

V-324

吹付けコンクリートの強度および耐久性についての実験と考察

佐藤工業（株） 正会員 小林裕二
 東京大学生産技術研究所 正会員 西村次男
 東京大学生産技術研究所 フェロー会員 魚本健人

1. はじめに

吹付けコンクリートの強度および耐久性は、吹付け前の急結剤を添加していないコンクリート（以下、ベースコンクリートと称する）と比べて低下するといわれているが、その低下の原因はさまざまであり明確にされていない。本研究はコンクリートの配合を変化させた湿式吹付けコンクリートの吹付け実験を実施し、圧縮強度・空隙率・細孔量・中性化深さを測定・比較することで吹付けコンクリートの強度および耐久性が低下する原因についての検討をおこなったものである。

2. 実験概要

使用材料を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。実験は、空気圧送式の吹付け機（AL-280）を用いた湿式吹付け方式でおこない、容量 0.375m³ のボルテックスミキサーを用いて作製したコンクリートを供試体作製用のパネル型枠に吹付けて行った。2日後にφ10cmのコアを採取し、所定の材齢に達するまで標準水中養生を行い表-3 に示す項目についての測定をおこなった。

3. 結果および考察

3.1 強度特性

図-1 に材齢 28 日における圧縮強度およびベースコンクリートに対する吹付けコンクリートの圧縮強度の比を圧縮強度比として示す。これより、吹付けコンクリートの圧縮強度はベースコンクリートの圧縮強度よりも低く、強度低下の割合は配合要因の影響をうけて変化する。本実験の配合では急結材添加率が大きくなるほど、水セメント比が小さくなるほど、また、単位セメント量が小さくなるほど大きくなる傾向を示した。

3.2 空隙特性

図-2 に材齢 28 日における ASTM C 642 による煮沸吸水による空隙率試験結果および本実験で用いたボロシメータの測定範囲であった 400μm以下の総細孔量の測定結果を示す。吹付けコンクリートの空隙率はベースコンクリートの空隙率より約5%程度増加する傾向にあった。一方、細孔径が 400μm以下の総細孔量では吹付けコンクリート：吹付けコンクリート、圧縮強度、空隙率、細孔量、中性化深さ

表-1 使用材料

使用材料	物 性
細骨材	富士川産川砂，比重＝2.63，F.M.＝2.99，吸水率＝1.48%
微砂	市原産山砂，比重＝2.57，F.M.＝2.32，吸水率＝2.89%
粗骨材	両神産6号砕石，比重＝2.72，F.M.＝6.56，吸水率＝0.77%
セメント	普通ポルトランドセメント，比重＝3.16，7"レン比表面積＝3250cm ² /g
水	水道水
急結剤	加シカアセート系急結剤（ナミット-5T），比重＝2.52
高性能減水剤	α-リゼリンポリカル系高性能減水剤（FTN-30）
消泡剤	非イオン系消泡剤（F-224）

表-2 コンクリート配合

配合 No.	変動要因	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m ³)					高性能減水剤 (%)	消泡剤 (%)	急結剤 (%)
				W	C	S1	S2	G			
1	急結材添加率	58.6	62	211	360	908	157	677	0	0	4
2		58.6	62	211	360	908	157	677	0	0	7
3		58.6	62	211	360	908	157	677	0	0	10
4	水セメント比	58.6	62	211	360	908	157	677	0.15	0.001	7
5		53.6	62	193	360	933	161	696	0.65	0.005	7
6		48.6	62	175	360	958	165	714	1.25	0.01	7
7	単位セメント量	48.6	62	175	360	958	165	714	1.10	0.008	7
8		48.6	62	190	390	924	159	689	0.70	0.003	7
9		48.6	62	204	420	891	154	665	0.45	0.0005	7

表-3 測定項目

測定項目	測定方法
供試体作製方法	（吹付けコンクリート） JIS C-7561に準じたパネル型枠（長さ60cm×幅60cm×高さ25cm）に吹付けをおこなったコア供試体寸法：φ10×20cm 養生方法：2日間湿布気中養生（温度20℃，湿度60RH）の後コア採取を行いその後標準水中養生（ベースコンクリート） JIS A1132に準じた金属製のモールド型枠（φ10×20cm）に突き棒を用いて作製した養生方法：2日間湿布気中養生（温度20℃，湿度60RH）の後その後標準水中養生
圧縮強度	JIS A 1108に準じて材齢28日において各3本ずつおこないその平均値を算出した
空隙率	ASTM C 642に準じて材齢28日で3供試体を3等分してそれぞれ測定し平均値を算出した
細孔量	水銀圧入式ボロシメータによって測定した 試料は材齢28日の供試体を粉砕し中央部分から約2g採取した
促進中性化試験	温度20℃，湿度60%，CO ₂ 濃度10%の条件下で4週間促進中性化をおこない、割裂面にフェノールフタレイン1%溶液を吹付け非発色面をノギスを用いて20点測定しその平均値を算出した

