

海水を用いたプレパックスドコンクリートの性質

宮 津 孝*

最近プレパックスドコンクリート工法による施工量が年々増加する傾向にあるが、プレパックスドコンクリート工法としての問題点もいくつかある。その1つとして練混ぜ用水としての海水問題があげられる。とくに港湾海岸工事では混合用水として海水を使用する機会が少なくないので、混合用水としての海水が注入モルタルおよびコンクリートの性質に及ぼす影響を明らかにしておくことが必要である。この報告は、混合用水として海水を用いた場合の2, 3の実験結果を述べたものである。

1 モルタル強度についての実験

混合用水としての淡水、海水がモルタルの流動性、曲げ、圧縮強度に及ぼす影響について調べたものである。

1.1 使用材料

高炉セメントB種、フライアッシュセメントB種、細骨材は山口県豊浦標準砂、分散剤としてポゾリスNo. 8、混合用水として淡水、海水を用いた。淡水は当所飲料用井戸水、海水は小樽市海岸から採取したものをを用いた。

海水の分析結果は表-1のとおりである。

1.2 試験方法

水セメント比は、淡水、海水ともに50, 65%の2種とし海水を用いたモルタルのフローが $190 \pm 5 \text{ mm}$ になるようにセメント砂比を定め、淡水の場合も同じセメント砂比とした。モルタルの練混ぜは、練混用のハチにセメント砂を入れて2分間練混ぜ、さらに水、ポゾリス溶液を加えて3分間練混ぜた。また、練混ぜたモルタルは $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ 型枠に2層につめ各層15回突固めを行なった。型枠は1日間 20°C で湿気養生を行ない、型枠を取除き所定の材令まで 20°C の水槽で養生したものをJIS. R 5201の8.2項(試験方法)に従って強さ試験を行なった。

1.3 結果および考察

モルタルの配合および、試験結果は表-2のとおりである。これによるとセメント種類をとわず同一水セメント比、セメント砂比でも、モルタルフローに混合用水の影

表-1 海水の分析結果

比重	PH	電導度 20° e μ V	アルカリ度 CaCO ₃	Cl ⁻	So ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	硬 度 CaCO ₃
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1.024	8.7	33,000	113	17,550	2,390	427	1,180	9,860	420	5,940

表-2 モルタル配合および結果

セメント種類	使用水 区分	W/C (%)	配合比 C:S	1バッチ当たり				フ ロ ー 値 (mm)	曲げ強度 (kg/cm ²)			圧縮強度 (kg/cm ²)		
				C(g)	S(g)	W (cc)	Po (gr)		δ_7	δ_{28}	δ_{91}	δ_7	δ_{20}	δ_{91}
高炉セメント B 種	海水	50	1:1.72	570	986	285	1.43	190	56.5	74.1	82.7	303	463	533
	淡水							200	47.5	84.4	86.5	249	474	591
	海水	65	1:2.35	520	1,224	338	1.30	190	40.6	57.4	67.0	173	283	357
	淡水							199	32.1	63.8	70.4	143	314	427
フライアッシュ セメントB種	海水	50	1:1.73	570	990	285	1.43	190	55.4	63.3	75.7	296	412	495
	淡水							199	41.5	70.5	77.5	199	447	541
	海水	65	1:2.40	520	1,251	338	1.30	185	35.9	46.6	59.0	155	220	323
	淡水							195	29.7	52.0	59.5	125	249	363

