

高強度人工骨材コンクリートの圧縮疲労強度特性

○国土交通省 正会員 山田昌郎 港湾空港技術研究所 正会員 横田 弘
 東北大学 正会員 鈴木基行 鹿島建設(株) 正会員 滝本邦彦

1. はじめに

石炭灰を主原料とする高強度人工骨材¹⁾のコンクリート用粗骨材としての適用が検討されている。この骨材は、吸水率が3%程度以下と小さいほか、力学性状が旧来の人工軽量骨材と比べて著しく改善されている。しかし、これを用いた高強度人工骨材コンクリートの疲労強度については十分な情報がない。そこで、高強度人工骨材コンクリートと普通コンクリートの疲労試験を行い、高強度人工骨材コンクリートの圧縮疲労強度に関して検討した。特に、高強度人工骨材コンクリートは、単位容積質量が1900~2100kg/m³程度と軽量コンクリートに分類されるが、コンクリート標準示方書²⁾に示される旧来の軽量コンクリートの疲労強度算定式の適用性について考察する。

2. 実験方法

コンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合

試験機の容量の制約から、設計基準強度を30N/mm²とした。TL30 供試体には粗骨材として高強度人工骨材（比重 1.77, 吸水率 2.64%）を使用した。砕石 30 供

供試体 種類名	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
		W	C	S	G	混和剤
TL30	60	163	272	853	699	3.264
砕石 30	56	183	327	817	1012	4.12

試体には普通骨材（比重 2.83, 吸水率 0.48%）を使用した。粗骨材はいずれも表乾状態で使用した。スランプと空気量は、TL30 で 18cm, 4.9%, 砕石 30 で 17cm, 3.6%であった。養生条件は屋内気中現場養生とした。

供試体寸法はφ10×20cmとした。疲労試験には動的容量 320kN のサーボ制御載荷装置を使用し、荷重制御により正弦波荷重を周波数 10Hz で繰り返し載荷した。上限応力を静的圧縮強度の約 80%, 75%, 70%と3段階に変化させ、下限応力は静的強度の約 10%とした。同一条件の供試体数を5体とした。

3. 実験結果

疲労試験は材齢 86~112 日にかけて実施した。疲労試験開始前に3体、疲労試験終了後に3体の供試体を用いて静的圧縮試験を行った。6体の平均静的圧縮強度は、TL30 では 36.0N/mm², 砕石 30 では 37.9N/mm²であった。

疲労試験における上限応力比（=上限応力/静的強度） S_{max} と疲労寿命（破壊までの繰り返し載荷回数） N の関係を図-1に示す。図中の直線はコンクリート標準示方書²⁾の疲労強度式（式(1)）による計算値を示す。

$$f_{rd} = k_1 f_d \{1 - (\log N)/K\} \quad (1)$$

ここに、 f_{rd} : 設計疲労強度（応力振幅）、 k_1 : 永久荷重による強度低下その他を考慮する係数で圧縮の場合 0.85、 f_d : コンクリートの設計強度、 N : 疲

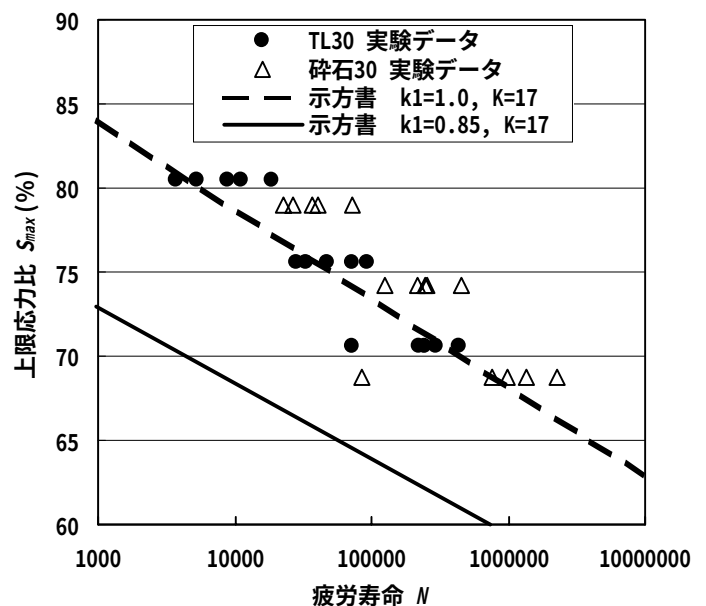


図-1 上限応力比と疲労寿命

キーワード: 高強度人工骨材, コンクリート, 石炭灰, 疲労強度, 対数正規分布

連絡先: 〒750-0066 下関市東大和町 2-29-1 TEL 0832-68-1250 FAX 0832-61-1317

疲労寿命, K : 普通コンクリートで継続してあるいはしばしば水で飽和される場合および軽量骨材コンクリートの場合は 10, その他の一般の場合は 17, である. 図中の破線は $k_1=1.0$, 実線は $k_1=0.85$ とした場合の計算値を示す. K は 17 とした. また, f_d には圧縮強度試験値を用いた. 砕石 30 では大部分の供試体の疲労寿命が $k_1=1.0$ の計算値 (破線) よりも大きかった. TL30 では実験での疲労寿命と $k_1=1.0$ の計算値 (破線) が同程度であった. すべての供試体の疲労寿命は $k_1=0.85$ による計算値 (実線) よりも大きかった.

