

高炉スラグ碎石を骨材として用いた コンクリートの性質について

丸 安 隆 和・小 林 一 輔・水 野 俊 一

1. ま え が き

コンクリートの粗骨材として高炉スラグを用いることが最近多くなってきたが、この場合、ウオーカブルなコンクリートをつくるには配合をどうすればよいか、またできたコンクリートの強度、耐久性、水密性などの諸性質がどうか、などについての紹介が相当多いので、川崎製鉄・千葉製鉄所の依頼があって、同所で作られている高炉スラグ碎石について、コンクリート用粗骨材としての特性について実験した。この論文は、その実験結果の報告である。

実験は、まず与えられた高炉スラグ碎石の物理的性質および耐久性について行ない、次に、これを粗骨材としたコンクリートについて

- (1) プレンコンクリートおよび AE コンクリートについて配合と圧縮強度
- (2) 透水性
- (3) 耐熱性

の 3 項目について、普通の川砂利を用いたコンクリートとの比較試験を行なった。

高炉スラグの物理試験結果

高炉スラグの物理的性質は、いろいろな原因によって変動するが、ピットにおける冷却の条件が非常に大きい影響を与える。同じに流しこまれたスラグでも表層部と下層部では相当の違いがあるようである。これを碎石機で所定の大きさに砕いたものを使用するのであるから、高炉スラグの品質の変動については、普通程度の川砂利を使用する以上に考えなければならない事項である。

- (1) 比重, 吸水率, 単位容積重量

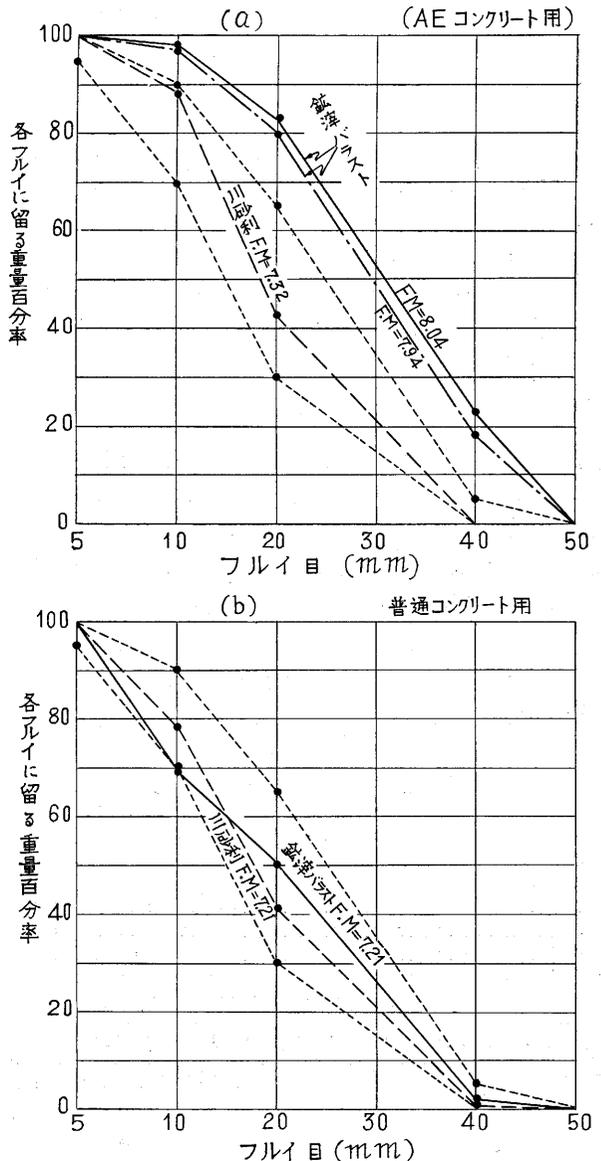
第 1 表は、提供された 2 種のスラグについて選び出した 3 袋について行なった実験結果である。

第 1 表 使用したスラグの物理的性質

種類	袋	表乾状態の比重	吸水率(%)	単位容積重量(t/m ³)	粗粒率
A	a	2.35	2.14	1.44	7.39
	b	2.34	2.56	1.47	7.65
	c	2.33	2.68	1.45	7.51
B	a	2.66	1.76	1.67	7.66
	b	2.68	1.81	1.68	7.61
	c	2.68	1.81	1.69	7.62

表乾状態における見掛け比重は、同種類のスラグについてはほとんど変動がないが、種類が異なると、その値

は 2.34 から 2.67 (いずれも平均値) とかなり異なる江口、中村両氏によると⁽⁴⁾、八幡製鉄所における高炉スラグを 22 試料について試験した結果、比重は 2.22~2.56 の間にかわり、平均値は 2.42 であった。種類わけしていないスラグについては大体この程度の変動は考えなければならないと考えられる。