リートとベースコンクリートで空隙率試験でみられたほどの大きな差は認められなかった。このことから、吹付けコンクリートとベースコンクリートの空隙の差は、細孔径が $400\mu\text{m}$ 以上の比較的大きな径の空隙が多く存在することによるものであると考えられる。

3.3 圧縮強度と空隙率の関係

圧縮強度と空隙率の関係について、図-3 に圧縮強度比と空隙率比の関係を示す。ここで、空隙率比とはベースコンクリートに対する吹付けコンクリートの空隙率の比を算出したものである。これより、圧縮強度比と空隙率比には相関関係があり、空隙率比の増加に伴って吹付けコンクリートの圧縮強度は低下する傾向にある。このことは、ベースコンクリートよりも吹付けコンクリートの空隙率が多くなることが強度低下を招く原因の一つであることを示している。

3.4 中性化深さと空隙率の関係

図-4 に促進中性化試験によって得られた中性化深さの試験結果を示す。これより、吹付けコンクリートの中性化はベースコンクリートの中性化よりも速く進行することが明らかである。図-5 に中性化深さ比と空隙率比の関係を示す。ここで、中性化深さ比とはベースコンクリートの中性化深さに対する吹付けコンクリートの中性化深さの比を算出したものである。これより、中性化深さ比と空隙率比には相関関係が認められ、空隙率が増加するにつれて吹付けコンクリートの中性化深さは増加する傾向にあることから、圧縮強度と同様に $400\mu\text{m}$ 以上の空隙の増加が中性化に対する抵抗性をも低下させる原因の1つとなると考えられる。

4. まとめ

吹付けコンクリートはベースコンクリートよりも空隙率が多く、その差は、吹付け施工時のエアの巻き込みにより生じる $400\mu\text{m}$ 以上の径の空隙であると考えられる。この空隙の存在は吹付けコンクリートの圧縮強度を低下させる原因の1つになり、また、中性化に対する抵抗性をも低下させる原因となることが明らかになった。このことから、吹付けコンクリートの施工時に生じる空隙を減らす配合および施工方法とすることが今後吹付けコンクリートの高強度・高品質化をめざす上で重要なポイントとなると考えられる。

（参考文献）

- 1) 東京大学生産技術研究所「高品質吹付けコンクリートの開発」に関する共同研究報告書，平成10年3月

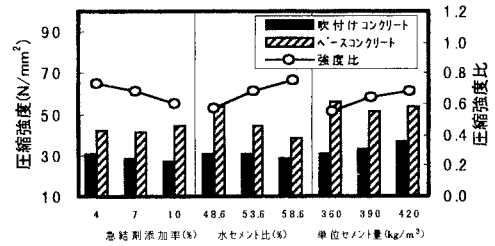


図-1 圧縮強度試験結果

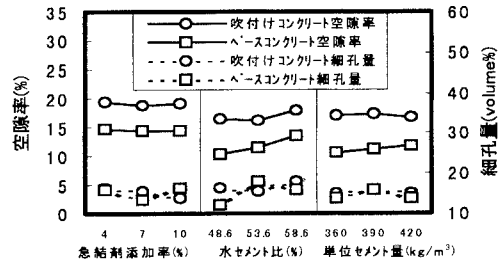


図-2 空隙率と細孔量の試験結果

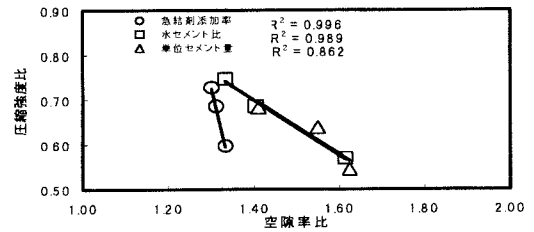


図-3 圧縮強度比と空隙率比の関係

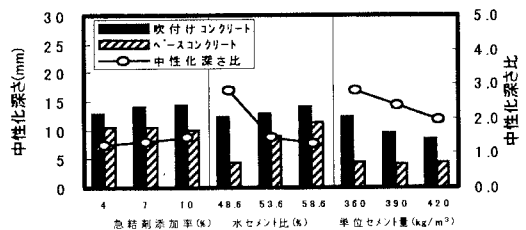


図-4 促進中性化試験結果

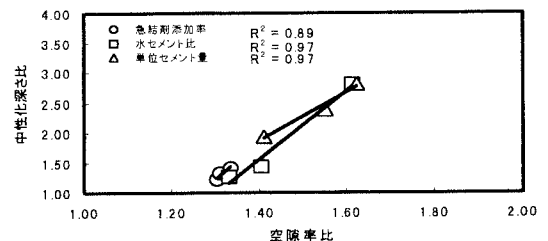


図-5 中性化深さ比と空隙率比の関係