

수중불분리성 혼화제의 성능평가를 위한 실험적 연구

An Experimental Studies on Properties of Antiwashout Admixtures



문 한 영*

Moon, Han-Young



김 성 수**

Kim, Seong-Soo



이 재 준***

Lee, Jae-Jun

ABSTRACT

When placed under water, concrete is diluted with separating cementitious material and as a result the quality of concrete becomes poor.

So as to solve the problem, underwater concrete is increasingly used for the construction and repair of the concrete structure under water.

In this paper, 4 kinds of antiwashout admixtures and varying sand percentages were chosen to measure the suspended solids, pH, air contents, setting time and compressive strength of underwater concrete, and they meet "Standard for antiwashout admixture used for concrete".

When sand percentage is 43%, the fluidity and filling of underwater concrete are superior to the others.

Keywords : Antiwashout admixture, Antiwashout underwater concrete, Sand percentage, Fluidity, Suspended solids, pH, Compressive strength

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과, 교수

** 정회원, 대전대학교 이공대학 토목공학과, 조교수

*** 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

• 본 논문에 대한 토의를 2000년 2월 29일까지 학회로 보내주시면 2000년 4월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

수중에서 콘크리트를 트레미, 콘크리트 펌프 및 밀월림 상자로서 타설할 경우, 콘크리트가 물과 접촉하게 되면 시멘트가 유실 내지는 희석되는 등 재료분리가 발생하게 됨으로써 콘크리트의 강도, 수밀성 및 내구성이 현저하게 떨어지는 문제점⁽¹⁾과 콘크리트의 품질 확인이 곤란하여 시공시 발생하는 결함부의 보수·보강이 어려워 신뢰성에 대한 의문이 제기되고 있다.⁽²⁾ 그래서 수중콘크리트의 재료분리를 방지하기 위한 목적으로 점성이 큰 수용성 고분자 재료 중 비이온성의 셀룰로오스계가 주성분인 수중불분리성 혼화제⁽³⁾와 보조성분으로 경화촉진제, 소포제 및 유동화제를 단독 또는 조합하여 사용한 수중불분리성 콘크리트가 개발되어 실용화 단계에 있다.^(4,5)

이와 같은 수중불분리성 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트는 점성이 매우 풍부하여 수중 시공시 재료분리 저항성이 우수할 뿐만 아니라 유동화제를 사용함으로써 유동성이 매우 크기 때문에 다짐 작업 없이도 철근 및 거푸집의 구석구석까지 잘 채워지는 장점을 가지고 있다.

최근에 와서 수중불분리성 콘크리트는 부산 광안대교, 삼천포대교, 서해안 고속도로상의 교량기초와 한강의 양화대교, 한남대교의 교각 기초부위의 보수·보강공사 및 대형 수중콘크리트 구조물의 현장 시공 등 적용범위를 점차 확대시켜 가고 있다.

그러나, 수중불분리성 콘크리트는 일반적인 수중 콘크리트 공법과는 달리 개발된 역사가 짧은 뿐만 아니라 1984년 우리나라에 도입되어 현장에 적용된 사용실적이나 관련 연구성과가 미흡한 탓으로 수중 콘크리트 현장에 크게 보급되지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 현재 국내에서 사용되고 있는 수중 불분리성 혼화제 4종류를 선정하여 콘크리트의 배합 조건 중 잔골재율을 4종류로 변화 시켜 제조한 굳지 않은 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량, pH, 공기량, 응결시간, 유동성 및 경과시간에 따른 슬럼프 플로우 손실값을 측정하였다. 또한 수중 및 기중에서 제작한 수중불분리성 콘크리트의 압축강도 결과에 대하여 고찰함으로써 수중불분리성 혼화제의 성능평가 및 수중불분리성 콘크리트의 배합에 대한 기

초자료를 얻고자 하였다.

2. 수중불분리성 콘크리트의 연혁

2.1 수중불분리성 혼화제의 특성

수중불분리성 혼화제는 일반적으로 셀룰로오스계와 아크릴계의 수용성 고분자로 분류되며, 제조회사에 따라 성분과 분자량 등이 약간 상이하지만 표준 사용량은 셀룰로오스계 2~3kg/m³, 아크릴계 3~4kg/m³ 정도이다.⁽⁴⁾ 다만 시공 현장의 특성을 고려하여 단위수량을 기준으로 하여 사용량을 증감하기도 한다. 그러나 최근 미국과 일본에서는 천연 다당류계인 수용성 폴리사카라이드(Polysaccharide)의 일종인 웰란검(wellan gum)이 보급되어 실내실험 및 현장시공실험을 통하여 매우 좋은 효과가 인정되고 있으나^(6,7) 아직 국내에서는 연구성과 및 사용실적이 보고 된 바 없는 실정이다.

