

UDC 666. 972. 017

669. 162. 275. 2: 666. 913: 551. 311. 2

高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材を用いた コンクリートに関する基礎的研究 (11)

— 結合材の風化とその対策 —

Studies on Slag-Gypsum Cement Concrete (11)

魚本健人*・小林一輔*・星野富夫*

Taketo UOMOTO, Kazusuke KOBAYASHI and Tomio HOSHINO

1. はし が き

高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材を汎用のセメントとして実用化する場合、セメントの取り扱い上の問題点としては、貯蔵時の風化がある。従来の研究では風化による品質変化が大きいことが報告されており、特に、アルカリ刺激剤の割合が適正な場合には風化に伴いその結合材を用いたコンクリートの強度が著しく低下するが、過剰添加の場合にはかえって強度が増大することがある^{1),2)}とされている。

そこで、本文ではアルカリ刺激剤量を変化させた高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材を風化させた場合に、その結合材を用いたコンクリートの強度がどのように変化するか、また、風化した結合材を再利用することができるかということについて検討を加えた。

2. 実験概要

結合材の風化実験は表-1に示す結合材料を用いた高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材を対象とし、比較のため普通ポルトランドセメント単身の場合についても実験を行った。スラグは、市販のスラグAおよびスラグBを用い、結合材は重量比でスラグ：石こう＝85：13、普通ポルトランドセメントを0～7 wt%添加したものとした。

風化条件は、温度 20℃、湿度 90% R.H. とし、また各

結合材の風化条件が一定となるよう同じ容器に入れ、毎日2回攪拌した。なお、CO₂濃度はほぼ0.1%であった。

風化による結合材の品質の変化を調べるため、風化させた結合材を用いたコンクリートの圧縮強度試験を実施した。なお、その場合のコンクリートの配合は W/C＝55%、単位水量 180 kg/m³ とし、すべて水中養生 (20℃) を施した。骨材は富士川産の川砂 (比重 2.62, 吸水率 1.99%, F.M. 2.76) と秩父両神産の砕石 (最大寸法 20 mm, 比重 2.69, 吸水率 0.63%, F.M. 6.85) を用いた。

3. 実験結果と考察

3.1 高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材と普通ポルトランドセメントの比較

図-1は、スラグAを用いスラグ：石こう：普通ポルトランドセメント＝85：13：2で混合した高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材と普通ポルトランドセメントの風化期間と圧縮強度との関係を示したものである。

この図から明らかなように、いずれの結合材を用いた場合でも風化期間の長い結合材を用いたコンクリートの圧縮強度は低下する。しかし、高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材の場合、普通ポルトランドセメントに比べてその強度低下は約3倍に達しており、さらに注目すべき点としては、風化期間56日の結合材を用いたコンクリ

表-1 結合材料の品質

結合材料	比重	粉末度 (cm ² /g)	ガラス量 (%)	塩基度	化 学 成 分 (%)											
					ig. loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	Total Sulfur	Na ₂ O	K ₂ O	Total
普通ポルトランドセメント	3.16	3330	—	—	0.4	0.1	22.0	5.4	3.1	—	64.5	1.4	2.2	—	—	99.1
スラグ A	2.89	4350	98.6	1.80	1.0	2.4	32.9	12.2	1.0	0.5	41.0	6.0	1.0	0.29	0.38	98.7
スラグ B	2.92	3520	98.2	1.83	0.3	0.3	33.4	12.6	1.0	0.7	42.3	6.1	1.2	0.38	0.31	98.6
排煙脱硫石こう (二水石こう)	2.33	1580	—	—	20.2	0.5	0.3	0.1	0.2	0.0	32.6	0.1	45.4	—	—	99.4

