

W/C 변화에 따른 수중불분리 콘크리트의 기초특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Fundamental Characteristics of
Antiwashout Underwater Concrete with Variation of Water-cement Ratio



김 명 식*

Kim, Myung-Sik



어 영 선**

Eo, Young-Sun



윤 재 범***

Yoon, Jae-Bum



이 상 명***

Lee, Sang-Myung

ABSTRACT

In this study, an experiment was performed to analyze the influence of water-cement ratio on the fundamental characteristics of antiwashout underwater concrete using blended sand (sea sand : river sand = 1 : 1). The water-cement ratio (45%, 50%, 55%, 60%), antiwashout underwater agent contents (0.82%, 1.00%, 1.14% of water contents per unit volume of concrete), and superplasticizer contents (1.5%, 2.0%, 2.5% of cement contents per unit volume of concrete) were chosen as the experimental parameters.

The experimental results show that the underwater segregation resistance, unit weight of hardening concrete and compressive strength were increased as the water-cement ratio decreased and as the antiwashout underwater agent contents increased. On the other hand, the flowability(slump flow) was increased to the 55% of the increase of water-cement ratio, however, it was decreased at the ratio of 60%.

From this study, the antiwashout underwater concrete can potentially be used as a materials underwater work of ocean if the water-cement ratio and chemical admixture contents for the suitable balance between cost and performance are properly selected.

Keywords : Antiwashout underwater concrete, blended sand, underwater segregation resistance, unit weight, flowability, water-cement ratio, underwater work of ocean

* 정회원, 부경대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 부경대학교 토목공학과 석사

*** 정회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정

• 본 논문에 대한 토의를 1999년 12월 31일까지 학회로
보내주시면 2000년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

최근 경제규모가 커지고, 대북방교역이 증대되고 있어서 수출입 물동량이 급속하게 증가하고 있으며, 이를 처리하기 위한 항만시설을 비롯한 배후수송시설 등의 확보는 수출입산업의 국제경쟁력 향상을 위해 더욱 시급하게 요구되어지고 있다. 이러한 시설들의 대부분은 수중콘크리트공사가 불가피하며, 그 수요 역시 증가할 것이다.

중래의 수중콘크리트공사에서는 일반콘크리트를 사용하고, 타설방법을 트레미, 밀열림상자 또는 펌프압송법 등을 이용하여 재료분리를 줄이려고 하였지만, 수중에서 시멘트가 유실되어 콘크리트의 품질이 불균일하게 되고 강도와 수밀성이 저하되는 것은 피할 수 없었다. 그러나, 이런 문제점들은 1974년 독일에서 처음 개발된 수중불분리혼화제를 첨가한 수중불분리콘크리트의 생산이 가능하게 되어 재료적인 측면에서 많이 개선될 수 있었고, 현재는 유럽과 일본을 중심으로 일반화되고 있다.

국내에서도 1980년대 초에 기술도입이 되었으나 연구실적과 시공실적이 부족하여 활용화되지 못하고 있을 뿐만 아니라 수중콘크리트공사에 적용하기 위한 기준 또한 미흡한 실정이다.

경제발전과 더불어 건설분야의 급속한 성장으로 인하여 골재수요가 급격히 증가하게 되었고, 천연골재는 거의 고갈된 상태이며, 대체골재의 사용이 불가피하게 되었다. 그래서, 강자갈의 대체골재로는 부순자갈을 사용하고 있고, 강모래의 대체골재로 해사의 사용이 매년 급증하고 있는 추세이다. 현재 일반콘크리트공사에서는 잔골재로 해사를 강모래와 혼합한 혼합사를 많이 사용하고 있으며, 해사를 충분히 세척하였을 때는 큰 문제점이 없는 것으로 보고되고 있다. 그러나, 해사를 수중불분리콘크리트의 잔골재로 사용한 연구는 아직까지 찾아보기 드문 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 최근에 급증하고 있는 해양에서 건설되는 수중콘크리트공사를 감안하여 부순자갈과 강모래:해사를 1:1로 혼합한 혼합사를 사용하고, W/C와 수중불분리혼화제 및 유동화제의 사용량을 변화시킨 굳지않은 콘크리트의 특성들을 파악하고, 해수중에서 제작·양생한 경화된 콘크리트의 특성들을 파악하므로써 W/C에 따른 수중불분리콘크리트의 기초특성들과 각 W/C 별로 적절한 혼화제사용량을 파악하고자한다.

