

鉄筋界面の塩化物イオン浸透性に及ぼすブリーディングの影響

東京理科大学 学生員 ○荒木 大智 東京理科大学 日浦 望 東京理科大学 学生員 小林 荘太
東京理科大学 正会員 加藤 佳孝 東京理科大学 正会員 三田 勝也

1. 目的

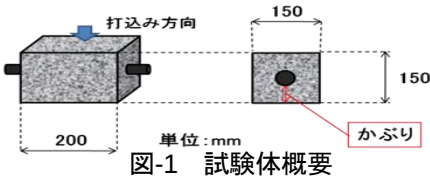
鉄筋コンクリート構造物は使用する材料および構造物の置かれた環境によって異なる劣化性状を示す。環境に起因する劣化の代表として塩害があり塩害環境下では鉄筋の腐食が生じている可能性が極めて高く、さらにマクロセル電池作用による腐食形態をとることが多い。マクロセル腐食は、鉄筋周辺のコンクリートや鉄筋表面の環境が非均質であるために発生していると考えられている。コンクリートの非均質性の要因の一つとして材料分離があげられ、コンクリートの材料分離に伴い、ブリーディング水によって水平鉄筋の下部に空隙（脆弱層）が形成され¹⁾、鉄筋下部と上部の鉄筋表面との間に腐食電池が形成される可能性が指摘されている。このように、鉄筋とコンクリートの境界面に材料分離に伴って形成される脆弱層の形成および物質透過性を定量的に評価することは、コンクリート中の鉄筋腐食の機構を理解するために重要な視点である。

本研究では、鉄筋とコンクリートの境界面における塩化物イオンの浸透性によって鉄筋界面の脆弱層の物質透過性を評価することを目的とし、鉄筋の配筋位置、配合および練混ぜ方法を変化させ評価した。

2. 実験概要

配合は表-1 に示す通りである。セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。また、混和材として用いた高炉スラグは粉末度 2000, 4000, 6000, 8000cm²/g のものを使用した。試験体概要は図-1 に示す通りで、養生は

材齢 28 日まで 20℃水中養生を行った。鉄筋は D19 を使用し、打設底面からかぶり 20 および 50mm となるように配筋した。練混ぜは一括練混ぜを基本とし、ブリーディング率の低減を目的とした分割-55 では分割練混ぜを採用し、練混ぜ手順は既往の研究²⁾を参考に行った。ブリーディング試験は試験体を作製した全ての配合に対して JIS A 1123 に準じ行った。塩水浸せき試験は試験体を養生後、10%濃度の塩水中に浸せきさせ、試験体を取り出し水洗いをした後に割裂し、鉄筋を取り除き割裂面に 0.1mol/l の硝酸銀水溶液を噴霧し、白く呈色した部分を塩分浸透深さとした。浸せき期間は 1, 4, 7 および 28 日間とした。



3. 実験結果

ブリーディング試験では、W/C が小さくなるほどブリーディング率は小さくなり N-30 で 0%となった。増-55 はブリーディング率が 0%となった。分割-55 はブリーディング率が 1.2%となり、N-55 の約 3 分の 1 であった。高炉スラグ微粉末を使用した試験体は粉末度が高くなるほどブリーディング率は低下した。N-55 と比較すると B2-55 以外は N-55 よりブリーディング率は低くなった。

塩水浸せき試験の W/C を変化した試験体は鉄筋下部と側面の塩分浸透深さを比較すると、鉄筋下部の方が大

表-1 配合表

記号	W/B[%]	s/a[%]	単位量[kg/m ³]							
			W	C	BFS	S	G	AE剤	高性能AE減水剤	増粘剤
N-30	30	44	175	583	—	683	910	C × 0.003%	C × 0.5%	—
N-45	45	44		389	—	754	1004	C × 0.020%	—	—
N-55	55	46		318	—	815	1001		—	—
N-65	65	48		269	—	870	986		—	—
分割-55	55	46		318	—	815	997		—	C × 1.0%
増-55				318	—	822	1001			
B2-55				175	143	810	991	B × 0.020%	—	—
B4-55						810	995	—	—	
B6-55						810	991	B × 0.025%	—	—
B8-55						810	991	—	—	

キーワード ブリーディング、鉄筋界面、塩分浸透、高炉スラグ微粉末

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎2641 TEL：04-7124-1501(内線4054)

