

電気炉鉍滓の細骨材としての利用に関する研究

田代忠一*・山田均**

Studies on Utilization of Electric Furnace Slag as Sand in Cement Mortar

Chūichi TASHIRO and Hitoshi YAMADA

Abstract

This paper deals with the effect of the electric furnace slag sand on the strength of cement mortar cured in ordinary and steam conditions.

The strength of cement mortar using slag sand is developed more than that used Toyoura standard sand at age of all days. Also, the slag sand treated with 0.5% H_2SO_4 or 1% $NaOH$ solution is more effective for development of mortar strength.

It has been shown that the sand crushed from electric furnace slag is useful for mortar and concret.

1. 緒言

天然骨材の枯渇につれて、碎石の使用が増大してきたが、最近生産量が多くなっている鉄鋼関係鉍滓を利用するいわゆる鉍滓碎石については研究が少ない¹⁾²⁾。その中で、とくにMg分に富む合金鉄電気炉鉍滓に関してはほとんど研究されていない。

そこで、筆者らは合金鉄電気炉鉍滓（以下電炉滓と称する）をコンクリート用細骨材として利用するための基礎資料とするために、常温養生および蒸気養生における電炉滓砂セメントモルタルの強度発現について試験研究を行なった。このほか、電炉滓の反応性を利用して、 H_2SO_4 あるいは $NaOH$ にて表面処理を行なった電炉滓モルタルの強度についても検討した結果、電炉滓砂の骨材としての利用、骨材の表面処理による骨材性質の改良および骨材とモルタル強度との関係に影響をおよぼす養生条件などについて興味ある事実を得たので報告する。なお、モルタルの強度発現の考察の一助とするために、一部の試料についてはモルタルの単位重量および加熱減量などを測定した。

2. 実験方法

材料 実験に使用したセメントは市販の普通ポルトランドセメントで、その化学成分はTable 1のようである。電炉滓は鉍滓鍋中で散水冷却されたもので、X線回折および検鏡によれば、かんらん石、輝石、ざくろ石、ガラスおよびその他の鉍物からなっている。電炉滓の化学成分はTable 1のようで、その骨材としての物理的性質はTable 2に示した。電炉滓砂は使用に先立って、豊浦標準砂と粒度を同一にした後水洗し調整した。一方、化学処理電炉滓砂は上記の粒度調整砂1kgを0.5% H_2SO_4 あるいは1% $NaOH$ の20°C溶液50ml中に24hrs、浸漬処理した後、軽く水洗し、風乾製造した。なお、これらの化学処理砂はX線回折、検鏡などで、その生成物が確認できなかったが、化学成分からして、 H_2SO_4 処理には石膏、珪酸ゲル、硫酸マグネシウム、また $NaOH$ 処理のものには珪酸石灰ゲル、珪酸ソーダなどの生成が推定される。

配合 モルタル配合はセメント砂比が1:2、水セメント比0.65の標準配合とした。混練、型詰めなどに

Table 1 Chemical compositions of cement and slag

	Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Insol.	Total
Cement	0.7	21.4	5.5	3.1	64.4	1.2	0.2	0.8	1.5	1.0	99.8
Slag	1.9	34.6	9.2	2.4	35.0	15.4					98.5

* 資源工学室教

** 大学院工学研究科資源工学専攻

Table 2 physical characteristic of sand

	Specific gravity	Bulk density	Water adsorption (%)
Toyoura sand	2.65	1.42	0.39
Slag sand	3.29	1.93	0.49

については JIS に準じて行なった。供試体は 1 × 1 × 4 cm の小型を使用した。

養生条件 常温養生のものは JIS に準じたが、蒸気養生条件は前養生期間 20°C, 3 hrs. 等温養生温度 65°C, 等温養生時間 6 hrs., で, Fig. 1 のようである。なお, 脱型後は 20°C の水中養生を行なった。