2. 실험개요 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 연구에서는 국내 S사에서 생산되는 제1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였고, 화학성분 및 물리적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1 Physical properties and chemical composition of cement

Physical properties			Chemical composition (%)					
Specific gravity	Ig. loss (%)	Irsol. res. (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
3.14	1.1	0.7	21.3	4.7	3.1	63.1	3.0	2.0

2.1.2 골재

본 연구에 사용된 굵은골재는 경남 용원 석산에서 생산된 25mm의 부순자갈이고, 잔골재는 경남 합천 황강에서 채취한 강모래와 전남 진도 앞 바다에서 채취한 해사를 입도조정하여 중량비 1:1로 혼합한 혼합사를 사용하였다. 특히 해사는 상용수로 세염하여 사용하였으며, 골재의 각종 특성은 Table 2와 같다.

Table 2 Physical properties of aggregates

Item	Kinds	G _{max} (mm)	S.G.	Water abs. (%)	FM	Unit weight (kg/m ³)	Shell cont. (%)	Chloride cont. (×10 ³ %)	
								NaCl	Cl ⁻
Fine agg.	River sand	-	2.58	1.80	2.66	1540	-	-	-
	Sea sand	-	2.62	1.80	2.75	1569	7.2	2.6	2.0
	Mix sand	-	2.58	1.80	2.73	1535	3.9	1.4	1.2
Coarse agg.		25	2.62	1.16	6.83	1583	-	-	-

여기서 조개껍질함유량은 표준체 5mm체를 통과한 해사의 절건중량에 대한 백분율이고, 염화물함유량은 세척한 해사의 중량에 대한 백분율이다.

2.1.3 혼화재료

본 연구에서는 국내 D사의 수중불분리혼화제와 유동화제를 사용하였으며, 물리·화학적 특성은 Table 3과 같다.

Table 3 Physical & chemical properties of admixtures

Items Kinds	Phase	Specific gravity	pH	Main ingredient
Antiwashout underwater agent (AWA)	White powder	1.07	7.1	Hydroxy ethyl celluloss
Super-plasticizer (SP)	Light-brown liquid	1.23	12.0	High condensate tri-azin

2.2 배합설계

본 연구에서는 Table 4에 나타낸 바와 같이 설계기준강도 (σ_{ck})를 240kgf/cm², 단위수량을 220kg/m³, 잔골재율(S/a)을 40%, 공기량을 4%이하, 슬럼프플로우를 50±5cm로 고정하고, 단위시멘트량을 변화시켜 W/C를 45, 50, 55, 60%, 수중불분리혼화제(AWA)를 단위수량에 대하여 0.82, 1.00, 1.14%, 유동화제(SP)를 단위시멘트량에 대하여 1.5, 2.0, 2.5%로 변화시켜 배합설계를 실시하였다.

Table 4에서 볼 수 있듯이 W/C의 변화에 따른 기호를 A, B, C, D로 나타내었고, 수중불분리혼화제의 사용량에 따라 S, M, L로 나타내었으며, 유동화제의 사용량에 따라 I, II, III로 나타내었다. 또한, 경화된 콘크리트에 있어서 공시체의 제작환경에 따라 해수중에서 제작한 공시체를 S, 기중에서 제작한 공시체를 F로 나타내었다.

2.3 실험방법

2.3.1 굳지않은 콘크리트에 대한 시험방법

본 연구에서는 먼저 굵은골재, 잔골재, 시멘트, 수중불분리혼화제를 믹서에 넣고 30초간 건비빔한 후 물을 투입하여 1차 혼합비빔을 60초간 실시한 다음 마지막으로 유동화제를 투입하여 2차 혼합비빔을 90초간 실시하여 수중불분리콘크리트

를 제작하였으며, 굳지않은 콘크리트의 특성을 파악하기 위하여 다음과 같은 시험을 수행하였다.

가) 수중분리도시험

수중분리도시험은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중낙하 시험」에 준하여 pH와 현탁물질량을 측정하였다.

나) 유동성시험

유동성시험은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 시험」에 준하여 실시하였다.

다) 공기량시험

공기량시험은 KS F 2421(굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험 방법)에 준하여 워싱턴 에어미터를 사용하여 실시하였다.

2.3.2 경화된 콘크리트에 대한 시험방법

본 연구에서 제작한 공시체중 기중제작공시체는 KS F 2403(콘크리트 강도 시험용 공시체 제작 방법)에 준해서 제작하였고, 수중제작공시체는 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중 제작 공시체 제작 방법」에 준하여 해수에서 제작하였으며, 각각 해수에서 7일, 28일간 표준양생을 실시하였다.

경화된 콘크리트의 각종 특성들을 파악하기 위하여 다음과 같은 시험을 실시하였다.

가) 단위중량시험

콘크리트의 단위중량시험은 수중불분리콘크리트의 자동충진성(Self-levelling)과 수중분리도를 간접적으로 판단하기 위하여 실시하였으며, 재령별로 공시체의 중량을 측정하여 단위중량으로 환산하였다.

