

高炉水砕スラグを混和材として用いた コンクリートの中性化に関する一実験

A Study on Carbonation of Concrete Using Blast-Furnace Slag as Admixture

小林 一 輔*・伊藤 利 治*・魚 本 健 人*

Kazusuke KOBAYASHI, Toshiji ITO and Taketo UOMOTO

1. はじめに

硬化したコンクリートは一般にセメントの水和によってできる水酸化カルシウムのためにアルカリ性を示す。しかし、この水酸化カルシウムは適度の水の共存のもとで二酸化炭素と容易に反応し、炭酸カルシウムを生じるため、空気中などに置かれるとコンクリートは徐々に中性化される。また、一般にコンクリートの中性化の度合や速度は大気中にある場合には、大気中の二酸化炭素の濃度、コンクリートの品質などの要因に著しく影響される。

高炉水砕スラグ粉末を混和材として用いたコンクリートの場合、コンクリートの品質がスラグ量に応じて変化するので、中性化の度合および速度もプレーンコンクリートと異なる。コンクリートの中性化は鉄筋の腐食等に大きな影響を及ぼす重要な因子の一つであり、スラグを混和材として用いた場合のスラグ混和率、スラグ粉末度等による影響について調べることは重要である。そこで本文では外的条件を一定にして、スラグ混和率、スラグ粉末度、水セメント比等の諸要因が中性化に及ぼす影響について報告する。

2. 実験概要

コンクリートの水セメント比は40, 50, 65%とし、スラグ混和率を0, 30, 50, 70%, スラグ粉末度を2500, 3000, 3500, 4000 cm^2/g に変化させその影響を調べた。なお、スラグを混入させた場合の“水セメント比”としては結合材であるセメントと高炉水砕スラグを加えた重量に対する水の重量の比を用いた。

2.1 使用材料

(1) 高炉水砕スラグとセメント

高炉水砕スラグは、粉末度2500, 3000, 3500, 4000 cm^2/g のものを使用した。その化学成分、ガラス量を表-1に示す。またセメントは普通ポルトランドセメントを使用し、その化学成分は表-2のとおりである。

(2) 骨材

粗骨材の最大寸法は20mmとし、秩父両神産の砕石を、また細骨材は富士川身延産の川砂を使用した。粗骨材は比重2.69, 吸水率0.93%, 粗粒率6.65で、細骨材は比重2.63, 吸水率1.90%, 粗粒率3.05である。

2.2 実験方法

実験の組合せは図-1のとおりで、コンクリート供試体寸法は10×10×40cmとした。供試体はコンクリート

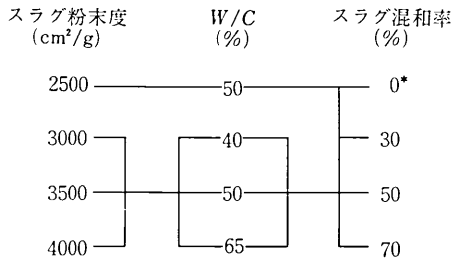
表-1 水砕スラグ微粉末の化学成分とガラス量

試料	化 学 成 分 (%)							ガラス量 (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Mn	S	
№1	32.18	14.83	40.04	7.10	1.84	0.50	1.16	96.3
№2	32.18	14.86	40.01	7.05	1.84	0.50	1.15	97.2
№3	32.10	15.02	39.98	7.08	1.83	0.58	1.18	96.3

表-2 普通ポルトランドセメントの化学成分 (%)

ig. loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
0.6	0.4	21.8	5.1	3.1	64.6	1.1	2.3

*東京大学生産技術研究所 第5部



* プレーンコンクリートを意味する

図-1 実験の組合せ

打設後1週間水中養生(20℃)し、その後温度20℃、湿度50% R.H.の恒温恒湿室(CO₂濃度0.1%前後)に放置した。

材令16カ月で供試体を曲げ破壊し、直ちにその破壊断面をフェノールフタレイン溶液(1%溶液)で呈色させた。中性化深さは各面から3点ずつノギスで0.1mmまで測定し、計12カ所の平均をその供試体の中性化深さとした。なお、各コンクリートの曲げ強度は材令16カ月で28~74kg/cm²の間であった。