* コンクリート研究室

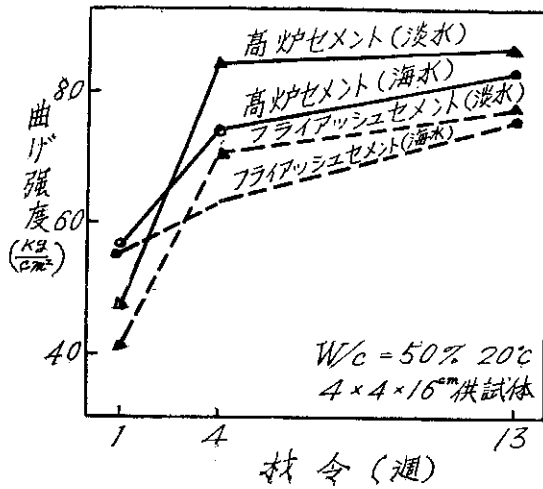


図-1 混合用水によるモルタルの曲げ強度と材令の関係

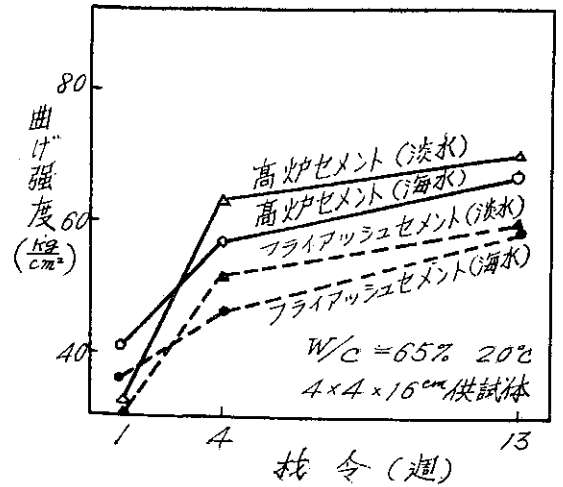


図-2 混合用水によるモルタルの曲げ強度と材令の関係

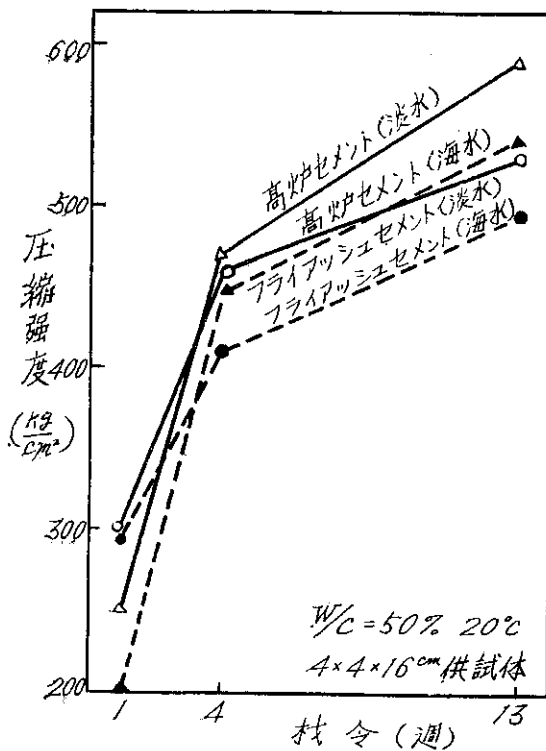


図-3 混合用水によるモルタルの圧縮強度と材令の関係
 響が見られ、海水がフローで約5%程度小さくなっているが、これは海水中に含まれる塩類によるものと思われる。したがって、淡水の場合と同じフローを得るためには、海水の水量を増す必要がある。

図-1, 2は曲げ強度、図-3, 4は圧縮強度を示したものであるが、これらから材令3日のような初期の強度は曲げ、圧縮ともに海水を用いたものが大きい、材令7日以降の強度では淡水を用いたものが大きくなっている。したがって混合用水としての海水はモルタルの流動