수중불분리성 혼화제 중 셀룰로오스계는 Fig. 1과 같이 시멘트 입자에 흡착되면서 시멘트 입자 사이의 가교역할을 하게 되고⁽²⁾ 혼합수의 점성을 증가시켜 물의 희석작용에 대한 저항성이 증가되어 보통 콘크리트와는 달리 시멘트 입자의 유실을 감소시키게 된다. 수중불분리성 혼화제를 사용한 콘크리트는 점성의 증가로 유동성이 크게 저하되기 때문에 이를 개선하기 위하여 유동화제의 사용이 필수적이다. 유동화제의 주성분은 크게 나프탈렌계와 멜라민계로 나눌 수 있으며 단위시멘트량에 대해서 2% 정도를 사용한 실적이 많다.⁽⁵⁾

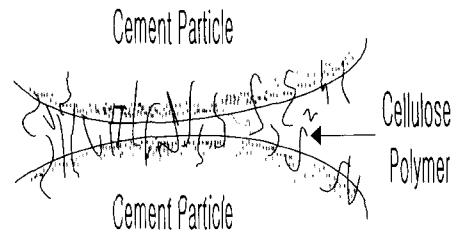


Fig. 4 Role of cellulose polymer

셀룰로오스계 수중불분리성 혼화제에 멜라민계 유동화제를 사용할 경우 유동성이 크게 개선되는 장점이 있으나, 나프탈렌계의 유동화제를 사용하게 되면 유동화제의 사용량 1%정도까지는 유동성이 개선되는 효과가 있으나, 유동화제의 사용량이 증가할수록 유동성이 저하되고 공기량이 증가되며 압축강도가 저하된다는 연구내용도 있다.⁽⁵⁾

2.2 수중불분리성 콘크리트의 연구 동향

수중불분리성 콘크리트는 1975년 서독에서 개발되었으며, 1979년 일본에 도입되어 초기에는 特殊水中콘크리트라 하였으나 근년에 와서 수중불분리성 콘크리트라 불리고 있다. 현재는 혼화제 제조회사와 건설회사의 공동 개발로 10여종의 수중불분리성 혼화제가 시판되고 있으며⁽⁴⁾, 개발초기에는 호안, 수문의 기초, 교각의 보강 및 안벽의 개량 공사 등에 이용되었으나, 최근에는 수중불분리성 콘크리트의 품질의 우수성이 인정되어 본격적인 수중 철근콘크리트 Dock, 교량기초 및 대형 수중콘크리트 구조물 공사 등에 시공실적이 있다.^(8~10)

일본의 경우 1986년에 “特殊水中コンクリート・マニュアル”이 제정되어, 이때까지의 연구와 시공 실적을 바탕으로 設計・施工을 체계적으로 정리하였으며,⁽¹¹⁾ 1991년 日本土木學會에서는 “水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)”이 제정되었다. 이 들을 토대로 하여 “水中不分離性コンクリート混和劑の 品質規準(案)”, “水中不分離性コンクリートの試驗方法(案)”이 작성되었다.⁽⁴⁾

최근 수중불분리성 콘크리트의 동결융해저항성을

향상시키기 위한 연구⁽¹²⁾와 저발열시멘트를 사용한 수중불분리성 콘크리트에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.⁽¹³⁾

한편, 우리나라에서는 1984년 수중불분리성 혼화제가 도입된 이후 나로도 연육교, 연도교, 비급도, 자은암대교 및 응포대교 현장에 수중불분리성 콘크리트가 적용되었으며, 청평댐 및 팔당댐의 도수로에도 사용된 실적이 있다.⁽¹⁴⁾ 최근에는 신국제공항을 잇는 영종대교 및 부산의 광안대교의 수중기초 등과 같은 대형 수중콘크리트구조물에 사용됨으로써 수중불분리성 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트도 수중콘크리트 공법으로 중요한 위치를 차지하고 있다.

3. 실험개요

3.1 사용재료

(1) 시멘트 : S사의 보통포틀랜드 시멘트(이하 OPC로 약함)를 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 Table 1과 같다.

(2) 골재 : 비중 2.60인 바다모래를 세척하여 잔골재로, 굵은골재는 최대치수 25mm인 경기도 광주 퇴촌산 부순돌을 사용하였으며 물리적 성질은 Table 2와 같다.

(3) 화학혼화제 : 수중불분리성 혼화제는 현재 국내에서 주로 사용되고 있는 Hydroxypropyl MethylCellulose(이하 HPMC로 약함) 3종류와 Hydroxypropyl EthylCellose(이하 HPEC로 약함) 1종류를 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 Table 3과 같다. 이때 수중불분리성 혼화제는

Table 1 Chemical compositions and physical properties of cement

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig.loss (%)	Specific Gravity	Blaine (cm ² /g)
21.95	6.59	2.81	60.1	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112

Table 2 Physical properties of aggregate

Item Type	Specific Gravity	Absorption (%)	F.M	Unit Weight (kg/m ³)	Percentage of Solids (%)
Fine Agg.	2.60	1.0	2.80	1,475	56.8
Coarse Agg.	2.67	0.78	6.83	1,741	65.4

Table 3 Chemical composition and physical properties of antiwashout admixtures

Main Composition	Appearance	Density (kg/ℓ)	Content of Chloride	Amount of Dosage	Symbol
HPMC	백색분말	0.8±0.1	없음	C × 0.8~1.0%	A
HPMC	"	0.6~0.8	없음	4.6 kg/m ³	B
HPFC	"	0.3~0.5	1%이하	2~3 kg/m ³	C
HPMC	"	-	-	W × 0.8~1.4%	D

