

各種粗骨材の圧かい荷重の評価方法に関する研究

○宮崎大学大学院工学研究科 学生会員 鯨津成瑛 宮崎大学工学教育研究部 正会員 尾上幸造

1. はじめに

骨材の品質はコンクリートの物性に多大な影響を及ぼすことが知られている。中でも骨材の強度はコンクリートの強度に直接影響するため、その評価は重要である。骨材強度の評価方法としては破砕値試験¹⁾や圧かい荷重試験²⁾が挙げられる。前者は骨材強度の間接的な評価が可能であり、性能の不明な骨材を扱う場合でとくに強度の低いことが疑われる場合に便利な指標である³⁾。一方、後者は骨材強度を直接的に評価するものと考えられ、コンクリートの圧縮強度や疲労強度に及ぼす影響を詳細に調べたい場合に有用であると考えられる。高強度フライアッシュ人工骨材の圧かい荷重を規定した JSCE-C 505-2001²⁾では 100 個以上の骨材の圧かい荷重を測定し、算術平均する（すなわち実験データが正規分布すると仮定している）ことで代表値を求めることが規定されているが、代表値の算出方法に関して検討の余地があると考えられる。

本研究では、耐圧試験機を用いた各種粗骨材の圧かい荷重試験を実施し、実験データのばらつきを明らかにするとともに代表値の算出方法について検討した。

2. 実験概要

粗骨材として、溶銑予備スラグ、ロサンゼルス試験機により摩砕（絶乾状態の溶銑予備スラグ 10kg と 420g の鉄球 8 個を同時に投入して 1000 回転）した磨砕溶銑予備スラグ、転炉スラグ、石灰石碎石を対象とした。各粗骨材は 105℃で 24 時間炉乾燥させ、取り出して室内で自然放冷した後、20～10mm と 10～5mm に分級し試験に用いた。本研究で使用する各種粗骨材の絶乾密度、吸水率および表乾密度を表-1 に示す。各粒径からランダムに 100 個の粗骨材を抽出し、1 粒ずつ骨材質量 m (g) を測定した後に、耐圧試験機（容量：2000kN）によって圧かいし、最大値を圧かい荷重 S (kN) とした。なお、同一粒度範囲における骨材寸法の影響を除去するため、実験結果の整理に際しては骨材容積 1cm^3 あたりの圧かい荷重 s (kN/cm^3) に換算しておこなった。

表-1 各種粗骨材の絶乾密度および吸水率

粒径	粗骨材の種類	絶乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	表乾密度 (g/cm^3)
20～10mm	溶銑予備スラグ	2.48	7.53	2.67
	磨砕溶銑予備スラグ	2.70	2.83	2.78
	転炉スラグ	3.20	2.56	3.28
	石灰石碎石	2.68	0.25	2.69
10～5mm	溶銑予備スラグ	2.68	7.14	2.87
	磨砕溶銑予備スラグ	2.98	2.56	3.06
	転炉スラグ	3.45	3.45	3.57
	石灰石碎石	2.66	0.50	2.67

3. 実験結果

実験データは大きくばらついたため、順序統計量の理論³⁾を適用することとした。各種粗骨材の総数 n 個について得られた圧かい荷重を小さい方から並べたとき、下から r 番目の圧かい荷重 s_r の累積確率 $P(s_r)$ は式(1)で与えられる。

$$P(s_r) = r / (n + 1) \quad (1)$$

図-1 に圧かい荷重 s_r (kN/cm^3) と累積確率 $P(s_r)$ の関係を正規確率グラフにプロットした結果を示す。直線回帰できれば、実験データは正規分布するとみなせる。しかしながら、本実験結果は直線回帰でき

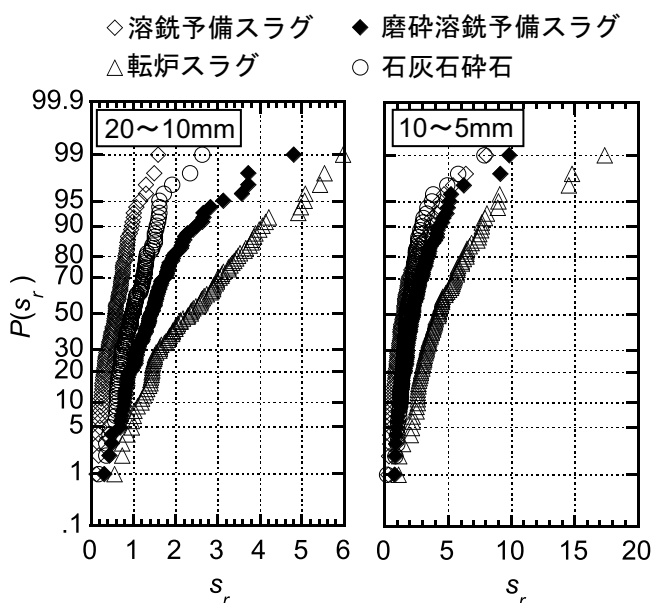


図-1 実験データの正規分布へのあてはめ

ず、実験データは正規分布するとはいえない。

次に、圧かい荷重 s_r の常用対数 $\log s_r$ と累積確率の期待値 $P(s_r)$ の関係を正規確率グラフにプロットした結果を図-2 に示す。実験結果は直線回帰できることから、圧かい荷重は対数正規分布するとみなせる。実験データが対数正規分布するとき、その回帰直線式は式(2)で表される。

$$t = A \log s_r + B \tag{2}$$

ここに、 t : 正規分布曲線の対称軸からの距離

A, B : 実験定数

ここで、累積確率 $P(s_r)=50\%$ のときの $\log s_r$ を平均値とする。すなわち、式(2)において $t=0$ とおき、 $\overline{\log s_r}$ は定数 A, B を用いて式(3)で算定される。

$$\overline{\log s_r} = -B/A \tag{3}$$

さらに、対数を再度変換し、 $\overline{s_r}$ を求めた。

表-2 に対数正規分布の回帰直線式、 $\overline{\log s_r}$ 、および $\overline{s_r}$ を示す。粒径にかかわらず、転炉スラグ、磨砕溶銑予備スラグ、石灰石碎石、溶銑予備スラグの順で $\overline{s_r}$ が大きいことが分かる。また、いずれの粗骨材についても、粒径が大きいほど $\overline{s_r}$ は小さくなっている。これは、粒径が大きいほど微細なクラックや粗大な空隙などの弱点部分の含まれる確率が高くなるためと考えられる。

