

軽量コンクリートの強度に関する基礎研究

広島大学 正員 工博 船越 稔
 “ “ “ “ 阿部 康俱
 同大学院 学生員 ○米 倉 亜州夫

1. まえがき 本研究は、二種の人工軽量骨材を用いて製造した軽量コンクリートならびに普通骨材のコンクリートに関して圧縮強度、引張強度、曲げ強度の試験およびヤング係数の測定を行つて、その結果を比較検討し、骨材の性質、養生方法の相違などがコンクリートの強度におよぼす影響を調べたものである。

2. 材料及び試験の方法 セメントは、普通ポルトランドセメントを用いた。普通重量の骨材は、太田川産のものを用いた。人工軽量骨材は次のA、B二種類であつて、試験結果は表-1に示す通りである。A：膨張性頁岩を焼成したもの 破砕式 細、粗骨材

B：焼成フライアッシュ

造粒式 粗骨材

表-1 骨材の試験結果

比重および吸水量の試験は、人工軽量骨材コンクリート設計施工指針(第4版)付録JIS A1134-1966 およびJIS A1135-1966の方法によつて試験を行つた。人工軽量骨材は気乾状態のものを用い、有効吸水量を加えて使用水量の調整を行つた。河川産普通重量の粗骨材は表面乾燥飽水状態で使用し、河川産細骨材は湿砂の状態

区 分	A 骨材		B 骨材		河川産骨材	
	粗骨材	細骨材	粗骨材	粗骨材	粗骨材	細骨材
粗骨材最大寸法 (mm)	15	—	15	25	—	—
表 乾 比 重	1.59	1.66	1.34	2.64	2.56	—
吸水量(%)	11.3	16.3	3.0	1.0	1.2	—
粗 粒 率	6.30	2.96	6.55	7.19	3.01	—

用い、表面水の補正を行つて、使用水量を定めた。コンクリートの配合、その他は表-2に記してある。表-2に記した軽量骨材コンクリートの配合においては、土木学会の人工軽量骨材コンクリート設計施工指針(第4版)を参照し、本試験では、人工軽量骨材を110℃中にて炒乾燥したものを24時間吸水させて表面乾燥飽水状態とし、このときの含水量を基準として、水セメント比を定めたものである。

練りまぜは、2切の可傾式ミキサーを用いて3分間行ない、ミキサーより練り盤上に排出したコンクリートは、2回まきかえした後、内部振動機を用いて十分に締め固めた。

供試体の養生方法は、全期間21±2℃の水中にて標準養生したもの、および7日間水中養生後、湿度約21℃±2℃、湿度60～70%の室内で空气中養生のものの二通りである。試験時の材令は、28日で、200トン油圧式万能試験機を用いて圧縮強度、引張強度、曲げ強度の試験並びにヤング係数の測定を行つた。表-2に記したヤング係数の値は、圧縮強度の約1/3の値におけるセカント係数である。

3. 試験の結果

コンクリートの配合および強度試験の結果を表-2に示す。同一の水セメント比において、同じ程度のスランプのコンクリートを得るに要する単位水量は、造粒フライアッシュBと川砂とを用いたコンクリート(以下(B+川砂)コンクリートとよぶ)の場合、普通コンクリートと、ほぼ同じであつたが、破砕式膨張性頁岩A骨材コンクリートの場合、この値は普通コンクリートより約15～20%程度大であつた。

従ってA骨材コンクリートの場合、単位セメント量も大きくなっている。

普通コンクリートにおいて同じスランプの値を得るのに砕石使用の場合は、五砂利を用いたときより単位水量は、9~15kg、細骨材率は3~5%増加させねばならないことは知られているが、軽量コンクリートにおいても、破砕式と造粒式とでは、これとほぼ類似の関係があることが認められた。すなわち、本試験の範囲においては、同じ水セメント比で、同一スランプを得るのにAコンクリートの方が(B+川砂)コンクリートより単位水量、および単位セメント量を大きくしなければならなかった。しかし、スランプ8~10cm程度の軽量コンクリートとしては比較的に軟練りである場合、Aコンクリートは(B+川砂)