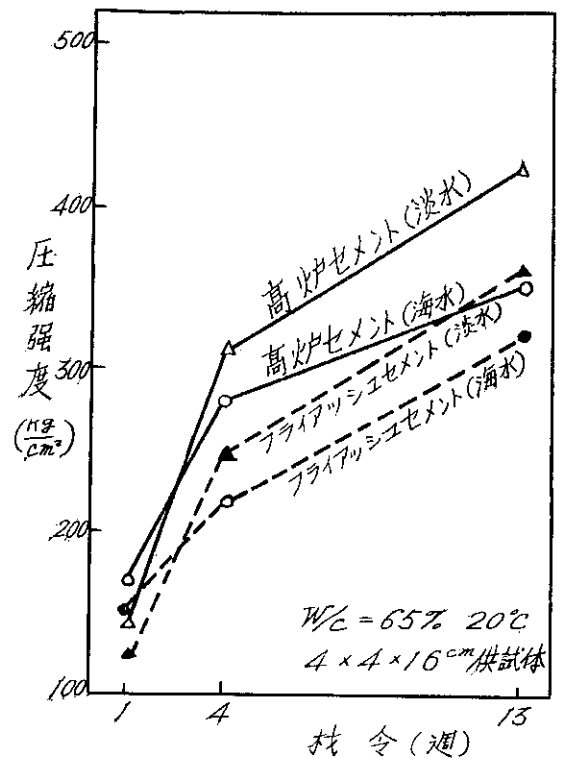


図-4 混合用水によるモルタルの圧縮強度と材令の関係
 性を悪くし長期強度においても淡水より不利であるといえる。

2 注入モルタルの流動性、空気量、凝結時間についての実験

2.1 使用材料

高炉セメントB種 (比重 3.06), フライアッシュセメントB種 (比重 2.96), 細骨材として苫小牧市錦岡海岸砂4種 (FM 1.48, 1.76, 1.96, 2.29, 表-3参照), 混合用水として淡水, 海水 (比重 1.024) 分散剤としてポ

表-3 砂の物理試験結果

砂の種類	比重	吸水量 (%)	粗粒率	各ふるいを通過する重量百分率 (%)				
				2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
A	2.74	0.95	1.48	0	0	1	52	95
B	2.78	0.96	1.76	0	6	13	61	96
C	2.78	0.81	1.96	0	4	32	65	95
D	2.79	0.87	2.29	0	8	47	75	99
標		準	1.4~2.2	0	0~10	15~40	50~80	70~95

ゾリス No. 8 を用いた。

2.2 試験方法

注入モルタルの配合は C:S=1:1 一定とし、4種の砂について水セメント比とフロー値 (1725 cc のコーン使用) との関係性を求めた。ミキサーは ASTM:C 305 によるグラウトミキサーで回転羽根は縦型で羽根自体偏心回転するものである。材料投入は水、ボゾリス、セメント、砂の順に行ない、全材料投入後、ミキサー回転数 145 回転/分で 2 分 30 秒練混ぜたモルタルでフロー試験を行なった。このうちフロー 19 秒に近い水セメント比のモルタルについては、空気量試験、凝結試験を行なった。

モルタル空気量試験には ASTM:C 185 による容量 400 cc のステンレス鋼製容器および板ガラス、セメントナイフ、天秤を用いた。試験方法は、モルタルを容器の約 $\frac{1}{2}$ の高さまで入れ、セメントナイフで 20 回容器内壁に沿ってスページングを行ない板ガラスをのせ重量 S (gr) を測る。次に板ガラスを取除き試料に水を静かにそそぎ容器上面までみだし気泡が残らないように板ガラスをのせその重量 W_1 (gr) を測る。板ガラスを容器に密着させたまま激しく振って試料中の空気を完全に追い出したのち、容器上面まで水をみだし板ガラスをのせ、その重量を測り W_2 (gr) とする。容器と板ガラスの重量 T (gr) および、水だけをみだした容器と板ガラスの重量 W_0 (gr) はあらかじめ測定しておく。重量測定は 0.01 (gr) まで行なう。

$$\text{空気量} : \frac{1}{P_m^0} (P_m^0 - P_m) \times 100 (\%)$$

$$\text{試料重量} : W = S - T (\text{gr})$$

$$\text{気泡を含んだ試料の容積} : V_1 = W_0 + W - W_2 (\text{cc})$$

$$\text{気泡を含んだ試料の比重} : P_m = \frac{W}{V_1}$$

$$\text{気泡を追い出した試料の容積} : V_2 = W_0 + W - W_2 (\text{cc})$$

$$\text{気泡を追い出した試料の比重} : P_m^0 = \frac{W}{V_2}$$

凝結試験方法は JISR 5201 の 6・4 (凝結の始発の測り方) および、6・5 (凝結の終結の測り方) に従った。

凝結試験に用いたモルタルはあらかじめ 0.6 mm 網フルイを通過したものである。

2.3 結果および考察

砂の粗粒率と注入モルタルの流動性との関係性は図-5~8, フロー値が 19 秒に近い水セメント比のモルタルのフロー値, 空気量, 凝結試験の結果は表-4 のとおりである。

