

武蔵工業大学 正会員 國分正胤
武蔵工業大学 正会員 小玉克巳

1. まえがき

コンクリート技術における省資源および省エネルギーを達成する手段として、大量に生産される高炉スラグ微粉末をコンクリート用混和材として活用することが考えられる。すなわち、コンクリート中のセメントの一部を高炉スラグ微粉末で置き換え、セメントを大量に節減するのである。本報告は、中庸熱ポルトランドセメントの65%を代表的な高炉スラグ微粉末で置き換えたコンクリートの強度および耐久性の実験結果に基づき、この種コンクリートの諸性質について検討した結果を論じたものである。

2. 使用材料

セメントは、中庸熱ポルトランドセメント（比重3.20、ブレン値3260 cm^2/g ）を用い、高炉スラグ微粉末は急冷水砕スラグを微粉砕したものである。（比重2.92、ブレン値3300 cm^2/g 、石膏量 SO_3 換算2%添加）細骨材は、川砂（比重2.61、吸水率1.72%、粗粒率2.79）を用い、さらに高炉水砕砂と砕砂とを重量比で1:1に混合した混合砂（比重2.77、吸水率1.84%、粗粒率2.85）も使用した。粗骨材は、山碎石（最大寸法180mm、比重2.79、吸水率0.58%、粗粒率8.55）を使用した。

混和剤は、AE減水剤としてポゾリスNo.8および補助AE剤No.202を使用した。

3. コンクリートの配合、供試体の製作および養生方法

コンクリートの配合は、粗骨材の最大寸法180mm、スランプ $5 \pm 1 \text{ cm}$ 、空気量 $5.0 \pm 1.0 \%$ 、高炉スラグ微粉末によるセメントの置換率を65%とし、単位結合材量は、 $120 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、 $140 \text{ kg}/\text{m}^3$ および $160 \text{ kg}/\text{m}^3$ の3種類とした。これはコンクリート重力ダムを対象としたコンクリートである。なお所要のコンクリートが得られるような単位水量、細骨材率および単位AE減水剤量は、試的に求めたのであってその配合を示せば表-1のごとくである。

表-1 コンクリートの配合

コンクリートの練りまぜは、8切の可傾式ミキサで全材料投入後3分間練りまぜを行った。供試体の製作は、すべてコンクリートを40mmフルイでふるい、JISA1138、JISA1132に準じて行った。

使用材料			コンクリートの配合											まだ固まらないコンクリート				
粗骨材	セメント	細骨材	単位水量 (kg/m ³)	スラグ 微粉末 (kg/m ³)	水・結 晶水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	スラグ 微粉末 (kg/m ³)	単位 水量 (kg/m ³)	細骨材 率 (%)	細骨材 水砂 母砂	細骨材 川砂	粗骨材 (kg/m ³)	混和剤 No.1	混和剤 No.2	スランプ (cm)	空気 量(%)	単位 重 (kg/m ³)	
山 石 (MS 180)	中 庸 熱 ポ ル ト ラ ン ド セ メ ン ト	混合砂	120	66.7	4.2	78	80	21.5	250	250	—	1838	0.25	0012	3.5	4.5	2500	
		川砂		65.0			7.8	21.5	—	—	472	1843		0018	4.2	5.8	2469	
		混合砂	140	65	57.1	4.9	91	80	21.0	242	242	—	1838	0.25	0014	3.7	4.6	2522
		川砂			55.7			7.8	21.0	—	—	458	1843		0018	3.6	4.8	2488
		混合砂	160		50.0			80	20.2	232	232	—	1838	0.25	0016	4.0	5.1	2522
		川砂			48.8			7.8	20.2	—	—	463	1843		0022	4.6	6.1	2464

養生方法は、所定の材令まで20℃水中養生と40℃水中養生を行った。

4. まだ固まらないコンクリートの性状

まだ固まらないコンクリートの性状は、表-1のようである。表-1より 所要のスランプ値ならびに空気量が得られる単位水量は、単位結合材量が $120 \text{ kg}/\text{m}^3$ から $160 \text{ kg}/\text{m}^3$ に増加しても変わらず、川砂を用いた場合 $78 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、混合砂を用いた場合 $80 \text{ kg}/\text{m}^3$ であるが、細骨材率は、単位結合材量の増加に伴って1.3%減少する。所要の空気量を得るための補助AE剤量は 混合砂を用いたコンクリートの場合、川砂を用いたコンクリートに較べて6割程度となった。これは、混合砂を用いたコンクリートのエントラップトエアが川砂を用いたコンクリートに較べて1%程度大きいことに因るものと考えられる。

