

飛島建設 正員 松 尾 勝 弥
 中部電力 岩 附 宏 行
 飛島建設 正員 小 林 清 三

1. ま え が き

吹付コンクリートは、地下構造物を中心にその利用が急増している。しかし、まだその耐久性に対する特性は明らかにされておらず、従って永久構造物の材料として単独で利用された例は、非常に少ない。

本報告書は、その耐久性を調べる一環として、急速凍結融解試験を行い、吹付コンクリートの耐久性に対する特性を試験したものである。

2. 試 験 方 法

凍結融解試験法は、ASTM C 666-77によった。

一方、試験に用いた供試体は次のものとした。(表2-1, 2-2参照)

- i 供 試 体 6面カット(100×100×400 mm), 試験日まで水中標準養生
- ii 吹付方式 D: 乾式(空練りコンクリート浮遊搬送, ノズル近傍にて水添加)
 W: 湿式(混練りコンクリート密充圧送, ノズル近傍にてエアーによる浮遊搬送)
- iii 急 結 剤 N: セメント系
 Q: アルミン酸塩系
 J: アルミン酸塩系

表2-1 示方配合表

吹付 方式	スランブ (cm)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 重 量 (kg/m ³)				
					セメント C	水 W	細骨材 S	粗骨材 G	急結剤
乾 式	—	15	42.5	60	360	151	1146	773	Cx5(6)
湿 式	12	15	62.5	70	360	225	1262	539	Cx5(6)

(細骨材: 比重2.59, 吸水率2.10% 粗骨材: 比重2.63, 吸水率0.989%)

3. 試験結果並びに考察

試験結果を表3-1, 図3-2, 図3-3に示した。なお表3-1に示した圧縮強度, 弾性係数は, 凍結融解試験用の供試体採取と同時に木製型枠に吹付けを行い, 硬化後コアボーリングマシンで, $\phi 100 \times 200$ mmの円柱供試体を採取したものの, 材令28日に於ける圧縮強度, 弾性係数の平均値である。

3-1 供試体の種類と耐久性指数(表3-1参照)

乾式では, いずれも耐久性指数の変動が大きく, 耐久性指数の高いものと低いものが両極端に表われる。一方湿式で急結剤Nを用いたもの(WN)は急結剤無添加(WP)より多少大きい耐久性指数を示した。

次の耐久性指数の低い供試体(300サイクルまで継続しなかった供試体)に注目すると比較的大きな空隙もしくは, はつきりとした継目, 供試体の一部に観察された。

3-2 圧縮強度と耐久性指数(表3-1, 図3-1参照)

乾式の供試体及び湿式で急結剤Jを用いた供試体の変動係数が大きい, 圧縮強度と耐久性指数との間に関係があるとはいえないが, 300サイクルまで試験が継続された供試体についてのみ注目すると, かなりの信頼性をもった関係が認められる(信頼度95%以上)。

表2-2 供試体種類

吹付式	記号	急結剤の種類	供試体個数
乾 式	DN	セメント系急結剤N	3
	DQ	アルミン酸塩系急結剤Q	3
湿 式	WN	セメント系急結剤N	3
	WQ	アルミン酸塩系急結剤Q	3
	WJ	同 上 J	3
	WP	無 添 加	3

表3-1 供試体別試験結果

記号	耐久性指数 (%)			圧縮強度 kg/cm ²	弾性係数 $\times 10^4$ kg/cm ²
	DF	平均値 DF	変動係数 %		
DN	86.0★				
	26.0				
	34.0	48.7	66.9	386	227
DQ	88.0★				
	26.0				
	62.0★	58.7	53.0	303	218
WN	86.0★				
	88.0★				
	87.0★	87.0	1.1	330	254
WQ	79.0★				
	70.0★				
	76.0★	75.0	6.1	261	214
WJ	33.0				
	43.0				
	55.0★	43.7	25.2	244	207
WP	86.0★				
	81.0★				
	82.0★	83.0	3.2	375	235

★は300サイクルまで試験が継続された供試体

3-3 弾性係数と耐久性指数 (表 3-1, 図 3-2 参照)

