

32.5 クラスセメントを用いた打重ねコンクリートの諸性状に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○福山 幹康 九州大学大学院 フェロー 松下 博通
 松尾建設(株) 正会員 陶 佳宏 九州大学大学院 学生会員 相原 康平
 九州大学大学院 学生会員 内藤 哉良

1. はじめに

欧州の汎用セメントに関する規格において強度クラス 32.5 に分類されるセメントを用いたコンクリートは、同一強度とした場合に普通セメントと比較して水セメント比が小さく粉体量を多く確保できるためブリーディング量が少ない。本研究では、打重ねによる欠陥とブリーディング量が密接な関係にあると推測し、32.5 クラスセメントの低ブリーディング特性により同セメントがコールドジョイント発生の抑制に効果を発揮すると考え、曲げ強度試験、促進中性化試験より打重ねコンクリートの一体性について評価を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究で使用したセメントの特性を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。セメントは、32.5 クラスセメントとして石灰石フィラーセメント(LS)、三成分系混合セメント(BL)を使用し、比較水準に普通ポルトランドセメント(NPC)、高炉セメント B 種(BB)を使用した。細骨材には海砂(密度 2.57g/cm³, 吸水率 1.56%, 粗粒率 2.67), 粗骨材には碎石(密度 2.89g/cm³, 吸水率 1.10%, 最大寸法 20mm)を用いた。また、混和剤としてリグニンスルホン酸系 AE 減水剤, アルキルアリルスルホン酸系空気連行剤を使用した。水セメント比は呼び強度が 24 となるように定め、スランプが 8.0±2.0cm, 空気量が 4.5±1.0%となるように、単位水量および細骨材率を調整した。

2.2 供試体

供試体は 10×10×40cm の縦打ちとし、中心部で打ち重ねた。供試体作製に当たっては、下層コンクリートの表面処理は一切行わず、所定の打重ね間隔(下層コンクリートのプロクター貫入抵抗値が 0.015, 0.07, 1.0N/mm²)で上層コンクリートを打ち重ねた。各層 2 層に分けそれぞれ 10 回ずつ突き棒で突き固め、型枠を木槌で数回叩いた。なお、上層コンクリートの突固めの際、突き棒を下層まで貫入させない場合(貫入無し)と、貫入させた場合(貫入有り)の両方を行った。コンクリート打込み後 20℃室内で 24 時間静置した後脱型し、20℃水中養生を 21 日間行った後、温度 20℃湿度 60%の環境で 7 日間の気中養生を行った。供試体は各要因 2 本ずつ作製した。

2.3 実験方法

コンクリートのフレッシュ性状試験としてプロクター貫入抵抗試験、ブリーディング試験を行い、さらに硬化コンクリートの性能評価として、曲げ強度試験、促進中性化試験を行った。曲げ強度試験は JIS A 1106 に準拠して行った。促進中性化試験は、材齢 28 日に達した供試体を温度 30℃, 湿度 60%RH, 二酸化炭素濃度 5%の環境で 56 日間促進中性化を行った後、供試体を割裂し、割裂面にフェノールフタレイン 1%エタノール溶液を噴霧して赤変しない領域を中性化領域とし、中性化深さを測定した。打重ね面の中性化深さは、2 本の供試体それぞれの割裂面左右の中性化深さの最大値(合計 4 箇所)を平均した値とした。

表-1 各セメントの特性

試料	強度クラス	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	混合割合(mass%)			凝結(h-m)	
				NPC	スラグ	石灰石	始発	終結
LS	32.5	3.00	4200	71.4	-	28.6	2-25	3-50
BL		3.00	4210	64.3	14.3	21.4	2-25	3-35
NPC	52.5	3.15	3390	100	-	-	2-35	4-00
BB	42.5	3.02	3890	約50	約50	-	3-05	4-15

表-2 コンクリートの配合表

試料	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
			W	C	S	G
LS	48.8	44.2	171	350	758	1076
BL	55	45.5	170	309	797	1074
NPC	63.3	45.7	178	281	808	1072
BB	67.2	47.2	176	262	840	1055

AE 減水剤はセメント 100kg に対して 250ml

表-3 コンクリートのフレッシュ性状

試料	ブリーディング		凝結(h)				
	量 (cm ³ /cm ²)	率(%)	打重ね時のプロクター貫入抵抗値(N/mm ²)			始発	終結
			0.015	0.07	1.0		
LS	0.207	6.13	0.5	4.00	6.00	7.17	10.00
BL	0.334	10.45	0.5	4.00	6.17	7.67	11.00
NPC	0.507	14.17	0.5	3.75	6.25	7.50	10.33
BB	0.474	13.97	0.5	4.00	7.50	9.17	12.50

キーワード: コールドジョイント, 32.5 クラスセメント, 曲げ強度, 促進中性化

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 Tel 092-651-3131 (内線 8654) Fax 092-642-3271

2.4 実験結果および考察

表-3 にコンクリートのフレッシュ性状を示す。32.5 クラスセメントである LS, BL はブリーディングが少なく、特に LS は NPC, BB の半分以下であった。この理由の一つとして、全てのコンクリートを同一強度としているため LS, BL は NPC, BB に比べ水セメント比が小さく、粉体量を多く確保できたことが原因であると考えられる。また凝結試験の結果より、BB の凝結が若干遅くなっているが、LS, BL, NPC の凝結速度はほぼ同等となった。