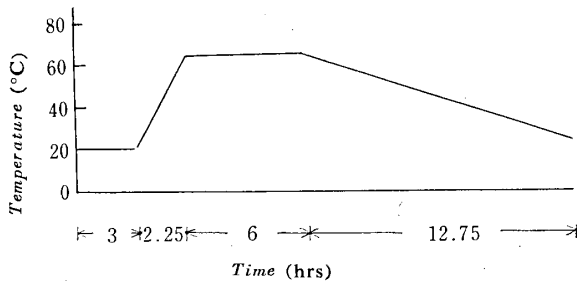


Fig.1 Condition of steam curing

Table 3 Ratio of strength of slag sand mortar to Toyoura sand mortar as 100

	Ordinary curing						Steam curing					
	Bending strength			Compressive strength			Bending strength			Compressive strength		
	3 days	7 days	28 days	3 days	7 days	28 days	1 day	7 days	28 days	1 day	7 days	28 days
Mortar using Toyoura sand	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mortar using slag sand	111	109	119	121	109	108	118	144	118	125	126	122
Mortar using slag sand treated with H ₂ SO ₄	111	119	119	119	108	105	132	139	119	128	118	130
Mortar using slag sand treated with NaOH	130	120	129	142	118	106	127	126	118	135	122	119

次に, 蒸気養生においては Fig. 4 および Fig. 5 に示すように, 電炉滓砂モルタルは標準砂モルタルに比して圧縮, 曲げ強度とも著しく増大, 120~125% に達している。また, H₂SO₄ 処理電炉滓砂モルタルは材令 28 日の圧縮強度で 130%, NaOH 処理のものは脱型時に 135% と長期と初期にそれぞれ 顕著な強度発現が認められる。

強度試験 JIS に準じて行なった。曲げ強度は 3 個, 圧縮強度はその折片 6 個の平均をとった。試験材令は標準養生が 3, 7, 28 日, 蒸気養生は 1, 7, 28 日である。各測定値の変動係数は 10% 以内であった。

単位重量, 灼熱減量の測定 単位重量はモルタルの表面乾燥状態における単位重量で, 灼熱減量は 110°C, 24hrs., 乾燥後の重量を基準として 1000°C, 30mins の加熱減量から容積単位で算出したものである。

3. 実験結果および考察

常温養生における電炉滓砂モルタルの圧縮強度および曲げ強度は Fig. 2, 3 におのおの示した。また, 豊浦標準砂モルタルとの強度比は Table 3 のようである。これらの図表から明らかなように, 電炉滓砂モルタルは標準砂モルタルに比し, 一般に強度発現が早い。一方, 電炉滓砂モルタル間では H₂SO₄ 処理のものが未処理のものと同程度同じ強度を示すが, NaOH 処理の電炉滓砂モルタルは初期強度の発現が著しく, これを標準砂モルタルに較らべると圧縮, 曲げ強度とも 120~130% と増大している。

このように, 電炉滓砂モルタルは標準砂モルタルと比較して, 圧縮, 曲げ強度とも材令にかかわらず強度発現が早い, これは電炉滓砂の細骨材としての利用に対する長所と言へる。また, 電炉滓砂の化学処理が強度発現の促進と結びついていることは非常に面白く, 電炉滓砂のみならず他の碎石あるいは天然骨材の化学処理の可能性をも示している。次に, 電炉滓砂モ