3-2 で述べたと同様であり, 良好な供試体のみについて, 注目するとかなりの関係 (信頼度 95% 以上) が認められる。

3-4 普通コンクリートとの比較

普通コンクリートにおいて, 耐久性指数は空気量が 3% 以下では 20% 以下, 3% を越えると 70% 以上の値を示すとされている。これから判断すると, 湿式のうち急結剤 J を用いた供試体 (WJ) を除いて, すべて普通コンクリートにおける 3% 以上の空気量のものと同等の値を示している。又乾式であつても良好なものは充分 3% 以上の空気量をもった普通コンクリートに匹敵する。

従つて, 吹付コンクリートであつても耐久性が低いとはいえず, むしろ A E コンクリートと同程度の耐久性を示すといえる。

4. 追加試験

吹付コンクリートが非常に良好な耐久性指数を示したため, その空気量を調べることとした。試験方法は, 顕微鏡法によつた (顕微鏡による硬化コンクリートの気泡システムと空気量, 比表面および間隔係数の測定方法 ASTM C 457-71)。又供試体は圧縮強度試験に用いた, コア供試体の切端を使用し, DN, WN, WP について行った。

表 4-1 に試験結果を示すと同時に湿式については練り上り時のコンクリートの空気量を示した。

試験結果よりみると, 湿式については, 練り上り時よりかなり空気量が增加しており, 空気量から判断して耐久性指数の非常に良好なものも納得がいく。すなわち, 吹付け行為が耐久性に有利に作用しているといえる。

一方気泡の形状は, WN, WP とともに球形に近く, A E コンクリートのそれと比較して損色のないものであった。

5. ま と め

吹付コンクリートの凍結融解に対する耐久性は, 通常の A E コンクリートと同程度であるとの結果を今回得た。しかし乾式吹付けではかなりの品質の変動が大きく, 又湿式であつても品質の悪いものが発生する可能性を持っている。一方同時に行った圧縮強度試験でも DN, DQ, WJ はかなり大きい変動係数を示した。従つて凍結融解に対する耐久性の良否を判断するのに, 圧縮強度とその変動係数, 弾性係数でおよその目安が得れると考えられる。

又急結剤の種類による影響は, セメント系が多少有利であるが, 通常の A E コンクリートと比較して, アルミン酸塩系の急結剤を使用した場合でも差が生じる程ではない。

6. お わ り に

今回の実績では, 吹付コンクリートの凍結融解に対する抵抗力を調べた。その結果, 吹付コンクリートは非常に良好な耐久性を有していることが判明した。品質のばらつきを少なくすれば, 吹付コンクリートは, 永久構造物の材料として充分利用することが出来る。又吹付コンクリートを永久構造物の材料として活用すれば, 工期の短縮も可能であり経済的に利点が多いと考えられる。

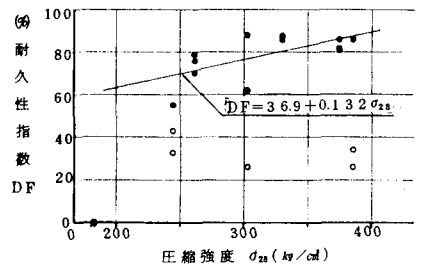


図 3-1 圧縮強度と耐久性指数

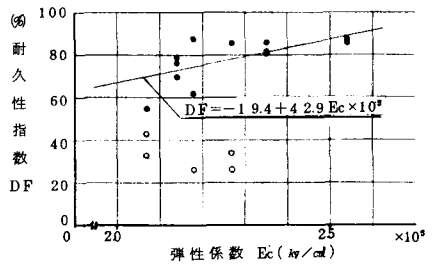


図 3-2 弾性係数と耐久性指数

表 4-1 顕微鏡による試験結果

記号	空気量(%)	気泡間隔係数(μ)	練り上り時 空気量(%)
DN	4.83	5.61	—
	4.74	4.66	
	8.25	3.61	
WN	3.66	5.84	2.7
	3.22	5.81	
	3.22	5.44	
WP	2.93	5.77	2.2
	3.96	4.72	
	3.32	6.34	