

無機質セメント系コンクリート改質材を添加した コンクリート基礎的性状に関する研究

日大生産工 (院) ○清水 太一郎
日大生産工 山口 晋

日大生産工 伊藤 義也

1 はじめに

近年、高度成長期に急増した膨大な量のコンクリート構造物の劣化が問題視されている。そこで、構造物の耐久性向上や劣化抑制の観点から、数多くの補修材料や工法が提案されている。その中で、コンクリート表面を緻密化させ、劣化要因となる有害物質の浸透を抑制する含浸材を用いた方法が着目されている。しかし、これらを用いたコンクリートの劣化抑制効果に関するデータは少ないとされており²⁾、これらの性能を適切に評価するまでには至っていないのが現状であり、さらにデータの蓄積が必要と考えられる。

そこで本実験では、無機質セメント系混和材を用いたコンクリートの性能評価を目的とした耐久性の観点から劣化因子の浸透の抑制に着目したインプット法を用いた透水試験と耐疲労特性に着目した繰り返し疲労試験と圧縮強度試験の2つの試験を用いて評価したものである。

2 実験方法

2.1 使用材料および配合

使用材料は、普通ポルトランドセメント(密度：3.15g/cm³)、高炉セメントB種(密度：3.04g/cm³)、細骨材は千葉県君津産(F.M.2.64)の山砂、粗骨材は埼玉県秩父産(F.M.2.75)砂岩砕石2005を用いた。

用いた改質材は表.1に示す3種類とし、普通

ポルトランドセメントと触媒性化合物、さらにけい砂が混合された標準仕様のタイプA、これからけい砂を除いたタイプB、そしてフライアッシュ、スラグを用いる場合を対象としたタイプCを選定した。

配合は表.2に示す通りでW/C:50%, s/a:45%とした。セメントは2種類、そして各タイプの無機質セメント系改質材の添加率を変え、計24水準に加え、混和材を添加していない2水準を加えた合計26水準で実験検討を行った。

2.2 供試体作製

圧縮試験及び繰り返し疲労試験用供試体は、100mm×200mmの円柱供試体、透水試験用供試体は、150mm×150mmの円柱供試体を作製し、を両供試体共に練混ぜ成型後、水中養生を28日間行った。

表.1 仕様条件

無機質セメント系混和材	仕様および添加率
タイプ A	普通ポルトランドセメントを対象とするがけい砂が混和されているためセメント量に対し2%添加
タイプ B	普通ポルトランドセメントを対象としたセメント量に対し1%添加
タイプ C	フライアッシュ、スラグなどの添加物を混和しているものを対象にセメント量に対し1%添加

2.3 圧縮試験

強度試験は、圧縮強度試験を行った。圧縮強度試験はJIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠し、載荷速度は0.6N/mm²で試験を行った。³⁾試験は供試体の端面をダイヤモンド研磨機で平坦にしたものを使用し、圧縮

表.2 コンクリートの配合表

混和材	添加率(%)	セメント種類	W/C	s/a	単位数(kg/m ³)					AE減水剤	補助AE剤	
					水	セメント	細骨材※		粗骨材			
					W	C	S	G大	G小			
タイプ A	0.50	※	NPC	50	45.0	156	321	827.3	610	407	C×0.2%	2A
	1.00											
	2.00		BB	50	45.0	156	321	823.4	610	407		
	2.50											
タイプ B タイプ C	0.25	※	NPC	50	45.0	156	321	828.2	610	407		
	0.50											
	1.00		BB	50	45.0	156	321	824.3	610	407		
	1.25											

※無機質セメント系改質材は、各添加率とし砂置換で配合した

Study on Basic property of the Concrete which Added mineral matter Cement system Concrete reforming materials
Taichiro SHIMIZU, Yoshinari ITOU, Shin YAMAGUCHI

強度は測定結果3点の平均値として求めた。

2.4 繰り返し疲労試験

繰り返し疲労試験は、S社サーボパルサ(両振±200kN、片振250kN)を用いて実験を行った。実験は、温度20℃環境室内で実験を行い、今回はまず表.4に示す通り、上限荷重を静的圧縮強度の30%で設定し、上限135(kN)、下限2(kN)で実験を試みた。なお、周波数fは3(Hz)とし、載荷試験は、200万回とした。

繰り返し疲労試験後は、残存圧縮強度に加え、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準拠して求めた静弾性係数により、コンクリートの疲労特性を評価した。