Table 4 Chemical composition and physical properties of superplasticizer

Main Composition	Appearance	Specific Gravity	pH	Amount of Dosage (C × %)	Symbol
멜라민 축합물	투명 액상	-	-	2	A'
멜라민 축합물	노란투명액상	1.2~1.3	8~11	0.3~3.0	B'
멜라민 축합물	갈색 액상	1.23±0.02	10±1	0.5~3.0	C'
고축합 트리아진계	갈색 액상	1.12~1.14	-	-	D'

증점성이 매우 큰 탓으로 유동성을 확보하기 위하여 멜라민계 유동화제를 사용하였으며 화학성분 및 물리적 성질은 Table 4와 같다.

3.2 실험방법

(1) 현탁물질량 및 pH 측정 : 일본토목학회 “수중불분리성 콘크리트의 설계·시공 지침(안)”의 수중불분리도 측정방법⁽¹⁵⁾에 준하여 1리터 용량의 비이커에 증류수 800ml를 채우고 콘크리트 시료 500g을 수중에 자유낙하시켜 3분 후 상부의 현탁액 600ml를 채취하여 400ml는 여과기를 통과시켜 남

는 현탁물질량을 측정하였으며, 나머지 200ml는 pH값의 측정용으로 사용하였다.

(2) 콘크리트 응결시간 측정 : 굳지않은 콘크리트를 No. 4 체로 쳐서 얻은 모르터를 이용하여 유압식 Proctor 관입시험기를 사용하여 KS F 2436에 준하여 실시하였다.

(3) 공기량 및 슬럼프플로우 시험 : 공기량 실험 KS F은 2421, 슬럼프플로우 시험은 “수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법”⁽¹⁶⁾에 준하여 측정하였다.

(4) 유동성 측정 : Fig. 2와 같은 10×30×30cm 투명 아크릴 상자속에 물을 채운 후, 콘크리

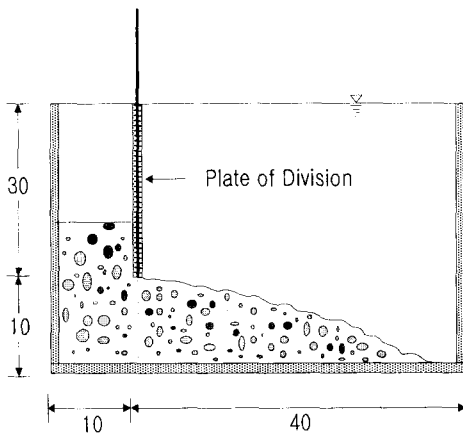


Fig. 5 Equipment of Flow Time Test (unit : cm)

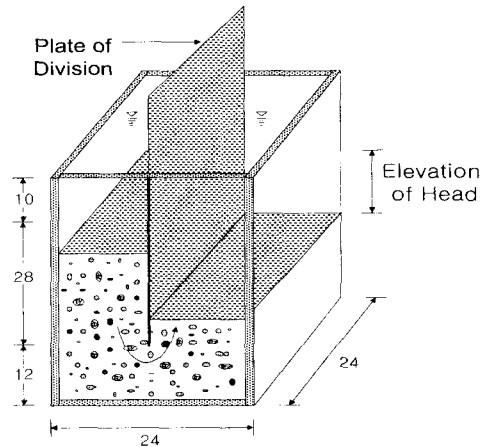


Fig. 6 Equipment of Filling Test (unit : cm)

Table 5 Mix proportion of concrete

Gmax (mm) ?	W/C (%)	Slump Flow (cm)	Air (%)	S/a (%)	Unit Weight (kg/m ³)				Ad' (W×%)	SP** (C×%)
					W	C	S	G		
25	50	50±5	4%이하	37	220	440	573	1028	1.2	2.0~2.2
				40			619	979	"	1.8~2.0
				43			666	930	"	"
				46			712	881	"	"

* Ad : Antiwashout admixture

** SP : Superplasticizer

트 시료를 채운 뒤 분리판을 위로 들어 올렸을 때 콘크리트가 수평거리 40cm에 도달하는 유동시간을 초 단위로 측정하였다.⁽¹⁷⁾

(5) 충전성 측정 : 24×24×50cm 투명 아크릴 상자속에 물을 채운 후 Fig. 3에서와 같이 왼쪽 상자에 콘크리트를 높이 40cm까지 채우고 3분간 정지한 후 분리판을 들어 올려 경과시간 5분, 10분

후의 높이차(Elevation of Head)를 cm단위로 측정하였다.^(11,18)

(6) 콘크리트 압축강도 측정 : 수중콘크리트용 공시체는 “수중불분리성 콘크리트의 압축강도 시험 수중 공시체의 제작방법”⁽¹⁶⁾으로 제조하여 KS F 2405에 준하여 압축강도를 측정하였다.

