

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(6)

—スラグ中のアルカリ刺激剤混入量の推定方法に関する一提案—

Studies on Slag-Gypsum Cement Concrete (6)

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・セッコウ系結合材の中でもいわゆる“高硫酸塩スラグセメント”の領域に属する結合材は、微量のアルカリ刺激剤により水和反応が起こる。しかし、前報¹⁾で示したようにその添加量が多すぎるとかえって強度低下を起こすため、その取り扱いには十分注意する必要がある。

本報告では高炉水砕スラグ自体のガラス量、化学組成および粉末度に殆んど差が認められないのに銘柄が異なるとこれを用いたコンクリートの強度が相当に異なる原因が、スラグ粉末の製造過程におけるアルカリ刺激剤(主としてポルトランドセメント)の混入であることを明らかにすると共に、このアルカリ刺激剤混入量の推定方法について検討を加えたものである。

2. 実験の概要

異なった工場で製造された高炉水砕スラグ粉末を各々排煙脱硫石こう(二水石こう)および普通ポルトランドセメントと混合して使用した場合のコンクリート強度を調べた。その場合スラグ:セッコウ:セメントの重量比は85:13:2とし、コンクリートの配合は全く同一のものとした。

また、各々のスラグの品質を調べるため化学分析、ガラス量の測定、粉末度の測定等を行い、さらに普通ポルトランドセメントの添加量を0~5%に変化させた場合のコンクリート強度を調べた。

実験に使用した骨材はすべて別報²⁾と同様で、スラグ、セッコウ、セメントの品質は表-1に示す通りである。

3. 実験結果と考察

3.1 銘柄の異なったスラグを用いた場合の圧縮強度

図-1は銘柄の異なったスラグを用いたコンクリートの圧縮強度(水結合材比55%, 単位水量180kg/m³)を示したものである。

この実験では、用いたスラグの銘柄が異なるのみで、スラグ自体のガラス量、化学組成および粉末度などの品質は大差がなく(表-1参照)、またコンクリートとしての配合、成形等もすべて同じ条件で行っている。しかし、この図から明らかなように、スラグの銘柄の相違によって強度は著しく異なり、材令4週で約230kg/cm²、材令13週で約300kg/cm²の相違がある。

この両者のスラグの品質は、表-1より明らかなように、塩基度はスラグAがやや高く、スラグ粉末度はスラグBがやや大きい。しかし、別報²⁾で報告したように、スラグ粉末度や塩基度の差がこの程度であればその強度

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	2.92	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
スラグ B	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 C	2.91	3950	96	1.93	—	—	32.1	14.8	—	0.5	40.0	7.1	1.2	—	—	95.7
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

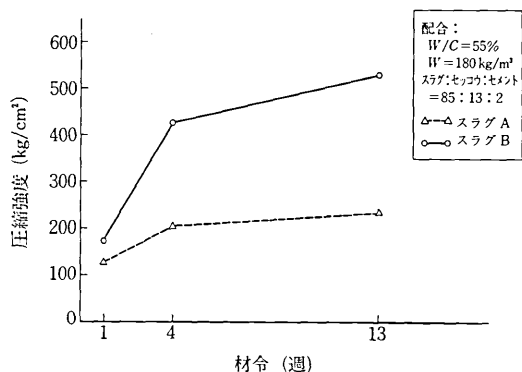


図-1 銘柄の異なる高炉水砕スラグとコンクリート圧縮強度

差は高々10%程度になるはずである。言いかえると、表-1で見ると、スラグAとスラグBはほぼ同等な品質であると言えよう。

これらの点から、今回のように銘柄の異なるスラグの使用によって著しい強度差を生じた原因は、スラグの品質以外の要因にこれを求める必要のあることが明らかである。

3.2 セメント添加量を変えた場合の圧縮強度

3.1の結果から銘柄の異なるスラグの使用によって強度差を生じた原因の1つとしてスラグ中へのポルトランドセメントの混入が考えられる。すなわち、現在の高炉水砕スラグ粉末の製造、輸送工程を考えるとポルトランドセメントと同じ設備を利用している部分がある。そのためごくわずかではあってもポルトランドセメントが混入する可能性がある。

