

飛島建設(株) 正買 小森 実
 中部電力(株) 岩附 宏行
 飛島建設(株) 高木 俊郎

1 まえがき

吹付コンクリートは、地下空洞掘削時における支保部材の一部として用いられるのをはじめ、法面防護等にも広く利用されている。しかしながら、永久構造物材料と考えて用いた例は少なく、補修の容易な場合や、一時的に荷重を負担させる場合等に限定されている。これは、吹付コンクリートに対する信頼性が普通コンクリートに比べて低いと考えられているためと言える。本報告は、各種条件を変え、吹付コンクリートの強度特性について調べ、普通コンクリートとの比較を行ったものである。

2 実験概要

i) 吹付方式・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); D

・湿式(混練り)コンクリート密充圧送, ノズル近傍にて圧縮空気添加による浮遊搬送); W

ii) 急結剤・セメント系急結剤; N

・アルミン酸塩系急結剤; Q, J

・無添加; P

iii) 配合 計画配合および実施配合を表1に示す。

iv) 供試体採取方法 短期材令供試体は曲げ試験

用型枠にて採取し、長期材令供試体について

は、箱型枠にて採取したものと試験材令前にコアボーリングにより、 $\phi 100 \times 200$ mmの供試体を作成した。養生は空中養生とした。

v) 試験方法 JIS A 1107, JIS A 1108, および JIS A 1114 に準拠して実施した。

3 実験結果および考察

表2に試験結果の一覧表を示す。

i) 吹付方式と圧縮強度

乾式と湿式の28日強度を同一急結剤添加のものと比較すると、アルミン酸塩系急結剤Jを除いて湿式は乾式の96~97%である。同様に材令1日の比較では21~60%である。乾式のほうが高い強度が得られる理由の一つとしては、単位水量の相違が考えられる。乾式吹付方式は、構造的に水量を少なくして施工できるので、単位水量は一般に湿式よりも少ない。W/Cが小さいので、同一セメント量の場合、乾式吹付方式は湿式吹付方式よりも強度が大きくなると考えられる。

強度のバラツキに関して σ_{28} の変動係数を急結剤混入のものについて見ると、乾式は13~22%、湿式では3~13%で乾式のほうが大きなバラツキを示している。いま、バラツキの要因としては、材料の練り混ぜ方法、急結剤の種類、硬化特性等が考えられる。乾式吹付方式は、浮遊搬送材料にノズル近傍にて水添加とすることで湿式吹

表-1 吹付コンクリート配合表

	G _{max} (mm)	W/C (%)	S/a (%)	空気量 (cc/m)	単位量 (kg/m ³)				
					C	W	S	G	Q
乾式 計画	15	42	60	—	360	151.2	1146	773	18
乾式 実施	15	44	60	—	360	158.4	1135	765	22.7
湿式	15	62.5	70	12	360	225	1262	539	18

表-2 試験結果一覧表

供試体種類	圧縮強度 (kg/cm ²)							σ_{28} における 変動係数 (%)
	3時間	6時間	1日	3日	7日	28日	91日	
DN	9.5	26.1	84	178	183	343	414	13
DQ	39.6	74.1	145	159	166	270	364	17
DJ	12.0	21.5	91	122	190	213	—	22
DP	—	—	—	171	248	392	—	6
WN	7.3	9.5	18	105	239	330	384	4
WQ	8.3	15.9	72	154	193	261	326	3
WJ	3.0	4.1	55	146	194	244	321	13
WP	—	—	—	112	242	375	478	5
直打設	—	—	—	51	142	257	—	4