コンクリートより材料分離の程度が少なかった。スランプ3~6cmでは、どの骨材のコンクリートも材料分離の程度は少なかった。

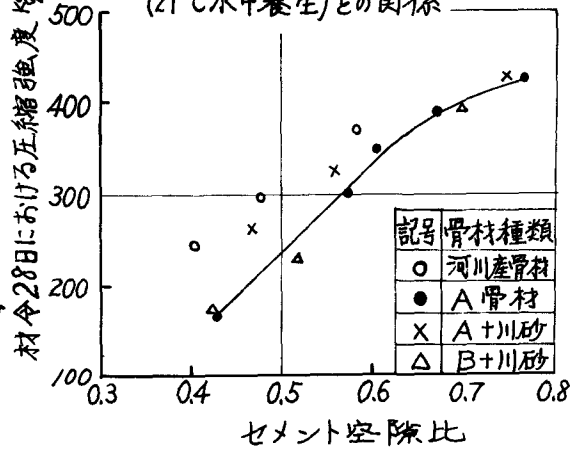
コンクリートの単位容積重量は、Aの場合約1.6t/m³、(A+川砂)で約1.85t/m³、(B+川砂)で約1.8~1.9t/m³、および普通コンクリートでは2.3t/m³であった。

21±2℃の水中にて標準養生を行、た各種骨材のコンクリートの圧縮強度と空隙セメント比との関係は図-1に示す通りである。図-1より、同一のセメント空隙比における各種コンクリートの圧縮強度を比較すると次のような傾向が認められた。(A+川砂)コンクリートの圧縮強度は、普通コンクリートの場合とほぼ同じであった。一方細、粗骨材とも人工軽量骨材を用いたAコンクリートと(B+川砂)コンクリートは、普通コンクリートの約80%の値であった。図-1に示すように圧縮強度が300~350kg/cm²程度までの場合、セメント空隙比と圧縮強度との関係(0.5%線)は、直線関係にあるが、圧縮強度が350~400kg/cm²程度以上になると0.5%線は、上に凸の曲線を描くようになって、%の増大に対する

表-2 コンクリートの配合および強度試験結果

種類	W (kg)	W/C (%)	S/A (%)	スラン プ(cm)	空気 量(%)	単位容 積重量 (kg/m ³)	水中養生 0.4%	水中養生 0.5%	空中養生 0.4%	空中養生 0.5%	F _{cm} 10 ⁵ (kg/cm ²)
A	170	35	38	6.7	3.0	1690	428	26.2	—	—	1.7
	163	44	38	8.7	4.7	1612	301	24.2	—	—	1.5
	160	52	38	6.4	2.9	1600	198	20.1	—	—	1.4
A	171	38	37	9.6	4.3	1621	392	24.6	403	20.0	1.7
	165	44	37	4.7	3.4	1620	348	22.8	315	18.0	1.5
	161	60	37	5.0	4.2	1548	165	16.9	166	16.5	1.4
A + 砂	169	35	40	4.9	3.5	1894	427	25.1	—	—	2.0
	165	44	40	7.0	4.9	1840	326	17.1	—	—	1.8
	162	53	40	5.7	4.7	1801	262	15.3	—	—	1.8
B + 砂	149	38	40	0.8	3.3	1834	394	21.7	—	—	2.1
	143	46	40	4.2	4.6	1780	229	17.6	—	—	1.8
	140	56	40	3.4	4.9	1728	173	15.0	—	—	1.6
B + 砂	174	40	44	0.8	なし	1924	427	25.8	431	24.9	—
	160	50	44	4.2	"	1890	330	25.2	294	20.1	—
	150	60	44	3.4	"	1857	225	18.6	200	17.5	—
河川 産 骨材	149	40	41	5.6	4.8	2336	369	—	—	—	2.8
	146	50	41	6.4	5.9	2328	297	—	—	—	2.8
	143	60	41	6.2	4.6	2324	244	—	—	—	2.8
河川 産 骨材	169	40	41	10.0	なし	2370	443	34.7	455	35.9	—
	170	50	41	7.1	"	2359	421	32.5	401	32.6	—
	163	60	41	11.4	"	2349	229	22.6	210	23.4	—