3. 実験結果と考察

水セメント比はコンクリートの透気性と密接に関係しており、透気性の小さいものほど、すなわち水セメント

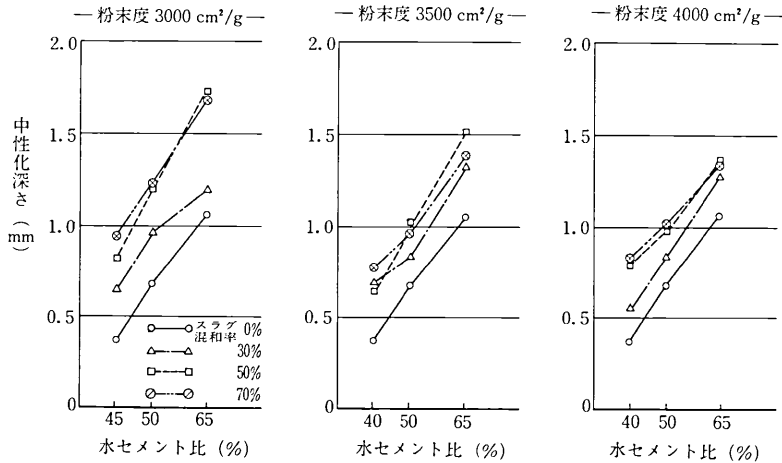


図-2 水セメント比と中性化深さの関係

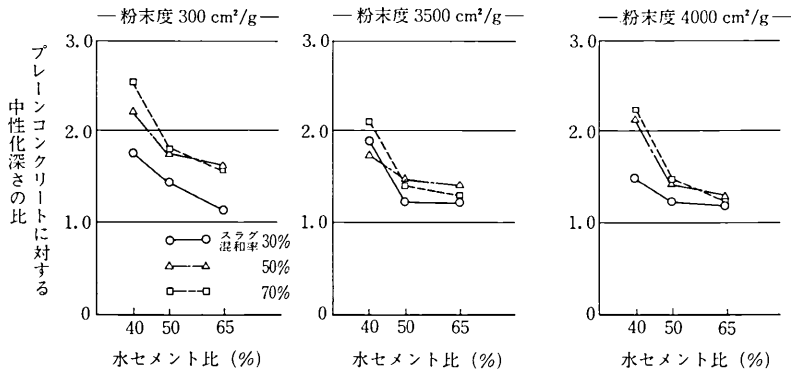


図-3 水セメント比とプレーンコンクリートに対する中性化深さの比の関係

研究速報
 比の小さいものほど中性化は遅いと一般に言われている。今回の実験結果でも同様な結果となっており、図-2に示すように水セメント比が大きくなるほど中性化深さはほぼ直線的に増大している。また、スラグを混入したコンクリートはスラグを混入していないプレーンコンクリートに比べ中性化深さは大きく、従来の高炉セメントの場合¹⁾と同様な傾向を示している。

図-3はプレーンコンクリートに対する中性化深さの比と水セメント比の関係を示したもので、この図より、水セメント比が大きくなるほどプレーンコンクリートに対する中性化深さの比は減少する傾向が示されている。また、水セメント比50%と65%の場合は差があまりなくその値は、スラグ粉末度3500cm²/g以上で1.2~1.5とな

っているが、水セメント比40%の場合は2.0程度である。

図-4はスラグ混和率の変化がどのような影響を及ぼすかを示したものである。この図よりスラグ混和率が増加するほど中性化深さは増大している。しかし、水セメント比が大きくなるほどスラグ混和率70%の方が50%のものより減少する傾向がでている。このようにスラグ混和率が高くなるほど中性化深さが増える理由としては、高炉水砕スラグはセメントと異なりその水和過程でCa(OH)₂を遊離しない²⁾ためと思われる。

図-5はスラグ粉末度と中性化深さの関係を示したものである。この図からスラグ混和率が低いと粉末度による差は少ないが、スラグ混和率が50%以上、水セメント比が50%以上になると粉末度の高いものの中性化深さは

