

(V - 7) 各種軽量骨材を用いたコンクリートの設計基準強度における割増し係数の検討

群馬大学工学部 学生会員 小沼 孝仁
 群馬大学工学部 正 会 員 杉山 隆文
 群馬大学大学院 学生会員 Ritthichauy Worapatt
 群馬大学大学院 学生会員 岡本 朋憲

1. はじめに

絶乾密度、材質、形状、吸水率の異なるさまざまな種類の軽量骨材が開発されている。本研究では、絶乾密度が $0.85 \sim 1.87 \text{g/cm}^3$ の各種軽量骨材を用いるコンクリートの配合設計において、セメント水比と圧縮強度の関係および割増し係数を試験練りによって求め、設計基準強度が 40N/mm^2 の軽量コンクリートを作製した。その際、本練りの圧縮強度試験の結果から、割増し係数の妥当性について考察した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

使用材料を表-1に示す。本研究では粗骨材に絶乾密度、原材料、形状、吸水率の異なる4種類の軽量粗骨材、および1種類の普通骨材を用いた。ASL, SML は絶乾状態で使用し、ML, TL, NA は表乾状態で使用した。全ての配合で高性能 AE 減水剤を使用した。

2. 2 試験練り

各種骨材において水セメント比を 30、40、50%と3種類に変えて円柱供試体を作製し、JIS A 1108 に準拠して圧縮強度試験を行った。そして、圧縮強度試験の結果から割増し係数を求め、セメント水比と圧縮強度の関係から設計基準強度 40N/mm^2 を満足するコンクリートの配合を決定した。なお、粗骨材の単位容積は全ての配合で統一した。

2. 3 本練り

試験練りによって決定した配合で、ASL, ML, TL, NA は各4バッチ、SML は2バッチの打込みを行った。各バッチ3本ずつの円柱供試体を作製し、試験練りと同様に圧縮強度試験を実施した。SML については、バッチ数が少ないために参考として載せた。

3. 実験結果および考察

3. 1 試験練りによる結果

図-1は、セメント水比と圧縮強度の関係である。試験練りにおけるスランプは $8 \sim 15 \text{cm}$ 、空気量は $3 \sim 6\%$ であった。超軽量骨材である ASL, SML を用いたコンクリートの圧縮強度は、同一水セメント比では、NA の圧縮強度の約 50%、ML は 80% 程度の圧縮強度が得られた。また TL の圧縮強度は NA とほぼ同様の値となった。グラフに近似直線を書き込み、各骨材についてその直線式を求めた。表-2に示

表-1 使用材料

使用材料	記号	摘要
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm^3
細骨材	S	陸砂, 吸水率 1.9%, 粗粒率 2.90 表乾密度 2.66g/cm^3
人工軽量粗骨材	G	ASL 真珠岩系, $G_{\max} 15 \text{mm}$, 24h 吸水率 4.7% 表乾密度 0.94g/cm^3 , 絶乾密度 0.85g/cm^3
		SML 膨張頁岩系, $G_{\max} 15 \text{mm}$, 24h 吸水率 10.5% 表乾密度 1.02g/cm^3 , 絶乾密度 0.92g/cm^3
		ML 膨張頁岩系, $G_{\max} 15 \text{mm}$, 24h 吸水率 26.9% 表乾密度 1.62g/cm^3 , 絶乾密度 1.28g/cm^3
		TL 石灰系, $G_{\max} 15 \text{mm}$, 24h 吸水率 2.9% 表乾密度 1.92g/cm^3 , 絶乾密度 1.87g/cm^3
普通粗骨材	NA	碎石, $G_{\max} 15 \text{mm}$, 24h 吸水率 0.7% 表乾密度 2.88g/cm^3 , 絶乾密度 2.70g/cm^3

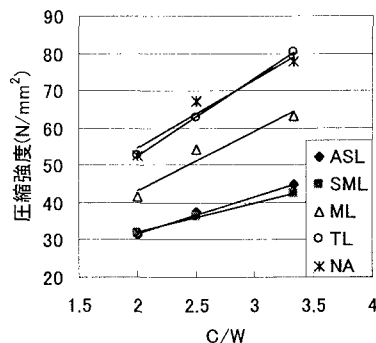


図-1 C/W-圧縮強度の関係

キーワード：軽量骨材、超軽量骨材、割増し係数、圧縮強度

連絡先：群馬県桐生市天神町 1-5-1、TEL：0277-30-1613、FAX：0277-30-1601

す各式に配合強度を代入することにより、所要の水セメント比を得ることができる。

また、これらの圧縮強度試験値から表－3に示す変動係数を求めた。(1)の式に変動係数の平均値である5.13%を代入して、割増し係数 $\alpha=1.09$ を得た。安全をみて本研究では割増し係数を1.10で一定として比較を行うこととした。ASL、SMLの変動係数は若干大きいがい、同一の割増し係数を用いた。この割増し係数により設計基準強度40N/mm²の配合強度を44N/mm²として本練りの配合を決定した。

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{1.645V}{100}}$$

α : 割増し係数
 V : 変動係数

(1)

