

1. 緒言 人工軽量骨材コンクリートは乾燥するとその引張強度および曲げ強度が相当に低下することはよく知られていることである。しかし、その原因として軽量骨材の吸水に起因するソリ膨力や軽量骨材の乾燥膨張が挙げられているが未だ十分明らかでない。また乾燥による強度低下の現象に対する工学的評価が甚だ曖昧であると考えられるので、これらについて検討を試みた。

2. 軽量骨材コンクリートの乾燥による強度低下の原因についての検討

表1に示す吸水量が3～15%と大差のある4種の造粒形軽量骨材を選定、先づコンクリートとしての乾燥による強度低下を確かめ、つぎに軽量コンクリートのソリ試験、軽量骨材粒の細孔径分布および乾燥膨張試験を行ない、軽量骨材コンクリートの乾燥による強度低下の原因について検討を重ねた。

(i) 軽量骨材コンクリートの乾燥による強度低下に関する実験結果(表2) 小型供試体と2週水中以

便2週乾燥により、どの軽量骨材を用いた場合も著しい強度低下を示し、引張りで15～25%、曲げ強度で40～45%の強度低下を示した。

(ii) ソリ試験結果 吸水量の多いB骨材と吸水量の少ない骨材とを用い、図1に示すような10×10×40cmの半割かつ

一面のみシールした供試体によつて、フルサイズの供試体の表面部と内部との乾燥収縮ひずみ差を測定した。B骨材は多量の吸水量に起因して、コンクリートの収縮ひずみ差が著しく大きく、これが乾燥による強度低下の有力な原因となつていゝと推察される。しかし骨材の収縮ひずみ差は乾燥期間5週では無視できる程度に小となり、川砂利と同等となつてゐる。これはコンクリートの強度低下の原因を表面部と内部との収縮ひずみ差だけからでは説明できないことを示している。

(iii) 軽量骨材の細孔径分布試験結果 15～40mm、10～5mmの代表的試料をそれぞれ約5mm

表1 使用骨材の比重および吸水量

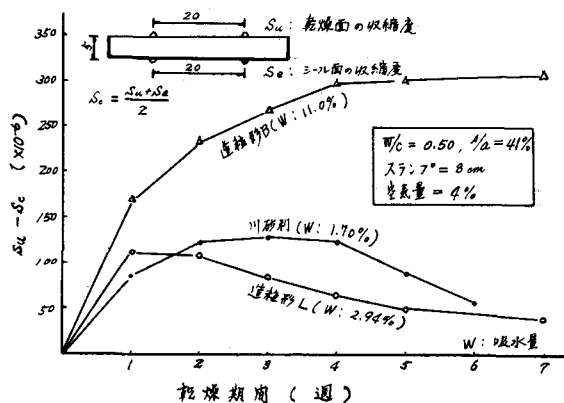
骨材	粒径 (mm)	絶乾 比重	吸水量 (%)
造粒砂 B	15～10 10～5	1.31 1.34	10.6 11.3
造粒砂 M	15～10 10～5	1.25 1.41	16.0 14.2
造粒砂 L	15～10 10～5	1.32 1.41	3.03 2.84
造粒砂 N	15～10 10～5	1.21 1.36	3.24 3.08
川砂利	15～5	2.62	1.70

表2 乾燥による軽量骨材コンクリートの強度低下

粗骨材	吸水量 (%)	引張強度比 σ_{td}/σ_{tw}	曲げ強度比 δ_{td}/δ_{tw}
造粒砂B	11.0	83.1	54.8
造粒砂M	15.1	76.2	59.8
造粒砂L	2.94	94.5	59.3
川砂利	1.70	100	94.7

σ_{td}, δ_{td} : 2週水中、2週空中 引張 中15×15cm
 σ_{tw}, δ_{tw} : 4週水中 曲げ 10×10×40cm
 コンクリートの配合: $w/c=0.50$ $a/a'=50\%$
 スラング=8cm, 空気量=4% (ボツクスNo.5L)