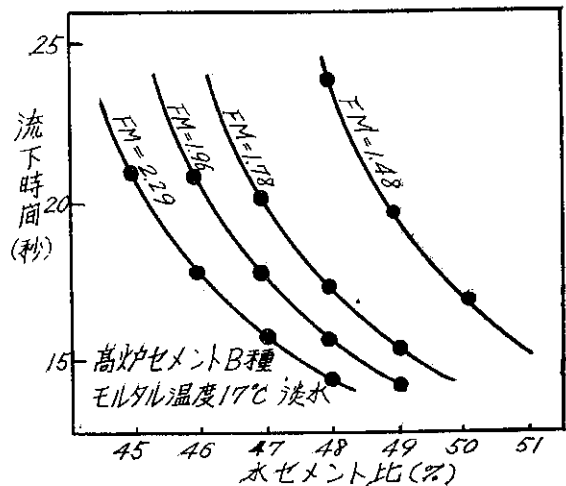


図-5 流下時間と水セメント比の関係

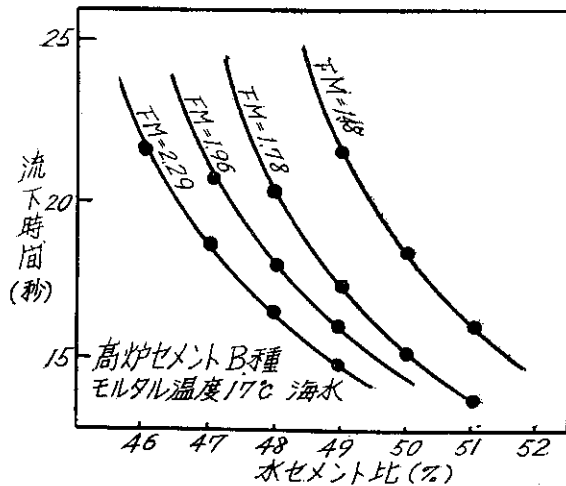


図-6 流下時間と水セメント比の関係

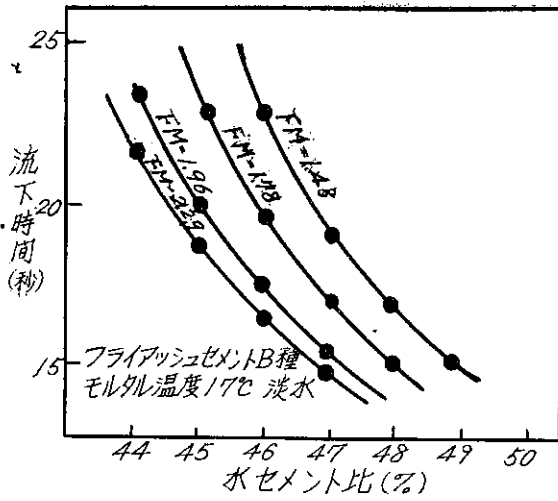


図-7 流下時間と水セメント比の関係

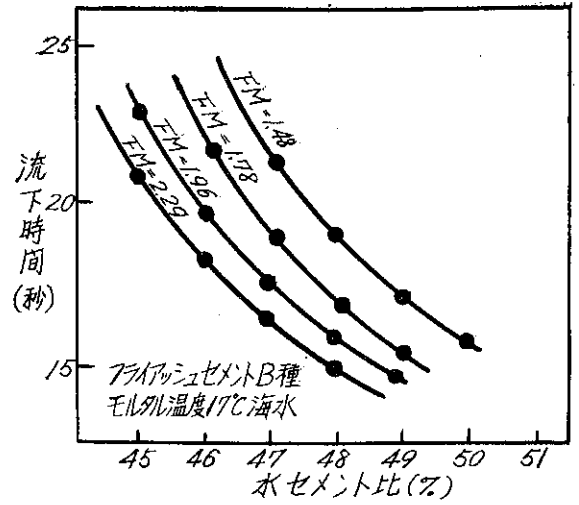


図-8 流下時間と水セメント比の関係

表-4 モルタル配合と試験結果

セメント種類	混合水区分	砂粗粒率	配合比 C:S	水セメント比 (%)	フロー値 (秒)	空気量 (%)	凝結開始時・分	凝結終了時・分
高炉セメント B 種	淡水	1.48	1:1	49	20.5	3.8	8.05	11.25
				50	18.9	2.1	4.53	8.20
	海水	1.78	1:1	48	18.0	3.0	6.23	10.05
				49	17.8	2.4	5.05	7.10
	淡水	1.96	1:1	47	18.0	2.9	6.40	10.25
				48	18.4	2.8	5.45	9.05
	海水	2.29	1:1	46	18.6	2.3	6.05	9.55
				47	19.2	2.3	4.50	7.12
フライアッシュセメント B 種	淡水	1.48	1:1	47	19.2	4.1	9.20	11.50
				48	19.4	3.3	7.00	10.30
	海水	1.78	1:1	46	20.0	3.2	10.22	14.20
				47	19.3	3.1	6.50	10.40
	淡水	1.96	1:1	45	20.2	3.1	9.15	12.50
				46	20.1	3.3	6.17	9.37
	海水	2.29	1:1	45	18.9	2.9	10.55	14.15
				46	18.7	2.5	7.00	10.37

図-5~8によると混合用水、セメント種類を問わず砂の粗粒率が大きくなるに従ってモルタルの流動性が良くなり同じ流動性を得るためには、水セメント比を小さくできる。図-5~8からフロー値19秒を得るための水セメント比を求めれば表-5のとおりになり混合用水としては淡水が、また、セメント種類としてはフライアッシュセメントが水セメント比をいくぶん小さくできることが