* 東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

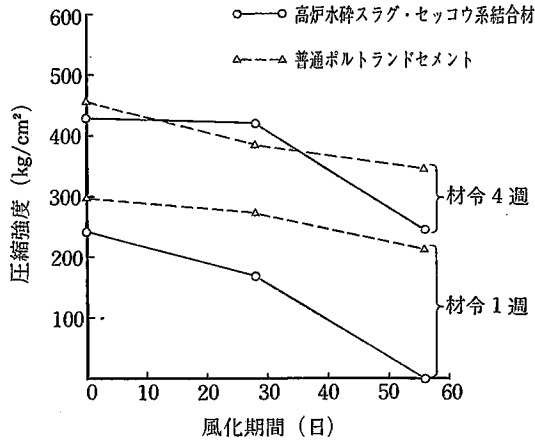


図-1 風化させた結合材を用いたコンクリートの風化期間と圧縮強度

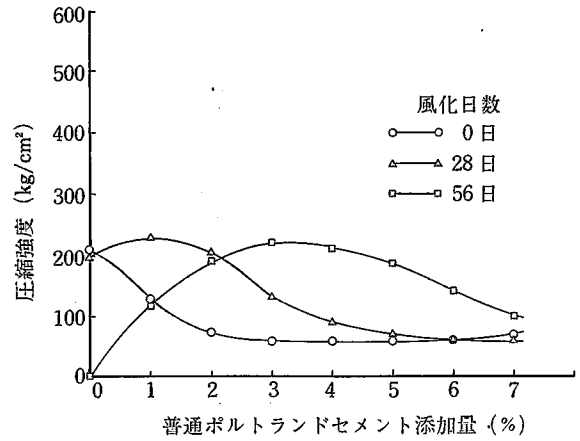


図-3-1 スラグBを用いた場合の風化期間と圧縮強度 (材令1週)

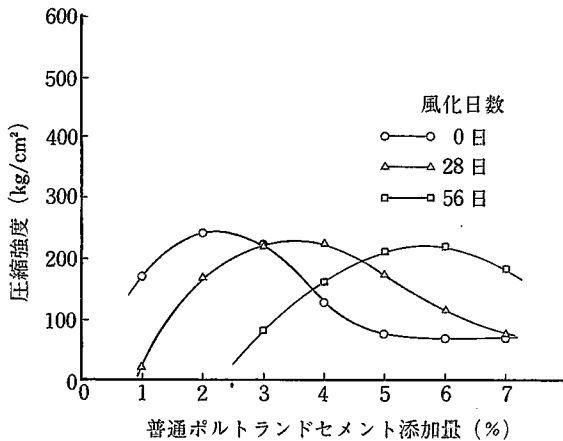


図-2-1 スラグAを用いた場合の風化期間と圧縮強度 (材令1週)

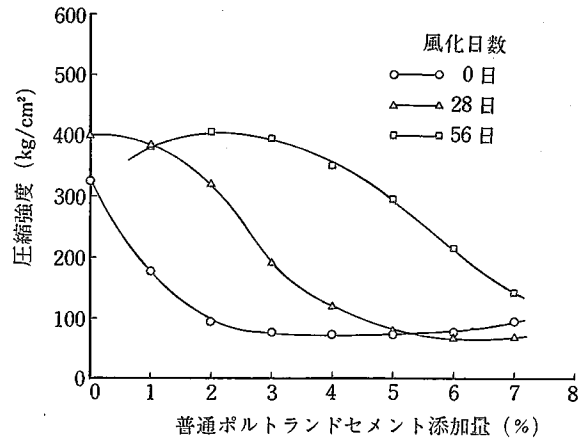


図-3-2 スラグBを用いた場合の風化期間と圧縮強度 (材令4週)

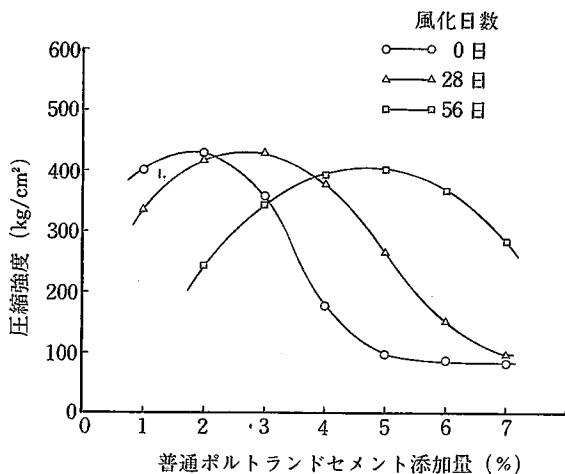


図-2-2 スラグAを用いた場合の風化期間と圧縮強度 (材令4週)

