

論文

[1034] 高圧縮強度を有するオートクレーブ養生コンクリートの開発

正会員 大濱嘉彦 (日本大学工学部)
 正会員 出村克宣 (日本大学工学部)
 正会員 佐藤康彦 (日本大学大学院)
 正会員 ○林 志翔 (日本大学工学部)

1. はじめに

近年、建築構造物の多様化に伴い、コンクリートの高強度化に対する関心が高まり、それへの各種混和剤(材)の添加による高強度化が試みられている。一般に、高強度コンクリートの利用は、構造部材の断面寸法の低減をもたらす、その軽量化を図ることができる。又、コンクリートの高強度化は、コンクリート組織のち密化によるものであり¹⁾、その結果、コンクリート構造物の耐久性も改善される。本研究では、オートクレーブ養生による高強度コンクリートの製造を目的として、骨材の種類、細骨材率、水セメント比、減水剤添加率などの配合要因がその圧縮強度に及ぼす影響を検討している。

2. 使用材料

2.1 セメント

セメントとしては、市販の普通ポルトランドセメントを使用した。その性質を表-1に示す。

2.2 骨材

粗骨材としては、岩手県水沢産安山岩砕石(Ca)、山梨県初狩産安山岩砕石(Cb)及びフレック状の鋼片(Cs)を、細骨材としては、岩手県水沢産安山岩砕砂(Fa)、福島県阿武隈川産川砂(Fb)及び鋼粒(Fs)をそれぞれ使用した。それらの物理的性質を表-2に示す。

2.3 混和材料

混和材料としては、フェロシリコンを製造する際に副生するシリカフューム及び市販のポリアルキルアリルスルホン酸塩系高性能減水剤を使用した。シリカフュームの物理的性質及び化学成分を表-3に示す。

3. 試験方法

3.1 供試体の作製

粗骨材及び細骨材の種類並びに細骨材率を変化させた表-4に示す配合と水セメント比及び高性能減水剤添加率を変化させた表-5に示す配合のコンクリート²⁾をJIS A

表-1 セメントの諸性質

比重	比表面積 (cm ² /g)	凝 結		安定性	MgO (%)	SO ₃ (%)	強熱 減量 (%)	圧 縮 強 さ (kgf/cm ²)		
		始 発 (時-分)	終 結 (時-分)					3日	7日	28日
		3.16	3300							

表-2 骨材の物理的性質

骨材種類		記号	粒 径 (mm)	表乾比重	吸水率 (%)	破砕値* (%)	有 機 不純物
粗骨材	安山岩砕石	Ca	5-20	2.77	0.46	14	なし
		Cb		2.69	2.97	17	なし
	鋼片	Cs		6.63	--	--	なし
細骨材	安山岩砕砂	Fa	<2.5	2.82	0.56	--	なし
	川砂	Fb		2.62	1.91	--	なし
	鋼粒	Fs		6.36	--	--	なし

注) *: British Standard 812

表-3 シリカフュームの物理的性質及び化学成分

比重	粒径 (μm)	比表面積 (m ² /g)	化 学 成 分 (%)								
			強熱減量	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	C	合計
2.2	0.1-0.3	28.32	2.5	89.84	0.42	3.77	0.18	0.70	0.15	0.94	98.50

1138 (試験室におけるコンクリートの作り方) に準じて練り混ぜ、寸法φ7.5×15cm に成形し、1日湿空(20°C, 80%R.H.)養生を行った。その後、オートクレーブ養生(180°C, 10kgf/cm², 3時間保持)を行い、圧縮強度試験用供試体を作製した。

3.2 圧縮強度試験

表-4 高強度オートクレーブ養生コンクリートの配合(その1)