3.3 콘크리트 배합

수중불분리성 콘크리트의 목표 슬럼프플로우값 50±5cm를 제조하기 위하여 수중불분리성 혼화제 및 잔골재율을 각각 4종류씩 변화시키고, 나머지 배합인자인 단위수량, 단위시멘트량, 유동화제량 및 공기량은 시방서 규정 및 예비실험을 통하여 Table 5에서와 같이 정하였다. 이때, 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 수중불분리성 혼화제 4종류의 성능을 단순 비교 고찰하기 위한 한 수단으로 수중불분리성 혼화제의 첨가량을 동일시키면서 제품의 품질에는 이상이 없도록 하기 위해서 각 회사의 협조를 얻어 단위수량에 대하여 1.2%를 사용하였다.

잔골재율은 대한토목학회의 콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준(안) 및 일본토목학회 水中不分离性 콘크리트設計施工指針(案)을 참고하여 4 단계로 변화시켰다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 수중불분리성 콘크리트의 기초물성

(1) 현탁물질량과 pH

수중에서 콘크리트 타설 작업을 하게 되면 콘크리트는 물에 의하여 회석 또는 시멘트가 유실됨으로 콘크리트의 품질이 떨어지게 되며, 타설 현장 주위의 수질을 오염시키는 문제가 종종 발생하게 된다.

수중불분리성 콘크리트를 수중에 자유 낙하시켜 회석정도를 알아보기 위하여 수중불분리성 혼화제의 종류 및 잔골재율을 각각 4종류로 달리한 콘크리트의 현탁물질량과 pH값을 측정하여 정리한 것이 Fig. 4이다.

이 Fig. 4에서 A 회사 수중불분리성 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트(이하 A 콘크리트라 약함)는 다른 3종류의 콘크리트와 달리 잔골재율 37%를 제외한 나머지 경우 “콘크리트용 수중불분리성 혼화제의 품질규준(안)”에서 규정한⁽¹⁶⁾ 현탁물질량 150mg/ℓ를 크게 초과하는 값을 나타내었다.

이때 4종류 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량은 잔골재율에 따라 각각 크게 상이하게 나타났으며 C 및 D 회사 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트(이하 C, D 수중불분리성 콘크리트라 약함)의 경우, 잔골재율의 변화에 관계없이 거의 동일한 값을 나타내는 특징이 있었다. 이는 수중불분리성 혼화제의 표준사용량과 잔골재율이 상이한 탓으로 점성의 변화에 기인되었다고 생각된다.

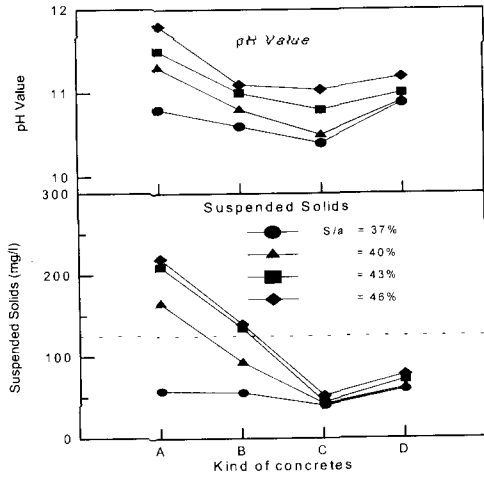


Fig. 7 pH and Suspended Solids according to S/a

이번에는 수중불분리성 콘크리트의 수중에서 유실 정도를 알아보기 위한 한 방법으로 pH값을 수중불 분리성 혼화제의 종류 및 잔골재율로 정리한 결과, 현탁물질량의 측정결과와는 달리 10.2~11.6 으로 모두 규정값 12이하⁽¹⁶⁾를 만족하는 결과를 나타냄으로써 본 실험의 범위에서는 수중불분리성 혼화제의 종류 및 잔골재율의 변화에 따른 pH값에는 문제가 없음을 알 수 있었다. 이상의 실험 결과에서 수중 불분리성 혼화제를 사용한 콘크리트의 pH값과 현탁 물질량은 S/a에 크게 영향을 받으며 배합 설계시 혼 화제의 적절한 사용량과 적정 잔골재율 범위에 대한 세심한 주의가 필요하다.

(2) 공기량 및 응결시간

일반적으로 수중불분리성 혼화제의 주성분인 셀룰 로오스계는 긴섬유상의 고분자로서 시멘트입자에 흡착되어 입자간의 구속 내지는 연결고리(chain)와 같은 작용을 함으로써 시멘트풀의 점성을 크게 증진 시켜 콘크리트의 재료분리를 크게 감소시킬 뿐 만 아니라, 블리딩을 억제하는 효과가 있다.

