

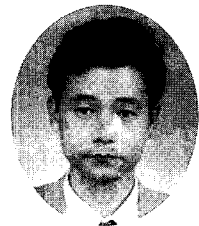
특 집

|| 수중 콘크리트 ||

수중 불분리성 콘크리트용 혼화제의 특성과 영향 - Characteristics and Effects of Admixtures for Underwater Concrete -



김상철*



유호석**

1. 서 언

국내 교통량 급증에 따른 대책의 일환으로 바다를 횡단하는 교량 축조 등 해양 관련 공사가 증가하면서 과거에 비해 수중공사가 증가 일로에 있고, 이에 따라 수중 구조물에 대한 내구성, 수밀성 등 수중 콘크리트에 대한 품질 향상 방향이 어느 때보다 큰 관심사로 대두되고 있다.

수중 콘크리트 공사에서의 난점은 수중 낙하시 콘크리트가 물과 직접 접촉하게 되어 콘크리트의 품질저하가 발생하게 되고 특히, 물에 의한 씻김 현상으로 인해 시멘트 유실에 의한 재료분리가 가장 큰 문제점이라 하겠다. 따라서 종래 수중공사는 주로 일반 콘크리트를 그대로 사용하면서 트레미, 밀열림 상자 또는 펌프압송법 등 시공법 개선으로 재료분리를 방지하는 방법에 치중하여 왔다. 그러나 이러한 시공법 개선 방법만으로는 시멘트 유실에 따른 콘크리트 품질의 불균일화, 강도 및 수밀성 저하 등의 문제점을 극복하기가 어려웠던 것은 사실이다. 따라서 이에 대한 대책으로 콘크리트 내부에 강한 점성을 부여하여 수중에 타설하여도 시멘트 유실이 적게 발생하고 재료분리가 발생하지 않은 콘크리트 개발에 집중하게 되었다. 이와 같이 수중에서 낙하여도 재료분리가 극소량 발생하는 수중콘크리트의 개발은 약 20년 전에 독일에서 처음 개발되어 사용되었고, 많은 국가들이 꾸준한

연구를 통해 실용화 단계에 이르게 되었다. 이러한 종류의 수중 콘크리트를 해외의 문헌상에서는 Non-dispersible Concrete 혹은 Colloidal Underwater Concrete라고 칭하고 있으며, 국내에서는 시방서 상에 수중불분리성 콘크리트라 명명되고 있다.

수중불분리성 콘크리트에서 가장 중요한 역할을 하고 있는 재료는 매우 점성이 높은 화학 혼화제로써 해외에서는 Non-dispersible Underwater Concrete Admixture라고도 하며 Antiwashout Admixture라 칭하고 있는데 국내에서는 분리저감제 혹은 수중불분리성 혼화제라고 하고 있다. 본 고에서는 이 수중불분리성 콘크리트에 사용되고 있는 혼화제들의 특성과 그 혼화제들이 수중불분리성 콘크리트의 성상에 미치는 영향에 대해 살펴보도록 하였다.

2. 수중 불분리성 콘크리트용 혼화제의 종류

2.1 수중 불분리성 혼화제(분리저감제, 증점제)

수중불분리성 혼화제의 주요 목적은 시멘트 수용액에 용해되어 콘크리트 매트릭스의 점성과 보수성을 증가시켜 수중 시공시 시멘트 유실과 골재의 재료분리를 방지하고자 하는 데 그 목적이 있다. 수중불분리성 혼화제의 주성분은 수용성 고분자로 주로 셀룰로오스와 아크릴계가 국내에서 시판되고 있으며 셀룰로오스가 특히 주종을 이루고 있다.

