混合セメントの養生条件が初期ひび割れの発生と中性化に与える影響について

東日本旅客鉄道㈱　正会員　○坂本　真紀
東日本旅客鉄道㈱　正会員　谷野　良輔
新潟駅付近高架化天神尾工区共同企業体　佐藤　文彦

1. はじめに

新たに建設する構造物においてアルカリシリカ反応(以下 ASR)を示す骨材を使用する場合には,当社基準に応じた ASR 抑制対策を行うこととなることから,今後混合セメント等の使用量は増加すると考えられる. 混合セメント等の使用においては初期強度発現や混和材の性質の観点から,初期の養生期間を長めに確保しなければならないことは既に知られている.そこで,混合セメント等を使用したコンクリートを対象に,養生期間や養生方法を因子として,コンクリート表面に発生するひび割れ量と中性化に着目した試験を実施したので報告する.

2. 試験概要

⑴ 試験体製作

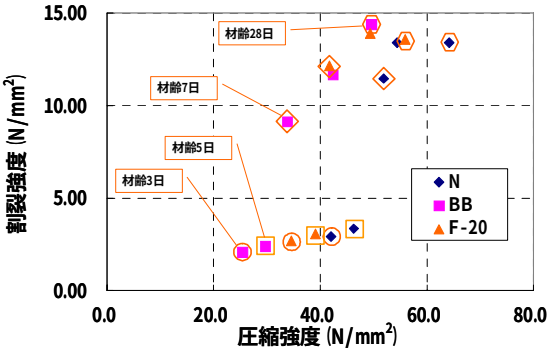
試験は鉄道高架橋柱部を対象とし,高流動コンクリートを用いた. 試験体は,実施工を模擬するため,新潟市内のプラントから当該現場までアジテータ車で生コンクリートを運搬し製作した.ひび割れ調査の試験体は 400 ㎜×400 ㎜,高さ 900 ㎜,中性化促進試験の試験体は φ100×200 ㎜.運搬にかかる時間は概ね 25 分である.試験体製作時の天候は晴れ, 最高気温は 28. 3℃であった.試験は,普通ポルトランドセメント(N)と高炉セメント B 種(BB)と普通ポルトランドセメントに混和材としてフライアッシュⅡ種を 20%内割り置換した(F-20)の 3 配合で実施した.本試験で使用した材料の配合とフレッシュ性状を表-1,表-2 に示す.なお,フレッシュ性状の値は当該現場への受入検査時の測定結果である.各配合の強度特性を図-1 に示す. 圧縮強度試験(JISA1108), 割裂引張強度試験(JISA1113)に準拠し,材齢は 3,5,7,14,28 日で測定した.材齢 5 日までで N と比較して BB･F-20 の強度発現が遅れる傾向にあった.

表－1　試験で使用した材料

使用材料	記号	品目	密度 (g/m³)
セメント	N	普通ポルトランドセメント	3.15
	BB	高炉セメント B 種(高炉スラグ 45%)	3.05
混和材	F	コンクリート用フライアッシュⅡ種	2.30
骨　材	S1	陸砂（E 水系 F 産地）※粒度調整用細砂	2.57
	S2	陸砂（B 水系 C 産地）	2.57
	G	陸砂利 25～5（B 水系 C 産地）	2.61
混和剤	AD	高性能 AE 減水剤（標準形Ⅰ種）	－

表－2　試験で使用したコンクリート配合とフレッシュ性状

試験体名称	呼び強度	F置換率	W/(C+F)	S/a	単位量(kg/m³)							フレッシュ性状		
												スランプフロー	空気量	コンクリート温度
	(N/mm²)	(%)	(%)	(%)	W	C	F	S1	S2	G	AD	(cm)	(%)	(℃)
N	27	0	37.8	50	170	450	0	165	660	838	5.625	54.5×53	4.0	31
BB	27	0	37.8	49.9	170	450	0	163	654	833	5.625	63.5×62	5.5	31
F-20	27	20	36.7	49.9	165	360	90	163	654	833	5.625	62.5×59	5.5	31



図－1　圧縮強度と割裂強度の関係

⑵ 養生方法

ひび割れ調査の試験体は当該現場の敷地内で, 設置期間中に降雨が直接当たらないように,既設高架橋下に設置した.また,試験体下面からの給水がないように厚さ 100 ㎜のコンクリート架台上に設置した.打込み直後から合板型枠を養生マットで多い給水して湿潤状態を保った.養生は, ①翌日脱枠で乾燥させた養生を実施しないケース, ②材齢 3 日まで給水し, 脱枠後は乾燥させた, 湿潤養生 3 日のケース, ③材齢 7 日まで給水し, 脱枠後は乾燥させた, 湿潤養生 7 日の基準ケース, ④湿潤養生 7 日で, 脱枠後に材齢 28 日まで試験体

キーワード：アルカリシリカ反応　湿潤養生条件　混合セメント等　ひび割れ量　中性化促進試験
連絡先：　〒370-8543　群馬県高崎市栄町 6 番 26 号　東日本旅客鉄道株式会社上信越工事事務所　TEL　027-324-9369