Table 4 Mix proportion of antiwashout underwater concrete

σ_{ck} (kgf/cm ²)	G_{max} (mm)	Slump flow (cm)	Air content (%)	S/a (%)	W/C (%)	Unit weight (kg/m ³)				Admixtures		
						W	C	S		G	AWA (W×%)	SP (C×%)
								River sand	Sea sand			
240	25	50±5	4	40	A:45	220	489	301.5	301.5	967	S:0.82 M:1.00 L:1.14	I:1.5 II:2.0 III:2.5
					B:50	220	440	309.5	309.5	983		
					C:55	220	400	316.0	316.0	1004		
					D:60	220	367	321.5	321.5	1021		

나) 압축강도시험

압축강도시험은 해수에서 양생된 기중제작공시체와 수중제작공시체를 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)에 준하여 재령 7일, 28일에 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 실험결과 및 고찰

W/C와 혼화제의 사용량을 변화시킨 굳지않은 콘크리트의 실험결과는 Table 5와 같다.

3.1.1 수중분리도

Fig. 1은 W/C와 혼화제 사용량의 변화에 따른 pH를 측정한 결과이며, Fig. 2는 현탁물질량을 측정한 결과이다.

Fig. 1에서 각 W/C에서의 pH값은 수중분리혼화제의 사용량이 증가할수록 낮게 나타나는 경향을 보이고 있는 데 이는 수중분리혼화제의 강한 점성으로 인하여 시멘트 유실이 적기 때문에 판단되고, W/C 50%이하에서는 대체적으로 대한토목학회에서 제정한 『콘크리트용 수중분리성 혼화제 품질기준』의 기준치인 12이하를 만족하는 것으로 나타났지만 W/C 55%이상에서는 초과하는 것으로 나타났다.

Fig. 2에서 각 W/C에서의 현탁물질량은 pH와 마찬가지로 수중분리혼화제의 사용량이 증

가할수록 감소하는 경향을 보이고 있고, W/C가 증가할수록 이러한 경향은 더욱 뚜렷하게 나타났다. 이는 수중분리혼화제 사용량에 따른 수중분리콘크리트의 점성이 유동화제 사용량에 따른 분산성능보다 시멘트 유실에 더 많은 영향을 주기 때문으로 판단된다.

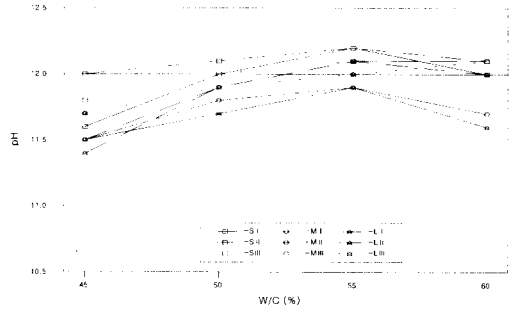


Fig. 1 Variation of pH with water-cement ratio

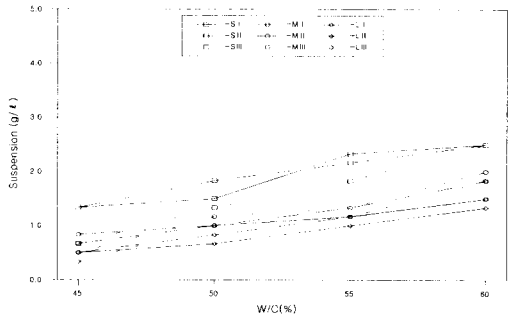


Fig. 2 Variation of suspension with water-cement ratio

Table 5 Experimental data of fresh concrete

Symbol	pH	Suspension (g/l)	Slump flow (cm)	Air content (%)	Symbol	pH	Suspension (g/l)	Slump flow (cm)	Air content (%)
AS I	11.6	1.333	49.0	1.6	CS I	12.2	2.333	55.5	2.5
AS II	12.0	1.333	50.4	2.6	CS II	12.2	2.167	56.3	2.3
AS III	11.8	0.667	52.3	2.8	CS III	12.1	1.833	54.0	2.6
AM I	11.5	0.833	48.0	2.3	CM I	11.9	1.170	53.3	2.7
AM II	11.5	0.667	48.5	2.7	CM II	12.1	1.333	50.5	2.4
AM III	11.7	0.500	47.8	3.0	CM III	12.0	1.333	51.0	2.7
AL I	11.5	0.500	46.3	2.7	CL I	11.9	1.000	48.0	2.8
AL II	11.4	0.500	46.3	2.7	CL II	12.1	1.167	47.8	2.6
AL III	11.7	0.333	44.3	3.1	CL III	12.0	1.167	47.3	2.8
BS I	12.0	1.500	51.3	2.4	DS I	12.0	2.500	55.5	1.8
BS II	12.1	1.830	54.3	2.6	DS II	12.1	2.500	53.8	2.2
BS III	12.0	1.333	53.0	1.7	DS III	12.1	2.500	53.8	2.3
BM I	11.8	1.000	50.0	2.5	DM I	11.7	1.500	50.8	1.9
BM II	11.9	1.000	49.6	2.7	DM II	12.1	1.833	48.0	2.3
BM III	11.9	1.167	49.0	1.8	DM III	12.1	2.000	48.0	2.4
BL I	11.7	0.667	47.0	2.7	DL I	11.6	1.333	46.5	2.0
BL II	11.9	1.000	49.6	2.7	DL II	12.0	1.500	45.5	2.3
BL III	11.9	1.000	45.8	2.0	DL III	12.0	1.833	45.5	2.6