番号	水セメント比 (%)	シリカフューム混入率 (%) [*]	減水剤添加率 (%) [*]	細骨材率 (%)	重量配合 (kg/m ³)															
					セメント	水	シリカフューム	減水剤	細骨材			粗骨材								
									Fa	Pb	Fs	Ca	Cb	Cs						
1	27	30	2	30	660	178	198	13.2	409	---	---	933	---	---						
2												---	---	---	906	---				
3												---	---	---	---	---				
4				---					---	---	40	---	---	1277	---	---	---	---	1915	
5				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	
6				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---
7				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---
8				---					---	---	48	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---
10				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---
11				---					---	---	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---
13				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---
14				---					---	---	60	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---
16				---					---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---
17				---					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

注) *: セメント重量に対する百分率

JIS A 1182 (ポリエステルレジンコンクリートの圧縮強度試験方法) に準じて、コンクリートの圧縮強度試験を行った。

4. 試験結果及び考察

図-1には、2種類の粗骨材(安山岩砕石Ca及びCb)及び細骨材(安山岩砕砂Fa及び川砂Pb)をそれぞれ組み合わせて製造した高強度コンクリートの圧縮強度を示す。

表-5 高強度オートクレーブ養生コンクリートの配合(その2)

番号	水セメント比 (%)	シリカフューム混入率 (%)	減水剤添加率 (%)	細骨材率 (%)	重量配合 (kg/m ³)																												
					セメント	水	シリカフューム	減水剤	細骨材	粗骨材																							
										Fa	Cb	Cs																					
1	27	30	2	2	660	178	198	13.2	544	---	---	---																					
2										---	---	---	---	---																			
3										---	---	---	---	---																			
4				---						4	4	40	660	178	198	26.4	544	---	---	---													
5				---														---	---	---	---												
6				---														---	---	---	---												
7				---						6	6							40	660	178	198	39.6	544	---	---	---							
8				---																				---	---	---	---						
9				---																				---	---	---	---						
10				---						4	4													40	660	178	198	26.4	544	---	---	---	
11				---																										---	---	---	---
12				---																										---	---	---	---
13	---	6	6	40	660	178	198	39.6	544	---	---																			---			
14	---									---	---																			---	---		
15	---									---	---																			---	---		
16	---	8	8							40	660	178	198	52.8	544	---	---													---			
17	---															---	---													---	---		
18	---															---	---													---	---		

使用骨材の種類にかかわらず、コンクリートの圧縮強度は1100kgf/cm²以上の高い値を与え、特に、粗骨材Cb及び細骨材Faを用いたものの圧縮強度は約1390kgf/cm²に達する。当然のことながら、このような高い圧縮強度の発現は、高性能減水剤の使用による水セメント比の低減、オートクレーブ養生に適した活性度の高いシリカフュームの混和によって、ち密なコンクリート組織が形成されるためであるといえる。一方、破碎値が小さく高強度を有すると考えられる粗骨材Caを用いたものが、Cbを用いたコンクリートに比べて、低い圧縮強度を与えるが、これは、骨材の粒形など、強度以外の要因が影響しているためと考えられる。このことは、粗骨材Caと産地を同じにする細骨材(砕砂)Faを用いたコンクリートが、いずれの粗骨材を用いたものにおいても、高い圧縮強度を示すことから明らかである。

図-2には、骨材組成を3成分とし、細骨材率を変化させて調整した連続粒度分布骨材及びFuller分布骨材を用いた高強度コンクリートの細骨材率と圧縮強度の関係を示す。なお、粗骨材としてCa又はCb、細骨材としてFaを用いている。粗骨材の種類にかかわらず、細骨材率40%で、コンクリートの圧縮強度は最大値(1400kgf/cm²)を与える。細骨材率の変化は骨材成分の空げき率を変化させるが、細骨材率40%とした場合、粗骨材Caを用いたものの空げき率は29.0%、Cbを用いたもののそれは29.5%である。これらの値はFuller分布骨材の空げき率24.6%(細骨材率、39.9%)よりも大きな値であるが、空げき率のこの程度の差異はコンクリート強度に余り大きな影響を与えず、むしろ、Fuller分布骨材を用いたものに比べて、3成分型連続粒度分布骨材を用いたコンクリートの方が若干高い圧縮強度を与える。