そこでX線回折によるポルトランドセメントの混入の有無を調べたが、特にポルトランドセメント固有のX線回折ピークは認められず、もし含有されているとしても検出限界以下(数%以下)であると考えられる。

以上のことから、もしポルトランドセメントの混入があったとしてもごく微量であり、通常の方法で調べることは不可能なため、逆に各々のスラグおよびセッコウ混合物に普通ポルトランドセメントを0~5%添加してその圧縮強度を調べた。なお、スラグおよびセッコウ混合物は85:13の割合である。

図-2は、普通ポルトランドセメントを全く含まぬように管理されたスラグCをコントロール用スラグとして使用し、スラグAとスラグBの差を示したものである。

この図から明らかなようにスラグBはスラグCとほぼ同様な傾向を示し、各材令とも普通ポルトランドセメント添加量が2~3%程度で最大強度を示している。一方、スラグAの場合には普通ポルトランドセメント無添加の場合に最大強度を示し、添加量を増大させるにつれ強度

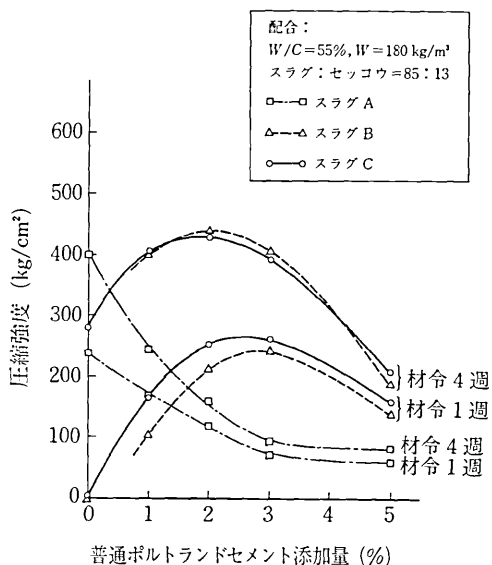


図-2 普通ポルトランドセメント添加量とコンクリート圧縮強度

は低下していることが明らかである。しかし、従来の考え方によればアルカリ刺激剤が全く存在しないにもかかわらずスラグがこのように反応することは考えられない。すなわち、スラグAの場合には何らかのアルカリ刺激剤がすでに混入しているものと考えられる。

そこで、図-2に示すスラグAの曲線を平行移動させ図-3を作成した。このように図を書きかえるとスラグAの曲線はスラグB、スラグCの曲線とも良い一致を示すと言えよう。なお、参考のためスラグBを用いた場合の普通ポルトランドセメント添加量10%(水結合材比50%、単位水量 180 kg/m^3)の強度を前報¹⁾より推定した値をプロットした。

図-3より、スラグAは約3~4%の普通ポルトランドセメントまたはそれと同等なアルカリ刺激剤が混入しているものと考えられ、これが原因で図-1に示したような強度差が生じたものと思われる。

4. スラグ、セッコウ中のアルカリ刺激剤混入量推定方法に関する提案

以上述べたことから明らかなようにいわれる“高硫酸塩スラグセメント”のようなごく微量のアルカリ刺激剤の変化により大きくその性質が変化する結合材の場合、スラグまたは石こう中に含まれているアルカリ刺激剤の量を推定することはきわめて重要である。しかし、前述のように化学分析、X線回折試験等では検出限界以下となってしまうため十分な推定が不可能である。そこで、本報告で述べたように、普通ポルトランドセメントを0~10%添加してモルタルまたはコンクリートの強度を調