第 1 図 コンクリートに使用した粗骨材の粒度曲線

吸水率および単位容積重量も、比重の場合と同様に、同種類のもの間では余り変動がないが、種類が異なると、その値は大きく変る。

単位容積重量については、土木学会コンクリート標準示方書では 1,100 kg/m³、A.S.T.M Specification では 1,120 kg/m³、British Standard では、1,250 kg/m³ (6/16"~1½") を許容最小値と定めている。実測値では U. S. Department of the Interior, Bureau of Mines⁽²⁾ が 171 試料の平均値として 1,304 kg/m³、江口、中村氏⁽¹⁾ は 21 試料の平均値として 1,396 kg/m³ を示している。第 1 表の値は、これらの値をすべて上回っており、比較的 dense な高炉スラグ砕石であることがわかる。単位容積重量は、同じ骨材でもその粒度によって変る。第 1 表の試料の粒度曲線は第 1 図 (a) および (b) のようである。

吸水率については、江口、中村氏によると平均 2.72 % (18 試料) である。

これらの資料と実験結果とを比較すると、この実験に用いた高炉スラグ砕石は非常に優秀な品質の部に属するものであることがわかる。

(2) 高炉スラグ砕石の強度

高炉スラグ砕石の強度を調べるため、砕石機で粉碎する前のブロックから供試体をつくって試験した。したがって、前項の試料とちがって 1 供試体の中でも空隙の分布状態が相当にかわり、各供試体の強度も相当広範囲に変動している。しかし、粉碎した砕石では、粉碎過程で脆弱な部分はある程度分離できると考えられ、分類した場合 (A と B) には、この実験値にあらわれているような強度のばらつきはないと考えてよい。さらに、強度は最低のもので 370 kg/cm² に達しているから、コンクリート骨材としては十分な強さであるといえる。

第 2 表 高炉スラグの圧縮強度

No.	寸 法 (cm)			断面積 (cm ²)	強 度 (kg/cm ²)	比重
	上 面	下 面	高 さ			
1	4.0×4.0×4.2×4.3	4.2×4.1×3.9×4.1	4.9	16.7	1580	2.90
2	4.7×4.9×4.9×5.1	4.9×5.1×4.8×4.9	5.2	24.0	509	2.52
3	7.4×7.6×7.7×7.7	7.7×7.8×7.4×7.5	6.7	57.7	946	2.49
4	5.1×5.1×5.2×5.1	5.1×5.2×5.1×5.1	5.2	26.0	397	—
5	4.3×4.4×5.3×5.5	4.3×4.4×5.3×5.4	5.6	23.1	662	—
6	5.3×5.2×4.6×4.9	5.2×5.3×5.3×5.3	5.3	26.2	370	—
7	4.1×4.1×5.1×5.0	4.1×4.1×5.0×5.1	5.3	20.5	746	—
8	5.8×5.8×5.4×5.6	5.4×5.4×5.8×5.8	5.5	31.5	666	—
9	3.9×3.9×2.7×2.9	2.5×2.4×4.0×4.0	3.8	10.4	539	—

第 3 表 安定性試験の結果

通るフルイ	留まるフルイ	各群の重量百分率 (%)	試験前の各群の重量 (gr)	各群の損失重量百分率 (%)	試料全体の損失重量百分率 (%)
40	20	53.6 ^(a)	1500	3.2 ^(b)	(a×b×1/100)
20	10	35.7	1000	9.5	1.7
10	5	10.7	300	12.6	3.4
計		100.0	2800		1.4
					6.5

(3) 高炉スラグ砕石の耐久性試験

1) 安定性試験 JIS A 1122 に従って硫酸ナトリウムによる骨材安定性試験を行なった。硫酸ナトリウムの比重は 1.16 (規定 1.15~1.17) とした。試験結果は第 3 表のようである。

損失百分率の限度は一般に 12% とされている。(土木学会コンクリート標準示方書) 上記の試験結果によると、この高炉スラグ砕石は十分規定に合格している。

2) すりへり試験 JIS A 1121 「ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法」に従ってすりへり試験を行なった。試料は異なる袋から 3 試料を抽出して 3 回の試験を行なった。試験結果は次の通りである。粒度の区分は A をとった。

第 4 表 すりへり減量

試 料	すりへり減量	平均
a	19.4 %	%
b	19.3	19.5
c	19.8	

土木学会標準示方書はすりへり減量の限度を 40%

と規定しているから、上記の結果は十分規定に合格す

る。U. S. Department of the Interior, Bureau of Mines で、26 試料について試験した結果、最大 44.4%、最小 24.5%、平均 33.1% となっている。