図-3には、粗骨材として鋼片Cs及びCb、細骨材としてFaを用いた高強度コンクリートの圧縮強度に及ぼす細骨材Faの細骨材としての鋼粒

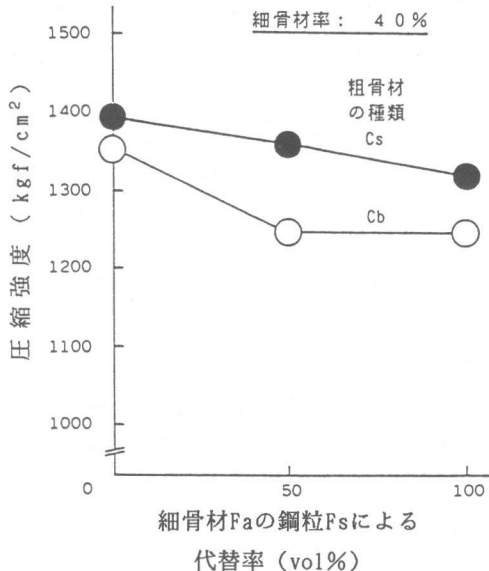


図-3 高強度オートクレープ養生コンクリートの圧縮強度に及ぼす細骨材としての鋼粒代替率の影響

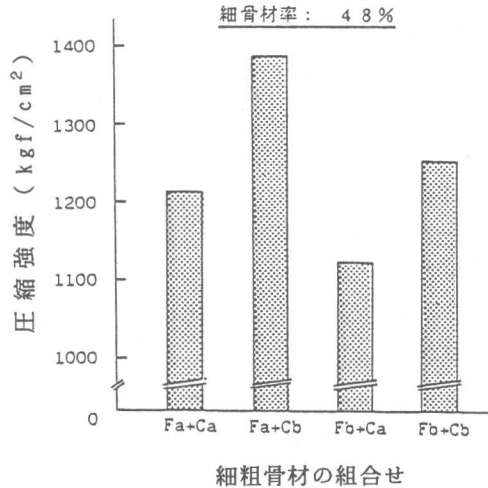


図-1 細粗骨材の組合せと高強度オートクレープ養生コンクリートの圧縮強度の関係

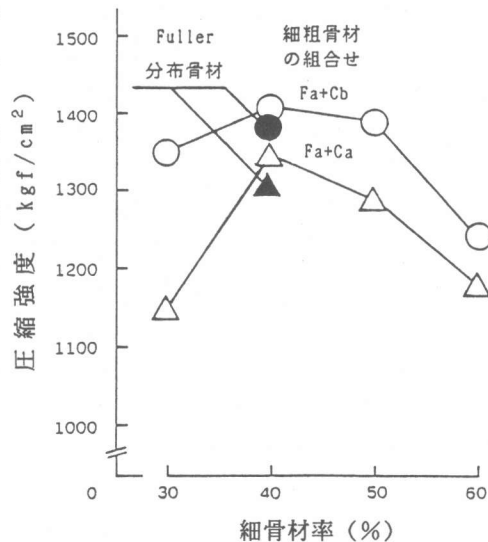


図-2 高強度オートクレープ養生コンクリートの圧縮強度に及ぼす細骨材率の影響

Fsによる代替の影響を示す。Fsの代替率にかかわらず、Csを用いたコンクリートの圧縮強度は、Cbを用いたコンクリートのそれよりも高い。特に、粗骨材Cs及び細骨材Faを用いたコンクリートの圧縮強度は1400kgf/cm²に達する。しかしながら、粗骨材の種類にかかわらず、Fsの代替率の増大に伴って、コンクリートの圧縮