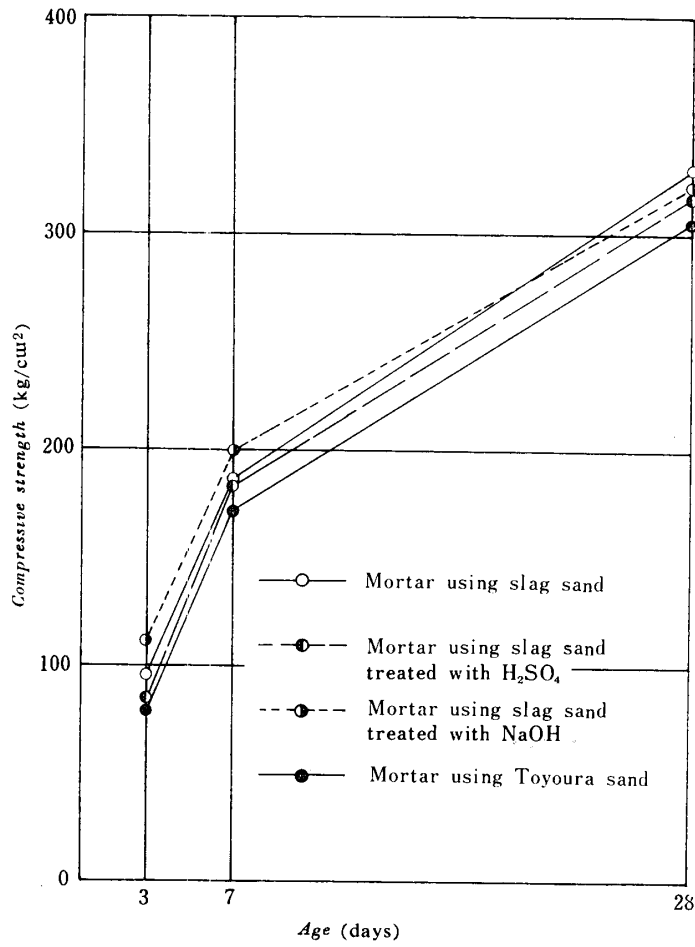


Fig.2 Compressive strength of mortars in ordinary curing

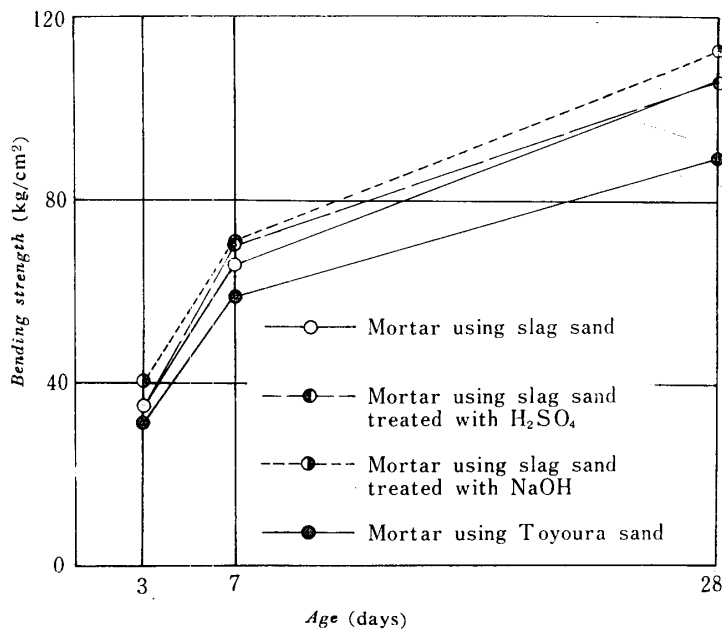


Fig.3 Bending strength of mortars in ordinary curing

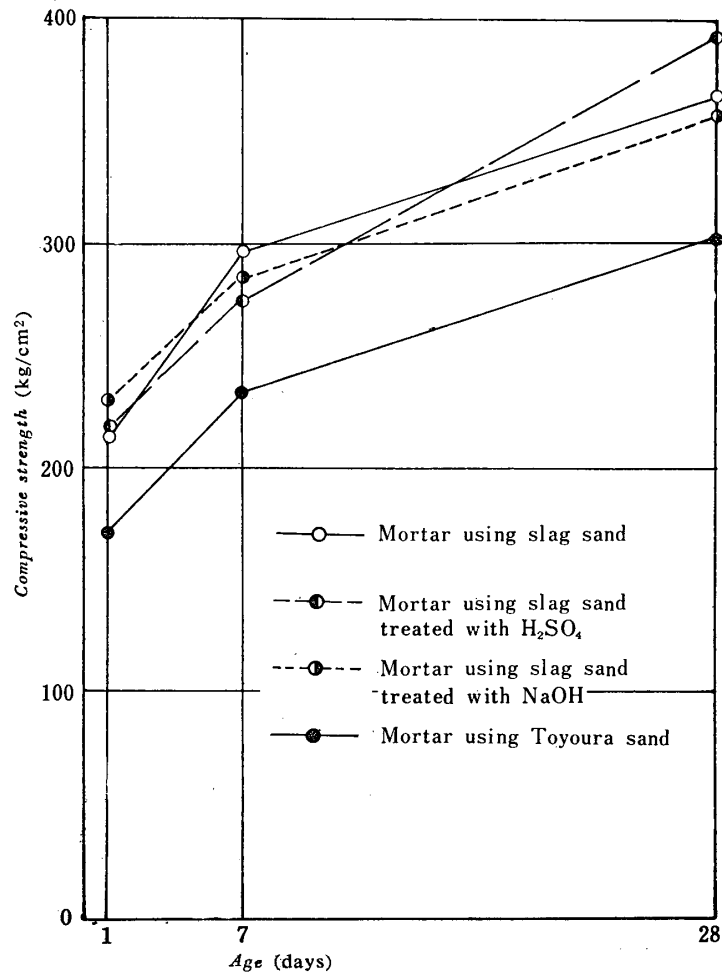


Fig. 4 Compressive strength of mortars in steam curing

