

# 軽量コンクリートのひび割れ抵抗性に対する骨材品質の影響

日本道路公団 正会員 清水尚志

東京都立大学大学院 フェロー 國府勝郎，正会員 宇治公隆，上野敦

## 1. はじめに

軽量コンクリートは、骨材強度自体が低いことにより引張強度やせん断強度が低く、土木構造物における使用実績は少ない状況である。そこで本研究は、軽量骨材の品質の違いが軽量コンクリートのひび割れ性状に及ぼす影響を検討したものである。なお、コンクリートのひび割れ性状を検討するため、破壊エネルギー試験および乾燥収縮ひび割れ試験を行い、主にエネルギーという指標を使って検討している。

## 2. 実験概要

軽量コンクリートのひび割れ抵抗性を、乾燥収縮ひび割れ試験と破壊エネルギー試験から検討した。

### (1) 使用材料および配合

骨材の物理試験結果を表-1に示す。また、密度、吸水率、形状の異なる軽量骨材の品質の違いによる影響を検討するため、表-2に示す5通りの配合を試験した。なお、いずれも容積を一定とする同一配合とした。7日間湿布養生の後、20℃、60%RHの恒温恒湿室に暴露した。

### (2) 試験項目

試験項目は、圧縮強度、静弾性係数、引張強度、乾燥収縮試験、乾燥収縮ひび割れ試験および破壊エネルギー試験とした。乾燥収縮ひび割れ試験は、「コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法(案)」に準じて行い、供試体を3本1組とし、拘束枠のひずみを計測した。破壊エネルギー試験は、切欠き梁の3点曲げによって行った。ただし、供試体寸法は100×100×400mmの角柱形で、供試体の支間中央に梁の高さ1/2(50mm)の切欠きを設け、支間300mmとした。荷重-開口変位曲線を求め、荷重-開口変位曲線で囲まれた面積を破断面の投影面積で除し、供試体自重等の補正がなされた式により破壊エネルギーを求めた。

## 3. 結果および考察

### (1) 強度

材齢28日における引張強度を図-1に示す。骨材密度の大きい順に引張強度が大きくなる傾向を示した。なお、圧縮強度、静弾性係数とも同様な傾向を示した。また、密度レベルが同じASL1.2とAL1.2では、ASL1.2の強度が大きくなる傾向を示した。これは、独立空隙の骨材は連続空隙のものよりも力学的に優れていることによると考えられる。

### (2) 自由収縮

乾燥収縮ひずみを図-2に示す。乾燥収縮ひずみは、普通骨材に比べ軽量骨材の方が小さくなった。これは、含水率の大きな軽量骨材内部からの水分供給によりセメントペーストの乾燥収縮を抑制したと考えられる。

### (3) 拘束収縮

拘束枠のひずみを図-3に示す。ひび割れ発生日数は、N=16日、ASL0.85=4日、ASL1.2=10日、AL1.2=60日、TL1.8=ひび割れ発生せず(70日間)。これらから、骨材密度の小さい順にひび割れ発生日数が小さくなり、ひび割れ抵抗性が低下する傾向にある。しかしながら、AL1.2は、発生日数が大きくなった。これは前述の通り、骨材内部からの水分供給により乾燥収縮を抑制したためと考えられる。一方、普通骨材に比べ密度が小さいTL1.8は、ひび割発生日

表-1 物理試験結果試験

粗骨材種類	表乾密度	絶乾密度	吸水率	形状	内部構造
N	2.66 g/cm <sup>3</sup>	2.64 g/cm <sup>3</sup>	0.60 %	非造粒	-
ASL-0.85	0.81 g/cm <sup>3</sup>	0.79 g/cm <sup>3</sup>	3.29 %	造粒	独立空隙
ASL-1.2	1.21 g/cm <sup>3</sup>	1.19 g/cm <sup>3</sup>	1.30 %	造粒	独立空隙
AL-1.2	1.62 g/cm <sup>3</sup>	1.23 g/cm <sup>3</sup>	32.6 %	非造粒	連続空隙
TL-1.8	1.92 g/cm <sup>3</sup>	1.89 g/cm <sup>3</sup>	1.62 %	造粒	非発泡

表-2 配合

配合名	単位置 (kg/m <sup>3</sup> )					SL (cm)	Air (%)
	W	C	S (粗)	S (細)	G		
N	170	340	616	154	1027	9.0	5.0
ASL-0.85	170	340	616	154	314	10.0	4.6
ASL-1.2	170	340	616	154	468	8.0	3.5
AL-1.2	170	340	616	154	627	7.0	4.0
TL-1.8	170	340	616	154	740	8.0	4.1

数が大きくなった。これは、絶乾密度が普通骨材に近く、さらに普通骨材に比べ乾燥収縮量が小さいため、ひび割れ発生日数が大きくなったと考えられる。

(4) エネルギーの相関性

拘束棒とコンクリートは完全付着していると仮定すると、コンクリートに蓄えられるひずみエネルギー ( $U_c$ ) は拘束棒に蓄えられるひずみエネルギー ( $U_s$ ) と等しいといえる。コンクリートに蓄積されるエネルギーはその吸収能力を

超えると、ひび割れを形成することによってエネルギーが消費される。そこで、ひび割れ面を形成するコンクリートのひずみエネルギー ( $U_{cc}$ ) とひずみエネルギー  $U_s$  との関係は、

$$U_{cc} = \frac{A_s}{A_c} U_s L \quad U_s = \frac{1}{2} E_s \varepsilon_{sr}^2$$