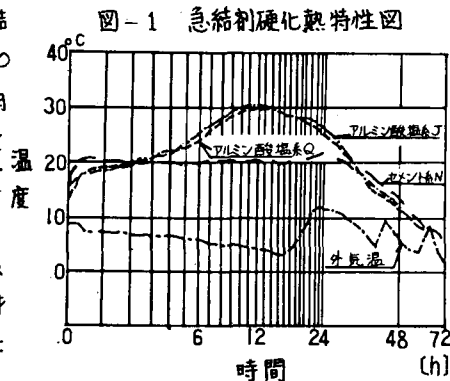
付方式よりも練り混ぜが不十分であること、さらに、単位水量が少なく、急結剤による硬化速度が早いため、次層の吹付との間がコールドジョイント状となり、吹付コンクリートに空隙を生じやすい事等が考えられる。

急結剤無添加の場合と添加の場合を比較すると、湿式ではアルミン酸塩系急結剤Jを除き大差はないが、乾式の場合は無添加のほうがバラツキは少ない。これは、湿式の場合は硬化が遅いので急結剤による影響が少ないが、乾式の場合は、上述の理由により空隙を生じやすいためと考えられる。

普通コンクリートと吹付コンクリートの比較のために、湿式吹付コンクリートと同配合のものをポンプ筒先で $\phi 100 \times 200$ mmの供試体と採取した。この結果は吹付コンクリートが $\sigma_{28} = 366 \text{ kg/cm}^2$ に対して普通コンクリートは $\sigma_{28} = 257 \text{ kg/cm}^2$ と小さい。これは、同一配合のコンクリートであっても吹付時に混練り水が飛散するため、実質のW/Cが低下することによって強度が上昇するものと思われる。

ii) 急結剤の添加有無ならびに種類と圧縮強度

急結剤と混入する目的は、初期強度を高めることにある。材令1日の強度について見ると、乾式、湿式ともにアルミン酸塩系急結剤QおよびJを用いたもののほうがセメント系急結剤Nよりも大きな値を示している。本実験では養生温度が低かったため、セメント系急結剤Nはこの影響と特に受けたものと思われる。図1に湿式吹付けによる供試体の硬化熱を測定した結果を示す。セメント系急結剤では吹付直後に急激な温度上昇を示すが20分程度経過すると20℃前後で安定してしまう。一方アルミン酸塩系急結剤では、初期の立ち上がりは遅いが、2時間後にはセメント系急結剤を超えて上昇し、12時間後には最大値30℃に達する。このように低温時にはセメント系急結剤の場合、初期強度発現が遅れる場合がある。3日以降の強度について見ると、乾式では材令3日でセメント系のものがアルミン酸塩系よりも大きな強度を示すが、湿式では材令7日前後にならないとセメント系のほうが高い強度にはならない。これは、水セメント比によって急結剤の効果が異なりその上に



に温度の影響を受けたことによるものと思われる。しかし7日以降では、明らかにセメント系のものが大きな強度を示し、アルミン酸塩系よりも有利であることがわかる。急結剤の有無について比較すると、28日強度ではセメント系が無添加の87~88%，アルミン酸塩系は無添加の54~70%となっており、この比率は同一急結剤を考えると、吹付方法に拘らず似た値を示している。28日以降の強度の伸びは無添加の場合が最も高いが、従来長期における強度の伸びが低いと考えられていたアルミン酸塩系においても、無添加と同程度の比率で強度の上昇が見られる。

4 まとめ

吹付コンクリートの強度特性を圧縮強度について検討したが、吹付コンクリートは普通コンクリートよりも大きな強度と発揮する。急結剤添加により若干の強度低下は生じるが、低い強度を示したアルミン酸塩系急結剤添加の場合でも、同一水セメント比の通常打設したコンクリートの強度と同程度である。急結剤の種類ではセメント系が有利であるが、低温時には外気温の影響を受ける場合があるので注意が必要である。吹付方式では、短期強度については乾式のほうが優れているが長期強度では大差ない。品質の安定に関しては湿式が有利である。

5 おわりに

吹付コンクリートは通常コンクリートと同程度の強度を有しているが、施工方法によってはバラツキが大きくなることも否めない。吹付コンクリートを永ス構造物に用いるに当たっては、如何にバラツキを減少させるかが重要である。このため、吹付機や吹付方法(施工)の改良が重要となろう。