그러나, 수중불분리성 혼화제를 사용한 콘크리트 는 갇힌 공기를 다량 포함하고 있기 때문에 동결융 해작용을 심하게 받는 곳에서는 수중불분리성 콘크 리트의 타설을 제한하고 있다.⁽¹⁵⁾

본 실험에서는 4종류의 수중불분리성 혼화제의 사용량을 고정하고, 잔골재율을 4단계로 변화시킨

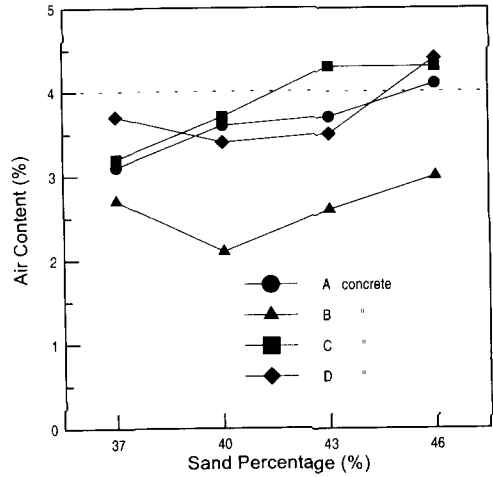


Fig. 8 Air Content according to S/a

수중불분리성 콘크리트의 공기량을 측정 한 것이 Fig. 5이다.

이 Fig. 5에서 알 수 있듯이 B 회사의 수중불분 리성 혼화제를 사용한 콘크리트(이하 B 수중불분리 성 콘크리트라 약함)를 제외한 잔골재율 46%인 콘 크리트의 공기량은 “콘크리트 표준시방서” 규정값⁽¹⁹⁾ 4%를 초과하였다.

그러므로, 수중불분리성 콘크리트의 제조시 잔골 재율이 클 경우, 공기량이 규정값을 초과할 염려가 있으므로 수중불분리성 혼화제의 종류에 따른 적정 잔골재율에 대한 신중한 검토가 요망된다.

“콘크리트용 수중불분리성 혼화제의 품질규준 (안)” 에 의하면 수중불분리성 콘크리트의 응결시간 은 초결 5시간 이상, 종결 30시간 이내로 규정하고 있다. 그 이유는 수중불분리성 혼화제 분자 중에는 시멘트 조성광물 중 C₃A 및 C₃S를 초기에 흡착하 는 성질이 있어 시멘트 수화를 지연⁽⁶⁾시키기 때문에 수중불분리성 콘크리트의 응결시간은 보통콘크리트 보다 2~3배정도 지연되는 특성이 있다.

그래서, 16배합의 수중불분리성 콘크리트의 응결 시간을 상온에서 측정하여 정리한 것이 Fig. 6이다. 이 Fig. 6에서 알 수 있듯이 B 수중불분리성 콘크 리트의 초결 및 종결시간이 나머지 3종류 콘크리트 보다 상당히 빠른 결과를 나타내었다.

그러나, 본 실험에서는 수중불분리성 콘크리트의

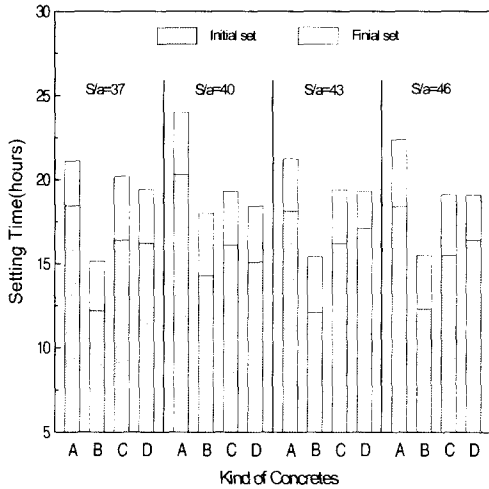


Fig. 9 Filling Test according to Elapsed Times

초결 및 종결시간은 품질규준(안)의 범위내에 있었으나, 수중불분리성 혼화제의 종류 및 잔골재율의 변화에 따라 초결 및 종결시간의 일의성은 알 수 없었다.

4.2 수중불분리성 콘크리트의 시공성

(1) 유동성

일반적으로 수중불분리성 콘크리트의 유동성은 슬럼프플로우로서 평가함으로 본 실험에서는 목표 슬럼프플로우 50±5cm에 해당되는 수중불분리성 콘크리트를 제조하여 유동성을 평가하고자 한다.

그래서 여기서는 수중불분리성 콘크리트의 시공성을 평가하기 위한 한 방안으로 角田 가 제안한 Fig. 2와 같은 유동성 측정장치⁽¹⁷⁾를 제작하여 수중불분리성 혼화제와 잔골재율을 각각 4종류로 변화시켜 제조한 수중불분리성 콘크리트의 잔골재율과 유동시간과의 관계로 정리한 것이 Fig. 7이다.

Fig 7에서 수중불분리성 혼화제의 사용량 과 슬럼프플로우값이 거의 동일한 배합임에도 불구하고 혼화제의 종류에 따라 유동시간이 최대 2배 정도로 크게 상이할 뿐 만 아니라 잔골재율의 변화에 따라서도 현저하게 상이함을 알 수 있다. 특히 C 수중불분리성 콘크리트의 유동시간이 짧았으며, 4단계 잔골재율 중에서는 잔골재율 43% 콘크리트가 대체적

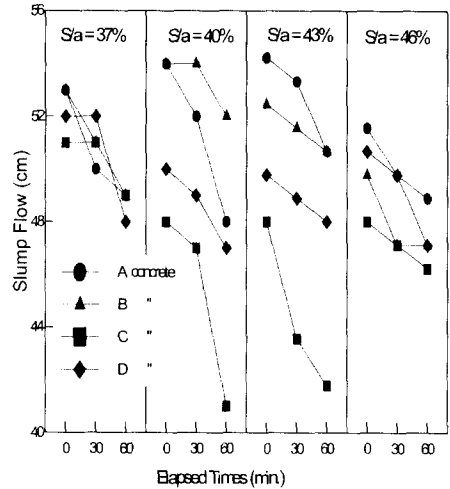


Fig. 10 Slump Flow loss according to Elapsed Times

으로 유동시간이 좋은 결과를 나타내었다. 다시말해서 혼화제의 종류에 상관없이 수중불분리성 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트의 유동성을 만족시키는 최적 잔골재율이 존재함을 알 수 있었다.

