

多種の混和材を用いたH/A<sup>o</sup>-ストRCCのフレッシュ性状と圧縮強度

ハザマ 土木事業総本部 正会員 山下雄一  
 ハザマ 土木事業総本部 正会員 天明敏行  
 ハザマ 土木事業総本部 正会員 藤田 司  
 ハザマ 技術 研究所 正会員 村上祐治  
 ハザマ 国際事業統括支店 正会員 菅 経城

1. まえがき

諸外国で施工されているRCCの単位結合材量は、100kg/m<sup>3</sup>以下の貧配合RCC、150kg/m<sup>3</sup>以上のH/A<sup>o</sup>-ストRCCとその中間の3種類程度に分類されており<sup>1)2)</sup>、混和材の種類や比率は多岐にわたっている。混和材の種類には、スラグやフライアッシュ、石灰石微粉末などが使用され、これらの選定には各国の資源事情や経済性を十分に考慮しつつ要求品質を満足することが必要である。そこで、合理的な混和材の選定を目的として単位結合材量を180kg/m<sup>3</sup>としたH/A<sup>o</sup>-ストRCCの試験練りを行い、各結合材がフレッシュ性状や強度に及ぼす影響を検討した。

2. 試験方法

使用材料を表-1に示す。骨材の岩種名称は砂岩岩塊混在岩である。

RCCの配合を表-2に示す。配合区分Aでは、各単位結合材量を一定として単位水量を変化させた。配合区分Bでは、各結合材の単位量を変化させた。AE減水剤は、経済性から使用しなかった。

各配合について、VC試験(土木学会準拠JSCE-F507)および圧縮強度試験(JIS A 1118)を実施した。また、配合区分Aについては、VC試験時に変位計を設置して、沈下量を1秒毎に測定し、締固め率の経時変化を求めた。

3. 試験結果

3.1 フレッシュ性状

配合区分Aにおける単位水量とVC値の関係を図-1に示す。単位水量とVC値の対数値との関係は直線となった。次に、配合区分BのVC値を図-2に示す。A-2とB-3を比較すると、フライアッシュが90kg/m<sup>3</sup>減少し石灰石微粉末90kg/m<sup>3</sup>増加した場合に、VC値が約30秒増加している。また、B-2と6、B-3と7を比較すると、高炉スラグ35kg/m<sup>3</sup>を用いた場合にVC値が4秒から7秒小さくなる。今回使用した材料の中では、フライアッシュがコンクリートに大きく寄与し、石灰石微粉末はあまり寄与していないことがわかる。次に、締固め

表-1 使用材料

結合材			骨材			
種類	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	粉末度 (cm <sup>2</sup> /g)	種類	表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	
普通ポルトランドセメント	3.16	-	細骨材	S	2.65	1.47
高炉スラグ微粉末	2.91	4,230	粗骨材	G	2.68	0.50
フライアッシュ	2.03	2,480				
石灰石微粉末	2.72	-				

表-2 RCCの配合

配合区分	No.	粗骨材の最大寸 (mm)	水 材結合 率 W/(C+F+S+L) (%)	細骨材 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							VC値 (秒)
					水 W	結合材 C+F+S+L=180				骨材		
						セ メン C	ス ラ グ Slag	フ ラ イ ア ッ シ F	石 灰 石 L	細 骨 材 s	粗 骨 材 G	
A	A-1	80	70	60	126	55	35	90	0	889	602	27
	A-2	80	76	60	136	55	35	90	0	878	595	10
	A-3	80	81	60	146	55	35	90	0	867	587	4
	A-4	80	87	60	156	55	35	90	0	861	580	3
B	B-1	80	76	60	136	55	35	60	30	881	597	23
	B-2	80	76	60	136	55	35	30	60	884	599	28
	B-3	80	76	60	136	55	35	0	90	888	601	42
	B-4	80	76	60	136	80	0	40	60	884	599	30
	B-5	80	76	60	136	90	0	90	0	879	596	22
	B-6	80	76	60	136	90	0	60	30	882	598	27
	B-7	80	76	60	136	90	0	30	60	885	600	35

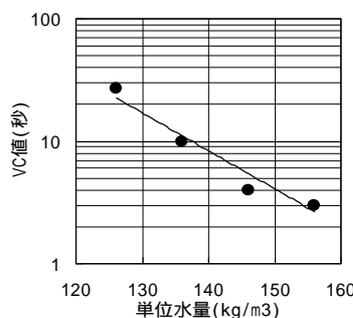


図-1 単位水量とVC値

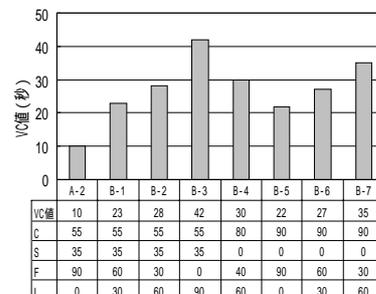


図-2 各結合材のVC値

キーワード：H/A<sup>o</sup>-ストRCC,フライアッシュ,高炉スラグ微粉末,石灰石微粉末,VC値

ハザマ土木事業総本部 ダム統括部 〒107-8658 東京都港区北青山2-5-8 TEL 03-3405-1153 FAX 03-3405-1854

率の履歴を図-3に示す。締固め率の履歴は、次式で表される双曲線で近似される。

$$Pr = Po + t / (a+bt) \quad (1)$$

ここに, Pr : 締固め時間 t における締固め率 Po : 初期値

a : 初期の接線勾配を表す 1/a の逆数

b : 終局の締固め率の増加量を表す 1/b(%)の逆数

単位水量が 126, 136kg/m<sup>3</sup>では、締固め率は 85%から 95%程度まで上昇した。しかし、単位水量が 146, 156 kg/m<sup>3</sup>では、締固め率は 90%から 98%と上昇し、終局の締固め率も高くなり締固め時間も短くなった。