わかる。表-4によれば空気量は、混合用水、セメント種類を問わず2~4%程度で混合用水、セメント種類の影響はあまり大きくなさくはほぼ等しい。空気量はミキサー攪拌羽根の構造、回転数などによって異なるものと思われる。

凝結時間は、混合用水の影響が見られ、海水を用いたものは淡水を用いたものより約25%程度凝結が早い

表-5 フロー19秒をうるためのW/C (%)

セメント種類	粗粒率 混合水 区分	1.48	1.78	1.96	2.29
		高炉セメント	淡水	49.4	47.6
	海水	49.9	48.5	47.8	47.0
フライアッシュ セメント	淡水	47.1	46.3	45.4	44.9
	海水	48.1	47.2	46.5	45.8

が、これは塩類の影響によるものと思われる。

3 試験ブロックから採取したコア

についての強度実験

プレパックドコンクリート試験ブロック (縦0.5×横0.5×高さ1.80m), 3個を余市港内で製作しこれよりコア採取を行ないコア深度と強度の関係を求めたものである。

3.1 使用材料

フライアッシュセメントB種 (比重2.96), 苫小牧市錦岡海岸砂 (比重2.79, 吸水量0.90%, 粗粒率1.86), 分散剤をしてポゾリス No. 8, 膨張剤としてアルミニウム粉末, 混合用水として淡水, 海水 (比重1.024), 粗骨材は余市シリバ産碎石 (比重2.48, 吸水量3.21%, 空隙率43%, 最小寸法15mm, 最大寸法50mm) を用いた。

3.2 試験方法

型枠はメタルフォームを用い陸上で組立を行ない, 天端高が約+0.3mになるように海中に据付けを行なった。型枠の中央にあらかじめ、φ25mm, 長さ2mのエンピ管を挿入し水洗いをした粗骨材を型枠内に投入した。モルタルミキサーは容量200l, 攪拌羽根の回転数は180回転/分で全材料投入後3分間練混ぜたのち注入を行なった。モルタルの膨張率, ブリージング率試験はポリエチレン法で行なった。供試体 (φ15×30cm) 製作方法は中央にあらかじめφ9mmのエンピ管を入れ, 粗骨材を3層につめ各層25回突固めを行なってパイプを通じてモルタルを注入した。製作したブロックは材令8日で水中より引上げ, 材令12日で0.5×0.5m断面からφ15×180cmのコアを4個採取, 長さ30cmに整

形し20°Cの水槽で材令28日, 91日まで養生しJISA 1107 (コンクリートから切り取ったコアおよび, ハリの強度試験方法)にしたがって圧縮強度試験を行なった。