잔골재율 43%의 수중불분리성 콘크리트의 유동시간이 짧은 좋은 결과를 나타낸 이유는 잔골재율이 43%이하로 작아지면 잔골재량은 작아지는 반면, 굵은 골재량이 많아지므로 굵은 골재 입자가 서로 맞물려 유동성이 저하되는 현상을 일으키며, 반대로 잔골재율이 커지게 되면 잔골재량이 많아지는 반면, 굵은골재량이 작아지므로써 모르타의 소성점도가 지나치게 크게 되어 유동성을 저해하는 요인이 되었다고 생각된다. 한편, C 수중불분리성 콘크리트의 유동시간이 짧은 이유 중 하나는 C 수중불분리성 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량이 Fig. 4에서 알 수 있듯이 가장 작음을 나타냄으로써 수중불분리성 콘크리트의 재료분리의 정도가 가장 작은 결과에서 기인되었다고 생각된다.

(2) 충전성

수중에서 타설되는 수중불분리성 콘크리트는 육상 콘크리트 시공과는 달리 진동기 등에 의한 다짐이 불가능하므로 콘크리트의 품질은 콘크리트의 점성 및 유동성, 충전성에 따라 크게 좌우된다고 생각된다.

4종류의 수중불분리성 혼화제를 사용하여 제조한 수중불분리성 콘크리트의 충전성을 평가하기 위한 방안으로 고안한 상자에 의한 높이차를 경과시간별 측정하여 잔골재율별로 정리한 것이 Fig. 8이다.

Fig. 8에서 경과시간 5분 및 10분 후에 측정된 콘크리트의 높이차는 잔골재율이 증가하는데 따라 C 수중불분리성 콘크리트의 높이차가 작아지는 결과를 제외하고는 거의 유사한 경향임을 알 수 있으며, 잔골재율 43%일 때 콘크리트의 높이차가 가장 작은 값을 나타내었다. 따라서, Fig. 7의 유동성 실험 장치에 의한 유동시간이 짧았던 콘크리트의 잔골재율 43%와도 일맥상통하는 결과임을 알 수 있다. 다시 말해서 본 실험의 범위에서는 수중불분리성 혼화제를 사용한 콘크리트는 잔골재율에 따라 유동성이 변화하는 변곡점이 존재함을 알 수 있으며, 충전성도 잔골재율 43%정도에서 좋은 값을 나타내었다고 생각된다.

(3) 슬럼프플로우 손실

수중불분리성 콘크리트의 경우에도 보통 콘크리트와 마찬가지로 유동성 손실의 정도가 시공성에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 슬럼프플로우 손실에 대한 검토가 요망 되지만, 대한토목학회 "콘크리트용 수중불분리성 혼화제의 품질규준(안)"에는 믹싱 후 경과시간에 따른 슬럼프플로우 손실값에 대한 규

정이 없는 형편이다.

수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우값을 경과시간 60분까지 30분간격으로 측정하여 콘크리트의 잔골재율별로 정리한 것이 Fig. 9이다.

Fig. 9에서 알 수 있듯이 16배합의 수중불분리성 콘크리트 중 잔골재율 43%인 C 수중불분리성 콘크리트를 제외하고는 슬럼프플로우 손실값이 일본토목학회 "수중불분리성 콘크리트의 설계시공(안)"의 믹싱 후 경과시간 30분의 슬럼프플로우 손실값 3cm 이내의 규정값을⁽¹⁵⁾ 만족하는 결과를 나타내었다

이는 수중불분리성 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트는 보통 콘크리트보다 점성이 월등히 크기 때문에 외부의 물과 접촉하여도 재료분리가 쉽게 일어나지 않는 특성이 있을 뿐 만 아니라, 블리딩이 발생하지 않음으로 인하여 콘크리트 내부의 윤활작용을 하는 수분이 빨리 증발되지 않기 때문에⁽¹⁵⁾ 믹싱 후 경과시간에 따른 슬럼프플로우 손실값이 크게 떨어지지 않는 것으로 생각된다. 그러나, 수중불분리성 혼화제의 종류 및 잔골재율에 따라 수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 손실률이 크게 상이함으로 시공성을 고려할 때 수중불분리성 혼화제의 종류 및 배합에 대한 충분한 검토가 요망됨을 알 수 있었다.

