリカフェームの有無により各応力段階におけるAEの発生過程は大きく相違する。特に、シリカフェームコンクリート(H8)は、他のコンクリートと異なり特徴的なAEの発生過程がみられる。すなわち、応力比40%までの初期から多数のAEが発生し、一定の傾きでA

表-2 コンクリートの圧縮強度
および圧裂引張強度

配合	材令				
	3日	7日	14日	28日	90日
	圧縮強度 (kgf/cm^2)				
L0	273	354	362	424	433
L8	331	361	456	598	690
H0	500	546	605	729	765
H8	584	710	848	899	990
	圧裂引張強度 (kgf/cm^2)				
L0	32	35	32	42	47
L8	34	39	43	48	58
H0	47	49	50	51	63
H8	51	57	61	66	72

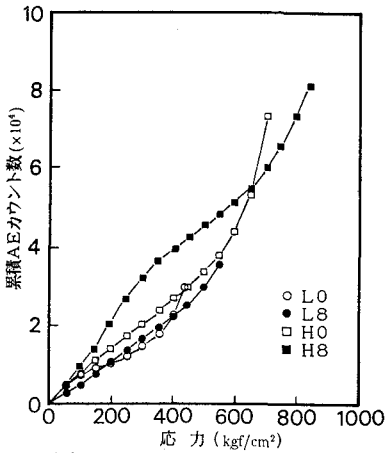


図-1 コンクリートの破壊時までの累積AEカウント数(水中養生28日材令)

Eが増大した後に、応力比80%以後に急激なAEの発生が認められる。AEの発生過程は、コンクリート中でのボンドクラックおよびモルタルクラックの発生と対応していることから、シリカフェームコンクリート(H8)では、低水・セメント比およびシリカフェームの使用によりセメントペースト・骨材界面部分の組織が緻密となり、界面の付着強度が大きく増大した反面、この部分に応力の集中が生じ、界面の破壊が初期の段階より生じているものと思われる。

3.2 塩素イオン透過性と細孔径分布の特徴

各種コンクリート(28日材令)の塩素イオン透過度を図-2に示す。コンクリートの塩素イオン透過度は養生条件の影響を大きく受けており、水中養生期間が長いものほど塩素イオン透過度が小さくなる。しかし、シリカフェームコンクリート(H8)は、他のコンクリートとは異なり養生条件の影響をまったく受けず、いずれの場合も300クーロン以下(この値はAASHTO T-277の基準ではVery Lowレベルに相当し、ポリマーセメントコンクリートと同等の塩素イオン透過度とされている)になる。しかし、シリカフェームコンクリートでは細孔溶液中のOH⁻イオンの低下により測定値(クーロン)が著しく小さくなるとの指摘²⁾もありシリカフェームコンクリートにおける本試験法の適用性についてはさらに検討する必要がある。

各種コンクリート(28日材令)の細孔径分布を図-3に示す。コンクリートの全細孔量は、L0>L8>H0>H8の順番に小さくなり、水・セメント比の低下およびシリカフェームの添加がコンクリートの細孔組織の密実化に有効であることが示されている。また、養生条件の及ぼす影響は、全細孔量にはあまり反映されていないが、いずれの配合のものも水中養生期間が長くなるにつれて、細孔径分布において0.1μm以上の細孔量が減少し、0.04μm以下の微細な細孔量が増加している。

4. まとめ

シリカフェームを使用することにより1000kgf/cm²程度の高強度コンクリートを容易に作製することが可能であるが、シリカフェームを使用した高強度コンクリートの破壊性状は通常のコンクリートとは大きく異なることが明らかになった。また、シリカフェームを使用した高強度コンクリートは、養生条件の影響を受けにくく、塩素イオン透過度を大きく低減できることが明らかになった。

<参考文献>

- 1) Whiting, D.; Rapid Determination of the Chloride Permeability of Concrete, FHWA/RD-81/119.
- 2) Cabrera, J.G. et al.; Measurement of Chloride Penetration into Silica Fume Concrete, *Cement and Composite*, 1990.

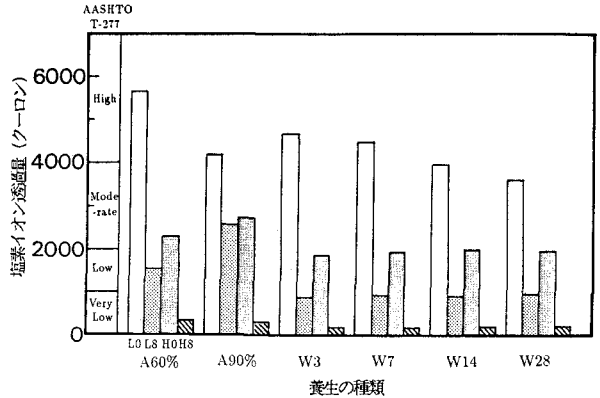


図-2 コンクリートの塩素イオン透過度(28日材令)

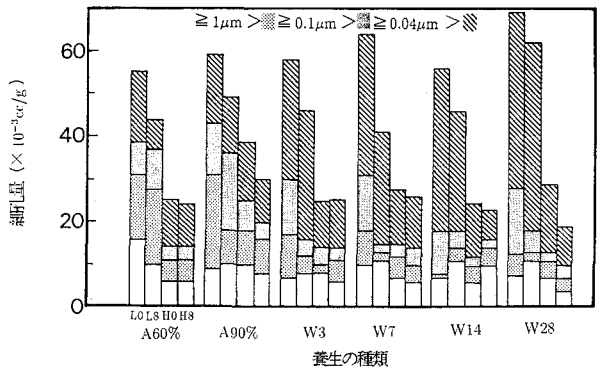


図-3 コンクリートの細孔径分布(28日材令)