注入モルタルおよびコンクリートの配合は表-6のとおりである。

3.3 結果および考察

表-5によれば, 混合用水による膨張率, ブリージング率の差はそれ程なくほぼ等しいと思われる。

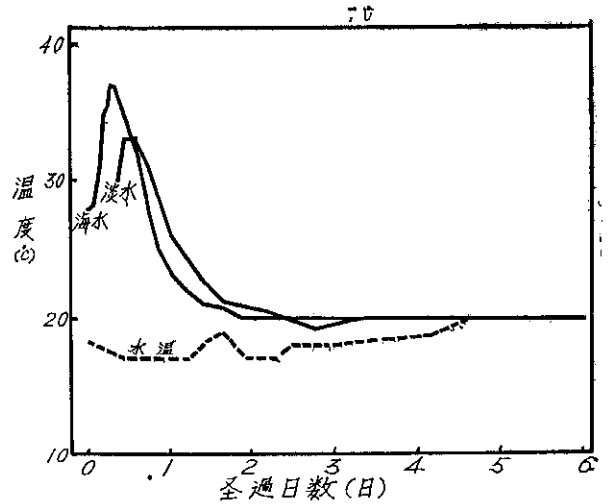


図-9

試験ブロックの内部温度は図-9のとおりで淡水で最高33°C, 海水では37°Cで海水がやや高いが, これは2の凝結試験結果, 1の材令3日の強度試験結果などから海水のほうが早期の化学反応が促進されることが推定されるので当然の結果かと思われる。

混合用水とコア強度および供試体強度の関係は表-7のとおりであるが, これによると, 同じアルミ量のモルタルを注入したブロック1, 2の場合, 供試体強度はモルタル試験結果と同様に材令28日, 91日では海水を用いた方が強度も小さくなった。しかしコア強度では海水を用いたものが材令28日でモルタル試験結果と同様に小さくなったが材令91日では明らかでなかった。これは粗骨材空隙の不均一, 打上り速度の相違(ブロック1で3.6m/h, 2で2.2m/h)によるものと思われる。したがって, 粗骨材の空隙が均一で打上り速度が相違しなければ材令28日, 91日とも淡水を用いたものが大きく

表-6 モルタルおよびコンクリート配合

ブロック番号	配合比 C:S	混合水 区分	配合比 (%)			モルタル1m ³ 当たり (kg/cm ²)					流下 時間 (秒)	膨 張 率 (%)	ブ リ ー ジ ン グ 率 (%)	粗 骨 材 空 隙 率 (%)	コンクリート1m ³ 当たり (kg/cm ³)				
			W/C	Po/C	Al/C	C	S	W	Po	Al (gr)					C	S	W	Po	Al (gr)
1	1:1.07	淡水	50.4	0.25	0.008	820	865	413	2.05	65.6	17.3	2.1	0.6	43	352.6	372	178	0.88	28.2
2	1:1.02	海水	51.6	0.25	0.008	820	838	423	2.05	65.6	18.8	1.9	1.0	43	352.6	360	182	0.88	28.2
3	1:1.02	海水	51.6	0.25	0.016	820	838	423	2.05	131.2	18.5	5.8	0	43	352.6	360	182	0.88	56.4

表-7 コア深度と強度の関係

ブロック 番号	材 令 (日)	コ ア 深 度 (cm)						コ ア 平均強度 (kg/cm ²)	供 試 体 強 度 (kg/cm ²)
		0~30	30~60	60~90	90~120	120~150	150~180		
1	28	140	201	229	247	186	254	210	217
		122	195	217	195	173	251	192	
1	91	162	247	260	310	285	350	270	278
		333	275	294	225	229	—	271	
2	28	133	194	151	167	235	299	197	175
		163	228	179	164	—	—	183	
2	91	210	319	301	301	307	286	287	209
		165	—	—	299	220	160	211	
3	28	139	143	184	217	220	277	197	245
		139	140	191	250	278	279	213	
3	91	180	173	223	277	318	312	247	284
		174	173	242	294	347	298	254	

なるものと推定される。コア深度と強度との関係はバラッキが大きく明らかではないが、上層より下層が強度が大きい傾向が見られる。これは普通コンクリートと

同様にブリージング、上方コンクリートの圧力などの影響と思われる。バラッキの大きな原因としては前述のとおり粗骨材空隙の不均一、打上り速度などが考えられる。

*

*

*