4. 高炉スラグ砕石を骨材として使用したコンクリート

(1) 使用した材料の試験結果

1) A E 剤: Darex, 市販のもので 10 倍溶液として使用

2) セメント: 普通ポルトランドセメント 品質試験の結果は第 5 表の通りである。

3) 砂: 相模川産

4) 比較用川砂利: 相模川産, 品質試験結果は第 7 表の通りである。

5) 高炉スラグ砕石: 川鉄千葉製鉄所産, 品質試験結果は第 8 表の通りである。

(2) AE コンクリートの配合および圧縮強度

断面寸法の比較的大きい鉄筋コンクリート構造物を造るためのコンクリートで、スランブが 18 cm 程度という条件のもとに、高炉スラグ砕石と川砂利を用いた A E コンクリートの配合の比較検討を行なった。配合は第 9 表の通りである。

強度試験結果は第 10 表の通りである。なお、強度および比重は 2 個の平均値である。

(3) 普通コンクリートの配合および圧縮強度

配合は A E コンクリートの場合と同一条件のもとに設計した。強度試験値は 2 個の平均値である。

第 5 表 使用したセメントの試験結果

比重	粉 末 度		フロー値 (mm)	曲げ強度(kg/cm ²)			圧縮強度(kg/cm ²)		
	88 μ フライ 残留 (%)	ブレン (cm ³ /g)		3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日
3.15	2.5		197	27.6	46.0	66.0	96	218	385

第 6 表 使用した砂の品質試験結果

比重	単位容積重 (kg/m ³)	吸水率 (%)	各ふるいに留まる重量百分率 (%)						粗粒率
			0.15	0.3	0.6	1.2	2.5	5	
2.58	1720	2.76	99	80	49	18	6	0	2.52

第 7 表 使用した川砂利の品質試験結果

比重	単位容積重 (kg/m ³)	吸水率 (%)	各ふるいに留まる重量百分率 (%)						粗粒率	備 考
			5	10	20	30	40			
2.62	1930	1.01	100	89	43	20	0	7.32	A E コンクリート用	
2.63	—	1.30	100	79	42	—	1.0	7.21	普通コンクリート用	
2.63	—	0.92	100	60	0.4	0	0	6.60	高熱試験用	

第 8 表 使用した高炉スラグ砕石の品質試験結果

比重	真比重	単位容積重 (kg/m ³)	空隙率 (%)	吸水率 (%)	各ふるいに留まる重量百分率 (%)						粗粒率	備 考
					5	10	20	30	40	50		
2.34	2.88	1475	19	2.56	100	96~98	80~83	47~54	18~23	0	7.9~8.0	A E コンクリート用
2.57	—	—	—	2.48	100	68	50	—	2	0	7.21	普通コンクリート用
2.57	—	—	—	1.65	99	57	0	0	0	0	6.56	高熱試験用

第 9 表 配 合 表

記 号	粗骨材	コンクリート 1 m ³ 当り					W/C	c/v	s/a	G/S	(c/v)
		水	セメント	砂	粗骨材	A E 剤					
S-1	スラグ	167	304	693	984	100	0.55	0.449	0.390	1.42	0.466
S-2	〃	166	237	743	988	100	0.70	0.342	0.408	1.35	0.365
S-3	〃	168	373	641	989	100	0.45	0.563	0.370	1.55	0.571
S-4	〃	167	279	715	984	75	0.60	0.414	0.397	1.33	0.428
S-5	〃	168	240	753	992	60	0.70	0.365	0.408	1.32	0.365
S-6	スラグ	157	345	775	1010	—	0.455	—	0.410	1.30	
S-7	〃	164	266	796	1032	—	0.617	—	0.410	1.30	
G-1	川砂利	159	289	620	1222	100	0.55	0.458	0.340	1.97	0.462
G-2	〃	159	227	670	1220	75	0.70	0.355	0.358	1.82	0.362
G-3	〃	159	265	641	1225	90	0.60	0.420	0.347	1.91	0.422
G-4	〃	159	353	570	1225	115	0.45	0.563	0.321	2.15	0.563
G-5	川砂利	156	312	681	1260	—	0.50	—	0.355	1.85	
G-6	〃	152	254	720	1269	—	0.60	—	0.368	1.75	

第 10 表 強 度 試 験 の 結 果

記 号	スランブ (cm)	空 気 量 (%)	圧 縮 強 度 kg/cm ²				σ_{28}/σ_7	σ_{91}/σ_{28}	$\sigma_{6ヶ月}/\sigma_{28}$
			7 日	28 日	91 日	6 ヶ月			
S-1	18.5	4.8	144	247	302	315	1.71	1.22	1.28
S-2	17.0	5.4	77	140	212	216	1.82	1.51	1.54
S-3	16.5	4.3	230	361	400	410	1.57	1.11	1.14
S-4	18	4.7	122	224	270	272	1.83	1.21	1.21
S-5	16	4.0	88	165	211	213	1.87	1.28	1.29
S-6	7	—	228	378	447	470	1.66	1.18	1.24
S-7	5	—	119	234	291	311	1.97	1.24	1.33
G-1	17	4.2	99	247	290	300	2.49	1.17	1.21
G-2	18	4.4	68	162	202	206	2.38	1.21	1.27
G-3	18.5	4.1	87	218	252	262	2.50	1.16	1.20
G-4	17	4.0	172	319	362	375	1.85	1.13	1.18
G-5	9	—	142	307	366	369	2.16	1.19	1.20
G-6	5	—	97	227	259	283	2.29	1.14	1.25