表.3 繰り返し疲労試験の諸条件

上限荷重 (kN)	下限荷重 (kN)	応力比 (%)	周波数 (Hz)
135	2	30	3

2.5 透水試験方法(インプット法)

透水試験は、インプット法³⁾による水の浸透深さより透水係数を求めた。図.1は、インプット法による試験状況を示したものであるが、供試体側面には、外部・内部からの水の浸透を防止するため、エポキシ樹脂系の塗料を塗り約1時間乾燥したものをを用いた。インプット法は、供試体上部より10気圧の水を透水し、48時間経過後装置から取り出し、透水試験終了後、供試体を図.2に示すように割裂し、その割裂面の画像をから水の平均浸透深さを計測する。そして、次式を用いて拡散係数を算出した。



図.1 繰り返し疲労試験機の写真



図.2 透水試験後(割裂後)の供試体

なお、上記で用いた拡散係数の式は(1)で求めた。⁴⁾

$$\beta_1^2 = \alpha \cdot D_m^2 / (t \cdot \xi^2) \dots (1)$$

ここに、

β_1^2 : 拡散係数(cm²/sec)

D_m: 平均浸透深さ(cm)

t: 水圧を加えた時間(sec)(試験条件48h×60²),

α : 水圧を加えた時間に関する係数

(t=48h×60²による係数175.7を使用)

ξ : 水圧に関する係数

(10kgf/cm²による係数1.163使用した)

3 試験結果および考察

3.1 圧縮強度に関する検討

図.3に普通ポルトランドセメントにタイプAを添加した場合と、無添加の場合を比較したものを示す。この結果によれば、タイプAを添加した場合は無添加の場合に比して、1割程度の強度増加が見られた。

次に、無添加の場合とタイプBを添加した場合の比較を図.4に示す。この結果の場合もタイプBの場合と同様に、タイプBを添加した場合は無添加の場合に比して、1割程度の強度増加が見られた。

さらに、添加量に関わらず、強度が発現することもわかった。また、高炉セメントにタイプCを添加した場合の比較を図.5に示す。前述で述べた傾向と同じ傾向で、添加量かわらず混和材を添加していない場合と比して、同等以上の強度発現性が得られることがわかった。

以上のことから種々のタイプの無機質セメント改質材を用いても、無添加の場合と比較して同等以上の強度が発現することがわかった。

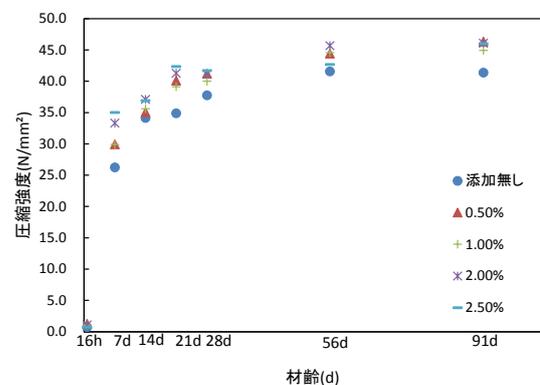


図.3 圧縮試験結果

(普通ポルトランドセメント：タイプA)

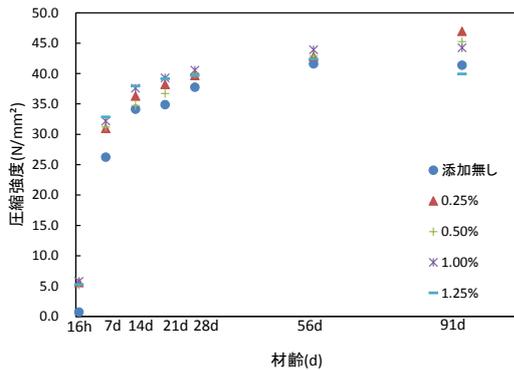


図.4 圧縮試験結果

(普通ポルトランドセメント：タイプ B)

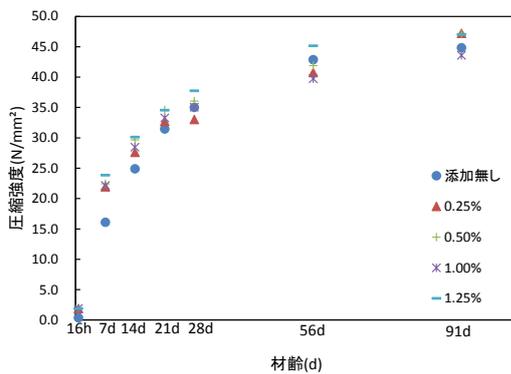


図.5 圧縮試験結果

(高炉セメント B種：タイプ C)