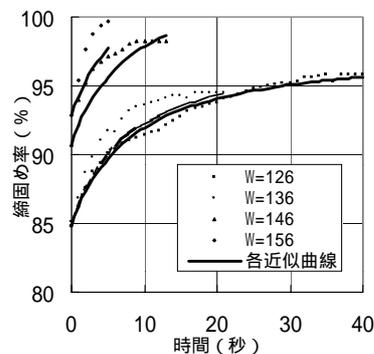


図-3 締固め率の履歴

### 3.2 圧縮強度特性

配合区分 A において、結合材水比と圧縮強度は図-4に示すように比例関係にあった。一方、配合区分 B における材令と圧縮強度の関係を図-5, 6に示す。28日以降において圧縮強度に差がでていることがわかる。一般に、セメント水比と強度は比例する関係にあることから、各種の混和材を用いた関係を次式で表わした。

$$\begin{aligned} f_c &= a \times f(C, Slag, F, L) / W + b = a \times (a_1 \cdot C + a_2 \cdot Slag + a_3 \cdot F + a_4 \cdot L) / W + b \\ &= (a \cdot a_1 / W) \times C + (a \cdot a_2 / W) \times Slag + (a \cdot a_3 / W) \times F + (a \cdot a_4 / W) \times L + b \\ &= {}_1 \times C + {}_2 \times Slag + {}_3 \times F + {}_4 \times L + b \end{aligned} \quad (2)$$

ここに, f<sub>c</sub> : 圧縮強度, f(C, Slag, F, L) : 各結合材を変数とする関数,

W : 単位水量 C, Slag, F, L : 各結合材の単位量, a, a<sub>1</sub> ~ a<sub>4</sub>, b, <sub>1</sub> ~ <sub>4</sub> : 定数  
材令 7, 28, 91 日における定数を重回帰分析により求めた。今回の試験ケースでは、材令 28 日まで圧縮強度に差が生じなかったため、定数を求めることができなかった。材令 91 日では以下ようになった。

$$f_{c91} = 0.236 \times C + 0.267 \times Slag + 0.079 \times F + 0.000 \times L - 13.3 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3)$$

計算値と測定値をプロットしたものを図-7に示すが、相関性が高いことがわかる。混和材の圧縮強度への影響は、高炉スラグがセメントとほぼ同等でフライアッシュが 1/4 程度であり石灰石微粉末はほとんどない結果となった。

### 4. 結論

多種の混和材を用いたハイ-スト RCC の試験より、以下の知見が得られた。

(1) フルッシュコンクリートでは、結合材が一定の場合単位水量と VC 値(対数)は比例する。また、フライアッシュが減少し石灰石微粉末が増加すると VC 値は増加し、高炉スラグを用いると VC 値は減少する。

(2) 硬化コンクリートでは、材令 91 日強度における各結合材の影響を評価できる。また、混和材の圧縮強度への影響は、高炉スラグとセメントがほぼ同等でフライアッシュが 1/4 程度であり石灰石微粉末はほとんどない。

今後、各国の結合材の経済性や品質特性を考慮した混和材の選定を行うには、各材料の使用量の範囲を明確にする必要がある。

#### 【参考文献】

- 1) (財)日本ダム協会, RCC 工法施工研究会編;「海外 RCC 工法ダム文献調査報告書」, pp25-29, 1991.3
- 2) M. R. H. Dunstan, Malcolm Dunstan & Associates, UK., "Recent developments in RCC dams," Hydropower & Dams Issue One, 1999.

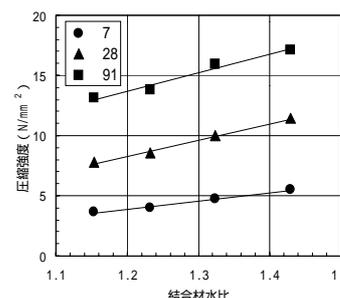


図-4 結合材比と圧縮強度

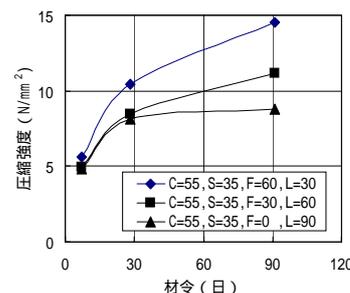


図-5 材令と圧縮強度

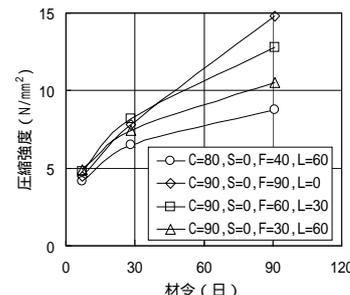


図-6 材令と圧縮強度

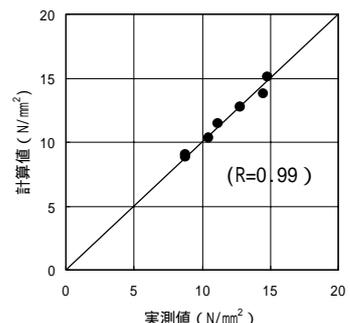


図-7 実測値と計算値