強度は低下する傾向にある。

図-4には、粗骨材としてCs及びCb, 細骨材としてFaを用いた高強度コンクリートの圧縮強度に及ぼす水セメント比及び高性能減水剤添加率の影響を示す。水セメント比及び高性能減水剤添加率にかかわらず、Cbを用いたコンクリートの圧縮強度に比べて、Csを用いたもののそれは低い値を示す。一方、水セメント比が16-27%と著しく小さいにもかかわらず、水セメント比の減少に伴って、いずれの粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度とも増大する傾向にある。

高性能減水剤添加率とコンクリートの圧縮強度の間に明確な相関性は見いだせないが、使用する骨材

によって、それぞれの水セメント比に適する高性能減水剤添加率が存在するようである。本研究の限りでは、水セメント比20%及び高性能減水剤添加率4%並びに、水セメント比16%及び高性能減水剤添加率8%とし、骨材としてCb及びFaを用いたコンクリートの圧縮強度は1700kgf/cm²以上に達する。又、同様の配合で、その高強度を期待して用いたCsを粗骨材とするコンクリートの圧縮強度は1400-1530kgf/cm²程度であり、更に高強度を発現させるためには、前述したように、その粒形などの他の要因についても検討する必要があるものと思われる。なお、このような低水セメント比での高強度の発現は、高性能減水剤の添加によるフレッシュコンクリートの流動性の改善、オートクレーブの使用による優れた養生効果、本研究の限りでは明かでないが、未反応のシリカフェームが存在したとしてもそれが充てん材として作用することなどによるコンクリート組織のち密化によるものと推察される。

5. 総括

オートクレーブ養生コンクリートの高強度化に当っては、細・粗骨材の種類及びその性質、細骨材率、水セメント比などの配合要因を十分に検討する必要がある。本研究の限りでは、高性能減水剤添加率を4-8%とし、水セメント比を16-20%まで低減することによって、1400kgf/cm²以上の高圧縮強度を有するオートクレーブ養生コンクリートの製造が可能である。特に、水セメント比20%、高性能減水剤添加率4%とし、安山岩碎石及び砕砂を用いたオートクレーブ養生コンクリートの圧縮強度は1740kgf/cm²に達する。

参考文献1)ACI Committee 363:State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete, Journal of the American Concrete Institute, V.81, No. 4, July-Aug. 1984, pp. 364-411. 2)Ohama.Y., Demura.K., and Muranishi.R., "Development of Super-High-Strength Concrete Made with Silica Fume Addition and Polymer Impregnation", Polymer Concrete, Uses, Materials, and Properties, Publication SP-89, American Concrete Institute, Detroit, 1985, pp. 231-247.

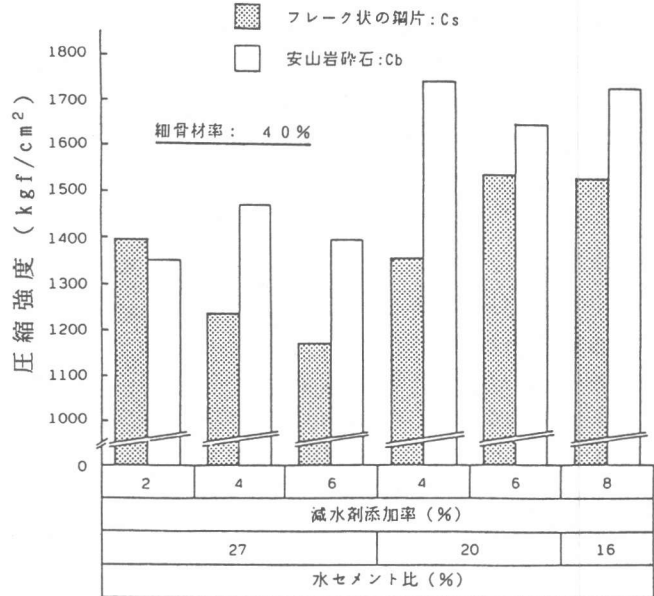


図-4 高強度オートクレーブ養生コンクリートの圧縮強度に及ぼす水セメント比及び高性能減水剤添加率の影響