

中部大学 正員 伊藤和幸

〔要旨〕一定の大きさの弱骨材を含有するコンクリートの圧縮強度を求める方法^{1),2)}に準拠し、三種の大きさの弱骨材を混合した場合の強度を求める確率的手法を提案し、Bache³⁾の実験式の妥当性を検討したものである。

〔記号〕供試体：半径 R 、体積 V 、高さ H 。弱骨材：高さ h 、断面積 $d=d^2$ 、体積 $v=d^3$ 、総個数 N 。強度： f 。一構成要素の大きさ： v 。供試体の横断方向単位構成要素数： n 。体積含有率： p 。2層間に入る確率： P 。2層間に入る弱骨材数： K 。 K のうち強度に有効な弱骨材数： K' 。 n 個中のモルタル構成要素比率： g 。標準偏差： σ 。大： $(K_m - K_x)/\sigma$ 。添字：モルタル m 、弱骨材 a 、平均値 me 、指定確率に対応するもの x 、大・中・小弱骨材 $G \cdot M \cdot S$ 。構成要素は図-1参照。

§.1 大・中・小の弱骨材を含有するコンクリートの強度：文献1),2)により、 $K_{me} = N \cdot P$ 、 $\sigma^2 = N \cdot P \cdot (1-P)$ 、 $K_x = K_{me} + x \cdot \sigma$ 、 $K'_x = K_{me} - K_{me}(K_{me} - 1)/(4N - 2)$ 、 $f_x/f_m = g + (1-g)f_a/f_m$ である。大・中・小弱骨材の混合比率を W とすれば、 $W_G + W_M + W_S = 1$ 。まづ、 $P_3 = 0.5$ の場合を求める。各弱骨材が大・中・小で、所定の確率 P_i 、2層間に入る個数に於いて、実際に入る個数 X, Y は $X_{me,G} = K_{me,G} \cdot W_G$ 、 $Y_{me,G} = K'_{me,G} \cdot W_G$ 、 $X_{x,G} = K_{x,G} \cdot W_G$ 、 $Y_{x,G} = K'_{x,G} \cdot W_G$ 、 $X_{me,M} = K_{me,M} \cdot W_M$ 、 $X_{x,M} = K_{x,M} \cdot W_M$ 、 $X_{me,S} = K_{me,S} \cdot W_S$ 、 $X_{x,S} = K_{x,S} \cdot W_S$ である。図-2を参照して、(1) 大弱骨材： $X_{me,G}, Y_{me,G}$ を右側に寄せる。 $AG = Y_{me,G} \equiv G_3$ 、 $SG = X_{me,G} - Y_{me,G}$ 。(2) 中弱骨材：大きさが違うので、大・中中の弱骨材の個数に換算する。 $(SG)_M = (X_{me,G} - Y_{me,G}) d_G/d_M \equiv A_0$ 。 $(AA + AS + AM)_M = n_M - Y_{me,G} \cdot d_G/d_M \equiv B_0$ 。 $(AG - SG)_M = Y_{me,G} \cdot d_G/d_M - A_0 \equiv C_0$ 。よって、中弱骨材が入れる部屋数 $R_M = 2B_0 + C_0$ 、1部屋に入る確率 $P_M = X_{me,M}/R_M$ 、大弱骨材と重なる個数 $BM = C_0 \cdot P_M \equiv M_1$ 、 B_0 間に入る個数 $M_2 \equiv AM + SM = 2B_0 \cdot P_M$ 、中弱骨材で強度に有効な個数 $AM = M_2 - M_1(M_2 - 1)/(4B_0 - 2) \equiv M_3$ 。(3) 小弱骨材： $(SM)_S = (M_2 - M_1) d_M/d_S \equiv A_1$ 、大・中弱骨材と重なることのできる部屋数 $C_1 = (AM - SM)_S + (AG - SG - BM)_S = (M_3 - SM)_S + (C_0 - M_1)_S = M_3 d_M/d_S - A_1 + (C_0 - M_1) d_M/d_S$ 、よって、小弱骨材が大・中と重なることなく入れる部屋数 $R_S = 2B_1 + C_1$ 、1部屋に入る確率 $P_S = X_{me,S}/R_S$ 、よって、 B_1 間に入る小弱骨材の個数 $P_2 \equiv AS + SS = 2B_1 \cdot P_S$ 、強度に有効な個数 $AS = P_2 - S_2(S_2 - 1)/(4B_1 - 2) \equiv P_3$ 。

