

論文

[1010] 貧配合ノースランプコンクリートに対する高炉スラグ微粉末の利用に関する研究

正会員 ○戸川一夫 (和歌山工業高等専門学校)
 正会員 中本純次 (和歌山工業高等専門学校)

1. まえがき

近年、ノースランプコンクリートを振動ローラで転圧締固める工法が開発され、ダムではRCD工法、道路舗装ではRCCP工法と称して、国の内外でその実績がしだいに増加している。

本研究はノースランプ貧配合コンクリートの圧縮強度、凍結融解抵抗性および乾燥収縮特性の改善に関して、高炉スラグ微粉末の利用方法を確立しようとするものである。特に本実験は高炉スラグの大量有効利用を目的として高炉スラグ微粉末を細骨材の一部と置換えて強度特性等の改善効果を検討した。

2. 実験概要

(1) 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。粗骨材は和歌山県由良産の硬質砂岩碎石(比重2.69,最大寸法20mm)を用いた。使用に際して20mm~13mmと13~5mmを50%づつ混合した。細骨材は徳島県那賀川産の川砂(比重2.62)を使用した。使用した高炉スラグ微粉末(B)は一種であり、それを3段階の比表面積をもつよう粉碎した。それぞれの比表面積は2390cm²/g, 3880cm²/g および5180cm²/gであった。これらのスラグをそれぞれ3000, 4000, 5000と称する。高炉スラグ微粉末の比重は2.90である。減水剤としてリグニンスルホン酸塩系のものを用いた。

表-1 実験計画

単位結合材量 (kg/m ³) B/S (%)	100	200	300
0	●▲	●▲	●
10	●▲	●▲	●
20	●▲	●▲	●
30	●▲		
40	●		

B/C + B = 45%

(2) 実験計画

実験計画を表-1に示す。単位結合材量は100、200および300kg/m³の3段階を計画

表-2 コンクリートの配合

コンクリート 種類	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)							混和剤 (cc)	
		C	CaSO ₄	B (B ₁ +B ₂)	W	S	G (20~13)	G (13~5)		
100-0-0	42	100	0	0+	0	116	916	649.5	649.5	1000
100-45-0		55	0	45+	0	116	914	648.5	648.5	1000
100-45-10		52.3	10.09	45+	94.4	116	822	647.9	647.9	1000
100-45-20		52.3	15.10	45+	189.7	116	730	647.9	647.9	1000
100-45-30		53.6	12.80	45+	295	112	640	649.0	649.0	1000
100-45-40	53.6	16.00	45+	394	112	548	649.0	649.0	1000	
200-0-0	42	200	0	0+	0	106	892	632.5	632.5	2000
200-45-0		110	0	90+	0	106	889	630.5	630.5	2000
200-45-10		104.5	14.90	90+	88.6	106	799	629.9	629.9	2000
200-45-20		104.5	19.35	90+	182.7	106	710	629.9	629.9	2000
300-0-0		42	300	0	0+	0	106	857	607.5	607.5
300-45-0	165		0	135+	0	106	853	604.5	604.5	3000
300-45-10	156.8		19.70	135+	82.6	106	767	603.9	603.9	3000
300-45-20	156.8		24.45	135+	172.8	106	681	603.9	603.9	3000

B1 : セメント置換分

B2 : 細骨材置換分

した。それぞれに対してセメント単味シリーズ(例:100-0-0)セメントに高炉スラグ微粉末を45% (重量内割) 混入するシリーズ(例:100-45-0)さらにその上に高炉スラグ微粉末を細骨材と10, 20, 30および40% (容積内割, B/S)