図1 軽量骨材コンクリートの表面と内部との乾燥収縮差に関する実験結果



次に破砕して1~2gを試料とし、Carlo Erba Porosimeterを用い、圧力を0.1~1,000¹⁴/cm²の範囲で細孔径分布を測定した。測定結果は図2のようである。全細孔容積は軽量骨材の種類によって相違があるが、乾燥膨張に密接な関係があるといわれている75~750Åの細孔容積は骨材の種類による差異が一ア着うしく、M、およびN骨材の細孔容積はB骨材のそれと水大り約3/4、1/2および1/4となっている。(表3)

軽量骨材の乾燥過程は、粗い細孔から逐次細かい細孔内の水分が失われ、大気湿度に対応する細孔内に気体が凝縮しメニスカスと形成する。さらに乾燥が進めばメニスカスの負圧が消失し膨張がおこると思われる。大気湿度に対応する細孔半径はKelvin式から一般に75~750Åとなる。

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = - \frac{PRT}{\sigma M} \ln \frac{P}{P_0}$$

ここに r_1, r_2 : メニスカスの二方向の半径 ただし
 $r_1 = r_2 = r$ と仮定する

P: 水の蒸気圧 0.99823 g/cm² (20°C)

R: 気体定数 8.48 × 10⁸ g·cm / °K·mol

T: 絶対温度 293°K (20°C)

σ: 水の表面張力 0.0742 g/cm (20°C)

M: 水の分子量 18 g/mol

相対湿度 $P/P_0 = 0.72 \sim 0.966$ の場合、 r は 75 ~ 750 Å

となる。

(iv) 軽量骨材の乾燥膨張試験結果 各種軽量骨材からそれぞれ13~15mm程度の粒を採り、供試体の上面部モルタル層に3cm間隔に規則的に埋込み、1個おきに骨材表面1部露出、表面モルタル被覆とし、露出骨材部分の乾燥による変形量を測定した。(測長20mm 図3) その結果は表4のように軽量骨材はすべて乾燥膨張を示し、これが乾燥によるコンクリートの強度低下に寄与しているものと推察される。そこで各骨材の膨張変形量と骨材中の75~750Åの細孔容積との関係を求めると図4

のようになり、両者の間には密接な関係があることが認められる。しかし、コンクリートの強度低下率とコンクリート1cmに用いた軽量粗骨材中の75~750Åの細孔容積の全量との関係を求めると、図5のようになり

図2 細孔径分布試験結果

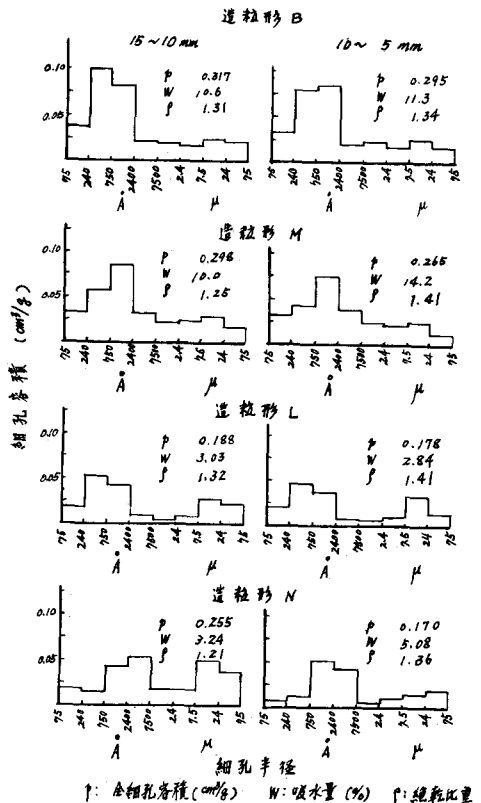
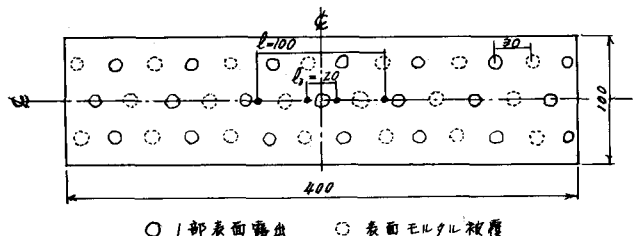