아크릴계는 폴리아크릴아미드의 중합체를 주성분으로 하는 반면, 셀룰로오스 혼화제는 비 이온계의 수용성 셀룰로스 에테르로써 OH

* 정회원, 한서대학교 토목공학과 조교수

** (주)실크로드건설화학 기술연구소 선임연구원

기를 갖고 침수성이 큰 HEC(히드록시 에틸 셀룰로스), HEMC(히드록시 에틸 메틸 셀룰로스), HPMC(히드록시 프로필 메틸셀룰로스) 등이 사용되고 있다. 이들은 중합도, 분자량, 치환기의 종류 등에 따라 수용성으로 변환되었을 시 점성의 정도가 상당히 다르게 나타나며 제품에 따라서도 다소 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 이들 수용성 셀룰로스 에테르는 콘크리트와 같이 pH가 높은 용액 내에서는 용해되는 속도가 빨라지고 콘크리트 내에서는 반응, 겔화, 분해 등의 화학반응이 발생하지 않는 점이 장점이다. 그러나 pH가 너무 높게 되면 역으로 점도가 급격하게 하강하는 경향이 있어 콘크리트의 재료분리를 유발할 가능성이 높게 된다. 또한, 온도와도 밀접한 관계가 있어 온도가 높을수록 점도가 떨어지므로 서중콘크리트시에는 그 사용량에 대한 조절이 필요하다.

국내에서 가장 많이 사용되고 있는 셀룰로스 에테르계 혼화제의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- 비 이온성이고 고분자 전해질이 아니므로 금속염이나 유기전해질에 대해 비교적 안정적이다.
- 셀룰로스 에테르계 수용액은 계면활성을 보이는 보호 콜로이드, 유화안정제, 분산제로서도 우수한 기능을 발휘한다.
- 친수성이 있고 점도가 높기 때문에 높은 보수성을 지니고 있다.
- 농도도 수용액은 다른 수용성 고분자와 비교할 때 높은 점도와 고탄성을 나타내기 때문에 형태를 유지하는 성질을 현저하게 향상시키는 특성이 있다.
- 시멘트에 흡착하여 응결 지연성을 갖고 있다.

수중불분리성 혼화제의 사용량은 혼화제의 종류, 시공조건 및 수질 현탁 허용한도에 따라 결정되며, 첨가량의 표시방법은 단위수량에 대한 비율, 콘크리트 1m³당의 첨가량, 단위 시멘트량에 대한 비율 등으로 나타낸다. <표 1>과 <표 2>는 시공조건 및 탁

도에 따른 사용량을 예시한 것이고, 혼화제의 종류에 따른 사용량에 대해서는 일반적으로 셀룰로스계인 경우는 2~3kg/m³이고 아크릴계를 사용한 경우에는 3~4kg/m³ 정도가 주로 적용되고 있다.

2.2 소포제

셀룰로스 에테르계 분리저감제만을 단독으로 사용한 콘크리트의 경우는 보통 공기량이 10%이상 나타나게 된다. 이러한 공기는 대부분 갇힌 공기로서 콘크리트 점성으로 인해 공기가 밖으로 빠져나가지 못하여 발생하는 것으로 기포가 크기 때문에 강도저하요인으로 작용하게 된다. 따라서 적정 공기량 유지를 위해서는 소포제가 첨가되는데, 이 때 수중불분리성 콘크리트에 사용되는 소포제로는 고급 알콜류, 비수용성 글리콜류, 디부틸 부탄올 실리콘계 소포제가 사용되고 있다. 이러한 소포제는 사용량, 온도, pH 등에 따라 소포작용이 달리 나타나므로 실험을 통해 확인한 후 적용하여야 한다.

2.3 경화촉진제

일반적으로 수중불분리성 콘크리트의 점성을 향상하기 위해 사용되는 셀룰로스 에테르계는 콘크리트의 응결시간을 지연시킨다. 사용되는 수중불분리성 혼화제의 종류와 사용량에 따라 다르게 나타나겠지만 경화촉진제를 첨가하지 않은 수중불분리성 콘크리트는 일반적으로 응결시간이 48시간이상 소요되어야 종결되는 것으로 알려져 있다. 그러므로 응결시간의 조절을 위해서는 일반적으로 경화촉진제의 첨가가 필요하다. 수중불분리성 콘크리트에 사용되는 경화촉진제로는 칼슘이나 나트륨의 염화물, 탄산

표 1. 분리저감제의 사용량(단위수량에 대한 비율의 예)

시공조건	타설부 주위의 물의 오염을 어느 정도 허용하는 경우	타설부 부위의 물 오염을 적극 억제하는 경우
· 트레미나 콘크리트 펌프를 사용하여 기본적으로 수중낙하하지 않고 시공하는 경우 · 무근 콘크리트의 경우	1.0%	1.3%
· 수중낙하를 자주시키는 경우(30~50cm 정도) · 철근콘크리트의 경우	1.15%	1.3%

표 2. 분리저감제의 사용량 (콘크리트 1m³당 첨가량의 예)