5. コンクリートの強度

図-1は、コンクリートの結合材空隙比と圧縮強度との関係の1例を示したものである。図-1より3ヶ月～1年の各材令において、7日から28日までの初期材令においても、結合材空隙比と圧縮強度とは、直線関係にあることが認められる。なお単位結合材量を 120 kg/m^3 としたコンクリートでも、材令3ヶ月において 250 kg/cm^2 、材令1年で 320 kg/cm^2 程度に達することが示されている。さらに養生温度が圧縮強度に及ぼす影響について検討すると、材令28日までは、どの結合材空隙比においても養生温度の高い方が強度は大きいが、材令91日以後においては、養生温度の低い方が強度が大きくなることが認められる。これは、高温度が長期材令における強度増進に悪影響を及ぼしたことに因るものである。

引張強度の場合にも、圧縮強度の場合と同様な傾向が示されている。

6. コンクリートの凍結融解に対する抵抗性

各配合におけるコンクリートの凍結融解試験の結果の1例を示したものが図-2である。試験は、材令14日より開始したものであるが、単位結合材量を 140 kg/m^3 としたコンクリートの場合でも、300サイクル後の耐久性係数は、川砂を用いた場合88%、混合砂を用いた場合81%であり、混合砂を用いた場合には、コンクリートのエントラップトエアの影響で幾分劣るように思われるが、実用的には、両者とも十分な耐久性を有することが示されている。

コンクリートの耐久性は、硬化コンクリート中における気泡組織によって異なるので、単位結合材料 140 kg/m^3 の場合におけるコンクリートの気泡組織について検討を重ねた。その結果、同一空気量における川砂を用いたコンクリートと混合砂を用いたコンクリートの気泡間隔係数は、それぞれ 222μ 、 275μ であり、混合砂を用いたコンクリートの方が 50μ 程度大きい値となった。前記のごとく凍結融解試験結果には、差はほとんど認められないが、この気泡間隔係数の値の差を考慮すると、実用的には、混合砂を用いる貧配合コンクリートの場合には、空気量を川砂を用いた場合より1%程度大きくするのが安全であると思われる。

7. むすび

実験の結果、1) 3ヶ月以後の長期材令では、単位結合材量 120 kg/m^3 の場合でも、実用上十分なコンクリートの強度が得られること、2) 高炉スラグ微粉末でセメントの65%程度を置き換えた、水結合材比60%、空気量5%のコンクリートでも入念な施工を行えば、十分な耐久性が得られること等が示されたので、実験の範囲内でダムのようなマッシブなコンクリートにおいては、高炉スラグ微粉末の活用が有利であると考えられる。

本報告は、一部文部省科学研究費(総合研究A)の補助を受けて行ったものである。ここに謹んで謝意を表します。

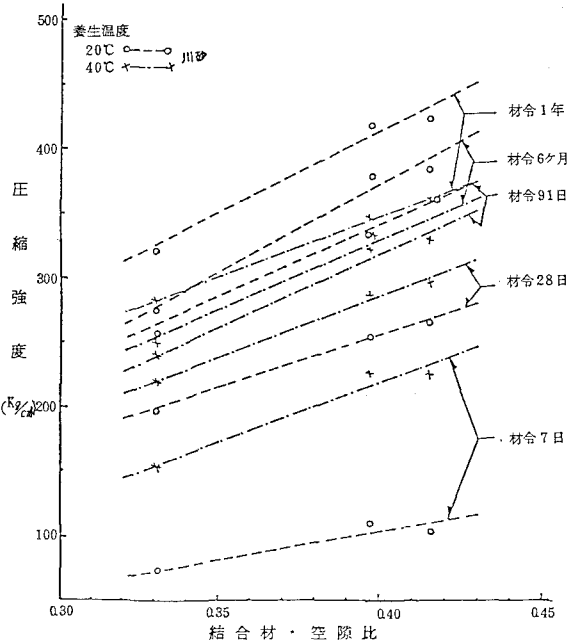


図-1 結合材空隙比と圧縮強度の関係

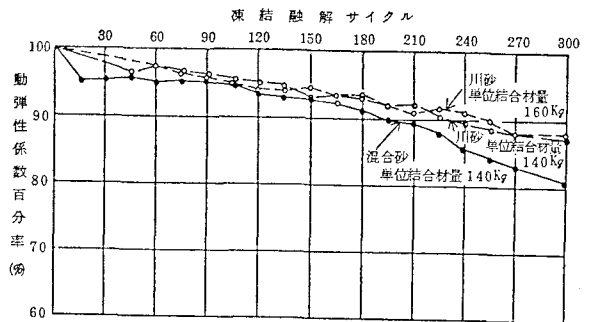


図-2 凍結融解サイクルと弾性係数百分率の関係