

銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの水分浸透特性に関する一考察

阿南工業高等専門学校 学生会員 ○河野 愛弥
阿南工業高等専門学校 正会員 角野 拓真

1. はじめに

近年、生態系への影響や環境保全の観点から、海砂に替わる細骨材として、銅の精錬過程で副産される銅スラグ細骨材が注目されている¹⁾。他方で、耐久性に関する設計基準に着目すると、土木学会は、「中性化に関する照査」に変えて、「中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に関する照査」が導入し、コンクリート中への水分浸透特性から鋼材腐食量を陽に照査する手法が提案されている²⁾。中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食を照査するためには、コンクリート中への水分浸透速度に関する情報が必要となるが、銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの水分浸透特性に関する研究例は少なく、銅スラグ細骨材の利用拡大のためには水分浸透特性の把握が重要となる。そこで、本研究では銅スラグ細骨材を用いたコンクリートを対象に、水分浸透速度係数試験を行い、その水分浸透特性を評価した。

表 1 ケース別配合表

ケース	d_{max} (mm)	SI (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						Ad (cc/m ³)
						W	C	FA	S	CUS	G	
OPC	20	8	4.5	53.2	42.9	175	329	-	748	-	992	3,560
CUS10	20	8	4.5	53.2	41.0	175	329	-	643	97.3	1020	3,200
CUS30	20	8	4.5	53.2	43.2	175	329	-	527	307	986	2,220
CUS30FA10	20	8	4.5	53.2	41.0	175	296	32.9	640	96.7	1020	3,200
CUS30FA20	20	8	4.5	53.2	41.0	175	263	65.8	636	96.2	1010	3,200

注： d_{max} は粗骨材の最大寸法、SIはスランブ量、Airは空気量、W/Cは水セメント比、 s/a は細骨材率、Wは単位水量、Cは単位セメント量、FAは単位フライアッシュ量、Sは単位砕砂量、CUSは単位銅スラグ細骨材量、Gは単位粗骨材量、AdはAE剤量である。

表 2 使用材料の物性値

		密度 (g/cm ³)	表乾 密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率
細骨材（砕砂：兵庫県赤穂市産）	S	-	2.58	1.6	7.04
粗骨材（碎石：徳島県板野郡板野町産）	G	-	2.57	1.6	2.82
銅スラグ細骨材（CUS2.5）	CUS	-	3.51	1.12	2.61
フライアッシュII種	FA	2.33	-	-	-
普通ポルトランドセメント	C	3.16	-	-	-
AE剤	AE	1.06	-	-	-

2. 実験概要

表 1 に実験ケースの一覧を示す。普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートを基準ケース（OPC）として、全細骨材容積の 10% および 30% を銅スラグ細骨材で置換した CUS10 および CUS30 を設定した。加えて、CUS30 をベースに、実務においてブリーディングの抑制を目的に混和されるフライアッシュを全結合材質量の 10 % および 20 % 置換した CUS30FA10 および CUS30FA20 の全 5 ケースを設定した。また、表 2 には使用した材料の物性値を示す。今回使用する銅スラグ細骨材は、CUS2.5 を用いることとした。

設計基準強度 f_{ck} は 24N/mm² を想定し、変動係数を 10% と仮定し、水結合材比を 0.53 に設定した。JIS に従い空気量試験、スランブ試験、ブリーディング試験、凝結試験、圧縮強度試験および静弾性係数を実施した。水分浸透特性の評価は、JSCE-G 582-2018「短期水掛かりを受ける水分浸透速度係数試験」に従い試験を実施し、水分浸透深さと浸透時間の関係から、水分浸透速度係数を算定した。なお、本研究における 40℃±2℃、かつ相対湿度 30±5% の環境下で 28 日間感想を与えた供試体を用いて試験を実施した。

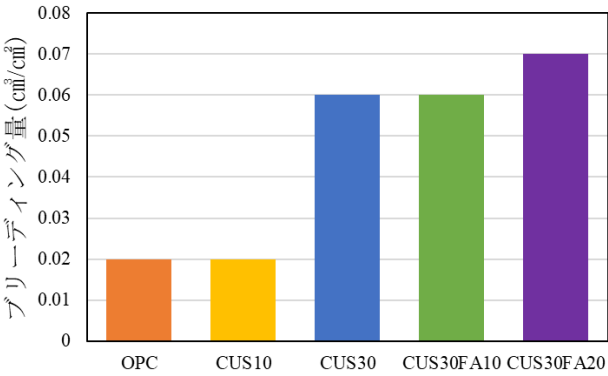


図 1 ブリーディング量の試験結果

キーワード 銅スラグ細骨材，フライアッシュ，水分浸透速度係数，ブリーディング
連絡先 〒774-0017 徳島県阿南市見能林町青木 265
阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 TEL0884-23-7100

3. 実験結果と考察

ブリーディング試験の結果を図1に示す。銅スラグ細骨材を用いる場合は、ブリーディング量が $0.3\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 未満であることを確認しなければならない。いずれのケースも、基準値 $0.3\text{cm}^3/\text{cm}^2$ よりも小さいため、実務で用いるコンクリートと品質を満たしている。