研究速報

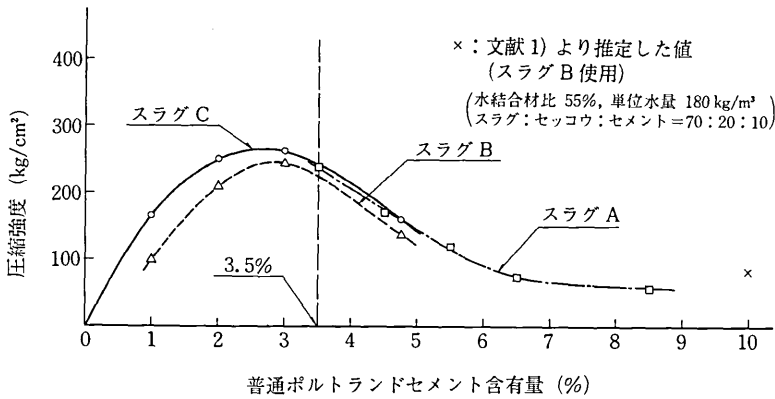
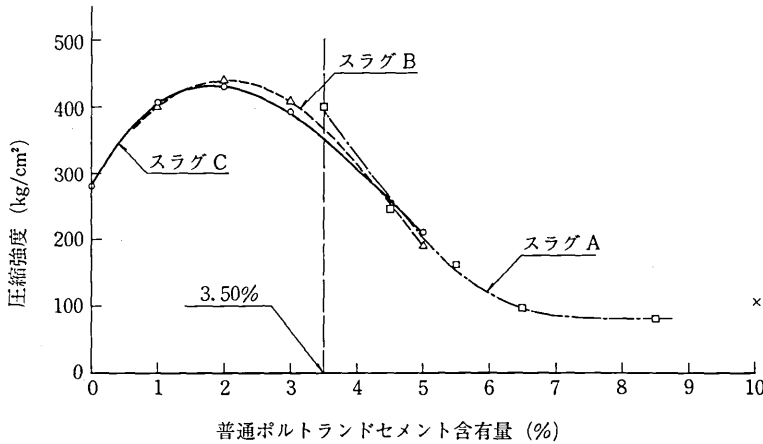


図-3 (a) 普通ポルトランドセメント含有量の推定(材令1週)



(b) 普通ポルトランドセメント含有量の推定(材令4週)

べ、普通ポルトランドセメントに換算したアルカリ刺激剤の混入量を推定する方法を提案する。

この方法は直接的な方法ではないが、従来行われているセメントの強度試験等に準じて実施することが可能であり、容易に行うことができる。また、もしある程度アルカリ刺激剤が混入していることが明らかとなった場合でも、普通ポルトランドセメント等のアルカリ刺激剤最適添加量を求めることが可能である。ただし、今回スラグAで得られたようなピーク値のない場合については、次の2つの理由から使用に当たっては慎重に検討すべきであろう。

(i) ピーク値がない場合、アルカリ刺激剤混入量の推定に誤差を生じやすい。

(ii) 図-2からも明らかなようにピーク値を示す普通ポルトランドセメント添加量は材令とともに減少する傾向にあるため、長期強度を考えた場合にはたとえアルカリ刺激剤を添加しない場合でも不利となる。

5. あとがき

本報告で明らかになったように、いわゆる“高硫酸塩スラグセメント”の領域に属する結合材は、ポルトランドセメント含有量によって非常に大きな影響を受ける。従来からこの種の結合材の研究において、その強度の変動要因の主なものとしてスラグの銘柄が指摘されていたが、強度を支配する要因がスラグの品質のどのような属性であるのかは皆目見当がつかなかった。本研究によって、これが明確にされたものと思われる。今後この種の結合材に関する検討を行う場合には、図-3で示したような方法でスラグ中にアルカリ刺激剤がどの程度含有されているかをチェックする必要がある。

最後に、化学分析等の御援助をいただいた新日本製鉄化学工業(株)に感謝いたします。(1979年6月5日受理)

参考文献

- 1) 魚本, 小林, 星野: 生産研究 Vol. 31, No. 6 1979年6月
- 2) 魚本, 小林, 星野: 生産研究 Vol. 31, No. 9 1979年9月