

V-99 超高強度コンクリートの基礎的特性に関する研究

東北大学 学生員 ○石黒 直
 東北大学 正会員 鈴木 基行
 東北大学 正会員 尾坂 芳夫
 東北大学 学生員 張 一泳

1. 研究の背景および目的

最近、圧縮強度が1000kgf/cm²を超えるような超高強度コンクリートが注目されているが、その材料特性や部材特性はまだ明確にされていないのが現状である。そこで、本研究ではシリカフェームを用いた超高強度コンクリートの強度特性、AE特性および細孔分布を実験的に調べ、さらにそれらの関係を明確にすることを目的としている。

2. 実験概要

本実験では、基本的強度特性として圧縮強度、曲げ強度および引張強度をとり上げた。そして、圧縮破壊過程におけるAEの特性、細孔分布についても水銀ポロシメーターを用い検討した。シリカフェームの化学成分を表-1に、超高強度コンクリートおよび普通コンクリートの示方配合表を表-2に示す。圧縮強度試験および引張強度試験には、φ10×20cmの円柱供試体を、曲げ強度試験には10×10×40cmの角柱供試体を用いた。

表-1 シリカフェームの化学成分(%)および性質

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	C	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	粒径(μm)	比表面積
90.3	2.33	1.17	1.29	1.99	0.40	1.84	0.52	0.13~0.16	15~20m ² /g

3. 実験結果および考察

(1) 強度特性とAE特性

圧縮強度試験結果を表-3に示す。超高強度コンクリートの強度はおおよそ1000~1300kgf/cm²の範囲であり、普通コンクリートは300kgf/cm²前後となった。初期弾性係数は4~5×10⁶kgf/cm²となり、普通コンクリートの約2倍の値となったが、圧縮強度の増大ほどは大きくならなかった。また表-4に示すように、引張強度/圧縮強度は約1/14、曲げ強度/圧縮強度は約1/13となり引張、曲げ強度は圧縮強度ほどの強度増加は望めないと思われる。圧縮強度試験の応力度-ひずみ関係およびひずみ-AEの総イベント関係を図-1に示す。超高強度コンクリートは普通コンクリートに比べ応力-ひずみ関係の弾性域が大きく、ひずみ-AEの総イベント数の関係においては、普通コンクリートの場合、低応力状態から徐々に増加しているのに対して、超高強度コンクリートは初期応力の段階ではAEの発生がわずかであり、最大応力の90%程度から急激に増加する傾向があった。これは、超高強度コンクリートは普通コンクリートに比べひび割れの発生や骨材とモルタルのはく離等の組織破壊が、最大応力に近くなるまでわずかしき起こらないからであると考えられる。

表-2 コンクリート示方配合

種類	粗骨材最大寸法(mm)	スランの範囲(cm)	空気量の範囲(%)	水セメント比w/c(%)	細骨材率s/a(%)	W/C+Si(%)	Si/C(%)	単位量(kg/m ³)					
								W	C	S	G	My150	SiF
超高強度コンクリート	15	12±2.5	2±1	27.9	44.8	24.3	15.0	130	460	824	1014	16.3	69.9
普通コンクリートH	25	8±2.0	2±1	46.0	40.0	46.0	0.0	175	383	689	1222	0.96	0.0
普通コンクリートG	25	8±2.0	2±1	66.0	44.0	66.0	0.0	190	380	793	888	0.0	0.0

表-3 圧縮試験結果表

供試体No.	材令日	強度f _c (kgf/cm ²)	最大荷重時縦ひずみe _v (micro)	最大荷重時横ひずみe _x (micro)	30%荷重時ポアソン比ν ₃₀	60%荷重時ポアソン比ν ₆₀	最大荷重時ポアソン比ν	初期弾性係数E _c 10 ⁶ ×kgf/cm ²
C11-1	68	1146	3475	1110	0.176	0.203	0.319	4.21
C11-2	68	1133	3900	1652	0.380	0.232	0.423	4.10
C11-3	76	1159	3925	1645	0.176	0.195	0.419	4.71
C12-1	68	1261	3853	1652	0.140	0.172	0.429	4.17
C12-2	68	1197	3663	1032	0.158	0.136	0.282	4.57
C12-3	79	1248	4225	1324	0.135	0.216	0.313	5.15
C21-1	52	1050	3288	710	0.151	0.185	0.216	4.32
C21-2	54	1025	3400	1134	0.190	0.207	0.333	4.84
C22-1	57	1171	3688	1475	0.209	0.217	0.400	4.71
C22-2	60	1031	3125	1175	0.178	0.202	0.376	4.21
CH	42	369	1960	635	0.218	0.208	0.324	2.42
CG1	19	325	2573	678	0.160	0.164	0.264	2.68
CG2	19	270	1800	480	0.178	0.164	0.267	2.86