今後の検討課題となることがわかった。

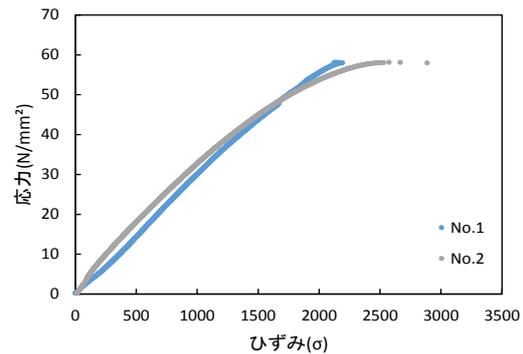


図.6 繰り返し疲労試験結果

(混和材添加：疲労試験前)

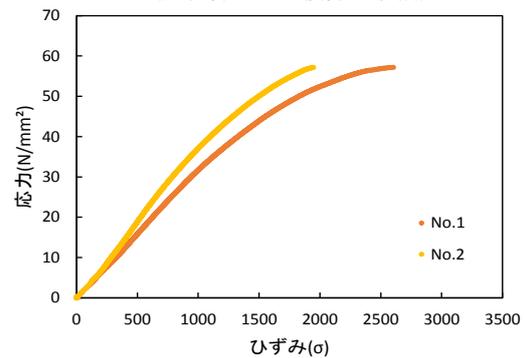


図.7 繰り返し疲労試験結果

(混和材添加：疲労試験後)

3.2 疲労特性に関する検討

図.6, 7 に無機質セメント系改質材を添加した場合の繰り返し疲労試験前と後の応力-ひずみ曲線の結果を示す。また、これらの結果より JIS A 1149 「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準拠して算出した静弾性係数の結果を表.4 に示す。

これらの結果によれば、まず無機質セメント系混和材を添加した場合は、供試体に 200 万回の繰り返し圧縮疲労を载荷したものと、载荷していないものにおいて、静弾性係数にあまり差はなく、約 32~33kN/mm² となった。次に、無機質セメント系混和材を添加していない場合は添加した場合と同様に、繰り返し圧縮疲労を载荷したものと、载荷していないものにおいて、静弾性係数に大きな差はなく、約 30~31kN/mm² の範囲となった。

以上のことは、無機質セメント系混和材添加の有無に関わらず、静弾性係数の値の差は小さく、応力比 30% の場合では、疲労特性にあまり変化が認められないことから、さらに応力比を増加した検討が必要であり、

表.4 静弾性係数

混和材	疲労試験	静弾性係数 (kN/mm ²)	
添加有り	疲労無し	29.32	} 32.40
		35.47	
添加有り	疲労有り	32.08	} 33.84
		35.59	
添加無し	疲労無し	30.39	} 31.34
		32.29	
添加無し	疲労有り	33.52	} 30.82
		28.12	

3.3 拡散係数に関する検討

図. 8~10 にコンクリートの透水試験結果より求めた各無機質セメント系改質材の添加率と拡散係数との関係を示す。この結果によれば、無機質セメント系改質材を添加することによって、拡散係数が低下する傾向が認められた。特に、添加率が小さい場合においてこの傾向は顕著で、タイプごとの標準添加率の 1/4 添加した際の拡散係数は、普通ポルトランドセメントの場合、タイプ A で約 33%、タ

イプ B で 26%, タイプ C で 63%と大きく低下することがわかった。また、高炉セメントの場合も同様の拡散係数が低下する傾向が認められた。しかし、標準添加率以上添加した場合、拡散係数の変化は小さくなり、拡散係数はほぼ一定となる傾向が認められた。この傾向は、普通ポルトランドセメントと高炉セメントの両場合において同様の傾向が認められた。

以上のことから、本実験で用いた無機質セメント系改質材を用いれば拡散係数を低下させることを示した。そしてこれらは、劣化要因を抑制することを意味するものであり、さらに標準添加率以下であっても十分に劣化抑制の効果を発揮することを明らかにした。

