

V-88

石灰石微粉末を多量使用するコンクリートの強度設計方法に関する一考察

大林組技術研究所 正会員 平田 隆祥
 大林組技術研究所 正会員 近松 竜一
 大林組技術研究所 正会員 三浦 律彦
 大林組技術研究所 正会員 十河 茂幸

1. はじめに

近年、高流動コンクリートの使用実績が増加し、配合設計上、単位粉体量を確保する目的で石灰石微粉末やフライアッシュなどの無機質微粉末材料が多量に使用されている。石灰石微粉末をコンクリートに使用すると、カルシウムアルミネート相と反応し、モノカーボネート相を生成するとの報告¹⁾や、セメントの分散効果などにより圧縮強度が増加するとの報告²⁾もある。しかし、コンクリートへの石灰石微粉末の使用方法には、a)セメントへの置換方法と、b)骨材への置換方法があり、前者の方法で石灰石微粉末をセメントに多量に置換してゆくと、圧縮強度が低下することは容易に想定できる。そこで、本研究では、コンクリートへの石灰石微粉末の置換方法の違いが圧縮強度に及ぼす影響、及び、石灰石微粉末を多量使用するコンクリートの配合選定、強度設計の方法について検討を行った。

2. 実験概要

実験に使用したコンクリート材料を表-1に、石灰石微粉末の粒度分布を図-1に示す。コンクリートの基本配合は表-2に示す5種類とし、セメントの一部を石灰石微粉末で置換した場合(C-M, C-H)と、骨材の一部を石灰石微粉末で置換した場合、つまり単位セメント量を一定とした条件で、石灰石微粉末の使用量が増加した場合(A-M, A-W, A-H)について圧縮強度の検討を行った。

石灰石微粉末の置換量は、基本配合(C-M)の系は石灰石微粉末を最大240kg/m³まで30kg/m³きざみで、(C-H)の系は最大440kg/m³まで55kg/m³きざみで置換した。また、(A-M, A-W, A-H)の系は、それぞれ石灰石微粉末を最大400kg/m³、250kg/m³、200kg/m³まで50kg/m³きざみで置換した。混和剤は、基本配合(C-M)の系はA E減水剤を、その他の系は高性能A E減水剤を用い、所定のスランプ及びスランプフローが得られるように添加量を調整した。圧縮強度試験は、JIS A 1108に準拠して行い、供試体は試験材齢まで標準養生とした。

3. 実験結果及び考察

3.1 石灰石微粉末

置換量と圧縮強度

石灰石微粉末の置換量と材齢28, 182日の圧縮強度の関係は、図-2に示すように

表-2 石灰石微粉末の置換方法及び基本配合

記号	置換方法		コンクリートの種類	Gmax (mm)	Slump (flow) (cm)	Air (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)				Lp置換量 (kg/m ³)
	対象	条件						W	C	S	G	
C-M	セメント (C)	W:一定 C:Lp:一定 W/C:変化	普通	20	13.5	4.5	50.0	150	300	774	1094	240まで30きざみ
C-H	セメント (C)	W:一定 C:Lp:一定 W/C:変化	高流動	20	65×65	4.5	30.0	165	550	746	875	440まで55きざみ
A-M	骨材 (S+G)	W:一定 C:一定 W/C:一定	普通	20	13.5	4.5	64.0	160	250	786	1097	400まで50きざみ
A-W	骨材 (S+G)	W:一定 C:一定 W/C:一定	軟練り	20	18.5	4.5	41.3	165	400	762	984	250まで50きざみ
A-H	骨材 (S+G)	W:一定 C:一定 W/C:一定	高流動	20	65×65	4.5	30.9	170	550	723	886	200まで50きざみ

表-1 使用材料

種類	記号	産地・銘柄	比重	物理的性質
セメント	C	中房熱 ポルトランドセメント	3.21	JIS R 5201 比表面積 320m ² /kg
石粉	Lp	石灰石微粉末	2.70	JIS R 5008 比表面積 498m ² /kg
細骨材	S	木更津産丘砂	2.59	吸水率 2.06% F.M. 2.48
粗骨材	G	青梅産碎石	2.65	吸水率 0.75% F.M. 6.57 Gmax:20mm

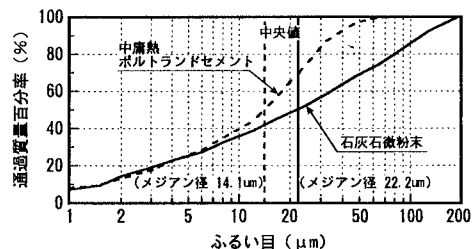


図-1 粉体材料の粒度分布

キーワード：石灰石微粉末、配合設計、配合強度、高流動コンクリート、混和材料

連絡先：〒204 東京都清瀬市下清戸4-640 TEL:0424-95-0938 FAX:0424-95-0908

セメント置換の場合、石灰石微粉末置換量の増加に伴って圧縮強度は減少した。一方、単位セメント量を一定とした骨材置換の場合、圧縮強度が増加する結果となった。この理由としてセメント置換の場合は、水セメント比の増大が考えられ、骨材置換の場合は、水セメント比が一定であるため、石灰石微粉末によるセメントの分散効果などによりセメントの水和度が増し、圧縮強度が増加したためと考えられる。