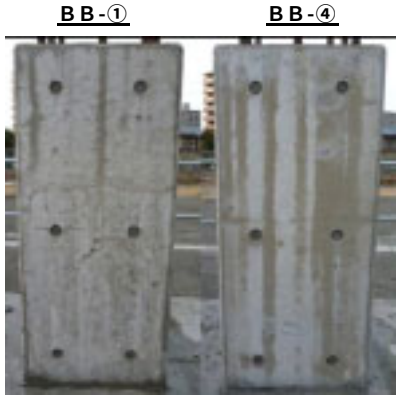
側面をポリフィルムで包含したケースの計4種類とした.このうちNについては①から③の3ケース, BBとF-20については①から④の4ケースの条件を与えた.養生状況を図-2に示す. 中性化促進試験の試験体の養生は, 採取翌日から材齢28日まで乾燥させた養生を実施しないケース(以下,現場気中養生と呼ぶ), 材齢7日まで水中で養生し,以後材齢28日まで乾燥させたケース(以下,現場水中養生と呼ぶ)の2種類を実施した.

図－2 打込み翌日の養生状況

3. 試験項目と試験結果

⑴ ひび割れ調査

調査は試験体製作から半年後に実施した.試験体に発生したひび割れがごく微細なものであったことから,ひび割れ幅は目視で可能な範囲を考慮し,0.01～0.04mm とした.発生した微細ひび割れを定量的に評価するため,ひび割れ延長を試験体の純面積で除した1m^{2}あたりのひび割れ長さとした.図-3 は調査時の BB 試験体の南側側面の状況である.試験体面に水を含ませて調査対象より細かいひび割れも浮きださせている.ひび割れ調査結果を表-3 に示す.混合セメント等を使用した場合, BB では条件③でひび割れ量 0.46(m/m^2),④でひび割れ量 0.20(m/m^2), F-20 では③でひび割れ量 0.23(m/m^2)となり,養生条件の悪いものほどコンクリート表面に微細ひび割れが発生した.



図－3 試験体側面比較

表－3 ひび割れ調査結果

配合	養生条件	ひび割れ長さ (mm)					ひび割れ量
		北側	東側	南側	西側	合計	(m/m^2)
N	①	15	0	0	0	15	0.01
	②	13	170	0	0	183	0.13
	③	0	0	0	0	0	0.00
BB	①	1103	393	722	467	2685	1.86
	②	215	473	235	97	1020	0.71
	③	340	95	155	70	660	0.46
	④	65	190	0	30	285	0.20
F-20	①	698	523	155	135	1511	1.05
	②	123	217	51	25	416	0.29
	③	120	85	10	110	325	0.23
	④	107	63	15	72	257	0.18

⑵ 中性化促進試験

材齢28日経過時に中性化促進装置に試験体を設置し促進中性化を実施した. 促進条件は, 温度 20±2℃, 相対湿度 60±5%, 二酸化炭素濃度 10±0.2%とし, 中性化材齢 2, 4, 8, 13 週に取り出し切断した試験体表面にフェノールフタレイン1%溶液を噴霧して中性化の深さを測定した. 図-4 は中性化材齢 13 週の現場気中養生試験体の試験状況である.中性化促進試験結果を図-5 に示す.材齢 13 週において現場気中養生した試験体の中性化深さは BB が 16.97mm,F-20 が 13.07mm と現場水中養生の試験体と比較して,中性化の進行が早い結果となった.

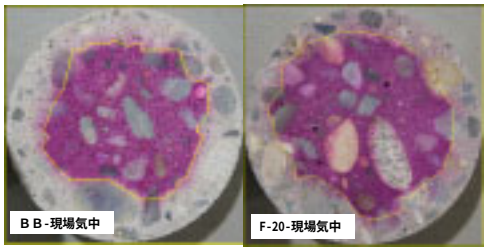


図-4 中性化促進試験結果

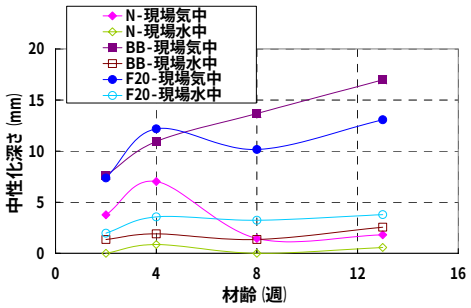


図-5 中性化促進試験結果

4. まとめ

今回確認した配合においては,所定の養生期間,湿潤状態を保つことで,微細ひび割れの発生や中性化の進行を抑えられることがわかった.しかし,混合セメント等を使用したコンクリートの初期ひび割れは強度発現の他に養生方法等の施工要因の影響を受けやすく,中性化の進行を助長する要因となるため,コンクリート打ち込み時には,養生方法の具体的な計画と養生の実施が重要である.

参考文献

1) 古賀誠, 小林将志, 大庭光商:フライアッシュの置換率を変えたコンクリートの ASR 抑制効果及び硬化特性, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, 2010