一体型供試体の曲げ強度を表-4 に示す。また、図-1, 図-2 に各打重ねコンクリートの曲げ強度比(打重ねコンクリートの曲げ強度/一体型供試体の曲げ強度)を示す。貫入無しの場合はいずれのセメントも、打重ね間隔が長くなるほど曲げ強度比は低下する傾向にある。また、曲げ強度の低下が最も小さいのは LS, 続いて BL となっており、32.5 クラスセメントを用いた打重ねコンクリートは、NPC, BB と比較して打重ねによる強度低下が小さいと言える。貫入有りの場合、どの打重ねコンクリートの曲げ強度とも、打重ね間隔に依存せず、一体型供試体の 8 割以上の強度となった。

次に、図-3, 図-4 に各打重ねコンクリートの打重ね部の中性化深さを示す。貫入の有無によらず、各セメントとも打重ね間隔が長くなるほど中性化深さは大きくなる傾向となった。貫入無しの場合の中性化深さは、一体型では NPC が最も小さいが、打重ね間隔の増大につれて LS, BL が小さくなっており、32.5 クラスセメントは、健全部と比較した際の打重ね部の中性化の進行を抑制することが分かった。貫入有りの場合は、貫入無しの場合に比べ中性化は若干抑制されたが深さの増加傾向に変化は無く、曲げ強度試験の結果に比べ突き棒を貫入させたことの効果は少なかった。今回の実験では LS の中性化深さが極端に大きくなっている。これは、詳しい原因は不明だが、突固めの方法に何らかの問題があったものと思われる。

本研究において 32.5 クラスセメントを用いた打重ねコンクリートは NPC, BB と比較して、打重ねによる性能低下が小さいことが確認できた。この要因として、32.5 クラスセメントは低ブリーディング特性を有するため、NPC, BB と比較して、ブリーディング水に連動して打重ね部に堆積したレイタンスが少なく、打重ね部が緻密な細孔構造となっていることが推測される。しかし、LS, BL においてもコンクリートの性能は低下しているため、32.5 クラスセメントを用いたとしてもコールドジョイントの発生に対しては注意が必要である。また、下層コンクリートへの突き棒の貫入により、曲げ強度比の低下は抑制されたが、中性化抑制の効果はあまり得られなかった。これは、突き棒の貫入により上層と下層の付着面積が増加したため耐荷性の向上には効果を発揮したものの、依然脆弱部は残存しており、その脆弱部からの中性化の進行を抑制することはできないためと考えられる。

3. 結論

本研究の範囲内においては、32.5 クラスセメントは国内汎用セメントに比べ、耐荷性、耐久性の観点で、コールドジョイント発生の低減に効果を発揮することが分かった。

表-4 一体型供試体の曲げ強度

貫入の有無	曲げ強度(N/mm ²)			
	LS	BL	NPC	BB
貫入無し	4.09	4.21	4.37	4.04
貫入有り	3.83	4.02	4.54	4.14

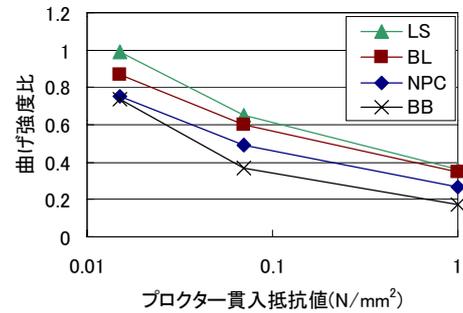


図-1 曲げ強度試験結果(貫入無し)

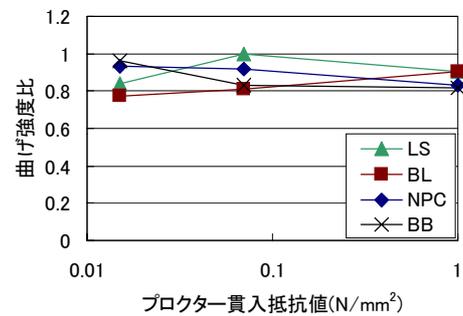


図-2 曲げ強度試験結果(貫入有り)

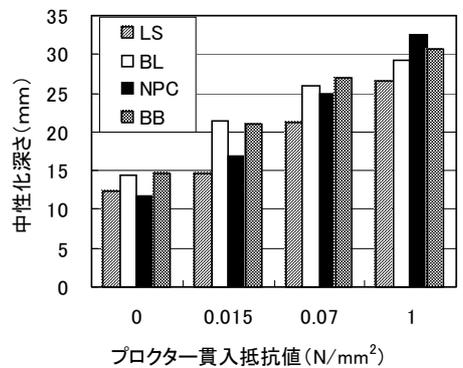


図-3 促進中性化試験結果(貫入無し)

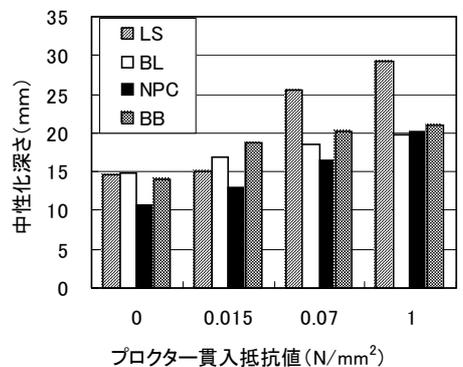


図-4 促進中性化試験結果(貫入有り)