図-1 各種骨材を用いたコンクリートにおけるセメント空隙比と圧縮強度(21℃水中養生)との関係



σ_c の増加の割合が減少することを示している。これは軽量骨材自体の強さが、河川産骨材よりも一般に劣り、高強度の場合、この影響が著しくなったこと、その他によるものと思われる。

図-2に、A骨材コンクリートの圧縮強度と引張強度および曲げ強度との関係を示した。図-3は、減水剤を使用していない普通コンクリートと(B+川砂)のコンクリートの圧縮強度と引張強度および曲げ強度との関係を示したものである。図-2および図-3は、水中にて標準養生を行った場合と室内において乾燥させた場合の両方について試験値を記入してある。図-2図-3より次のような傾向が認められる。A軽量骨材コンクリートの標準養生を行った引張強度は、圧縮強度が200, 300 および 400 kg/cm^2 の場合それぞれ約20, 24 および 26 kg/cm^2 であった。すなわち引張強度と圧縮強度との比率はそれぞれ $1/10.5$, $1/13$ および $1/16$ であった。普通コンクリートにおけるこの比率は、 $1/9 \sim 1/13$ でありAコンクリートでは $6\% \sim 10\%$ の比が幾分低下することが認められた。図-3に示すB骨材の試験値も参照すると、本試験における軽量コンクリートの引張強度は、同じ圧縮強度において普通コンクリートよりも約20~25%低下する傾向にあることが認められ、高強度の場合、低下の割合がやや大きかった。減水剤を用いた空気量が3~5%であるAコンクリートの場合、標準養生を行った供試体の曲げ強度は、圧縮強度が200~400 kg/cm^2 の範囲で、圧縮強度の $1/9 \sim 1/12$ の値であった。減水剤を用いない(B+川砂)コンクリートでは、この値は $1/8 \sim 1/10$ であり、普通コンクリートにおいては、 $1/8 \sim 1/10$ であった。すなわち、本試験においては、標準養生を行なった軽量コンクリートの曲げ強度は、普通コンクリートより約15~30%低下した値となり、高強度になる程この低下の割合は大であった。各種骨材を用いたコン

図-2 A骨材コンクリートの水中養生および空中養生した場合の圧縮強度と引張強度および曲げ強度との関係

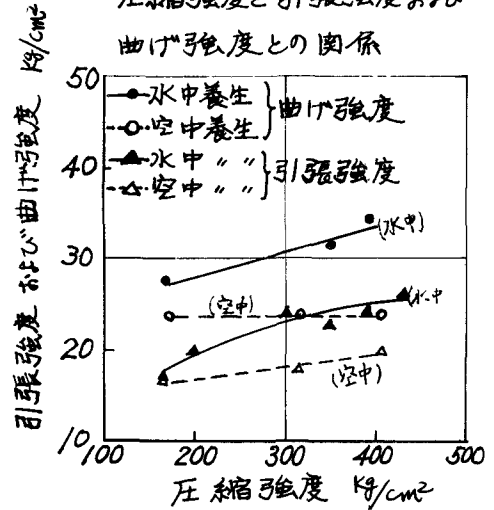
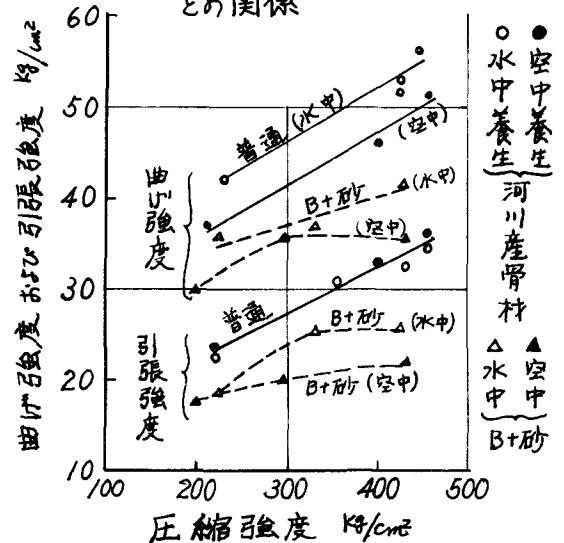