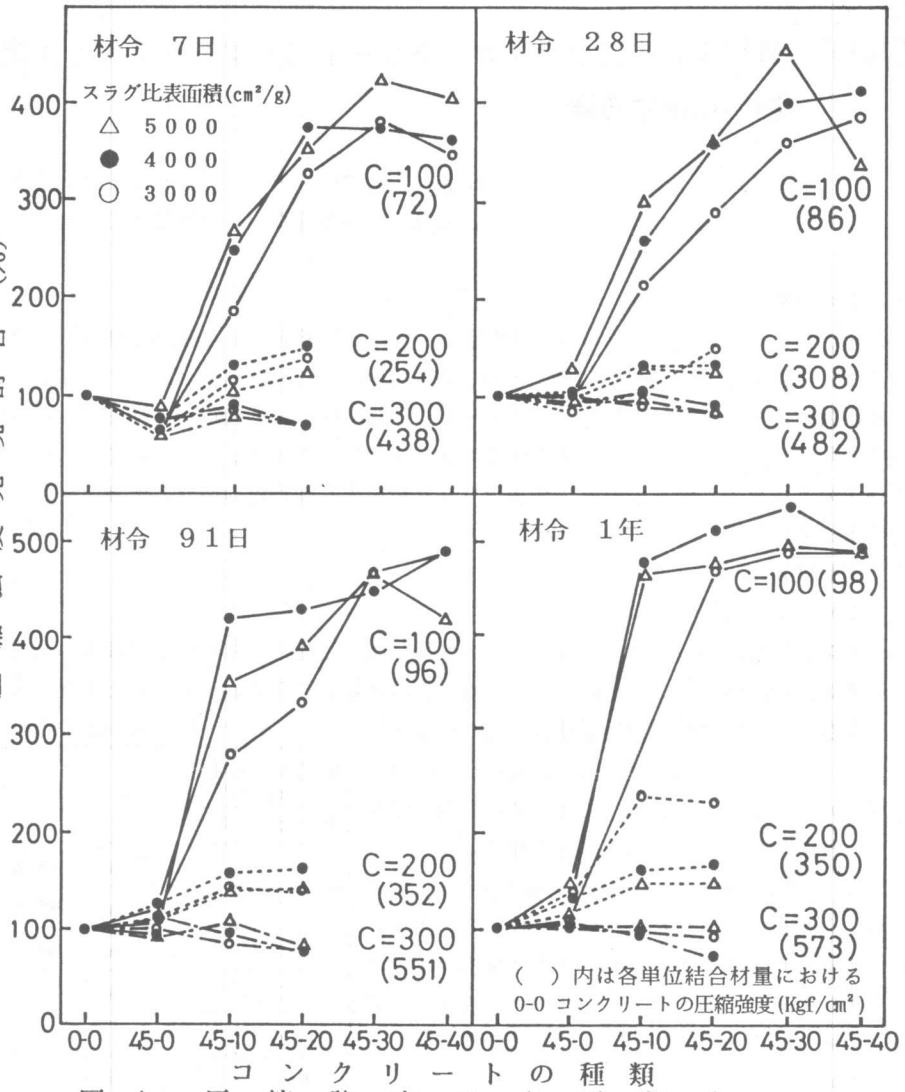


図-1 圧縮強度の発現割合
置換えるシリーズ(例:100-45-10)を設定した(表-2参照)。表-1中の●印は圧縮強度試験、▲印は凍結融解試験および乾燥収縮試験を実施したことを示す。なお、凍結融解試験および乾燥収縮試験に使用した高炉スラグ微粉末は比表面積4000cm²/gのものだけである。

(3) コンクリートの配合

コンクリートの配合設計はs/a法によった。目標VC値を20±10秒として最適細骨材率を求めて単位水量を決定した。なお、この配合条件は高炉スラグ微粉末を混入していないコンクリートに対して設定したものである。高炉スラグ微粉末を多量に入れた場合、適当量の石膏を入れることによって強度が改善されると報告されている¹⁾。本実験でも適当な石膏量(2水石膏)を求めた。その結果高炉スラグ微粉末が結合材量の80%程度では石膏が5%、そして90%程度のときは石膏量が2.5%のとき圧縮強度の改善効果が最大になることがわかった。コンクリートの示方配合を表-2に示す。空隙率は2%としている。

