

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの水分浸透速度に与える使用材料や乾燥条件の影響

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○坂井 一貴
東亜建設工業株式会社 正会員 網野 貴彦
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

中性化や塩害による鉄筋腐食は、コンクリート構造物の鉄筋位置にどの程度水分が浸透するかが重要であり、鉄筋腐食速度はコンクリート内部への水分浸透速度に依存すると考えられる。2017 年のコンクリート標準示方書の改訂において、[設計編]には耐久性照査の水の浸透に伴う鋼材腐食が追加された。また、同書[規準編]では水分浸透速度係数を検証する試験案が考案され、現在、コンクリート構造物の耐久性照査において水分浸透性状が注目されている。近年環境負荷の低減が期待される産業副産物である高炉スラグ微粉末は、土木コンクリートにおいて、JIS 製品である高炉セメント A, B 種での利用実績は多いものの、高置換の高炉セメント C 種、あるいはセメントとは別に計量する混和材としての利用は少ない現状にある。また、高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの水分浸透性状や、普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと同様に土木学会規準 JSCE G582 に準じて水分浸透速度係数を評価してよいかについては検討例が少ない。

本研究は、高炉コンクリートにおける使用材料や土木学会規準で定められている 2 つの乾燥条件の相違が水分浸透挙動に及ぼす影響の把握を目的として、全国の異なる材料を使用した高炉スラグ高置換コンクリートで水分浸透速度係数試験に対するラウンドロビン試験を実施した。

2. 実験概要

本研究における使用材料の物性を表-1 に示す。本研究は、土木学会コンクリート委員会 360 に参画する全国 9 大学においてコンクリートを作製した。配合は、W/B=0.5、置換率 0, 30, 50, 70% (OPC, B30, B50, B70) は一定とし、目標スランプを $12 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ と設定した。なお、各機関で使用材料が異なるため、単位水量、s/a、使用した混和剤種類や量は異

表-1 使用材料の物性

大学	普通ポルトランドセメント		高炉スラグ微粉末		細骨材			粗骨材		
	密度	粉末度	密度	粉末度	密度	F.M.	吸水率	密度	F.M.	吸水率
A大	住友大阪C製		日本製鉄製エスメント		山砂 (宮城県黒川郡大和町鶴泉産)			碎石 (宮城県伊具郡丸森町産)		
	3.15	3300	2.91	4110	2.6	2.55	1.46	2.86	6.56	0.95
B大	住友大阪C製		日本製鉄製エスメント40G2		川砂 (富士川産)			碎石 (秩父産)		
	3.15	3420	2.91	4170	2.63	2.86	1.74	2.72	6.55	0.72
C大	太平洋C製		日鉄高炉C製		混合砂 (三重県度会郡南伊勢町、大分県津久見市上青江)			碎石 (大分県津久見市上青江)		
	3.16	3080	2.91	3940	2.62	2.63	1.96	2.6	6.64	0.26
D大	住友大阪C製		日本製鉄製エスメント		コンクリート用砕砂 (八王子産)			コンクリート用碎石 (奥多摩産)		
	3.15	3380	2.91	4250	2.62	3.04	1.32	2.65	6.53	0.84
E大	太平洋C製		日鉄高炉C製		川砂 (手取川産)			川砂利 (手取川産)		
	3.16	3270	2.91	3830	2.59	2.68	2.49	2.6	6.89	2.23
F大	住友大阪C製		JFEミネラル製		硬質砂岩砕砂 (岡山市北区御津産)			硬質砂岩砕砂2005 (岡山市北区御津産)		
	3.15	3350	2.89	4250	2.69	3.16	2.05	2.74	6.69	0.59
G高専	トクヤマC製		日鉄高炉セメントエスメント40G2		混合砂 ①硬質砂岩砕砂 (山口県周南市) ②石灰砕砂 (大分県津久見産)			硬質砂岩砕砂 (山口県周南市)		
	3.15	3340	2.91	3960	2.69	2.9	1.66	2.78	6.64	0.55
H大	太平洋C製		日鉄高炉セメントエスメント40G2		除塩海砂 (玄界灘)			碎石2005 (角閃岩)		
	3.16	3280	2.91	3960	2.54	2.76	0.37	2.85	6.75	0.55
I大	太平洋C製		日鉄高炉セメントエスメント40G2		海砂 (鹿児島県阿久根市大川沖合)			碎石2005 (鹿児島市下福元町野河内産)		
	3.16	3340	2.91	3830	2.54	2.48	1.8	2.64	6.58	1.99

なるが、単位水量 W は $168 \sim 175\text{kg/m}^3$ 、s/a=43~50%程度の範囲のコンクリートによる比較である。これにより全国的な材料の違いを考慮した数値のばらつきを見ることができると考えた。各種供試体は土木学会規準に定められた乾燥条件として脱型後、a) 温度 20°C 、相対湿度 60% で 91 日間、b) 温度 40°C 、相対湿度 30% で 28 日間の気中での乾燥をそれぞれ行った。

3. 試験結果および考察

3. 1 試験時間の平方根と水分浸透深さの関係

図-1 に試験時間の平方根と水分浸透深さの関係を示す。OPC 配合について、 40°C の乾燥条件では異なる材料を使用した場合でも、水分浸透深さは試験時間の平方根に比例する関係が確認された一方、 20°C の乾燥乾燥条件では使用材料によって水分浸透深さの値に異なる傾向が確認された。この結果から OPC 配合において、 20°C の乾燥乾燥条件では供試体が十分に乾燥され

キーワード：高炉スラグ微粉末、水分浸透速度係数、乾燥条件、ラウンドロビン試験

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 03-5859-8356 Email:me20071@shibaura-it.ac.jp

