

徳島大学 正員 河野 清
 徳島建設株式会社 安宅 洋
 徳島建設株式会社 幸田 政武

1. まえがき

近年、産業副産物の有効利用に関して各方面で深い関心が持たれ、研究が進められている。とくに、今日では公害防止のため火力発電所の排煙から回収される石こうの利用はきつめて重要な研究課題となっている。

本研究では、排煙石こうと製鉄所の溶銑炉で銑鉄生産の際に副産されるスラグと混ぜて、石こう・スラグ系の結合材として使用可能かどうか、まず最初モルタルについて検討を行なった。5、最適配合と中バネとしてこのコンクリートの基礎的な性質について調査を行なったので以下に報告する。

2. 石こう・スラグ系モルタルに関する検討

(1) 実験の概要

石こうは四国電力KK取出力発電所から副産される排煙脱硫酸石こう($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、比重=2.18、ブレン比表面積=1500 cm^2/g)およびこれを微粉砕してブレン比表面積=3600 cm^2/g としたものを用いた。スラグは新日本製鉄化学工業KK製の高炉スラグ(CaO =64.4%、 SiO_2 =23.9%、 Al_2O_3 =8.8%、比重=2.90、ブレン比表面積=3360 cm^2/g)を用いた。一部、セメントと結合材に換えられ、日本セメントKK製の普通ポルトランドセメントである。なお、モルタル試験用の細骨材はセメント規格試験に使用する重満標準砂である。

表-1. に示す実験計画に従って、モルタルにサビモルタルを練り、フロー値を測定して、 $10 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ 3個組みの型枠に詰め、所定材令で曲げ強さや圧縮強さを測定して各要因の影響を調べた。なお、標準軟度のペーストで凝結時間についても検討した。

(2) 実験結果と考察

主な実験結果を図-1. ~ 図-4. に示す。石こうの粉末度の影響はほとんどみられな。石こう・スラグモルタルの強さは初期材令は低い。湿潤養生すると材令とともに湿潤水結合材比の小さいものほど強さは大である。結合材の配合比については図-3. のように石こう、スラグのみと結合材として材令91日までの強さが顕著にみられ、石こう量が少しいはうがより結果がえられている。なお、セメントと結合材を加えると石こう量30%の場合に懸濁液の塊が観察された。また、図-4. のように凝結時間が長くなり、乾燥状態では CO_2 の影響で表面劣化の傾向がある。なお、塩化カルシウムを1、2%加えると各材令の強さは幾分増大した。

表-1. モルタルに関する実験計画

実験シリーズ	結合材比 (石:ス:砂:セ)	凝結時水結合比 (水:砂) (%)	強さ (%)	材令 (日)
(1) 石:スの粉末度	2:8:0	1:2	65	曲げ、圧縮 7,28,91
(2) 結合材の水結合比	2:8:0	1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10, 1:12, 1:15, 1:20	45, 55, 65	曲げ、圧縮 7,28,91
(3) 結合材の配合比	1:9:0, 2:8:0, 3:7:0, 1:8:1, 2:7:1, 3:6:1, 1:7:2, 2:6:2, 3:5:2	1:1	45	曲げ、圧縮 7,28,91
(4) 塩化カルシウム添加(1.%, 2%)	1:9:0	1:2	65	曲げ、圧縮 3,7,21
(5) ペーストの凝結時間	1:9:0, 2:8:0, 3:7:0, 1:8:1, 1:7:2, 1:6:3	ペースト	28.5-33.4	—

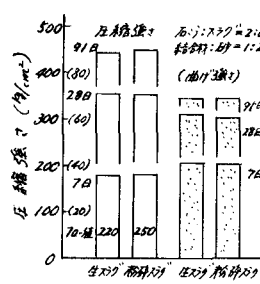


図-1. 粉末度の影響

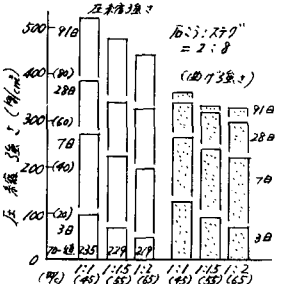


図-2. 結合材の水結合比の影響

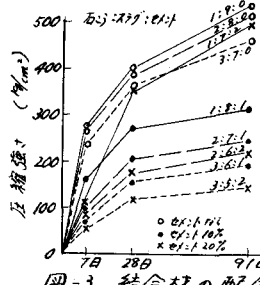


図-3. 結合材の配合比と各材令の強さ

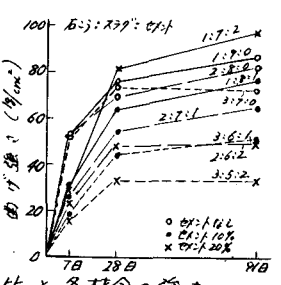


図-4. 凝結試験結果

結合材配合比 (石:ス:砂:セ)	凝結時間(初凝-終凝)	水膏 (%)	温度 (℃)
3:7:0	2 3 4 5 6 7 8	33.3	20.2
2:8:0		33.8	20.2
1:9:0		34.3	20.2
1:8:1		33.8	20.3
1:7:2		33.5	20.3
2:10:10		28.5	20.9