4 まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1)無機質セメント系混和材を添加することで、無添加の場合と比して強度が増加することがわかった。また、添加率の差によって圧縮強度の大きな変動はみられなかった。
- (2)圧縮強度の増加は、無機質セメント系混和材を用いることによるコンクリートの緻密化が要因であると推察しているが、今後はコンクリートの細孔空隙に着目した検討を行う必要がある。
- (3)無機質セメント系改質材を添加した物よる繰り返し疲労試験を行った場合と繰り返し疲労試験を行っていない物の静弾性係数の差による大きな変動は見られなかった。
- (4)(3)のことで静弾性係数による耐疲労特性は、変わらないということを示した。
- (5)無機質セメント系改質材を用いることで、拡散係数を低下させることから、劣化抑制には有効な材料となることを示した。
- (6)(5)で述べた劣化抑制は、コンクリート中の毛細管空隙や微細なひび割れなどの欠陥部にセメント結晶が生成されることによる緻密化が要因とされているが、これらに関する性能評価の実績も少ないことから、今後は細孔空隙に着目した検討が必要である。

5 参考文献

- 1) 檀原弘貴, 武若耕司, 山口明伸, 白澤直: ケイ酸塩系表面含浸材を用いたひび割れ補修による止水効果に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp1933-1938, 2009.

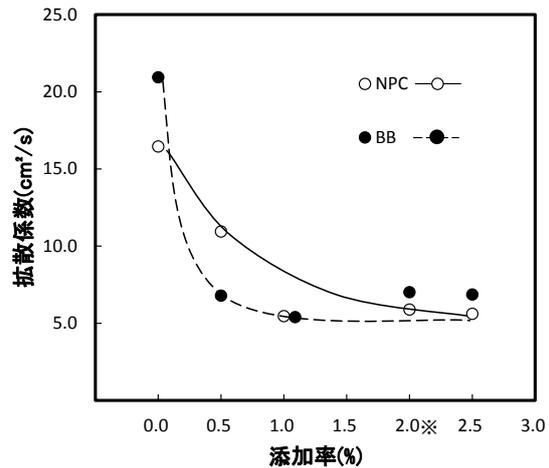


図.8 タイプ A を用いた標準添加率と拡散係数の関係 ※標準添加率(C×2. 0%)

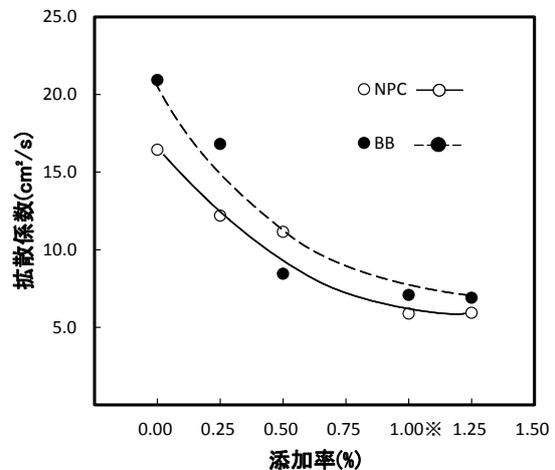


図.9 タイプ B を用いた標準添加率と拡散係数の関係 ※標準添加率(C×1. 0%)

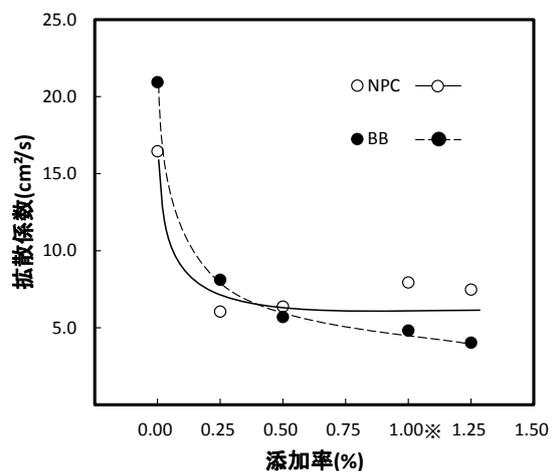


図.10 タイプ C を用いた標準添加率と拡散係数の関係 ※標準添加率(C×1. 0%)

- 2) 武若耕司: 表面保護工法の現状と課題, コンクリートテクノ, 第32巻2号, pp.84-88, 2013.
- 3) 公益法人土木学会: コンクリート標準仕法書(規準編) pp602-605, 2013.
- 4) 笠井芳夫, 池田尚治: (株)技術書院, コンクリートの試験方法(下), pp.148-152, 1993.