水分浸透深さの測定状況を図2に示す。中で赤紫色に発色している領域が供試体下方からの水分浸透深さであり、ノギスを用いて供試体下面から発色領域端部までの距離を測定した。図3から図7には各ケースの水分浸透速度係数の試験結果を示した。本研究では水結合材比を 0.53 としたため、水分浸透速度係数の予測値は $8.77\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ となる²⁾。図8にケース毎の水分浸透速度係数を示す。水結合材比 0.53 の場合の水分浸透速度係数は $8.77\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ であり²⁾、いずれのケースもその値よりも小さいことから、銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの水分浸透特性は、既往の文献の算定式²⁾で評価可能であることが分かった。

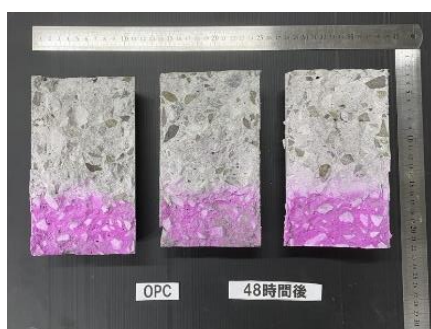


図2 水分浸透深さの測定状況

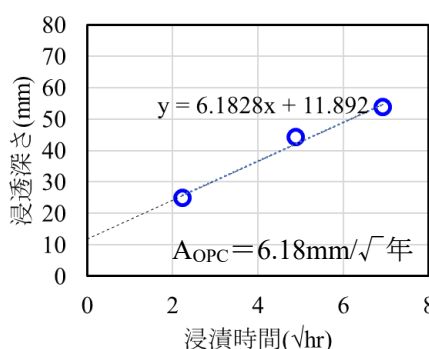


図3 試験結果 (OPC)

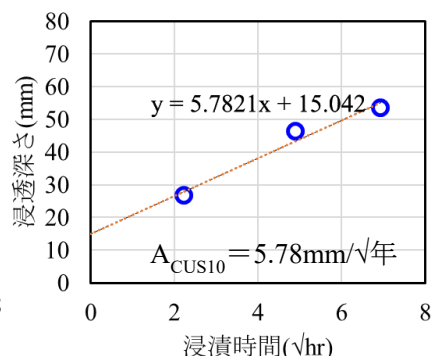


図4 試験結果 (CUS10)

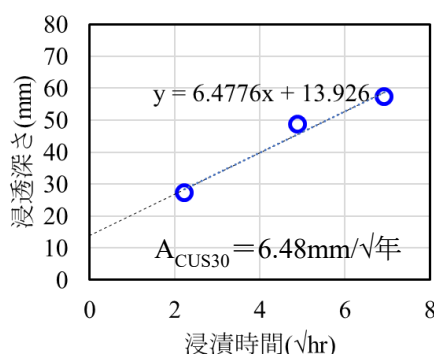


図5 試験結果 (CUS30)

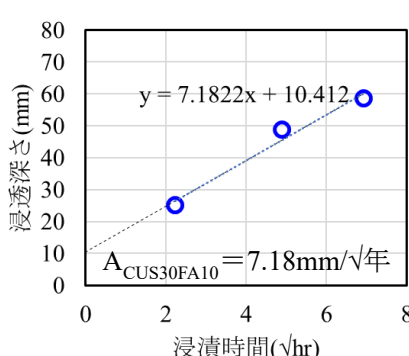


図6 試験結果 (CUS30FA10)

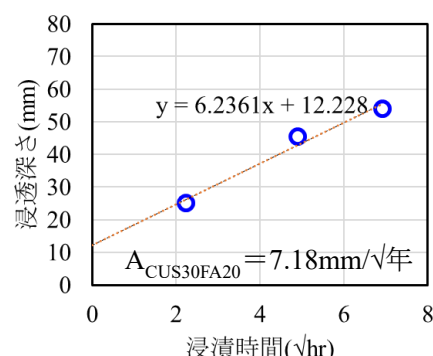


図7 試験結果 (CUS30FA20)

4. おわりに

本研究では銅スラグ細骨材を用いたコンクリートを対象に、短期水掛かりを受ける水分浸透速度係数試験を行った。実務で活用されている配合範囲で銅スラグ細骨材を用いる場合は、2017年制定コンクリート標準示方書（設計編）に示す水分浸透速度係数の予測値の算定式より定まる水分浸透速度係数よりも小さくなることが分かった。

参考文献

- 1) (公社) 日本コンクリート工学会四国支部：コンクリートの品質向上を目指した CUS 利用普及のための技術研究委員会報告書，2021。
- 2) (公社) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書（設計編），2018。

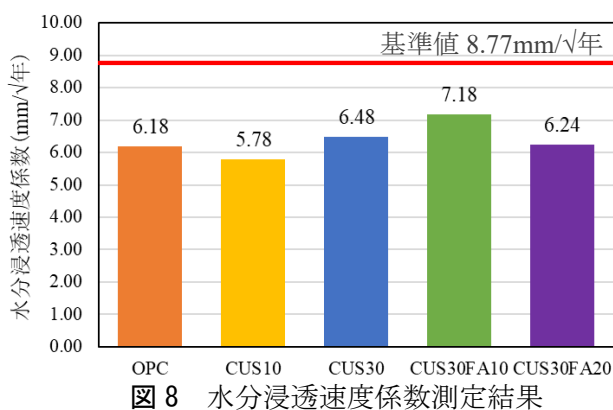


図8 水分浸透速度係数測定結果