(4) 試験結果の考察

高炉スラグ砕石を粗骨材として使用したコンクリートについて第一に感ずることは、普通コンクリート、A E コンクリートとも、コンクリートが荒々しくなってウオーカビリチーが非常に悪くなりやすいことである。川砂利使用のコンクリートと、ウオーカビリチーを大体等しくするためには細骨材率を大きくすることが必要である。したがって本実験では川砂利の場合 G/S=1.8~2.2 とし、高炉スラグ砕石使用のコンクリートでは G/S=1.3~1.6 に減じたが、なお、かつ高炉スラグ砕石のコンクリートは分離し易いので（特に軟練りの場合）、川砂利使用の場合に比べてコンクリートの取扱いに特に

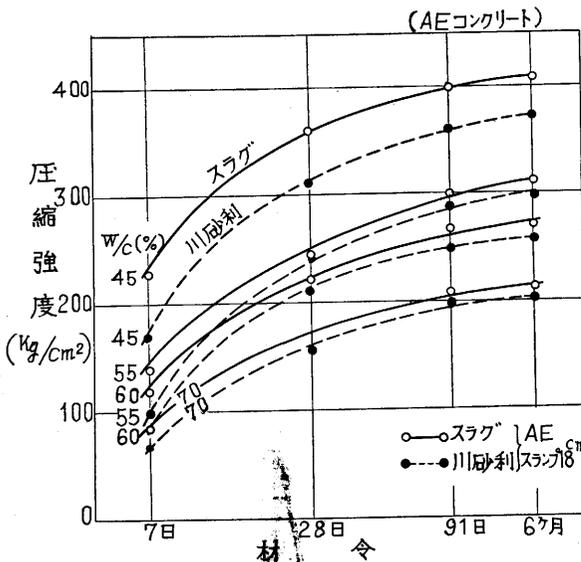
注意しなければならなかった。このように単位粗骨材量が減るため、同じスランブのコンクリートにするために必要な単位水重が多くなり（本実験では 8~10 kg 増）、したがって、セメントの使用量も増さねばならなかった。これらは普通コンクリート、A E コンクリートともに同じである。

次に A E コンクリートについて圧縮強度と材令、単位セメント量、セメント空隙比、水セメント比との関係を第 2 図、第 3 図、第 4 図、第 5 図に示した。第 2 図によるといづれの W/C の場合でも、7 日強度は高炉スラグコンクリートの方が川砂利コンクリートよりもかなり上回っているが材令が経過するにしたがって、その差が小さくなり W/C の大きいほど、両者の差が少なくな

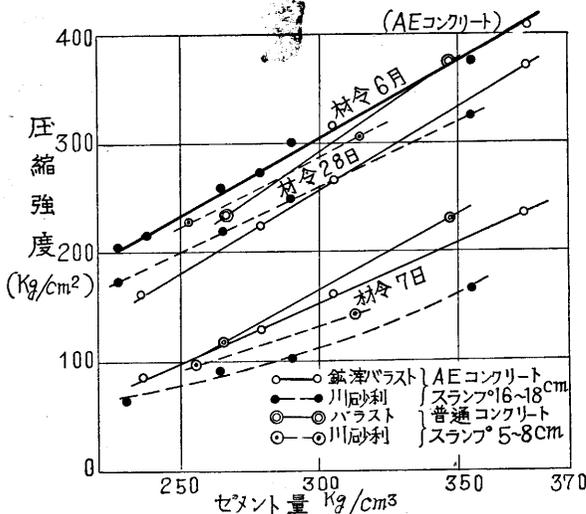
第 11 表

記号	粗骨材	コンクリート 1m ³ 当り (kg)				W/B (%)	S/a (%)	スランブ (cm)	圧縮強度(kg/cm ²)		σ_{28}/σ_7
		水	セメント	砂	砂利				7 日	28 日	
S-1	スラグ	189	420	668	1079	45	38	17.9	286	407	1.42
S-2	"	191	347	725	1077	55	40	18.4	200	310	1.55
S-3	"	185	308	761	1087	60	41	18.3	175	285	1.63
S-4	"	187	267	801	1066	70	43	17.0	126	220	1.75
S-5	スラグ	160	291	766	1152	55	40	4.6	210	341	1.62
S-6	"	164	235	837	1116	70	43	4.6	110	205	1.86
G-1	川砂利	176	391	635	1196	45	35	18.2	238	356	1.50
G-2	"	178	324	689	1191	55	37	18.3	171	290	1.70
G-3	"	172	287	725	1186	60	38	18.4	145	256	1.77
G-4	"	174	249	772	1162	70	40	16.8	113	208	1.84
G-5	川砂利	150	273	730	1226	55	37	4.9	175	296	1.69
G-6	"	154	220	803	1209	70	40	4.5	90	201	2.23