トの強度発現は著しく遅れ、材令1週での圧縮強度はわずか3 kg/cm²であったことである。

このように高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材が風化の影響を大きく受けるということは、汎用のセメントとして利用する上で重大な障害となる。しかし、前報³⁾で述べたように高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材はアルカリ刺激剤である普通ポルトランドセメント量によってその品質が著しい変化を示すことを考慮すると、図-1に示された現象はアルカリ刺激剤の影響であると推定される。そこで、風化による影響がアルカリ刺激剤量によってどのように変化するかを検討した。

3.2 普通ポルトランドセメント添加量を変えた場合の風化期間と圧縮強度

図-2 および図-3 はスラグA およびスラグBを用いた高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材に普通ポルトランドセメントを0~7 wt%添加し、風化期間を0日、28日、

56日とした場合のコンクリート圧縮強度を示したものである。これらの図から次の傾向が認められる。

i) いずれのスラグを用いた場合でも、風化日数が長くなるほど、普通ポルトランドセメント添加量と圧縮強度との関係を示す曲線は全体的に普通ポルトランドセメント添加量の多い方へ移行する。

ii) 上記の曲線は、風化日数が長くなるほど緩やかとなり、最大強度は5~10%低下する。

iii) スラグAとスラグBの場合では多少異なった曲線となるが、座標軸を移動させると両曲線はほぼ一致する。

以上の結果から明らかなように、高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材を風化させると、おもにアルカリ刺激剤である普通ポルトランドセメントの減少による影響が卓越すると考えられる。これより、従来の研究で、風化させた結合材を用いたコンクリートの強度が減少する場合と増大する場合があるという報告^{1),2)}は、いずれもが起り得ることであることがわかる。また、スラグAとスラグBとではおのおの異なった曲線を示しているが、縦軸を約2.5%水平に移動させるとほぼ同じ強度となることから、スラグBはスラグAに比べ約2.5%のアルカリ刺激剤を含んでいたことを示している。

ここで、この実験で結合材がどの程度風化したかを調べるために、結合材混合時と風化日数56日の結合材の強熱減量(850°C)を調べたものを表-2に示す。この表から明らかなように、本実験では風化期間56日での強熱減量の増加はいずれの場合にもほぼ一定である。すなわち、図-2,3で示した曲線が風化に伴い平行移動したことと一致している。

3.3 風化した結合材の活用

今まで述べた結果から明らかなように、高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材は風化により、おもにアルカリ刺激剤が消費されると考えられるため、風化した結合材でも、これに新たにアルカリ刺激剤を添加すれば再度活用することができるかと推定される。そこで、風化期間120日のスラグAを用いた結合材に普通ポルトランドセメントを0~5 wt%添加した場合のコンクリート強度を図-4に示す。

この図から、次のことが明らかである。

i) 普通ポルトランドセメント無添加の場合、風化した結合材のみを用いても硬化しない。

ii) 普通ポルトランドセメントを添加すれば硬化し、その量が3~4 wt%であれば風化前の強度とほぼ同じ強度を得ることができる。

iii) 図-2の風化前に比べ、材令1週および4週の曲線は多少異なるため、普通ポルトランドセメントを4~5%添加しても強度低下は少ない。

表-2 高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材の風化に伴う強熱減量の変化

普通ポルトランドセメント添加量(%)	ig. loss (%)		
	風化前	56日間風化後	差
1	5.02	5.97	0.95
2	4.91	5.80	0.85
3	4.82	5.76	0.94
4	4.61	5.94	1.33
5	4.81	6.00	1.19
6	4.83	5.89	1.06
7	4.70	5.67	0.97
平均			1.04