수중분리도를 평가할 수 있는 현탁액의 pH와 현탁물질량과의 상관관계를 단순회귀분석을 수행하여 상관계수가 최대로 되는 미지의 모수를 구해본 결과 다음과 같은 상관식을 얻을 수 있었으며, 이들의 상관도는 Fig. 3과 같다.

$$pH = 11.8 + 0.323 (\ln \text{ Suspension}) \quad (3.1)$$

여기서, pH : 현탁액의 pH
Suspension : 현탁물질량

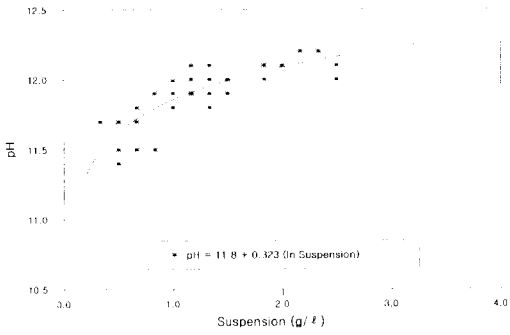


Fig. 3 Relationship between pH and suspension

3.1.2 유동성

Fig. 4는 W/C와 혼화제 사용량의 변화에 따른 슬럼프플로우를 측정된 결과이다.

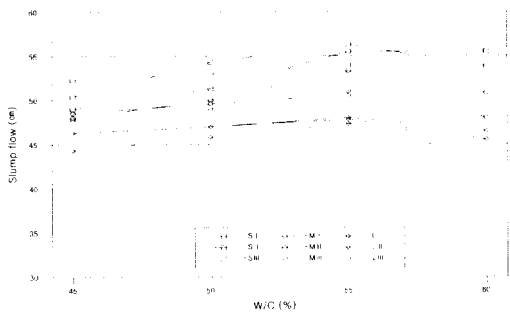


Fig. 4 Variation of slump flow with water-cement ratio

Fig. 4에서 슬럼프플로우는 W/C와 혼화제 사용량의 변화에도 불구하고 배합설계 조건인 50±5cm의 범위를 대체로 만족하였다. 특히 W/C 55%에서 가장 양호한 유동성을 보였고, W/C 60%에서는 W/C 55%에 비하여 상대적으로 불량한 슬럼프플로우를 보였는데 이는 상대적으로 단위수량이 많고, 단위시멘트량이 적기 때문에 나타난 재료분리현상 때문으로 판단된다.

또한 수중분리혼화제의 사용량이 증가할수록 강한 점성으로 인하여 슬럼프플로우는 감소하는 경향을 보이고 있고, W/C가 증가할수록 수중분리혼화제의 사용량에 따른 슬럼프플로우의 차이는 더욱 크게 나타났다.

유동화제의 사용량에 따른 슬럼프플로우의 특성은 W/C와 수중분리혼화제의 사용량에 따라 다소 불규칙적으로 나타났다.

3.1.3 공기량

Fig. 5는 W/C와 혼화제 사용량의 변화에 따른 공기량을 측정된 결과이다.

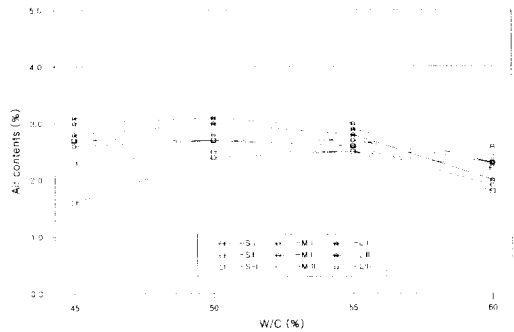


Fig. 5 Variation of air contents with water-cement ratio

Fig. 5에서 공기량은 W/C가 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으나 기준치 4%이하를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 수중분리혼화제의 사용량이 증가할수록 공기량이 증가하는 경향을 보이고 있는데, 이는 수중분리혼화제 사용량이 증가할수록 콘크리트의 점성이 증가하게 되어 콘크리트내부에서 미처 빠져나가지 못한 갭힌공기 때문으로 판단된다.