一が悪いので、同じスランブのコンクリートでは、単位水量および単位セメント量を増している。それで、セメント使用量が等しい場合について調べてみると、第 3 図から 7 日強度では高炉スラグコンクリートの方が上回っているが、28 日強度では軟煉り、硬煉



第 2 図 材令と圧縮強度との関係



第 3 図 セメント使用量と圧縮強度との関係

る。しかし、高炉スラグコンクリートはウォーカビリティ

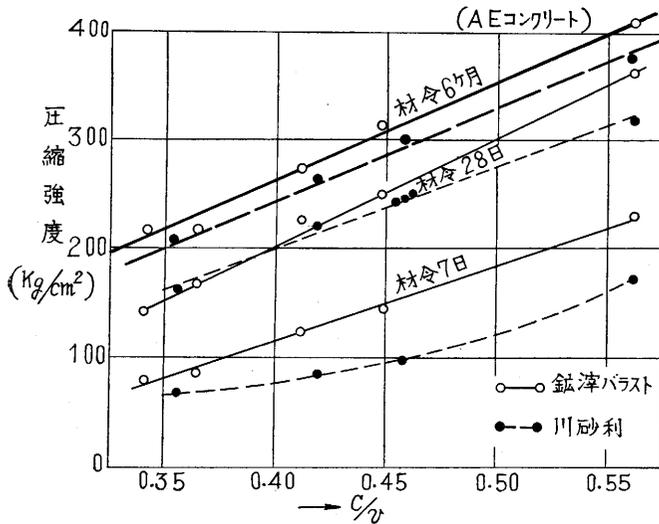
りの差がなくなる。しかし、セメント量の少ない貧配合においては川砂利コンクリートの方が強いような傾向も見られる。6ヶ月程度では両者の差異は認められない。

普通コンクリートについては、圧縮強度と単位セメント量、水セメント比との関係をそれぞれ第 6 図、第 7 図に示した。第 6 図から単位セメント量が等しい場合には圧縮強度は材令 7 日および材令 28 日も、骨材による差は余り認められない。しかし、第 7 図に見られるように、水セメント比が等しいときには、7 日強度も 28 日強度も高炉スラグコンクリートの方が強く、また前述の AE コンクリートの場合と同様、富配合ほど両者の差が大きい。次に第 10 表に示した高炉スラグコンクリートの材令 28 日の圧縮強度と水セメント比との関係を National Slag Association その他のデータと比較したのが第 8 図である。これには一般の骨材を使用した場合として米国連合委員会コンクリートおよび鉄筋コンクリート標準示方書(1940)により与えられた関係をも図示してある。この図から、この実験で得た結果は National Slag Association の Curve とよく一致していること、および Abrams の水セメント比法則は粗骨材に高炉スラグ碎石を使用した場合にもあてはまっていることがわかる。

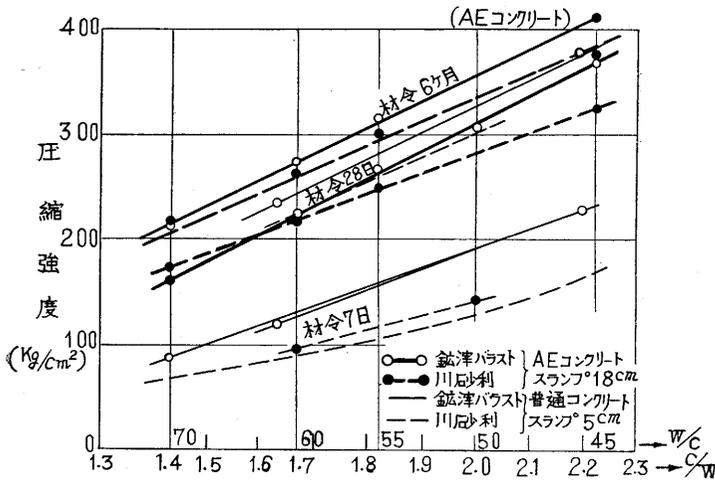
以上のことから、本実験に用いたセメントおよび粗細骨材を使用したとして、材令 28 日の圧縮強度 200 kg/cm² および 250 kg/cm² を要求する場合、高炉スラグコンクリートの配合は第 12 表、第 13 表のようになればよいことがわかる。