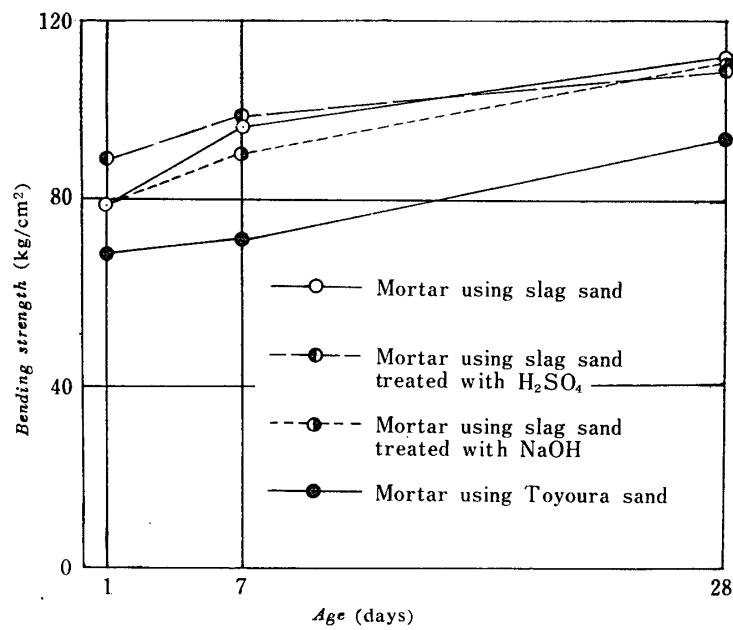


Fig. 5 Bending strength of mortars in steam curing

ルタル強度が常温養生と蒸気養生下で標準砂モルタルに対する強度増比が異なることは、石英微粉添加のコンクリートがオートクレーブ養生下で著しく強度増進をもたらすと言う事実と類似し、モルタルあるいはコンクリート強度と骨材の関係が養生条件によって、か

なり影響されていることを示している。したがって、骨材とくに反応性骨材の研究については標準養生のみならず、蒸気養生さらにはオートクレーブ養生など諸種の養生条件で検討する必要がある。