以上を総合して、 $g_{me,(G+M+S)} = (n_S - AG \cdot d_G/d_S - AM \cdot d_M/d_S - AS) / n_S = (n_S - G_3 \cdot d_G/d_S - M_3 \cdot d_M/d_S - S_3) / n_S$ 、ゆえに、 $f_{me,(G+M+S)} / f_m = g_{me,(G+M+S)} + (1 - g_{me,(G+M+S)})(f_a/f_m)$

つぎに、所定の P_i に対する強度について、 $X_{me,G}$ を $X_{x,G}$ に、 $Y_{me,G}$ を $Y_{x,G}$ に、 $X_{me,M}$ を $X_{x,M}$ に、 $X_{me,S}$ を $X_{x,S}$ におきかえ、上述の方法と同一の手法で $g_{x,(G+M+S)}$ 、 $f_{x,(G+M+S)} / f_m$ を求めることができる。図-3は、 $\sigma = 3$ 、 $W_G = W_M = W_S = 1/3$ 、 $R = 5 \text{ cm}$ 、 $H = 20 \text{ cm}$ に対して、 $f_a/f_m = 0.05 \sim 0.70$ の範囲で f/f_m を求めた結果を示したものである。夫、一定の

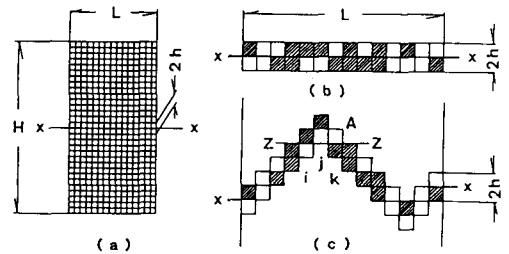


図-1 供試体の構成要素群

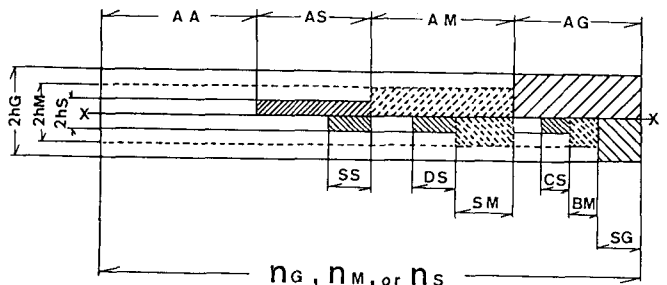


図-2 大・中・小の弱骨材を混合した場合

大きさの大小弱骨材の曲線の中間にあるが、一定の大きさの中弱骨材の曲線よりは、むしろ、小弱骨材の曲線寄りとなっている。

§2 Bache's²⁾の実験式の検討: Bacheらは、実験により、次式を提案した。

$$f/f_m = (f_a/f_m)^p \quad (1)$$

その、実験範囲および内容は次のようであった。

$R=5\text{cm}$, $H=20\text{cm}$, $p=0, 0.3, 0.4, 0.5$, $f/f_m=0.25\sim0.628$, $f_a/f_m=0.05\sim0.239$, 弱骨材はデンマーク産の膨張粘土, その大きさは $3\sim20\text{mm}$ 。

ここで, $\alpha=3$, $w_G=w_M=w_S=1/3$ とし, 弱骨材と 3 , $(3+20)/2$, 20mm の直径の球とし, それらと同体積の立方体上換算して, それぞれの一辺長を h_G , h_M , h_S としたとき, §2 で提案した方式を用いて, $P_f=0.5$, 0.00135 に対する $f/f_m \sim p$ 曲線と式(1)の曲線を図-4に示す。図より, (1) Bache'sの実験の下限值である $f_a/f_m=0.05$ では, 式(1)と f_a/f_m はほぼ一致している。