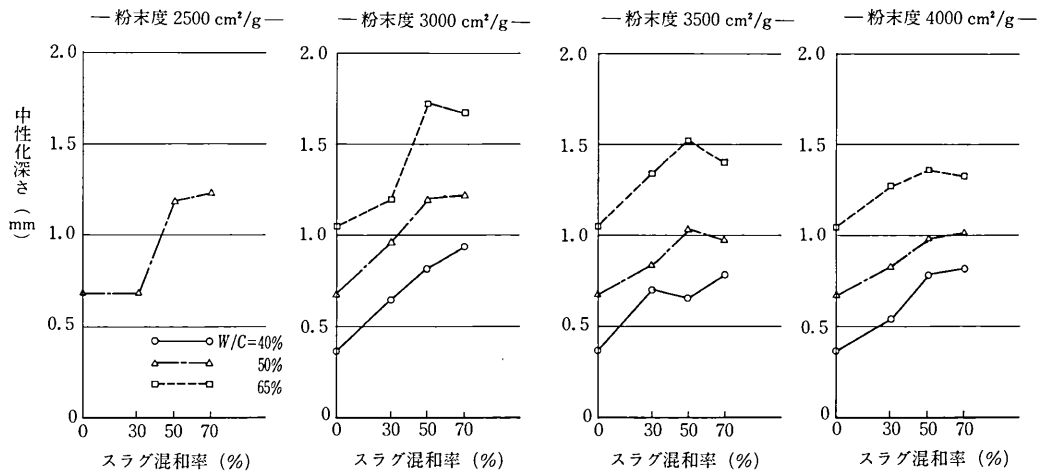


図-4 スラグ混和率と中性化深さの関係

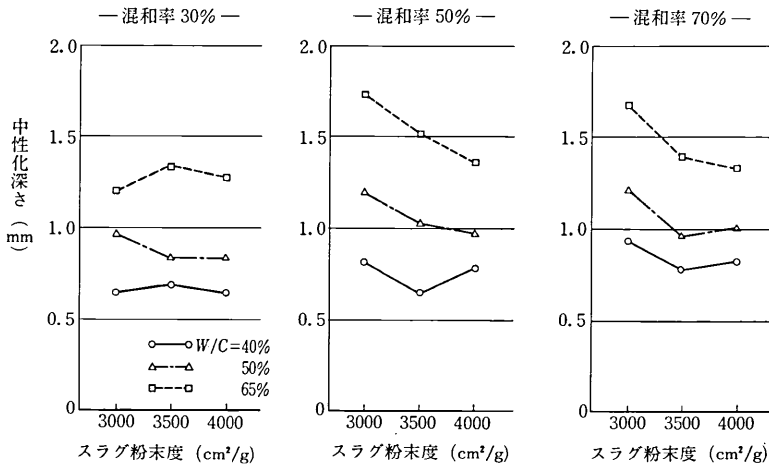


図-5 スラグ粉末度と中性化深さの関係

小さくなる傾向にある。これはスラグ粉末度が高いものはより密実なコンクリートになっているため中性化が起りにくいものと思われる。しかし、今回の実験ではスラグ粉末度が $3500\text{cm}^2/\text{g}$ 程度であれば $4000\text{cm}^2/\text{g}$ の場合と比べあまり差はないので、さらに粉末度を高める必要はないものと考えられる。

4. むすび

今回の実験では材令16カ月だけの試験であるため中性化速度について十分な検討はできなかったが、水セメント比、スラグ混和率、スラグ粉末度が中性化深さに及ぼす影響についてその傾向がほぼ把握できた。ただし、中性化は鉄筋の発錆の1因子に過ぎないので、以上の傾向

をそのまま鉄筋の腐食等に結びつけることは適切でない。この点は土木構造物においてとくに強調される必要があらう。

(1978年3月23日受理)

参考文献

- 1) 森 徹, 白山和久, 上村克郎, 依田彰彦「分離粉碎方式による高炉セメントを用いたコンクリートの性質に関する研究」建築研究報告 No.63, Feb., 1973
- 2) 丸安隆和, 小林一輔, 阪本好史「高炉セメントコンクリートの研究」コンクリートライブラリー第25号(土木学会)

東京大学生産技術研究所報告刊行

第27巻 第4号(英文)

浦 環・山本善之

STABILITY OF DRAGGED ANCHORS

アンカーの安定性の研究

アンカーは古代より船舶の係留装置として用いられてきた。19世紀中頃より開発されたストックレス型のアンカーは、信頼性が低いものの取り扱いが容易なために、現在多く使用されている。この型のアンカーは、海底で引張られたときに転倒しやすく、その結果として海底より抜けてしまうことがあり、船舶が風または潮に流されて座礁転覆の原因となりがねない欠点を持っている。しかし、船舶は一般に移動性が良いために、こうした事態のときに事前に対策を取ることができ、大事に至ることはこれまで稀であった。

近年来の工業の発展により、海上でアンカー係留を必要とする構造物は船舶に限らなくなり、たとえば石油試掘用のリグ、海上プラント、波力発電装置など、緊急時に移動性の悪い浮体の建造が行なわれつつある。これらにとって、係留装置、すなわち主としてアンカーの性能および信頼性が安全上重要となる。

本論文は海底で引張られるアンカーの力学的挙動を明らかにすることを目的とし、特にこれまで全く解明されていないアンカーの転倒に主眼を置いて行なわれたものである。第1章では本研究に関連するこれまでの研究と本研究の概要を述べている。第2章ではアンカー各部に作用する土質力学的な力の性質を実験的に検討するとともに、理論的な説明を試みている。ここでは、海底土質の差による力学的な挙動の細かな差違にはとらわれず、代表するものとして乾燥状態の珪砂を用いている。このため、アンカーに作用する力の基本的な性質が明確に捕えられ、これらを算定する実用的な計算式が提案されている。本章の実験結果は、平板に作用する力に主として視点を置いているため、単にアンカーの力学のみに止まらず、土工機械などの土を切削する機械に作用する力の性質の解明に応用することができる。第3章では、アンカーの機能である最大把駐力を解析する手法を提案している。最大把駐力はアンカーの海底土質中での姿勢に依存するため、それらを同時に考慮した扱いが必要である。第2章の結果を利用して、土質中の平衡方程式を導入し、それを解くことにより最大把駐力が得られることを示し、実験との比較を行なった。第4章ではアンカーの転倒現象を取り扱い、それがシャンクまわりの回転に関する静力学的な安定問題として解釈されることを示し、対策としてのスタビライザーの形状について議論している。また、スタビライザーが無いにもかかわらず安定なアンカーが製作可能であることを示し、実験により検証している。第5章は以上の結果の要約である。

(1978年6月発行)