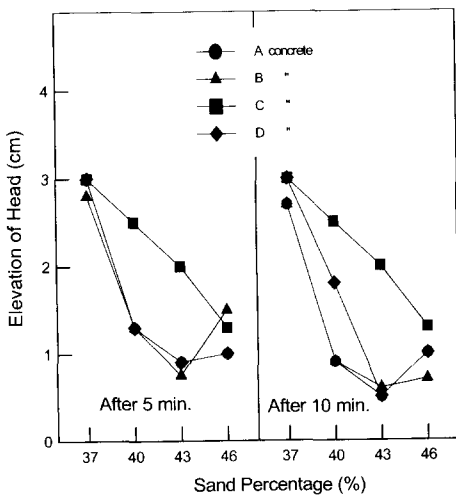


Fig. 11 Filling Test according to Elapsed Times

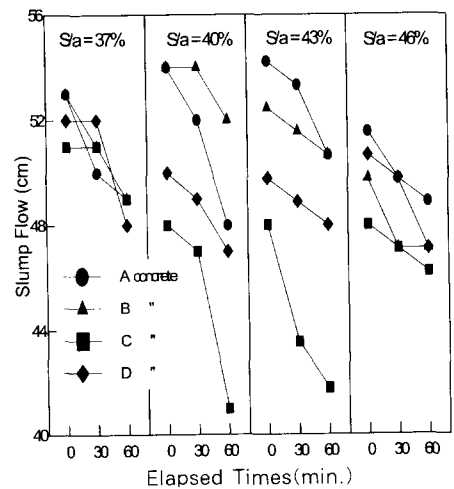


Fig. 13 Slump Flow loss according to Elapsed Times

4.3 수중불분리성 콘크리트의 압축강도

국내에서 사용 중인 수중불분리성 혼화제의 성능 평가의 일환으로 잔골재율의 변화에 따른 수중제작 수중불분리성 콘크리트의 압축강도를 측정하여 정리한 것이 Fig. 10이다. Fig. 10에서 A 및 D 수중불분리성 콘크리트의 경우, 잔골재율의 변화에 따라 압축강도의 변동이 적었으나, B 및 C 수중불분리성 콘크리트는 잔골재율이 증가할수록 압축강도가 약간 크게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 결과는 수중불분리성 혼화제의 종류에 따라 수중불분리성 콘크리트의 품질 및 성능이 크게 상이하기 때문으로 생각된다.

“콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준 (안)”에 의하면⁽¹⁶⁾ 수중제작 콘크리트 공시체의 압축강도는 재령 7 및 28일에서 각각 130kg/cm^2 , 230kg/cm^2 이상으로 정하고 있으며, 4종류 수중불분리성 콘크리트의 재령 7일 및 28일의 압축강도는 모두 규정값을 만족하는 결과를 확인 할 수 있었다.

또한, 수중/기중 콘크리트의 압축강도비를 재령 7 및 28일에서 각각 60 및 70%이상으로 규정하고 있다. 본 실험에 사용된 수중불분리성 혼화제 및 잔골재율을 각각 4종류로 달리한 수중불분리성 콘크리트의 압축강도비는 재령에 관계없이 75~95% 정도의 범위를 나타냄으로써 모두 품질 규준(안)의 규정⁽¹⁶⁾을 잘 만족하는 결과임을 알 수 있었다.

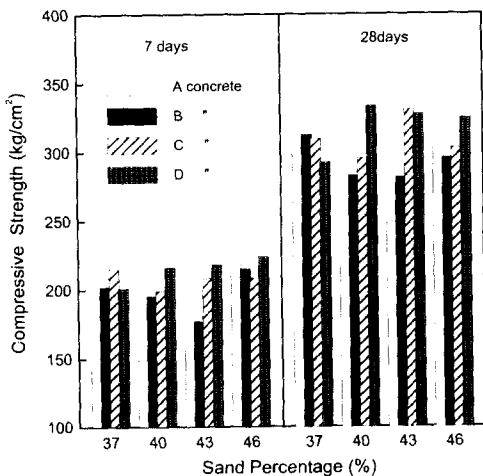


Fig. 14 Compressive Strength of concrete according to Sand Percentage

5. 결 론

본 연구 실험의 범위내에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량은 혼화제의 종류 및 잔골재율에 따라 큰 차이를 나타내었으며, 혼화제의 종류에 따라 현탁물질량 150mg/l 를 초과하여 수질을 오탁 시킬 우려가 있었다. 한편, 수중불분리성 콘크리트의 pH값은 10.2 ~ 11.6 범위로서 비교적 만족스러운 결과를 얻었다.
- (2) 수중불분리성 콘크리트 16배합의 공기량 및 응결시간을 측정해 본 결과, B 회사 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트의 공기량이 4% 이하였으며, 나머지 3종류의 콘크리트에서는 잔골재율 46%에서 공기량이 다소 큰 문제점이 있었다. 한편, 응결시간은 혼화제의 종류 및 잔골재율의 변화에 따라 일의성을 찾을 수 없었으나 비교적 만족스러운 결과를 얻었다.
- (3) 수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 손실 값이 경과시간 30분에서 3cm이내의 일본토목학회 규정을 대체로 만족하는 결과를 나타내었으나, 수중불분리성 혼화제의 종류에 따라 수중불분리성 콘크리트의 유동시간이 최대 2배 정도로 크게 상이하였다. 그러나, 잔골재율 43%일때 콘크리트의 유동시간 및 충전성이 우수한 결과를 나타냄을 알 수 있었다.
- (4) 수중불분리성 혼화제 4종류와 잔골재율을 달리하여 제조한 수중불분리성 콘크리트의 재령 7 및 28일 압축강도는 각각 130 및 230kg/cm^2 이상의 좋은 결과를 나타내었다. 한편, 수중/기중 압축강도비는 재령에 관계없이 75~95% 범위로서 수중에서 제조한 콘크리트 공시체의 높은 강도발현성을 나타냄을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 97년도 건설교통기술 연구개발사업 중