3.2 경화된 콘크리트의 실험결과 및 고찰

W/C와 혼화제의 사용량을 변화시킨 수중분리콘크리트의 기중제작용시체와 수중제작용시체를 해수에서 양생할 경우 재령 7일과 28일의 단위중량 및 압축강도는 Table 6과 같다.

3.2.1 단위중량

Fig. 6과 Fig. 7은 자동충진성과 수중분리도를 간접적으로 판단하기 위하여 W/C와 혼화제의 사용량을 변화시킨 수중분리콘크리트의 재령 7일과 28일의 단위중량을 측정된 결과이다.

측정결과 기중제작용시체에 비하여 수중제작용

Table 6 Experimental data of hardened concrete

Symbol	Unit weight (kg/m ³)		Compressive Strength (kgf/cm ²)		Symbol	Unit weight (kg/m ³)		Compressive Strength (kgf/cm ²)		σ_w/σ_a (%)	
	7days	28days	7days	28days		7days	28days	7days	28days	7days	28days
AFS I	2360	2360	271	321	ASS I	2310	2330	195	250	72	78
AFS II	2360	2360	257	382	ASS II	2310	2340	170	256	66	67
AFS III	2350	2360	253	374	ASS III	2330	2330	200	284	79	76
AFM I	2360	2360	229	320	ASM I	2310	2340	206	262	90	82
AFM II	2350	2370	267	339	ASM II	2330	2330	216	261	81	77
AFM III	2340	2360	275	363	ASM III	2310	2350	223	287	81	79
AFL I	2340	2360	269	315	ASL I	2320	2330	218	296	81	94
AFL II	2340	2350	244	345	ASL II	2320	2320	222	304	91	88
AFL III	2350	2370	287	360	ASL III	2310	2330	238	306	83	85
BFS I	2340	2370	139	283	BSS I	2300	2330	117	184	84	65
BFS II	2360	2370	294	346	BSS II	2310	2330	159	211	54	61
BFS III	2360	2370	248	291	BSS III	2320	2330	161	218	65	75
BFM I	2350	2350	246	324	BSM I	2310	2320	172	220	70	68
BFM II	2360	2360	252	291	BSM II	2320	2330	169	221	67	76
BFM III	2350	2360	241	301	BSM III	2310	2340	188	241	78	80
BFL I	2340	2360	244	323	BSL I	2310	2330	177	255	77	79
BFL II	2340	2350	267	299	BSL II	2320	2320	184	251	69	84
BFL III	2340	2350	222	285	BSL III	2310	2310	198	265	89	93
CFS I	2330	2360	135	302	CSS I	2300	2310	113	133	84	44
CFS II	2350	2370	177	344	CSS II	2300	2320	99	155	56	45
CFS III	2350	2360	204	138	CSS III	2310	2320	106	147	52	77
CFM I	2330	2350	191	292	CSM I	2300	2320	126	190	66	65
CFM II	2330	2350	179	250	CSM II	2300	2310	131	190	73	76
CFM III	2330	2340	196	235	CSM III	2310	2310	137	193	70	82
CFL I	2340	2360	201	362	CSL I	2300	2320	149	210	74	58
CFL II	2350	2350	201	315	CSL II	2310	2310	151	211	68	67
CFL III	2340	2350	211	253	CSL III	2300	2310	150	197	71	78
DFS I	2330	2350	173	248	DSS I	2280	2290	107	129	62	52
DFS II	2330	2340	153	225	DSS II	2290	2290	78	133	51	59
DFS III	2310	2340	119	204	DSS III	2300	2300	63	92	53	45
DFM I	2340	2340	187	188	DSM I	2280	2300	125	135	67	72
DFM II	2330	2330	144	194	DSM II	2290	2300	114	163	79	84
DFM III	2320	2330	142	197	DSM III	2290	2290	95	132	67	67
DFL I	2340	2340	203	271	DSL I	2290	2310	132	157	65	58
DFL II	2320	2340	170	244	DSL II	2290	2300	119	171	70	70
DFL III	2320	2330	164	242	DSL III	2290	2290	100	155	61	64

시체의 단위중량이 재령 7일과 28일 모두 약간 가벼운 것으로 측정되었는데, 이것은 수중제작공 시체는 자동충전성을 이용하여 다짐없이 제작했기 때문으로 판단되고, 각 W/C에서 전체적으로 재령 7일의 단위중량보다 재령 28일의 단위중량이 다소 높게 나타났다.

Fig. 6과 Fig.7에서 혼화제 사용량의 변화에는 뚜렷한 경향을 발견할 수 없었으나, W/C가 증가할수록 단위중량은 전체적으로 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이것은 Fig.1과 Fig.2에서 W/C가 증가할수록 pH와 현탁물질량이 증가하는 수중분리도의 영향과 비중이 큰 시멘트사용량의 감소에 의한 것으로 평가된다.