次に, 疲労試験結果を統計処理した³⁾. 各上限応力比における疲労寿命が対数正規分布に従うと仮定して, 平均疲労寿命を求めた. まず, 同一条件での疲労寿命を昇順に並べて, 各疲労寿命に対し生存確率 $P(N)$ を対応させた. $P(N)$ の値は 0.833, 0.667, 0.5, 0.333, 0.167 とした. この生存確率に対応する標準正規変数 t は, 正規分布表より 0.967, 0.431, 0, -0.431, -0.967 とした. t と $\log N$ の関係をプロットすると図-2 のようになった.

回帰直線と $t=0$ との交点における N を平均疲労寿命 N_a とした. 上限応力比 $S_{\max}$ と $\log N_a$ の関係は図-3 のように

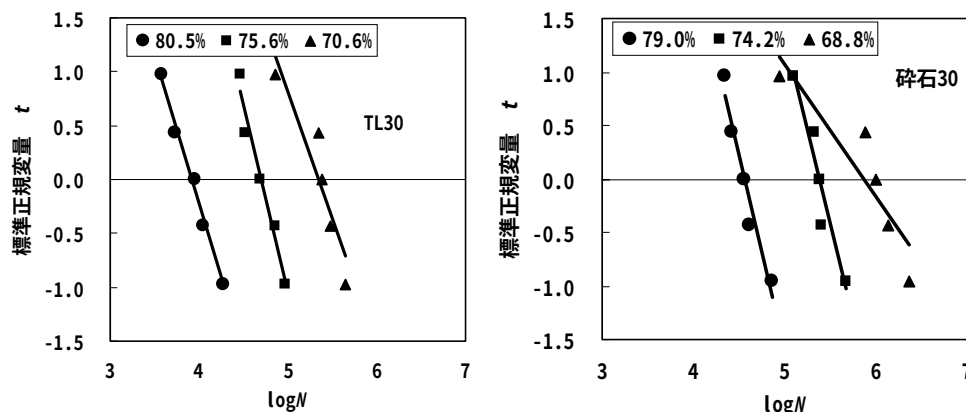


図-2 実験データの対数正規確率紙へのプロット

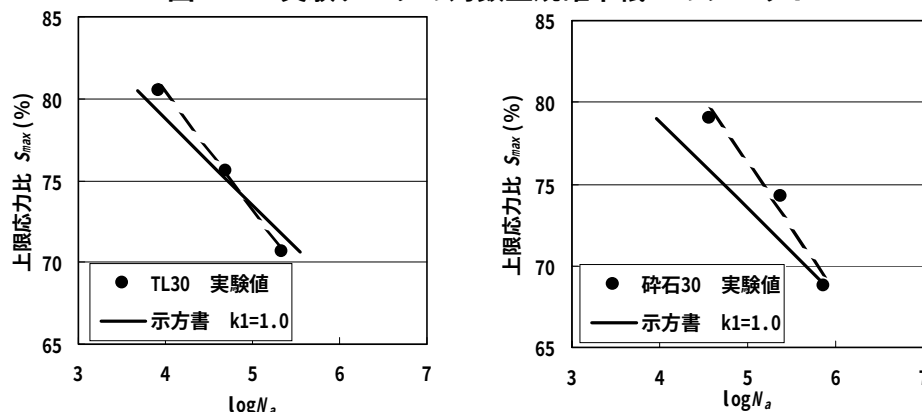


図-3 上限応力比と平均疲労寿命の関係

なった. 図中の破線は実験結果の回帰直線であり, 実線は式(1)で k_1 を 1.0, K を 17, f_d を実強度としたときの計算結果である. これらの直線を $N_a=2 \times 10^6$ ($\log N_a=6.301$) に外挿することによって得られた 200 万回疲労強度の値は, TL30 で 64.2%, 砕石 30 で 66.1%, 示方書による計算で 66.6%であった. すなわち TL30 と砕石 30 の 200 万回疲労強度の違いは, 静的強度の約 2%に過ぎなかった. 設計では式(1)で $k_1=0.85$ ($K=17$) とすることにより, 高強度人工骨材コンクリートの疲労強度を十分安全側に評価できると考えられる.

4. まとめ

本研究では, 石炭灰を主原料とする高強度人工骨材を用いたコンクリートの気中での圧縮疲労特性を調べた. その結果, 高強度人工骨材コンクリートと普通コンクリートの 200 万回疲労強度の差は, 静的強度の 2% 程度と小さく, 示方書式を用いる際には気中での普通コンクリートと同等としてよいことがわかった.

本研究は, (財) 石炭利用総合センターの補助事業 (被補助者: 太平洋セメント (株)) の一部であり, 「高強度人工骨材コンクリート研究会」 (会長: 電源開発 (株)) の成果を取りまとめたものである. また, 本文は高強度人工骨材コンクリート設計施工指針案を取りまとめている土木学会高強度人工骨材コンクリート調査研究小委員会に資料として提出された一部であり, ご助言をいただいた皆様に謝意を表する.

【参考文献】

- 1) 曾根徳明: 石炭灰を主原料とした高強度人工骨材, コンクリート工学, Vol.36, No.12, pp.3-10, 1998 年 12 月
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書 (平成 8 年制定) 設計編, pp.22-23, 1996 年 3 月
- 3) 林宏信, 高木宣章, 児島孝之: 高強度コンクリートの圧縮疲労特性, 土木学会論文集 No.641/V-46, pp.67-76, 2000 年 2 月