(2) その上限値である $f_a/f_m=0.2$ では, 式(1)と f_m/f_m はほぼ一致している。(3) それ以上の f_a/f_m では, f_a/f_m が大きくなるにつれて, 式(1)の f/f_m は, 提案式によるものから次第に上方に分離する。

よって, Bache'sの実験式は, その実験範囲の f_a/f_m においてのみ提案理論に適合しており, それ以上では適用できない。

参考文献

- 1) 伊藤和幸, “弱骨部を有するコンクリートの圧縮強度に関する確率的考察”, 第3回土木学会年次講演会概要集, 第5部, V-5T, pp.109-110, Oct. 1982.
- 2) 伊藤和幸, “弱強度骨材コンクリートの圧縮強度”, 電力土木誌, No. 183, pp. 68-73, Mar. 1983.
- 3) Bache, H. H. and Nepper-Christensen, P., “Observations on strength and fracture in lightweight and ordinary concrete”, in the book of “The Structure of Concrete and its Behaviour under Load,” Pub. by British Cement and Concrete Association, Proc. of International Conference, London, pp. 93-108, Sep. 1965.

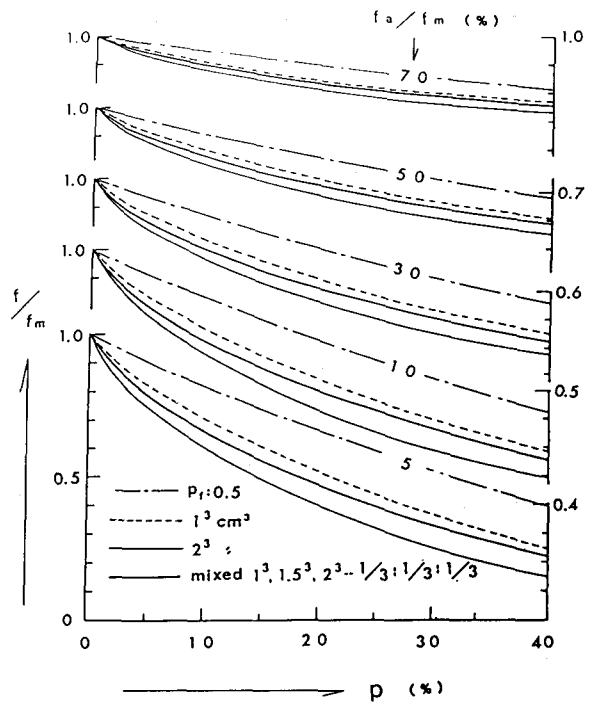


図-3 大中小の弱骨材を混合した場合の f/f_m と p の関係

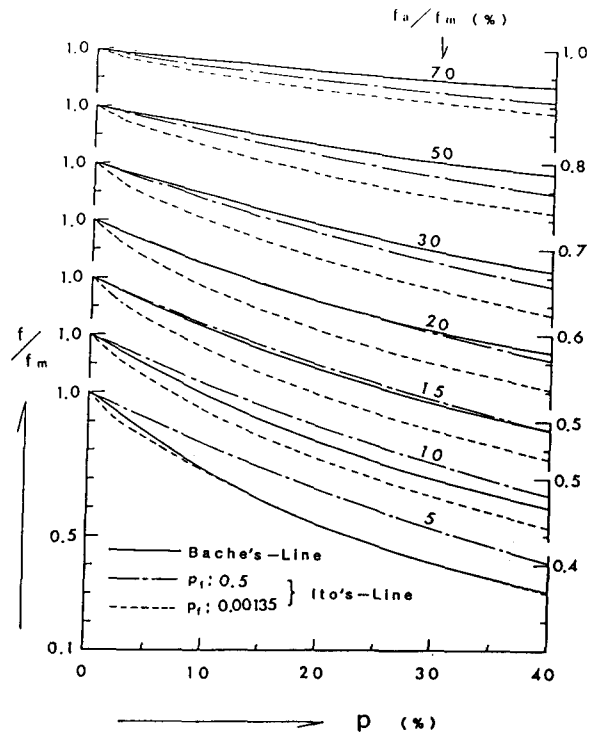


図-4 提案式とBache'sの実験式との比較