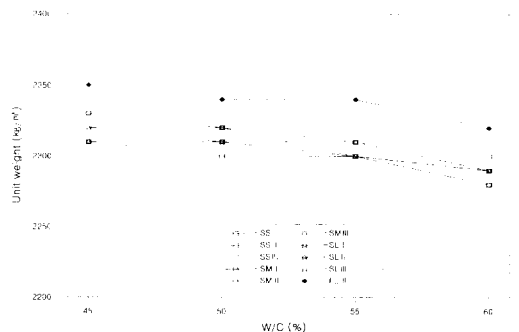


Fig. 6 Variation of unit weights with water-cement ratio (7days)

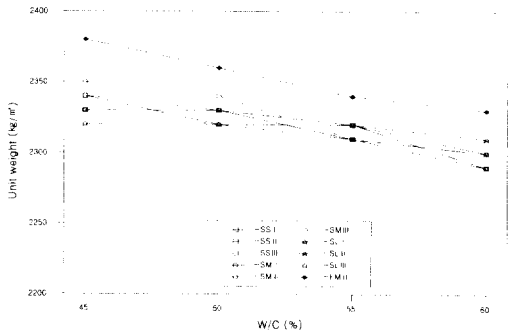


Fig. 7 Variation of unit weights with water-cement ratio (28days)

본 연구에서 측정한 현탁물질량과 단위중량과의 상관관계를 단순회귀분석을 수행하여 상관계수가 최대가 되는 미지의 모수를 구해본 결과 다음과 같은 상관식을 얻을 수 있었으며, 이들의 상관도는 Fig. 8과 같다.

$$\text{Unit} = 2.35e + 3e^{(-0.00874 \text{ Suspension})} \quad (3.2)$$

여기서, Unit : 재령 28일의 단위중량
Suspension : 현탁물질량

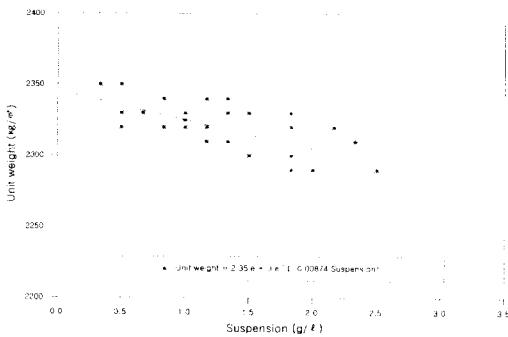


Fig. 8 Relationship between unit weights and suspension

3.2.2 압축강도

Fig. 9~Fig. 11은 수중불분리혼화제를 단위수량의 0.82%, 1.00%, 1.14%로 사용하고, W/C와 유동화제 사용량을 변화시킨 경우의 재령 7일과 28일의 압축강도 측정결과이다.

Fig. 9~Fig. 11을 참조하면, W/C 45%에서 재령 28일 압축강도는 각 혼화제 사용량에 관계없이 설계기준강도 240kgf/cm를 상회하였고, 50%에서는 수중불분리혼화제를 1.14% 사용했을 경우에만 유동화제의 사용량에 관계없이 설계기준강도를 상회하였으며, 55%, 60%에서는 혼

화제의 사용량에 관계없이 설계기준강도를 모두 만족하지 못하는 결과를 나타내었다.

그리고, 수중불분리혼화제의 사용량이 증가할수록 W/C에 관계없이 재령 7일과 28일 압축강도는 모두 증가하는 경향을 보였는데, 이것은 수중불분리혼화제의 강한 점성으로 인하여 재료분리가 적게 일어난 것으로 판단된다. 그러나, 유동화제는 사용량을 변화시켜도 압축강도에는 큰 영향을 미치지 않았다.

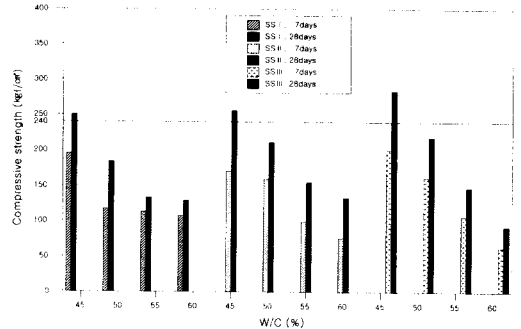


Fig. 9 Variation of compressive strength with water-cement ratio (Antiwashout underwater agent : 0.82%)