図-3 圧縮強度と引張強度および曲げ強度との関係



リートの圧縮強度、引張強度および曲げ強度の試験値を表-3に記した。この表および、前記の図-2、図-3より、乾燥がコンクリートの強度に及ぼす影響に関して、次のようなことが認められた。

空气中養生を行った軽量コンクリートの引張強度、および曲げ強度は、水中にて標準養生を行なったものより低下し、高強度の場合にこの傾向が著しかった。乾燥による曲げ強度および引張強度の低

下が、軽量コンクリートにおいて著しいのは、
 軽量骨材の含水量が普通骨材より大であるので、
 コンクリート表面に生ずる引張応力が大である
 為と言われている。本試験において、A骨材コ
 ンクリートの方が(B+川砂)コンクリートの 場合
 より乾燥による強度低下が大きかったのは、A
 骨材の吸水量が大であること、および同一強度
 の配合においてAコンクリートの単位ヤースト
 量が大であったこと、などによるものと思われ
 る。一方普通コンクリートにおいては、表-3
 に示すごとく、乾燥により、曲げ強度は約10%
 低下し、引張強度はほとんど影響を受けていな
 い。

図-7にヤング係数と圧縮強度との関係を示
 した。同図には、参考のため、土木学会人工軽量
 骨材コンクリート設計施工指針(案)およびACI
 Building Codeに定められている値も記した。

本試験のヤング係数の測定値は、この二つの規
 定に記されている値とほぼ同程度であることが認
 められる。

4. 系 考

人工軽量骨材コンクリートの強度、その他に、
 本実験の範囲内で、次のようなことが云えると思
 われる。

- (1) 標準養生を行なった軽量コンクリートの圧縮
 強度は、同一のセメント空隙比の普通コンクリートの値と同程度のものもあり、また20%程度低下し
 たものもあった。350 kg/cm²程度以上の場合、軽量コンクリートのセメント空隙比の増加に伴う強
 度の増加の割合は、普通コンクリートよりも減少する傾向が認められた。
- (2) 標準養生を行なった軽量コンクリートの引張強度および曲げ強度は同一圧縮強度の普通コンクリ
 ートの値にくらべて、それぞれ約20~25%、および15~30%低下した。この低下の割合は、高強度
 になると大となる傾向が認められる。
- (3) 乾燥によって軽量コンクリートの強度は低下するが、この割合は曲げにおいて約15~30%、引張
 で約20%であった。この傾向は特に高強度の軽量コンクリートにおいて顕著であった。普通コンクリ
 ートにおける乾燥による曲げおよび引張強度の低下の割合は約10%および0%であった。《以上》

主な参考文献 土木学会：人工軽量骨材コンクリート設計施工指針，コンクリートライブラリー
 10号，村田二郎著：構造用人工軽量コンクリート，ACI-Building Code.

骨材の種類	水中養生 (kg/cm ²)			空气中養生 (kg/cm ²)			σ_c/σ_t	σ_b/σ_t
	σ_{28}	σ_t	σ_b	σ_{28}	σ_t	σ_b		
A 破砕式 膨脹頁岩	392	24.6	33.8	403	20.0	23.7	0.81	0.70
	348	22.8	31.5	315	18.0	24.1	0.79	0.76
	16.5	16.9	27.6	16.6	16.5	23.8	0.88	0.88
B 造粒式 減成アクリル	427	25.8	41.7	431	21.9	35.0	0.82	0.84
	330	25.2	36.9	294	20.1	36.5	0.80	0.96
	225	18.6	35.5	200	17.5	28.7	0.94	0.84
河川産骨材	443	34.7	51.1	455	35.9	51.3	1.03	0.91
	421	32.5	51.6	401	32.6	46.1	1.00	0.89
	229	22.6	42.2	210	23.4	37.1	1.03	0.88

表-3 水中および空气中養生したコンクリートの強度比

図-7 圧縮強度とヤング係数
 (圧縮強度の1/3点)との関係