3. 石こう・スラグ系コンクリートの検討

(1) 実験の概要

火カ発電所で採取される石こう ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, プレーン値 1500 $\frac{\text{cm}^3}{\text{kg}}$), 高炉スラグ, 普通ポルトランドセメントなどを用いた。品質はエルトル試験に用いたものと同様である。粗骨材は最大寸法 10mm の船堀川砂利 (比重 2.69, 吸水率 1.17%), 細骨材は粗砂率が 2.74 の吉野川砂 (比重 2.63, 吸水率 1.44%) である。

結合材の配合比はエルトル試験結果より表-2 のように種々、比較のため普通セメントのプレーンコンクリートを用いた。

強制練リミキサーを用いてエルトル比 1 分、砂利を投入してさらに 1 分 30 秒練り、所定の容器や型に注ぎ固めて、コンクリートのブリージング率、圧縮・曲げ・引張りなどの各強度、乾燥収縮などを試験した。なお、供試体は振動数 6000 rpm の振動台を用いて 20 秒間の締固め成形を行い、2 日後に脱型した。とくに、圧縮強度については養生温度 (10, 20, 30 $^{\circ}\text{C}$)、蒸気養生 (2+3+3 (60, 80 $^{\circ}\text{C}$) + 16 h), 塩化カルシウム添加 (1, 2%/乾重量) などの影響も調査した。

(2) 実験結果と考察

コンクリートの実験結果を表-3 および図-5~図-9 に示す。石こう・スラグコンクリートはブリージング率が小さく、初期研令の強度は低い。長期研令の 91 日では曲げ強度、圧縮強度ともかなり増進している。養生温度を高くして 30 $^{\circ}\text{C}$ にすると初期強度はかなり改善されており、塩化カルシウム添加の効果も若干みられる。また、乾燥収縮は普通コンクリートよりかなり小さく、空気中で乾燥養生すると表面が炭酸化し軟化する傾向がみられるので湿潤状態での使用が望まれる。なお、60 $^{\circ}\text{C}$ と 80 $^{\circ}\text{C}$ で蒸気養生を行なった場合、強度増進率が低く促進養生の効果がみられなかつたので、前者を期間と替えてさらす検討を行う必要がある。

4. まとめ

石こうの有効利用を目的として、石こう・スラグ系のエルトル・コンクリートについて基礎実験を行なった結果、凝結・硬化の時間が長くなり、ブリージングが多く、初期強度増進が遅れるという特徴があるが、長期研令はかなりの強度増進がみられるので、湿潤状態で使用されるコンクリート構造物では使用可能なのもあると考えられる。今後、初期強度の改善、耐久性及く耐凍性の向上、鉄筋への影響などより研究を進める必要があるし、省資源の立場からみて大量に副産される石こうについては高温で処理して焼石膏とし、石こう建材としての有効利用についてもより積極的な検討が必要であると思われる。

表-2. 実験に用いたコンクリートの配合

配合 No.	結合材比 石:ス:セ	最大寸法 (mm)	砂利 (cm)	W/C (%)	f _g (%)	単位量 (kg/m ³)					
						水	石	ス	セ	粗骨材	細骨材
I	1:9:0	10	10	45	38	188	42	376	—	631	1050
II	2:8:0	10	10	45	38	188	84	334	—	626	1041
III	1:7:2	10	10	45	38	188	42	293	83	633	1053
IV	2:6:10	10	10	45	38	188	—	—	418	647	1076

表-3. ブリージング試験結果

結合材比 石:ス:セ	練り 時間 (分)	実験研 令 (分)	経過時間 (h-m)	ブリー ジ ン グ 率 (%)	ブリー ジ ン グ 率 (%)	ブリー ジ ン グ 率 (%)
1:9:0	14.0	7.6	6-30	280	3.56	11.1
2:8:0	15.2	9.1	5-00	242	3.48	9.6
1:7:2	15.0	10.5	4-10	139	1.77	5.5
2:6:10	14.7	11.0	4-30	146	1.86	5.8

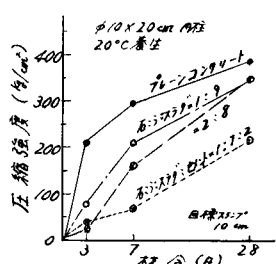


図-5. 石こうスラグコンクリートの圧縮強度

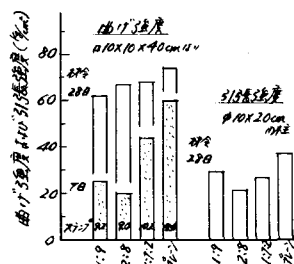


図-6. 曲げ強度と引張強度

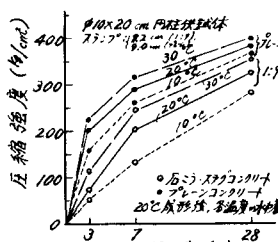


図-7. 養生温度の影響

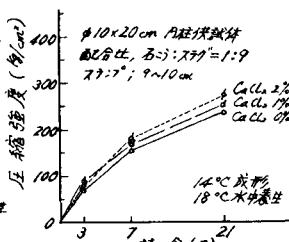


図-8. 塩化カルシウムの影響

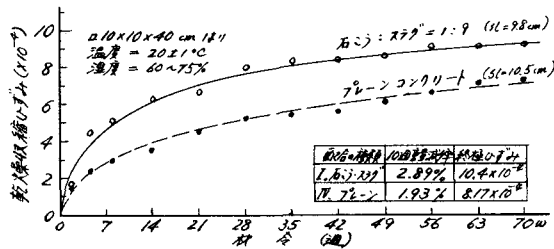


図-9. 乾燥収縮ひずみの測定結果