図-3 に骨材物性と圧かい荷重の代表値 $\overline{s_r}$ との関係を示す。絶対乾密度および表乾密度との間に正の相関が認められる。

4. まとめ

本研究により得られた知見は以下の通りである。

- (1)各種粗骨材の圧かい荷重は対数正規分布する。
- (2)圧かい荷重の代表値の算定にあたっては、(1)の特性を考慮することが望ましい。
- (3)各種粗骨材の絶対乾密度および表乾密度と圧かい荷重との間には正の相関が存在する。

今後は、対象とする骨材の種類を増やすとともに、圧かい荷重と破碎値、コンクリート物性との関係や最小の試験個数に関する検討を加える必要があると考えている。

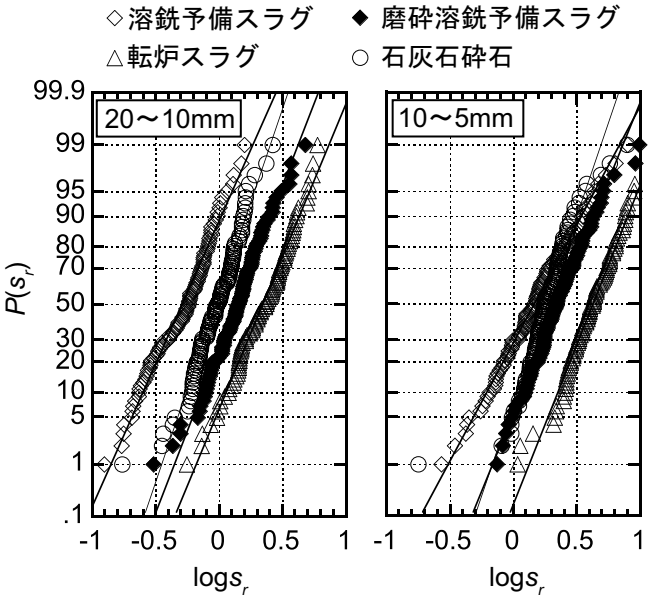


図-2 実験データの対数正規分布へのあてはめ

表-2 対数正規分布の回帰直線式および圧かい荷重の代表値

粒径	粗骨材の種類	回帰直線式	重相関係数 R^2	$\overline{\log s_r}$	$\overline{s_r}$ (kN/cm^3)
20~10mm	溶銑予備スラグ	$t = 4.06 \log s_r + 1.18$	0.977	-0.291	0.51
	磨砕溶銑予備スラグ	$t = 4.66 \log s_r - 0.65$	0.981	0.139	1.38
	転炉スラグ	$t = 4.40 \log s_r - 1.52$	0.988	0.345	2.21
	石灰石碎石	$t = 5.17 \log s_r + 0.12$	0.954	-0.024	0.95
10~5mm	溶銑予備スラグ	$t = 3.42 \log s_r - 0.55$	0.994	0.162	1.45
	磨砕溶銑予備スラグ	$t = 4.46 \log s_r - 1.57$	0.987	0.352	2.25
	転炉スラグ	$t = 4.53 \log s_r - 2.84$	0.974	0.627	4.24
	石灰石碎石	$t = 4.69 \log s_r - 1.23$	0.868	0.262	1.83

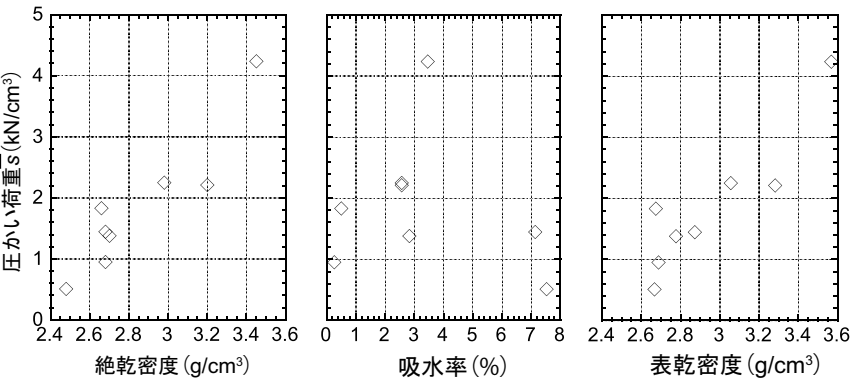


図-3 骨材物性と圧かい荷重の代表値との関係

参考文献

1) BS 812: Part 110: 1990 “Methods for determination of aggregate crushing value”
2) 土木学会基準『高強度フライアッシュ人工骨材の圧かい荷重試験方法』(JSCE-C 505-2001)
3) A. M. Neville (三浦尚 訳) : ネビルのコンクリートバイブル, p.156, 技報堂出版, 2004
4) Gumbel, E. J. (河田竜夫ら訳) : 極値統計学, pp.45-51, 廣川書店, 1963