해사를 사용한 수중불분리성 콘크리트의 품질향상 및 실용화에 대한 연구의 1차년도 연구성과 중의 일부이며, 연구를 수행할 수 있도록 지원해주신 건설교통부, 한국도로공사 및 삼성물산(주) 건설부문 등 관계자 여러분께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

1. 文翰英, “수중콘크리트 공법에 대한 고찰”, 대한토목학회지, 제 39권 제4호, 1991, pp 83~97
2. 文翰英, 金鎮澈, “수중불분리 콘크리트의 기초적 물성에 관한 연구”, 대한토목학회논문집, 제18권, 1998.5, pp 313~321
3. 文翰英 外 3名 “콘크리트 혼화재료”, 한국콘크리트학회, pp 148~156
4. 中原 康, 大友典典, “水中コンクリート”, 土木學會論文集, No.466, 1993.5, pp 9~15
5. 佐藤 辛三, 松井 健一, 高橋 秀樹, 原田 耕司, “水中不分離性コンクリートの混和劑による影響”, セメント・コンクリート論文集, No.45, 1991
6. Kamal Henri Khayat, “Effects of Antiwashout Admixtures on Fresh Concrete Properties”, ACI Materials Journal, March-April 1995, pp 164-171
7. 松岡康訓, “特殊水中コンクリートの現況と展望”, セメント・コンクリート, No.503, 1989, pp 6~14
8. 今宿芳弘, 國松勝一, 川上正史, 官澤 健, “松浦火力発電所(長崎縣)建設工事における特殊水中コンクリート(シークリートの施工)”, 土木施工, 27卷 第16號, 1986.12, pp45~52
9. 徳永忠彦, 長谷川義矩, 廣林日出男, 豎川孝生, “分離低減型水中コンクリートによるマスコンクリートの施工”, コンクリート工學 Vol. 24, No. 9, 1986, pp 43~51
10. Kamal Henri Khayat, “In-Situ Properties of concrete Piles Repaired Under Water”, Concrete International, pp 42~49
11. (財) 沿岸開發技術研究センター, (財) 漁港漁村建設技術研究所, “特殊水中コンクリート・マニュアル”, 1986
12. 鮎田 耕一, 堺 孝司, 山川 勉, “中空微小球添加水中不分離性コンクリートの耐凍害性”, セメント・コンクリート論文集, No. 49, 1995, pp 656~661
13. 大友 健, 松岡 康訓, “3成分系セメントを使用した水中不分離性コンクリートの低發熱化手法に関する研究”, コンクリート工學論文集 第3卷 第2号, 1992年7月, pp 49~61
14. 文翰英, 金成秀, 安泰松, 李在俊, “수중불분리성 콘크리트의 기초 물성에 대한 실험적 연구”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 1998.10, pp 253~256
15. 土木學會, “水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)”, 1991.5
16. 대한토목학회, “콘크리트용 수중불분리성혼화제의 품질규준(안)”, 1995.10
17. 角田 忍 外 2名, “水中不分離性コンクリートの流動性評價に關する實驗的研究”, 콘クリート工學年次論文集, Vol.12, No.1, 1990, pp. 49~54
18. 安部光史 外 2名, “特殊水中コンクリートの最適細骨材率の決定方法について”, 日本土木學會 第44回年次學術講演會概要集, 第 5部, 1989, pp 254~255
19. 대한토목학회, “콘크리트 표준시방서”, 건설교통부, 1996
20. 長瀧重義, 콘크리트의高性能化, 技報堂出版

요 약

수중 타설 콘크리트는 물과 콘크리트가 접촉하여 회석 또는 시멘트가 유실되는 등 재료분리가 발생함으로써 콘크리트의 품질이 떨어지는 문제점을 해결하기 위한 방안으로 수중 콘크리트 구조물의 시공 및 보수·보강공사시 수중불분리성 콘크리트를 사용하는 현장이 증대되고 있다. 본 연구에서는 국내에서 사용되고 있는 수중불분리성 혼화제 4종류와 잔골재율을 달리하여 제조한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량과 pH값, 공기량과 응결시간 및 압축강도를 측정한 결과 “콘크리트용 수중불분리성 혼화제의 품질규준(안)”의 규정값의 범위에 있음을 알 수 있었다. 특히, 수중불분리성 콘크리트의 잔골재율 43%에서 유동성과 충전성이 가장 좋은 결과를 나타내었다.

(접수일자 : 1999. 6. 7)