3.2 石灰石微粉末の置換率と圧縮強度の変化率

それぞれの置換方法において、セメントに対する石灰石微粉末の質量比率と圧縮強度の変化率の関係を比較すると、図-3、(1)(2)式に示すように、単位セメント量の異なる系でもほぼ同様の傾向となった。しかし、骨材置換の場合で質量比率40%以下の範囲では、基本配合(A-W)の系と他の系(A-M, A-H)の傾向が若干異なった。この理由として、石灰石微粉末、セメントと細骨材の粒径や粒度分布に起因する混合状態の違いから、圧縮強度の増加にあまり寄与しない混合比があると考えられる。また、この強度の変化率は、石灰石微粉末の粉末度や材齢によって異なると考えられる。

$$a) \text{セメント置換の場合} \quad \Delta f'_c = -1.19 p + 100 \quad r: 0.96 \quad (1)$$

$$b) \text{骨材置換の場合} \quad \Delta f'_c = 0.43 p + 100 \quad r: 0.98 \quad (2)$$

ここに p : セメントに対する石灰石微粉末の質量比率 (%)

$\Delta f'_c$: 材齢28日の圧縮強度の変化率 (%)

4. 石灰石微粉末の置換量と強度設計の考え方

石灰石微粉末を用いるコンクリートの配合設計を行う場合、図-4に示すように同一配合強度が得られる配合は、セメントと石灰石微粉末の混合比率、及びその総粉体量を変えることによって多くの解が存在する。一方、高流動コンクリートの配合設計のように、コンクリートの変形性能により必要な総粉体量が決まると考えると、石灰石微粉末の置換量は或る範囲に定まり、さらに経済性を考慮することにより最適配合が定まると考えられる。

なお、石灰石微粉末を添加すると圧縮強度が増加するため、経済性からその分に見合うセメント量を減少しがちであるが、セメントを減少するとコンクリートの水セメント比が増加するため、圧縮強度を満足しても耐久性などの品質が低下する場合があると考えられる。従って、配合設計に当たっては、セメント置換よりも、骨材置換を基本に配合設計を行う方が好ましいと考えられる。

【参考文献】

- 1) 坂井悦郎ほか：フィラーセメント，セメント・コンクリート，No. 546, pp. 129-137, 1992
- 2) 山崎寛司：コンクリートライブラリー，第8号，土木学会，1963

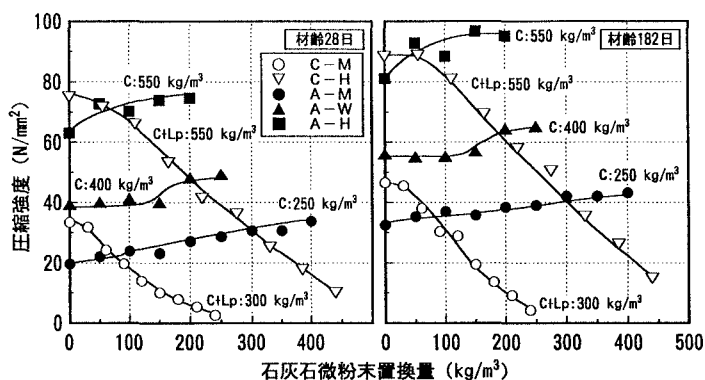


図-2 石灰石微粉末置換量と圧縮強度の関係

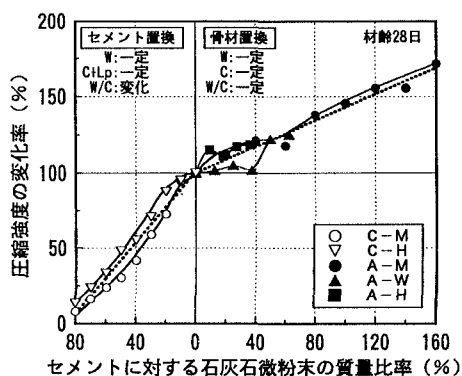


図-3 石灰石微粉末の置換率と圧縮強度の変化率の関係

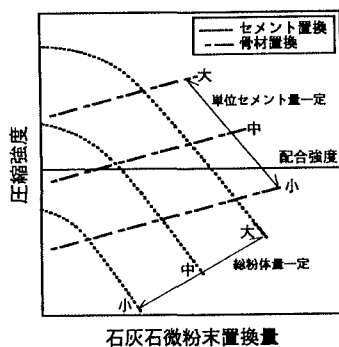


図-4 石灰石微粉末の置換による配合強度設計の概念