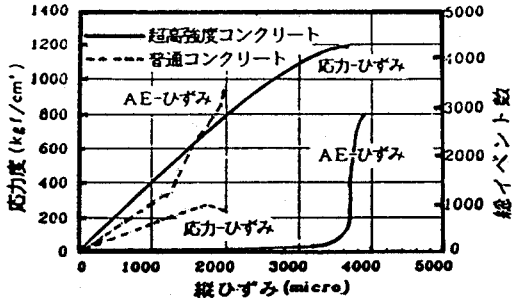


図-1 応力-ひずみ関係及びひずみ-AEの関係

(2) 細孔試験

圧縮強度-全細孔量の関係を図-2に示し、超高強度コンクリートおよび普通コンクリートの累積細孔曲線を図-3に細孔分布を図-4に示す。図-2の圧縮強度-全細孔量の関係を見ると、全細孔量が減少するにしたがって圧縮強度が増加する傾向が認められる。また、図-3の累積細孔容積曲線を見ると、超高強度コンクリートは普通コンクリートに比べ全細孔容積がかなり少なくなっている。これは、微粒子であるシリカフェーム混入によるマイクロファイバー効果によりよく締め固まること、およびポズラン反応によって硬化体組織がち密化したことなどの効果として、現れたものと考えられる。細孔分布では普通コンクリート(圧縮強度400kgf/cm²前後)の場合、細孔直径は1000Å付近に細孔容積の分布が最も多く、標準偏差が小さい。超高強度コンクリートでは40~60Åにピークが現れ、平均細孔直径も小さくなった。このことから圧縮強度が増加するにしたがって、より小さい細孔径のものが多く分布する傾向があると思われる。

4. まとめ

本実験で得られた結論は次のとおりである。

- ① 超高強度コンクリートは普通コンクリートに比べ、より弾性的で、脆的な破壊をする。
- ② 圧縮強度の増進は弾性係数、引張強度および曲げ強度の増進は期待できない。しかし、引張強度を普通コンクリートと比較した場合、引張強度の増進は十分に大きいと思われる。
- ③ AEの発生挙動は、初期応力の段階ではわずしか発生せず、終局破壊付近で急激に発生する。このことから、ひび割れの発生や骨材とモルタルのはく離等の組織破壊が、最大応力に近くなるまでわずしか起こらない。
- ④ 全細孔量が、減少するにしたがって圧縮強度が増加すると思われる。
- ⑤ 強度が増加するほど、より小さい細孔径の細孔がコンクリート中に多く分布するようになるとと思われる。

表-4 圧縮強度 f_c 、引張強度 f_t 、曲げ強度 f_b の関係

種類	f_c	f_t	f_b	f_t/f_c	f_b/f_c
普通コンクリート	300	25.0	42.7	1/12.0	1/7.02
超高強度コンクリート	1235	87.5	97.3	1/14.1	1/12.7

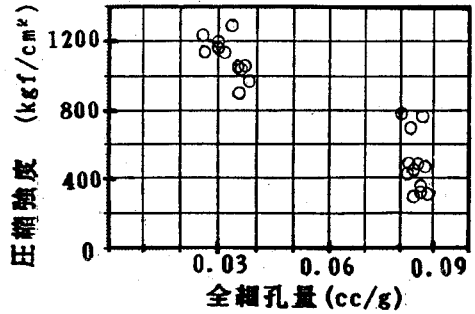


図-2 圧縮強度-全細孔量の関係

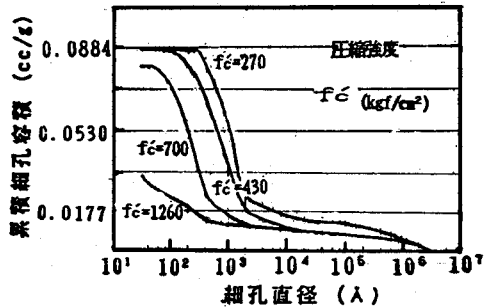


図-3 累積細孔曲線

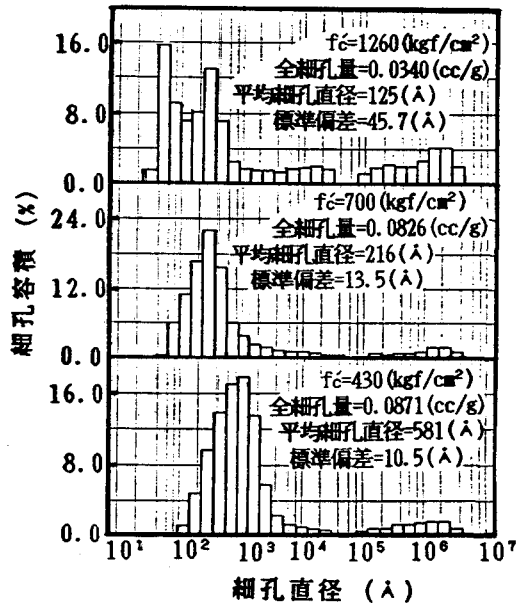


図-4 細孔分布