Table 4 Bulk density and ignition loss of cement mortars at 28 days

	Ordinary curing		Steam curing	
	Bulk density	Ig. loss (mg/cm ³)	Bulk density	Ig. loss (mg/cm ³)
Mortar using Toyoura sand	2.16	119	2.13	118
Mortar using slag sand	2.34	112	2.31	112
Mortar using slag sand treated with H ₂ SO ₄	2.34	115	2.30	116
Mortar using slag sand treated with NaOH	2.36	119	2.30	118

次に、上記強度試験に供した試料中、材令28日硬化体の単位重量および灼熱減量は Table 4 に示した。単位重量については、電炉砕砂モルタルは標準砂のそれに比して重い、これは電炉砕自体の容量が影響し、結果として電炉砕砂モルタルの強度発現の促進原因となっていると考えられる。一方、灼熱減量に関しては、電炉砕砂モルタルが標準砂モルタルよりも多少小さく、その強度との相関は明らかではない。しかしながら、表面化学処理電炉砕砂モルタルが未処理のものより、概して灼熱減量が大で、強度も出ていることからすれば、電炉砕砂モルタルの強度発現の促進はセメントペーストの水和促進よりもむしろ、骨材表面のペーストに対する付着性あるいは化学性^{1),5)}などが関係しているものと推察される。

以上の結果から、電炉砕砂の骨材としての利用を考えると、常温養生、蒸気養生下では充分利用可能であるばかりでなく、その表面処理によってはさらに強度の発現を促進させ得る。また、これらの結果は骨材の表面処理による骨材性質の改良および骨材とコンクリート強度との関係に影響をおよぼす養生条件などの面についての研究を示唆するもので、今後の骨材研究に与える意義は大きいと考えられる。

なお、電炉砕砂の細骨材としての利用に関しては、さらに長期強度、化学抵抗、膨脹収縮、透水などの面からの検討も続けたい。また、化学処理電炉砕砂については今後一層の研究を行ないたい。

4. 結 語

豊浦標準砂と同一粒度で調整された電炉砕砂および H₂SO₄、NaOH 処理電炉砕砂などを使用したセメントモルタルについて、圧縮強度、曲げ強度、単位重量灼熱減量を測定した結果、次のことが明らかとなった。

1) 常温、蒸気養生にかかわらず、電炉砕砂モルタルは豊浦標準モルタルと比較して、常に、圧縮、曲げ強度が大であり、細骨材として利用可能である。

2) 0.5% H₂SO₄あるいは1% NaOH 溶液で処理された電炉砕砂モルタルは未処理のものに比較して強度発現が促進される。とくに、H₂SO₄ 処理のものは蒸気養生下での効果が著しく、材令28日で圧縮強度130%、曲げ強度119%の増大をみた。

3) 上記の電炉砕砂モルタルの強度発現の促進は電炉砕の単位重量が大きいことと骨材表面のセメントペーストとの付着性に関係があるものと考えられる。

4) 本研究から、骨材の表面処理による骨材性質の改良の可能性および骨材とコンクリート強度との関係に影響をおよぼす養生条件の重要性が認識される。

謝辞 本研究を実施するに当たり、種々御便宜を賜わった当学石原俊助教授ならびに有益なる助言を下された新日本製鉄化学KK 花田光雄研究所長に感謝する。また、試料の提供を許諾された新日本製鉄KK、浜田重工KKの関係者に深謝する。

参 考 文 献

- 1) 中山, 山崎, 前川, 秋永: セメント技術年報, **XXII**, 266 (1968)
- 2) 江口, 中村: セメントコンクリート, **129**, 120 (1957)
- 3) 栗山, 小林, 千葉: セメントコンクリート, **129**, 127 (1957)
- 4) H.F.W.Taylor: The Chemistry of Cements (1964) P.387
- 5) M.Cheron, C.Lardinois: 5th Intern. Symp. Chem. Cement, **IV**, 277 (1968)

(昭和45年11月14日受理)