5. コンクリート透水試験

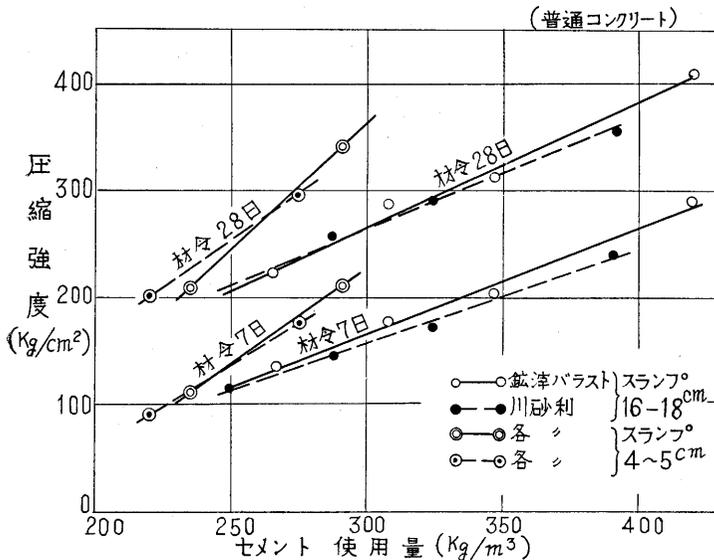
高炉スラグコンクリートおよび川砂利コンクリートの高圧透水試験を行なった。透水試験機は東京プラント K K 製で、中空厚肉円筒方式のものである。加圧法は外圧法で、供試体は内径 2 cm、外径 15 cm、高さ 30 cm の中空シリンダーを使用した。試験水圧は 30kg/cm² とし、供試体は 3 個で 28 日間、水中養生したのち試験した。



第 4 図 セメント空隙比と圧縮強度との関係



第 5 図 水セメント比と圧縮強度との関係



第 6 図 使用セメント量と圧縮強度との関係

コンクリートの配合を第 14 表に示し、試験結果を第 15 表に示す。

高炉スラグコンクリートは川砂利コンクリートとくらべて、 $W/C=60, 70\%$ とも耐透水指数が $0.01\sim 0.03$ 小さくなっているが、この程度の差は有意な差とは認められない。したがって、この試験結果からは高炉スラグコンクリートが川砂利コンクリートに比較して同じ程度に入念に施工すれば水密性を欠くようなことはないと考えてよい。

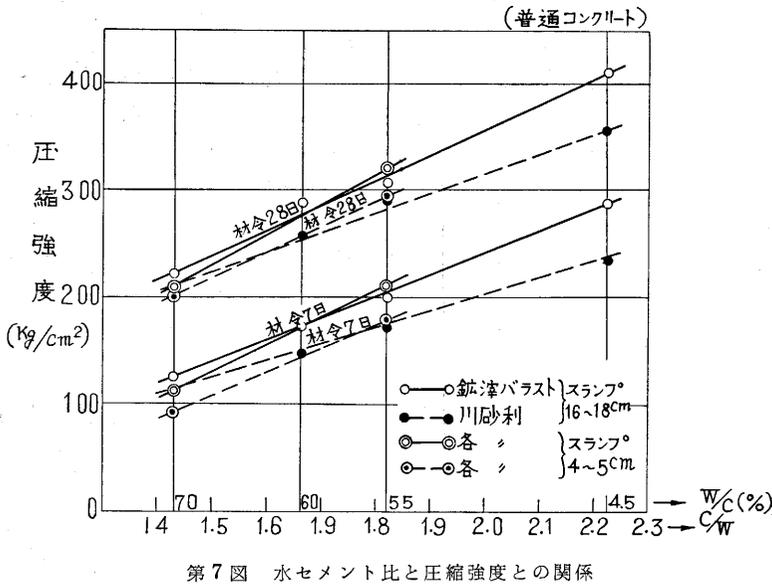
6. 高熱を受けた両骨材使用コンクリートの強度試験

高炉スラグ碎石は加熱された時均一に膨張するので、耐熱的であるといわれているが、これを粗骨材として使用したコンクリートが高熱を受けたときの圧縮強度の変化を川砂利コンクリートの場合と比較してみた。水セメント比は $50, 70\%$ の 2 種、供試体は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 、粗骨材の最大寸法は 20mm とした。配合を第 16 表に示す。

試験はつぎのように行なった。コンクリートは材令 28 日まで全部 20°C の水中養生をした後、2 個の供試体を強度試験し、残りの供試体は 100°C の乾燥器の中に入れ、重量が一定になるまで 3 日間乾燥させた。そのとき 2 個の供試体の強度試験をした。残りの供試体は電気炉に入れ、炉内の温度を約 1 時間で 300°C に上昇させ、48 時間 300°C の高熱を与え、炉より取り出した後、約 2 時間で圧縮強度試験を行なったものである。試験結果は第 17 表の通りである。