ておらず、供試体に残存する水分により、傾向のばらつきが生じることが考えられる。次に、高炉スラグ微粉末を置換した配合（以降、B 配合）においては、B50、B70 は 20℃および 40℃の乾燥条件いずれにおいても勾配が小さくなることが確認された。B50 では水分浸透深さが試験時間の平方根に比例関係である一方で、使用材料により水分浸透深さの値の傾向にばらつきが確認された。一方で、B70 では勾配がほぼ水平に近い状態であり、試験時間が長くなると水分が浸透しなくなる傾向が確認された。これより、OPC 配合と B 配合では異なる水分浸透挙動を示しており、試験時間の平方根で近似することで求められる水分浸透速度係数による水分浸透挙動の評価方法は適切でないことが考えられる。

3. 2 高炉スラグ微粉末の置換率と水分浸透速度係数

図-2 に各乾燥条件での高炉スラグ微粉末の置換率と水分浸透速度係数の関係を示す。20℃の乾燥条件と 40℃の乾燥条件で比較すると、2 つの乾燥条件では高炉スラグ微粉末の置換率と水分浸透速度係数の関係に大きなばらつきがある一方で、どちらの乾燥条件においても高炉スラグ微粉末の置換率が大きいほど水分浸透速度係数は小さくなることが確認された。この結果から使用材料の違いによる水分浸透挙動の相対比較を目的とする場合、本試験方法による評価は有用性があると考えられる。ただし、本試験方法においてそれぞれの乾燥条件で水分浸透挙動が異なる可能性も示唆されたため、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの耐久性設計に用いる水分浸透速度係数の特性値の設定にこの試験方法を使用する場合には、水分浸透に影響する細孔の物理・化学的特性について検討する必要がある。

4. まとめ

- 1) 20℃の乾燥条件では供試体内部が十分に乾燥しておらず、試験時間の平方根と水分浸透深さの関係性にばらつきを生じさせていると考えられる。
- 2) OPC 配合と B 配合では異なる水分浸透挙動を示している。
- 3) 乾燥条件により水分浸透速度係数の傾向は異なるが、どちらの乾燥条件においても使用材料の違いによる水分浸透挙動の相対比較は有用性がある。

謝辞

本報告は、土木学会 360（高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの品質・性能評価に関する調査研究小委

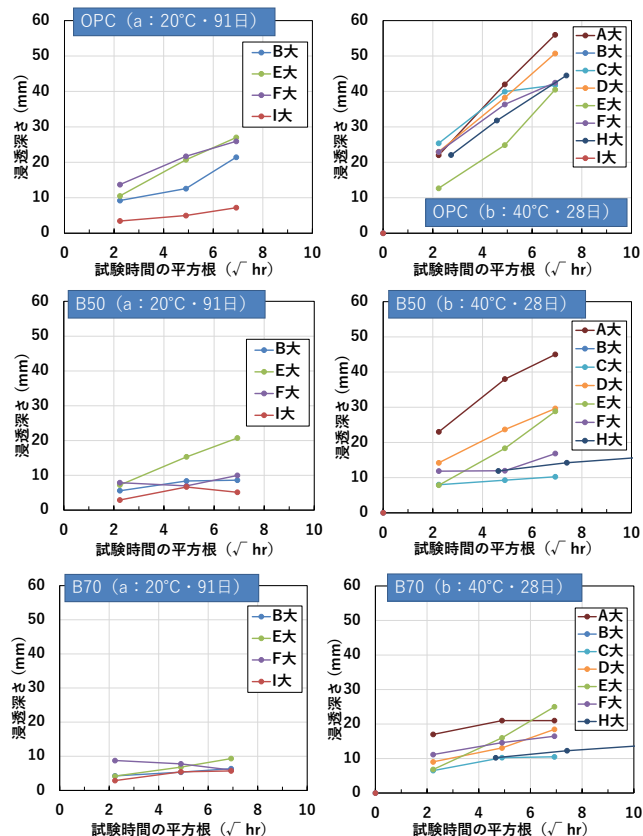


図-1 試験時間の平方根と水分浸透深さの関係

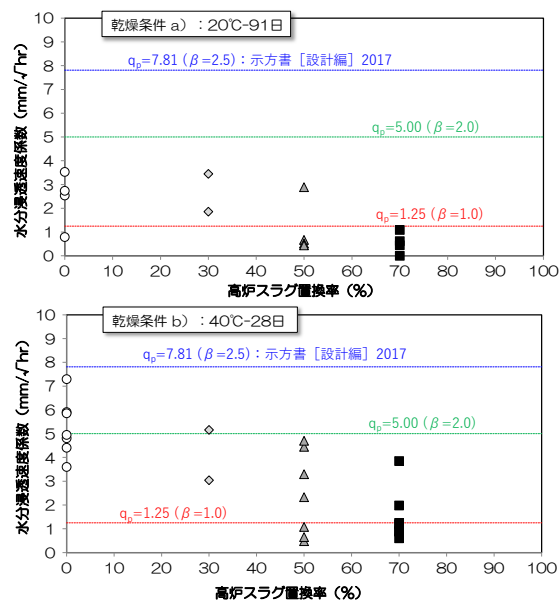


図-2 スラグ微粉末の置換率と水分浸透速度係数

員会)における共通実験結果の一部を取りまとめたものである。

参考文献

- 1) 鈴木浩明ほか：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートへの水分浸透に関する検討，土木学会第 70 回年次学術講演会，V-511，p1021，1022
- 2) 深澤英将ほか：温度履歴を与えた高炉コンクリートにおける水分浸透挙動の把握，令和 2 年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会，V-47