きくなった。N-45, N-55, N-65 でかぶりの違いによる塩分浸透深さに差があったことから、かぶり 50mm の方がかぶり 20mm に配筋した場合に比べ、ブリーディング水が鉄筋下部に溜まりやすく、鉄筋界面のコンクリートの組織が粗になっているために塩化物イオンが浸透しやすくなったと考えられる。増-55 と分割-55 の塩分浸透深さの経時変化の結果を図-2 および図-3 に示す。全ての測定点で、N-55 と比較して塩分浸透深さが小さくなる傾向にあった。鉄筋下部と側面の塩分浸透深さを比較すると、鉄筋下部の方が大きくなった。鉄筋下部におけるかぶり 20mm とかぶり 50mm の塩分浸透深さを比較すると、増-55 に関しては差がほとんどなかった。分割-55 では塩分浸透深さは N-55 と比較して小さくなっているものの、かぶりによる差は浸せき期間 28 日では N-55 とほぼ同等となった。ブリーディング率 0% の増-55 とブリーディング率 1.2% の分割-55 の塩分浸透深さを比較すると、分割-55 の塩分浸透深さの方が小さくなる傾向にあった原因は、分割練混ぜ方法により細骨材周囲が低 W/C のセメントペーストで造殻され、遮塩性が向上したと考えられる²⁾。分割-55 はかぶりの違いによる塩分浸透深さに差があることから、多少でもブリーディングが生じる場合には鉄筋下部にブリーディング水が溜まり、コンクリートの組織が粗になり、塩分が浸透しやすくなると考えられる。W/C が 55% で高炉スラグ微粉末を用いた塩分浸透深さの経時変化の結果を図-4 および図-5 に示す。側面の塩分浸透深さは B2-55, B4-55 とともに N-55 よりも小さくなり高炉スラグ微粉末の遮塩性が確認された。鉄筋下部では粉末度に関係なく、B4-55, B2-55 とともにかぶり 20mm と比較してかぶり 50mm の試験体の塩分浸透深さが著しく大きくなった。高炉スラグ微粉末を用いた場合は側面では十分な遮塩性が確認できたものの、鉄筋下部のかぶり 50mm の塩分浸透深さは N-55 のかぶり 50mm の試験体よりも大きくなっている。これは、ブリーディング水が鉄筋下部に溜まりコンクリートの組織が粗になるということに加え、粉末度が小さい B2-55 の方が鉄筋下部における塩分浸透深さが B4-55 よりも大きくなっていることから、材齢 28 日までの水中養生では鉄筋部の高炉スラグ微粉末が十分反応していないという可能性が考えられる。

4. まとめ

(1) W/C の違いによる比較では、かぶり 20mm とかぶり 50mm の鉄筋下部の塩分浸透深さに差が生じた。

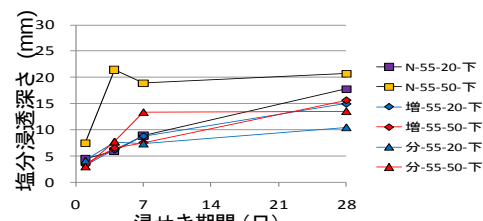


図-2 塩分浸透深さ結果 鉄筋下部

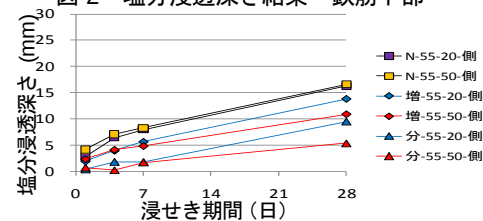


図-3 塩分浸透深さ結果 試験体側面

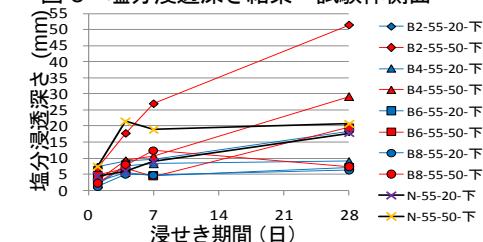


図-4 塩分浸透深さ結果 鉄筋下部

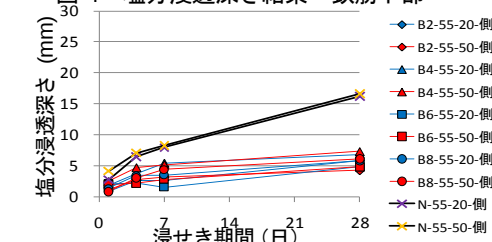


図-5 塩分浸透深さ結果 試験体側面

- (2) 増粘剤を添加した試験体は、かぶりの違いによる鉄筋下部の塩分浸透深さの差は小さかった。分割練混ぜ方法を用いた試験体は、塩分浸透深さは N-55 よりも小さくなるが、かぶりの違いによる差は N-55 とほぼ同じであった。
- (3) 側面と鉄筋下部の塩分浸透深さの関係をみると配合に関係なく鉄筋下部で塩分浸透深さが大きくなっている。よって、鉄筋下部では配合に関係なく塩分が浸透しやすいことが明らかとなった。
- (4) 高炉スラグ微粉末を用いた場合、試験体側面では高い遮塩性が確認されたが、鉄筋下部では粉末度が小さく、かぶり 50mm の時に塩分浸透深さが大きくなった。このことから、粉末度が小さいものに関しては長期材齢で再検討を行う必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 大即信明, 久田真, Nathaniel B. DIOLA ほか: 鉄筋コンクリートの界面(遷移帯)に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.592/V-39, pp.155-167, (1998)
- 2) 伊達重之, 長谷川聖史, 室賀陽一郎: コンクリートの耐久性に及ぼす練混ぜ方法の影響: 土木学会第 58 回年次学術講演会, V-038, (2003)