(4) コンクリート供試体の作製

コンクリートの練り混ぜには強制練りミキサを用いた。全材料投入後2分間練り混ぜ、ミキサからコンクリートを排出後練り板上で再度練り直した。圧縮強度試験用供試体(φ10×20cm)はコンクリートを2層に分けてつめ、電動ハンマー(振動数3000r.p.m)を用いて各層20秒程度締固めた。凍結融解および乾燥収縮用供試体(10×10×40cm)は2層に分けて締固めた。それぞれの供試体は材令2日で脱型して試験日まで水中養生(20±3°C)した。凍結融解試験はASTM C-666のA法(水中凍結、水中融解)に準じた。供試体は材令14日まで水中養生

して試験に供した。乾燥収縮試験は供試体を材令28日まで水中養生し、それ以後乾燥養生(20°C, RH60%)を行った。

3. 結果の考察

(1) 圧縮強度発現性状

図-1はセメント単味のコンクリートに対して、高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの材令7日、28日、91日および1年の圧縮強度の発現割合を示している。いずれの材令においても単位結合材量が100kg/m³の配合では高炉スラグ微粉末を細骨材と置換えると、置換率が増加するにつれて、強度発現割合も増加するが、増加割合は置換率30%ではぼ一定になることがわかる。また、材令が長期になるにしたがって強度発現割合は大きくなっていくことも明らかである。高炉スラグ微粉末が強度増加におよぼす効果は、若干のパラッキはあるが、概して材令7日では比表面積5000cm²/gが最も著しく、ついで4000, 3000の順であり、材令28日でもその順番になっており、材令91日および材令1年では4000, 5000そして3000の順になっている。すなわち、材令初期では比表面積5000のもの強度増加に対する効果が大きい、材令長期では4000のものが強度発現に最適な比表面積となっている。単位結合材量200kg/m³の配合では高炉スラグ微粉末を多量に入れても強度発現割合の増加はあまり期待できないと考えられる。また単位結合材量300kg/m³の配合では高炉スラグ微粉末を細骨材と置換えると強度発現割合はかえって低下することが認められる。以上、高炉スラグ微粉末が強度改善に与える効果は単位結合材量が異なると異なり、単位結合材量が100kg/m³と少ないときには高炉スラグ微粉末は微粉末効果によって²⁾著しい強度改善効果を発揮するが、単位結合材量が300kg/m³と多いときは高炉スラグ微粉末は強度改善には寄与しないことが示されたと言える。