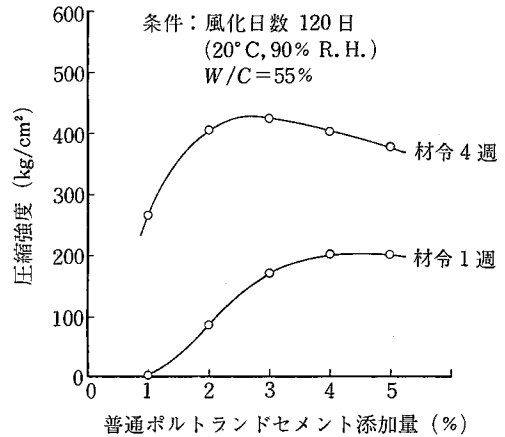


図-4 風化した結合材に普通ポルトランドセメントを添加した場合の圧縮強度

これらの結果から、高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材はたとえ風化により硬化しなくなった場合でも、アルカリ刺激剤を新たに適量添加すれば活用することが可能であることが確かめられた。しかし、その場合のアルカリ刺激剤の最適添加量は結合材の風化条件等により異なると考えられるため、上記の方法で最適添加量を推定する必要があると思われる。

4. 高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材の風化対策

今まで述べたことから明らかなように、高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材を風化させると、著しい強度変化を示す。その原因は、おもにアルカリ刺激剤である普通ポルトランドセメントが消費されるためであると考えられる。

このため、高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材が風化によって著しく影響されないようにするための対策としては次のような方法が考えられる。

i) 結合材が風化せぬよう、ビニール袋詰め等で貯蔵、運搬する方法

研究速報

ii) 結合材の風化をあらかじめ見込んで、アルカリ刺激剤の添加量を適正值より多くする方法

iii) アルカリ刺激剤を結合材中に添加せず、コンクリート練り混ぜ時に適量添加する方法

上記の方法のうち、i) および ii) は併用することが可能であるが、その場合には貯蔵し得る条件および期間について検討する必要がある。また iii) ではアルカリ刺激剤の計量ミスが直ちにコンクリート強度の著しい変化をもたらすため、実用化するためには計量方法等に関する検討が不可欠である。

また、万一この結合材が風化した場合でも 3.3 で述べた方法で再活用することが可能であることは、この種の結合材の大きな特徴である。

5. あとがき

本文では、高炉水砕スラグ・セッコウ系結合材の風化による品質変化とその対策を明らかにしたが、さらに凍結融解に対する抵抗性、乾燥収縮等の問題が残されている。最後に、結合材の化学分析等にご協力いただいた新日本製鉄化学工業(株)に感謝いたします。

(1980年7月17日受理)

参考文献

- 1) 後藤, 城戸, 長井: セメント技術年報 IX, 1955
- 2) 浅岡, 佐野: セメント技術年報 IX, 1955
- 3) 魚本, 小林, 星野: 生産研究 Vol. 31, No. 9, 1979

次号予告 (11月号)

特集 生産・加工システムの最適化

特集 1	上界接近法の塑性加工への応用.....	木内学
2	レーザー切断による抜き型の製作.....	{ 中川 威雄 鈴木 浩
3	放電加工用加工液としての水の利用.....	増沢 隆久
4	新カウフマン型収束イオン源の応用.....	{ 阿部 章男 増沢 隆久
5	走査電子顕微鏡 (SEM) を用いた表面粗さ測定的基础研究.....	{ 佐藤 壽芳 大堀 真敬
6	工作機械構造の振り振動に関する研究.....	{ 那須 雄次 中村 良也 佐藤 壽芳
7	マイクロプロセッサによる超音波探傷の自動化 - 探触子スキナの自動化 -	{ 原島 文雄 稲葉 豊博 酒井 正彦 古館 正人
8	イオン線誘起電流 (IBIC) を用いたイオン・エッチング 過程の新しいモニター法 (I)	{ 柳裕之 横山 嗣 関幸 信 今井 勇次
9	ホール素子を利用した非接触速度検出器の試作.....	樋口 俊郎
10	PM型ステップモータの駆動回路に関する研究 - ユニポーラ駆動とバイポーラ駆動との比較 -	樋口 俊郎
11	鑄鉄 - 砥粒焼結ラップ工具の試作.....	{ 萩生田 善明 刘込 勝比古 中川 威雄
12	GMDH による切削工具摩耗の予測	{ 植松 哲太郎 大島 康次郎