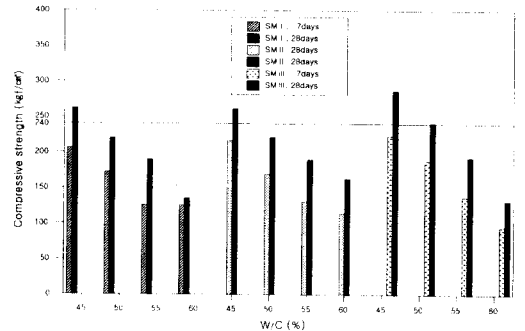


Fig. 10 Variation of compressive strength with water-cement ratio (Antiwashout underwater agent : 1.00%)

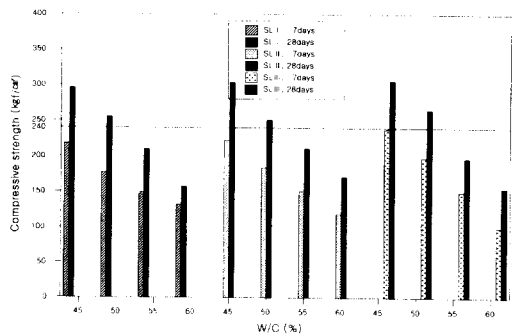


Fig. 11 Variation of compressive strength with water-cement ratio (Antiwashout underwater agent : 1.14%)

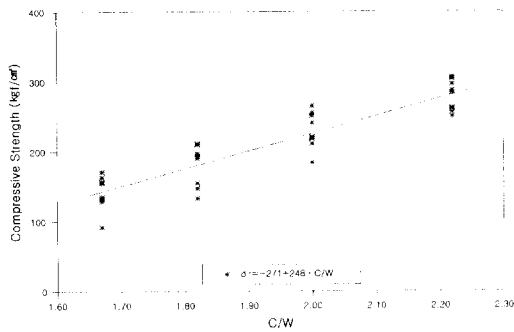


Fig. 12 Relationship between compressive strength and C/W

이상의 연구결과를 중심으로 배합강도(σ_r)와 W/C와의 상관관계를 분석해보면 다음과 같은 상관식을 얻을 수 있었으며, 그 상관도는 Fig. 12와 같다.

$$\sigma_r = -271 + 248 \cdot C/W \quad (3.3)$$

여기서, σ_r 은 배합강도, C/W는 시멘트-물 비이다.

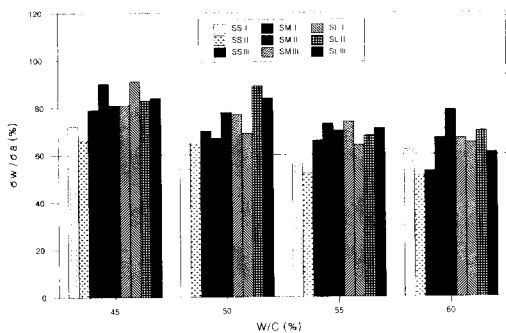


Fig. 13 Compressive strength ratio molded underwater/air as a water-cement ratio (curing days : 7days)

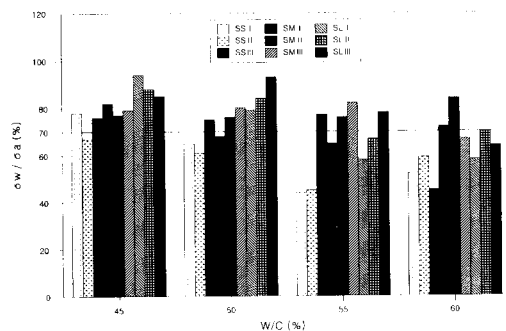


Fig. 14 Compressive strength ratio molded underwater/air as a water-cement ratio (curing days : 28days)

Fig. 13와 Fig. 14은 W/C와 혼화제의 사용량 변화에 따른 재령 7일과 28일의 수중제작공시체의 압축강도(σ_w)와 기중제작공시체의 압축강도(σ_a)와의 강도비(σ_w/σ_a)를 나타낸 그림이다.

Fig. 13에서 재령 7일의 압축강도비는 W/C와 유동화제 사용량에 관계없이 수중불분리혼화제를 단위수량의 1.0%이상 사용하였을 때에는 대한토목학회의 기준인 60%이상을 모두 만족하였다.

Fig. 14에서 재령 28일의 압축강도비는 W/C 45%와 50%에서는 수중불분리혼화제를 1.0%이상 사용하면, 유동화제의 사용량에 관계없이 대한토목학회의 기준치 70%이상을 만족하였고, W/C 55%에서는 수중불분리혼화제를 1.0%이상 사용하고 유동화제를 단위시멘트량의 2.0%이상 사용할 경우에 기준치를 만족하였으며, W/C 60%에서는 전체적으로 기준치 이하였다.