3. 2 本練りによる結果

試験練りによって得られた水セメント比により決定した各骨材におけるコンクリートの配合と、フレッシュ時の性状を表－4に示す。本練りにおいては、スランプおよび空気量が試験練りに比べ多少大きな結果となった。絶乾状態で使用したASL、SMLの15分後のスランプは、ASLが12cm、SMLが11cmとなり、練混ぜ直後に比べスランプが減少していた。図－2に示す本練りでの各バッチ間の圧縮強度分布、および表－5に示した各コンクリートの圧縮強度試験の結果から、絶乾密度0.85g/cm³のASLでは、圧縮強度試験値が4バッチ中2バッチで設計基準強度を下回り、平均圧縮強度も37.7N/mm²となっており設計基準強度を満足していない。絶乾密度1.28g/cm³のMLにおいては、平均圧縮強度は40.9N/mm²と設計基準強度を上回ったが、Cバッチで満足しなかった。絶乾密度1.87g/cm³のTLと、2.70g/cm³のNAは、設計基準強度を満足する結果が得られ、平均圧縮強度はTLが47.0N/mm²、NAが52.2N/mm²となった。絶乾密度0.92g/cm³のSMLの平均圧縮強度は43.4N/mm²であった。ASLの圧縮強度が設計基準強度を下回った理由は、骨材を絶乾状態で使用し、補正水を加えることで打込みを行ったが、補正水として骨材に吸水されずに残った水により、水セメント比が高くなった可能性が考えられる。また、MLの吸水率は26.9%で最も高く、骨材内に含まれる水の量が多い。表乾状態で使用したときに、骨材内の水がコンクリート中に流れた可能性も考えられる。変動係数は、NAが1.04%であるのに比べ、すべての軽量骨材で圧縮強度の変動係数が3.51%～9.78%と大きい結果となった。

図－2に示す本練りでの各バッチ間の圧縮強度分布、および表－5に示した各コンクリートの圧縮強度試験の結果から、絶乾密度0.85g/cm³のASLでは、圧縮強度試験値が4バッチ中2バッチで設計基準強度を下回り、平均圧縮強度も37.7N/mm²となっており設計基準強度を満足していない。絶乾密度1.28g/cm³のMLにおいては、平均圧縮強度は40.9N/mm²と設計基準強度を上回ったが、Cバッチで満足しなかった。絶乾密度1.87g/cm³のTLと、2.70g/cm³のNAは、設計基準強度を満足する結果が得られ、平均圧縮強度はTLが47.0N/mm²、NAが52.2N/mm²となった。絶乾密度0.92g/cm³のSMLの平均圧縮強度は43.4N/mm²であった。ASLの圧縮強度が設計基準強度を下回った理由は、骨材を絶乾状態で使用し、補正水を加えることで打込みを行ったが、補正水として骨材に吸水されずに残った水により、水セメント比が高くなった可能性が考えられる。また、MLの吸水率は26.9%で最も高く、骨材内に含まれる水の量が多い。表乾状態で使用したときに、骨材内の水がコンクリート中に流れた可能性も考えられる。変動係数は、NAが1.04%であるのに比べ、すべての軽量骨材で圧縮強度の変動係数が3.51%～9.78%と大きい結果となった。

4. まとめ

本研究の範囲内では、絶乾密度が1.87g/cm³と比較的大きいTLは、NAと同じ割増し係数 $\alpha=1.10$ を用いても問題ない結果が得られた。しかし、絶乾密度1.30g/cm³以下であるASL、MLの軽量骨材においては、設計基準強度を下回るバッチがあり、割増し係数を大きく設定する必要があった。

表－2 各骨材の近似式

ASL	$f_c=10.01C/W+11.67$
SML	$f_c=7.81C/W+16.42$
ML	$f_c=15.89C/W+11.49$
TL	$f_c=20.85C/W+10.83$
NA	$f_c=18.42C/W+17.64$

表－3 試験練り変動係数

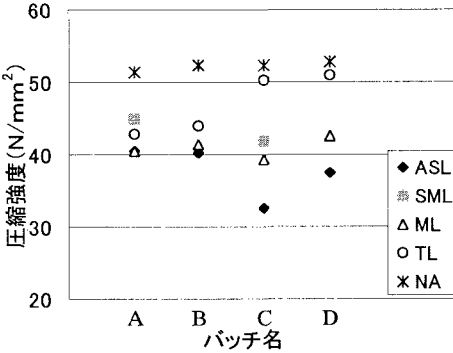
	W/C(%)			平均
	30	40	50	
V _{ASL}	7.51%	7.40%	2.58%	5.83%
V _{SML}	6.56%	5.68%	5.10%	5.78%
V _{ML}	2.54%	4.62%	5.05%	4.07%
V _{TL}	3.25%	6.21%	6.78%	5.41%
V _{NA}	4.78%	3.93%	4.93%	4.55%
全平均(V _全)				
5.13%				

V : 変動係数、添え字は骨材名

表－4 各コンクリートの配合とフレッシュ時の性状

骨材名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				V _G (l/m ³)	練混ぜ直後 平均スランプ(cm)	平均 空気量(%)
			W	C	S	G			
ASL	31	40.1	174	558	639	306	360	21.8(12)*	5.8
SML	28	38.4	173	613	595	331		21.0(11)*	4.5
ML	49	46.5	168	342	833	584		20.0	6.8
TL	59	48.3	165	281	894	691		13.3	6.6
NA	59	48.3	165	283	893	1033		14.6	5.8

() *内は15分後のスランプ



図－2 本練り圧縮強度分布

表－5 各圧縮試験結果

	平均圧縮強度 (N/mm ²)	変動係数 (%)
ASL	37.7	9.78
SML	43.3	—
ML	40.9	3.51
TL	47.0	9.12
NA	52.2	1.04