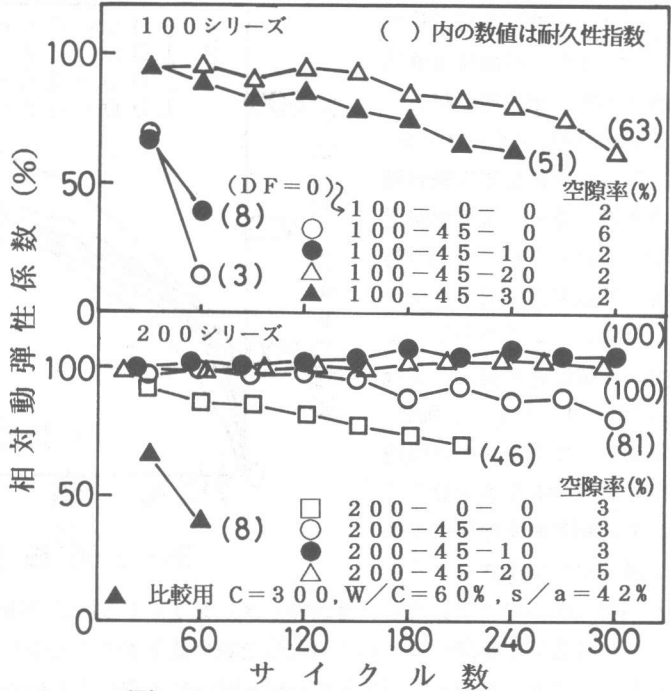


図-2 凍結融解試験結果

(2) 凍結融解抵抗性

図-2に凍結融解試験結果を示す。単位結合材量100kg/m³のシリーズでは高炉スラグ微粉末を細骨材と置換えると、置換率が増加するにしたがって相対動弾性係数の低下をより防止できることが示された。また、単位結合材量200kg/m³のシリーズでも、細骨材に対して高炉スラグ微粉末の置換率を増大させることで、相対動弾性係数の低下はしだいに小さくなる

ことが明らかになった。また、超硬練りコンクリートの耐久性指数と空隙率との関係について、村田ら³⁾は空隙率が増すにつれて耐久性指数は低下すると報告しているが、本実験内では図-2中に各コンクリートの空隙率を示すが耐久性指数と空隙率との関係は明確でない。

(3) 乾燥収縮特性

図-3は乾燥収縮試験結果を示す。単位結合材量100kg/m³および200kg/m³のシリーズとも言えることは、セメントを高炉スラグ微粉末で置換えると、さらにその上に細骨材を高炉スラグ微粉末で置換えることによって、乾燥収縮量はしだいに小さくなっていくことである。また、単位結合材量100kg/m³の各配合の乾燥収縮量の方が200kg/m³のそれらより相対的に小さい。

4. 結論

本実験結果を要約すると次のとおりである。

①高炉スラグ微粉末は貧配合コンクリートの細骨材と置換えることによって、その置換率が増加するにしたがってコンクリートの圧縮強度をより増大できることが明らかになった。そして、その傾向は材令が長期になるほど著しくなることがわかった。

②高炉スラグ微粉末を細骨材と置換えると、コンクリートの凍結融解抵抗性を改善できるとともに、乾燥収縮を低減できることがわかった。

謝辞：本研究の一部は科学研究費（一般研究C 63550354）を得て行った。また、凍結融解試験は大阪セメント(株)中央研究所にお世話になった。付記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 近藤：新しいセメントについての問題点；コンクリートジャーナル，Vol. 10, No. 6, 1972
- 2) 戸川、中本：ノースランプ貧配合コンクリートに対する高炉スラグ微粉末の利用に関する研究；セメントコンクリート論文集，No. 43, 1989
- 3) 村田、川崎：高炉スラグ細骨材およびエントレインドエアによる超硬練りコンクリートの凍結融解抵抗性の改善；土木学会論文集，第396/V-9, 8, 1988

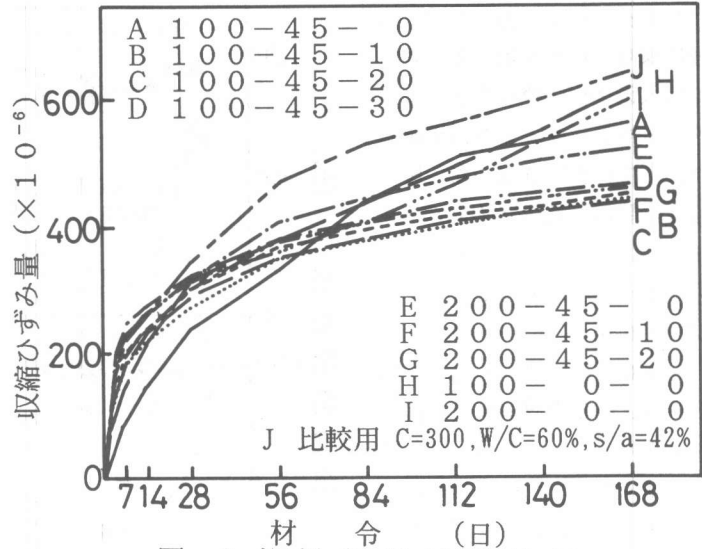


図-3 乾燥収縮試験結果