ここに、 $E_s$  : 拘束棒の静弾性係数、 $\varepsilon_{sr}$  : 拘束棒のひずみ、 $L$  : 拘束長、 $A_s$  : 拘束棒の断面積、 $A_c$  : コンクリートのひび割れ面の断面積。

ひび割れ発生時の破壊エネルギー  $G_{fc}$  と  $U_{cc}$  は、破壊に要するまでのエネルギー量を表しており、 $G_{fc}$  と  $U_{cc}$  の関係を図-4に示す。 $U_{cc}/G_{fc}$  が約 1/3 となっているが良好な相関関係が認められる。したがって、ひび割れを作るのに必要なエネルギー量が存在すると考えられる。しかし、両者が完全に一致しなかった原因としては、載荷時間および寸法効果が考えられる。

(5) 破壊エネルギー

曝露後21日(材齢28日)と水中養生28日(材齢28日)における破壊エネルギーを図-5に示す。破壊エネルギーは、ASL0.85 < ASL1.2 < AL1.2 < TL1.8 < N となり、骨材密度と形状によって、破壊エネルギーは大きくなった。また、曝露と水中養生を比較すると、水中養生した供試体の破壊エネルギーは小さくなった。これは、水の表面張力によってコンクリートの表面エネルギーが減少したためと考えられる。つまり、表面エネルギーと破壊エネルギーは等価であるので、曝露に比べ水中養生の破壊エネルギーは小さくなったと考えられる。

(6) ひび割れ抵抗性

AL1.2は、ひび割れを作るのに必要なエネルギー量は小さいが、ひび割れ発生日数は大きくなった。すなわち、すべての供試体はひび割れを作るのに必要なエネルギー量に達した時に、ひび割れが入ったと考えられる。破壊エネルギー、乾燥収縮およびひび割れ日数の関係を図-6に示す。乾燥収縮が小さく、破壊エネルギーが大きいほどひび割れ抵抗性が大きくなることが考えられる。曝露材齢21日での破壊エネルギーをX軸とし、曝露材齢21日での乾燥収縮(自由収縮)ひずみをY軸として表すと、右下に打点されるほどひび割れ日数が大きくなると説明できる。

4 . 結論

- (1) ひずみエネルギーと破壊エネルギーの良好な相関関係が得られた。
- (2) 水中養生した供試体に比べ曝露した供試体の破壊エネルギーは大きくなった。
- (3) 乾燥収縮ひずみが小さく、破壊エネルギーが大きい場合には、ひび割れ抵抗性が大きくなると考えられる。

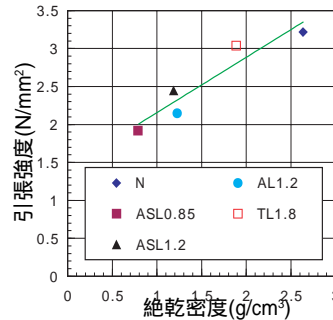


図-1 引張強度

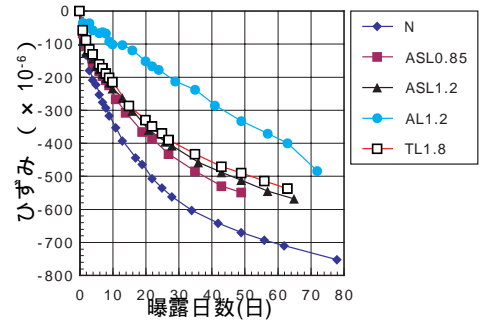


図-2 自由収縮

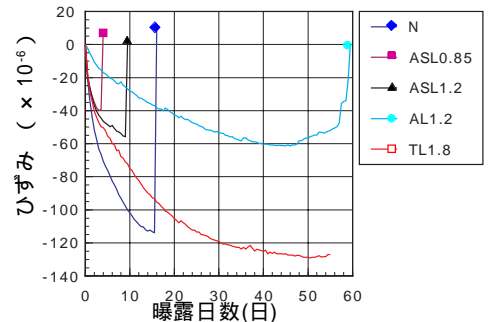


図-3 拘束収縮

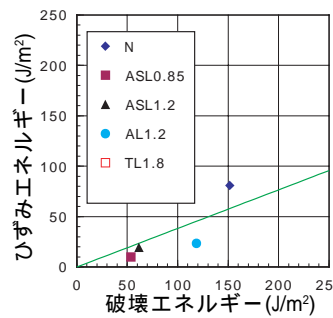


図-4  $G_{fc}$  と  $U_{cc}$  の関係

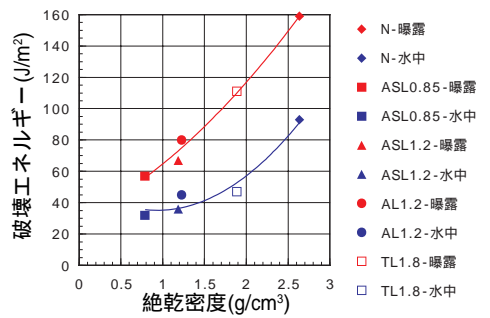


図-5 破壊エネルギー

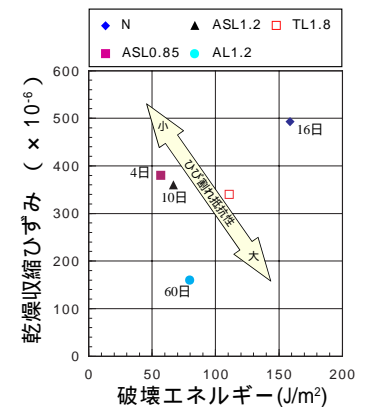


図-6 ひび割れ抵抗性