表3 75~750Åの細孔の容積

粒径 (mm)	細孔容積 (cm ³ /g)	造粒形 B	造粒形 M	造粒形 L	造粒形 N
75~750Å 細孔容積 (cm ³ /g)	(42.9)	0.136	0.090	0.071	0.035
全細孔容積 (cm ³ /g)		0.317	0.298	0.188	0.255
75~750Å 細孔容積 (cm ³ /g)	(37.7)	0.111	0.073	0.067	0.023
全細孔容積 (cm ³ /g)		0.295	0.265	0.178	0.170

() 内: 全容積に対する割合

図3 乾燥膨張試験供試体



これらの間には満足な相関は認められない。

表4 乾燥膨張試験結果

乾燥期間 (週)	河川骨材		造粒形 B		造粒形 N		造粒形 L	
	$\epsilon_s (\times 10^{-3})$	$\epsilon (\times 10^{-4})$	$\epsilon_s (\times 10^{-3})$	$\epsilon (\times 10^{-4})$	$\epsilon_s (\times 10^{-3})$	$\epsilon (\times 10^{-4})$	$\epsilon_s (\times 10^{-3})$	$\epsilon (\times 10^{-4})$
1	—	-2.1	6	-2.6	0	-3.6	3	-3.2
2	1	-3.2	9	-3.5	3	-5.6	2	-4.3
3	2	-4.0	8	-4.3	3	-5.9	5	-5.8
4	-1	-4.5	12	-5.2	—	—	4	-7.0
5	-1	-5.5	11	-5.5	2	-8.1	—	—
6	-1	-6.1	10	-6.8	3	-8.6	4.5	-7.8

+ 膨張 - 収縮

以上の実験結果から軽量骨材コンクリートの乾燥による強度低下の原因は従来実験にいわれとえたコンクリートの表面部と内部との乾燥収縮のすみ差及びこれによる明白なひび割れ。骨材の乾燥膨張による周囲のセメントペースト部のかさむれが主な原因となると思われるが、強度低下の現象を定量的に説明するものは一義的な関係はない。

強度低下は生じたかさむれの大きさや深さに影響されるだけでなく、供試体の形状寸法、載荷方法等の影響も与ける極めて複雑なものがあるから、この問題は「強度低下」としてではなく、以前に「かさむれ」の問題として把握することから問題解決の道つを考へよう。

3. 軽量骨材コンクリートの乾燥による強度低下の工学的評価

軽量骨材コンクリートの乾燥による引張強度の低下を考慮して、ACI Building Code 1963 では部材の設計に用いる軽量コンクリートの引張強度は7日湿度以後21日湿度 50% で乾燥した小型供試体強度を基準としている。これから許容せん断応力度は普通コンクリートの α 倍としている。 $\alpha = 0.4 f_{cy} / \sqrt{f_c}$ または 0.62

土木学会人工軽量骨材コンクリート設計施工指針(案)でも許容せん断応力度を普通コンクリートの約 90% に規定している。

これらの措置は小型供試体における強度低下の現象を構造部材の強度に直接移したものであるが、部材寸法や環境の相違を全く考慮されておらず、適切なものとはいえない。軽量骨材コンクリートのせん断、また、引張等の許容応力度は乾燥による大きな減衰を考慮する必要がある。

乾燥によるかさむれ現象は 軽量コンクリート部材の構造強度に影響は少ないが、耐久性に重大な影響を及ぼすものと考えられる。微細なかさむれから水が浸透して凍結融解による破壊が促進され、またコンクリートの中性化は微細なかさむれによって著しく進行するからである。

図4 軽量骨材中の75~750 μ の細孔容積と乾燥膨張の関係

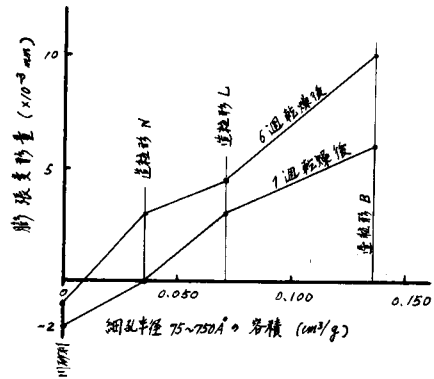


図5 軽量骨材中の75~750 μ の細孔容積と軽量コンクリートの強度低下との関係