養生別による圧縮強度を第 9 図に示す。これによると標準養生 σ_1 において、高炉スラグコンクリートは川砂利コンクリートよりやや強度が小さいが、高温度にさらした場合、川砂利コンクリートの方が強度の低下が大きくなっている。第 10 図 (a), (b) にそれぞれ $W/C=50\%$ および 70% の場合の養生と強度残存率の関係を示し、第 11 図 (a)

(b) において、 100°C 乾燥および 300°C 加熱の場合の骨材と強度残存率の関係を示した。これらの関係から骨材別には 100°C で乾燥させたものは、標準養



第7図 水セメント比と圧縮強度との関係

生の強度に対して高炉スラグコンクリートは2%減, 川砂利コンクリートは富配合で4%, 貧配合で10%程減少している。300°Cの高熱においては, 標準養生供試体の強度に対して, 高炉スラグコンクリートで10~15%減, 川砂利コンクリートで16~23%位減少している。以上の試験結果から高炉スラグ砕石は川砂利よりも耐熱的な骨材であるようである。

7. むすび

1) 高炉スラグ砕石の強度は, その成分, 製造条件等により相当変動するが, 特別悪いものでない限り, 普通コンクリート用粗骨材として十

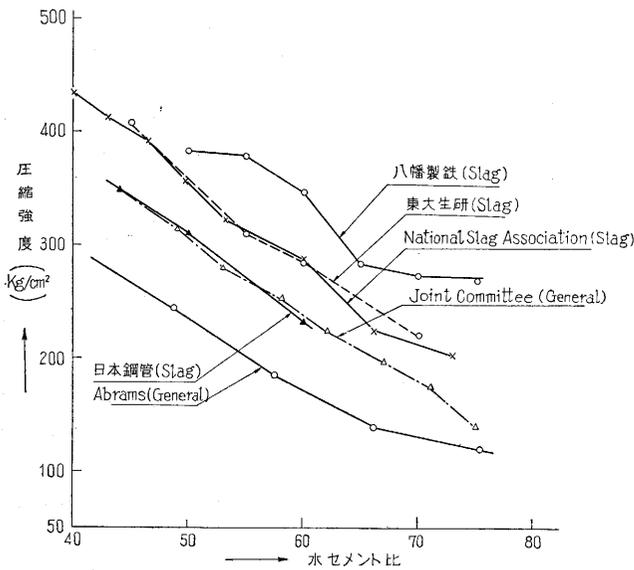
分な強度を有している。

2) 高炉スラグ砕石を粗骨材として用いる場合には, その表面に付着している砕石粉, 砂等を除く必要がある。微細な付着物の相当に多い砕石が見うけられた。

3) 高炉スラグ砕石を用いたコンクリートはウオーカピリチーが非常に悪いので粗細骨材比を相当小さくすることが必要である。またコンクリートを余り軟煉りにすると分離しやすく, かえって打込みが困難となるので, 18 cm 以上のスランプのコンクリートは避けた方がよい。

4) 高炉スラグ砕石を粗骨材として用いたコンクリートの強度は川砂利を用いたコンクリートにくらべて水セメント比が同じのときは大体大きいようである。特に材令が若いときにこの傾向が著しい。

5) 単位セメント量が等しく, スランプが一定の時の圧縮強度は, 材令7日では高炉スラグコン



第8図

○A Eコンクリートの場合

第12表

所要平均強度 (kg/cm ²)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント重量化 (%)	絶対細骨材率	粗細骨材重量比	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	単位骨材量 (kg)		単位A E 剂量 (cc)
								細骨材	粗骨材	
200	50	16~18	64	0.404	1.34	167	261	740	990	65
250	50	16~18	57	0.396	1.38	167	293	715	990	70

○普通コンクリートの場合

第13表

所要平均強度 (kg/cm ²)	粗骨材最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント重量比 (%)	絶対細骨材率	粗細骨材重量比	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)
200	40	16~18	75	0.44	1.26	187	249	837	1056
200	40	16~18	65	0.42	1.37	187	288	785	1074

第 14 表 コンクリートの配合表

記号	粗骨材	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	W/C (%)	S/A (%)	スランブ (cm)
S-A	スラグ	167	278	748	1065	60	41	9.0
S-B	"	167	239	832	1028	70	43	6.0
G-A	川砂利	158	263	737	1234	60	38	9.0
G-B	"	158	226	788	1210	70	40	6.0