4. 결론

강모래와 해사를 중량비 1:1로 혼합한 혼합사를 잔골재로 사용하고, W/C와 혼화제의 사용량을 변화시킨 수중불분리콘크리트를 해수에서 제작·양생한 실험을 통하여 그 특성들을 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 수중분리도를 나타내는 pH 및 현탁물질량은 W/C가 증가할수록 증가하였고, 수중불분리혼화제의 사용량이 증가할수록 감소하였는데, 이것은 수중불분리혼화제 사용에 따른 수중불분리콘크리트의 강한 점성이 유동화제 사용에 따른 분산성능보다 더 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다.

(2) 수중불분리콘크리트의 유동성을 평가할 수 있는 슬럼프플로우는 W/C 가 45%, 50%, 55%로 증가할수록 증가하는 일반적인 경향이었으나, 60%에서는 오히려 감소하였다. 이것은 상대적으로 단위수량이 많고, 단위시멘트량이 적게 사용됨으로 인하여 발생한 재료분리현상 때문으로 판단되었다.

(3) 공기량은 W/C와 혼화제 사용량의 변화에 관계없이 4%이하였으며, 수중불분리혼화제의 사용량이 증가할수록 높게 나타났는데, 이것은 수중불분리혼화제의 강한 점성으로 인하여 콘크리트 내부에서 미처 빠져나가지 못한 갇힌공기 때문으로 판단되었다.

(4) 수중불분리콘크리트의 자동충전성과 수중 분리도를 간접적으로 판단할 수 있는 단위중량은 수중제작공시체가 기중제작공시체보다 가벼웠는데, 이것은 수중제작공시체는 자동충전성을 이용하여 공시체를 제작하기 때문으로 판단되었고, 재령 28일의 단위중량이 재령 7일의 단위중량보다 무거웠으며, 혼화제 사용량의 변화에는 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 W/C가 증가할수록 감소하였는데, 이것은 W/C가 증가할수록 수중분리도가 증가하기 때문으로 판단되었다.

(5) 적정 수중불분리혼화제의 사용량은 단위수량의 1.0% 이상이고, 유동화제의 사용량은 단위시멘트량의 2.0%정도이며, 이때의 적정 W/C는 50%이하 이었다.

(6) 이상의 연구결과를 중심으로 W/C의 변화에 따른 배합강도식은 다음과 같다.

$$\sigma_r = -271 + 248 \cdot C/W$$

참고문헌

1. 문한영, "콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준", 대한토목학회지, Vol. 45, No.1, pp.71-77, 1997. 1.

2. 조선규, "수중불분리성 혼화제를 첨가한 콘크리트의 최적배합비에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회지, Vol. 8, No.5, pp.179-187, 1996.

3. 김명식, "수중비분리콘크리트의 특성에 대한 기초적 연구", 한국농공학회지, 제38권, 제6호, pp.74-82, 1996.

4. 윤재범 외4인, "수중불분리콘크리트의 최적 W/C에 관한 연구", 한국콘크리트학회 1998년도 봄 학술발표회 논문집, Vol. 10, No.1, pp.277-283, 1998. 5.

5. 현석훈, "해사사용에 관한 연구", 레미콘 22, pp.44-54, 1989. 12.

6. 財團法人沿岸開發技術研究センターほか, "水中不分離性 コンクリート・マニュアル(設計・施工)", 山海堂, 1990.

7. 關博, "日本土木學會,水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)のアウトラインセメント・コンクリート", No.541, pp.49-52, 1992.

8. Takeshi Ohtomo 外 3人, "Influence of Materials on the Action of Admixtures in Antiwashout Underwater Concrete", ACI Mterials Journal, Vol.92, No.3, pp.315-320, May-June 1995

9. Kenneth, L.Soucier, "Antiwashout Admixture in Underwater Concrete", Concrete International, Vol.9, No.5, pp.42-47, May 1987.

요 약

본 연구에서는 W/C 변화가 혼합사(강모래:해사=1:1)를 잔골재로 사용한 수중불분리콘크리트의 기초특성에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해서 실험을 수행하였다. 실험파라미터는 W/C(45%, 50%, 55%, 60%), 수중 불분리혼화제(단위수량에 대하여 0.82%, 1.00%, 1.14%)의 사용량, 그리고 유동화제(단위시멘트량에 대하여 1.5%, 2.0%, 2.5%)의 사용량을 변화시켰다.

실험결과, 수중분리저항성, 단위중량과 압축강도는 W/C가 감소하고, 수중불분리혼화제의 사용량이 증가할수록 증가하였고, 유동성은 W/C 55%까지는 증가할수록 증가하다가 60%에서는 감소하였다.

이상의 실험결과로부터 해사를 사용한 수중불분리콘크리트를 해양의 수중콘크리트공사에 사용할 때, 적용될 수 있는 적정 W/C와 적절한 혼화제 사용량을 파악할 수 있었다.

(접수일자 : 1999. 2. 14)