第 15 表 透水試験結果

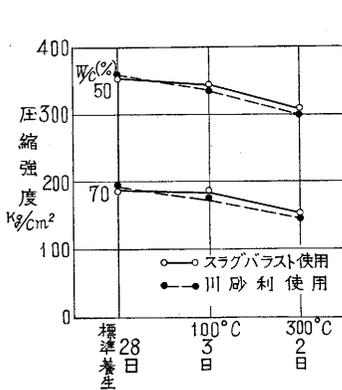
記号	平均流出量 (cc/時)	平均流出量算出時材令 (日)	耐透水指数
S-A	295	30	7.56
S-B	311	30	7.56
G-A	252	35	7.59
G-B	270	31	7.57

クリートの方が強いが、材令 28 日以後では大体等しく余り差はない。これは A E コンクリート、普通コンクリートについて共にいえることである。

6) 高炉スラグ碎石を粗骨材として用いるためには、

第 16 表 耐熱試験用コンクリートの配合

骨材	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	W/C (%)	S/A (%)	スランブ (cm)
スラグ	186	372	50	48	50	48	6.6
"	202	269	70	52	70	52	6.2
川砂利	177	354	50	45	50	45	7.6
"	189	252	70	49	70	49	7.1



第 9 図 養生状態と圧縮強度との関係

コンクリートのホッパーを改良したり、振動機を使用したりして、打込みに特に注意することが必要である。

7) 透水試験の結果によれば、高炉スラグコンクリートと川砂利コンクリートとの間に水密性の差は認められなかった。

8) 高炉スラグ碎石使用のコンクリートは 300°C 程度の高熱に対しては川砂利使用コンクリートに比べて耐熱的である。(1959. 2. 19)

文 献

- 1) 江口辰五郎, 中村清: 高炉スラグ

碎石のコンクリート骨材への利用, セメントコンクリート誌 1957. 11月

(2) 栗山, 小林, 千葉: 高炉スラグ碎石のコンクリート骨材への利用, セメント, コンクリート誌 1957. 11月

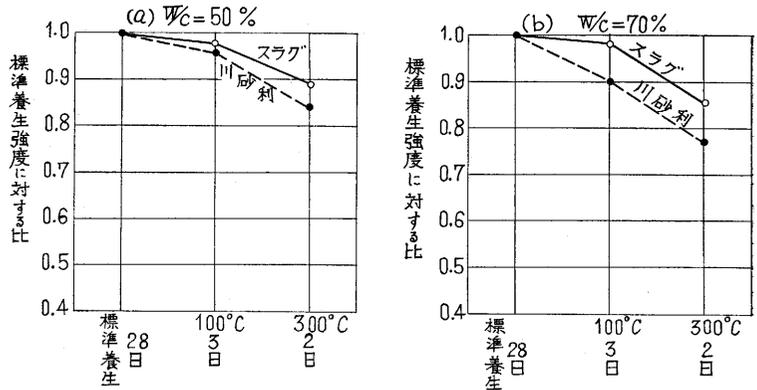
第 17 表

骨材	標準養生 28 日		100°C で 3 日間			300°C で 48 時間			W/C (%)
	σ_1	W_1	σ_2	σ_2/σ_1	W_2/W_1	σ_3	σ_3/σ_1	W_3/W_1	
スラグ	347	2342	341	0.98	0.93	309	0.89	0.91	50
"	185	2295	181	0.98	0.91	154	0.85	0.90	70
川砂利	356	2370	340	0.96	0.94	299	0.84	0.92	50
"	194	2333	175	0.90	0.92	150	0.77	0.91	70

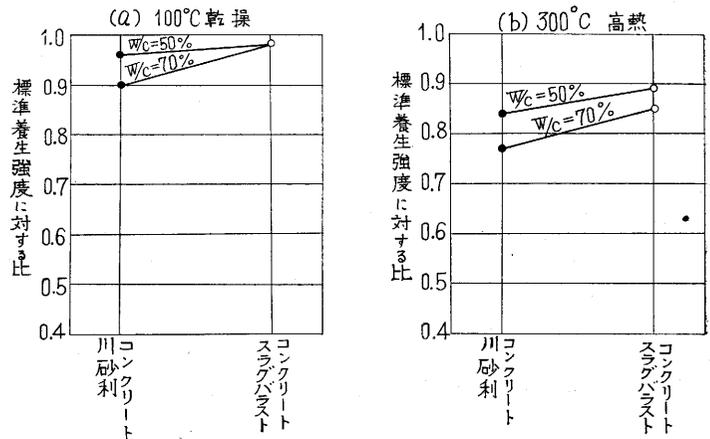
ただし、 σ は圧縮強度 (kg/cm²) W は単位容積重量 (s/l)

(3) "Iron Blast-Furnace Slag, Production, Processing Properties and Uses" Bulletin 479

U. S. Department of the Interior Bureau of Mines, 1949.



第 10 図



第 11 図