조건	타설주위의 물 오염을 특별히 억제하지 않아도 좋은 경우(저첨가)	타설주위의 물 오염을 어느 정도 허용하는 경우(중첨가)	타설 주위의 물 오염을 적극 억제하는 경우
정수중에 트레미나 콘크리트 펌프를 이용하여 타설하며, 동선이 콘크리트 중에 있는 경우	1.5kg/m ³	2.0kg/m ³	2.5kg/m ³
정수중에서 트레미나 콘크리트의 동선을 기본적으로 콘크리트 중에 넣어 타설하며 동선의 차이가 있는 경우에는 타설면에서 배출하는 경우	1.8kg/m ³	2.3kg/m ³	2.8kg/m ³
트레미나 콘크리트 펌프의 동선에서 50mm이하에서 콘크리트를 자유낙하하여 타설하는 경우 약간의 유수 중에 타설하는 경우	2.0kg/m ³	2.5kg/m ³	3.0kg/m ³

염, 황산염, 초산염 등의 무기염류 외에도 트리에탄올아민(TEA)과 규산칼슘 및 염화칼슘 등이 있다.

염화칼슘의 경우는 저렴할 뿐만 아니라 성능에서도 우수한 것으로 알려져 있어 기존에는 많이 사용되었으나 이 화학약품은 철근의 부식을 촉진시키는 것으로 알려져 있고 실제 촉진 혼화제로 사용할 경우 시방서에서 규정하고 있는 염화물 규제치 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 을 초과하게 되므로 현재는 염화칼슘성분의 촉진제는 사용하지 않고 초산염, 아초산염계의 무기염, 혹은 규산칼슘 등의 유기산염, TEA와 같은 비염소계가 사용되고 있다. 그러나 이들 촉진제는 염화칼슘에 비해 효과가 떨어지고 비용도 큰 것이 단점이며 이에 대한 연구가 시급한 실정이다. 비염소계 촉진제는 시멘트의 화합물인 C_3A 와 석고의 반응을 촉진시키는 작용을 하는 것으로 알려져 있는데, C_2S 및 C_3S 의 입자 표면에 흡착하여 피복을 형성함으로써 수화작용을 방해하는 작용을 하므로 과다 첨가시에는 오히려 경화를 지연시킬 수 있다.

2.4 유동화제(고성능 감수제)

수중불분리성 콘크리트는 시멘트 유실에 따른 재료분리를 방지하기 위해 점성 상승 목적으로 수중불분리성 혼화제를 첨가하게 된다. 그러나 수중불분리성 혼화제의 첨가에 따른 점성 상승은 역으로 작업성이 저하되므로 작업성 확보 차원에서 유동화제(고성능감수제)의 사용은 필수적이다. 유동화제는 시멘트 표면에 흡착하여 입자 표면에 이중의 전기 대전층을 형성하게 된다. 그 대전층으로 인해 입자사이에는 정전기적 상호반발이 생겨 응집한

표 3. 수중 불분리성 혼화제와 유동화제의 일반적 조합

분리저감제	유동화제
셀룰로오스계	멜라민설폰산염계(트리아틸계)
아크릴계	나프탈린설폰산염계 멜라민설폰산염계(트리아틸계) 폴리칼본산염계

표 4. 수중 불분리성 혼화제를 첨가한 콘크리트의 품질규준

항 목		규 준 값	
블 리 덩 울 (%)		0.1 이하	
응 결 시 간 (시간)	초 결	5 이상	
	종 결	30 이하 ¹⁾	
압축강도 ²⁾	수중제작 공시체에 의한 압축강도(kg/cm^2)	재령 7일	130 이상
		재령 28일	230 이상
	공기중 제작 공시체의 압축강도에 대한 수중 제작 공시체의 압축강도비(%)	재령 7일	60 이상
		재령 28일	70 이상
휨 강 도 ²⁾	공기중 제작 공시체의 휨강도에 대한 수중제작 공시체의 휨강도비(%)	재령 7일	50 이상
		재령 28일	60 이상
수중낙하시험	현탁물질 (mg/ℓ)		150 이하
	pH		12 이하

주: 1) 응결지연형 수중불분리성 혼화제에 대해서는 이 값을 적용하지 않는다.

2) 이 규준에 있어서 수중제작 공시체의 수중낙하 조건은 실제의 시공조건과 비교해서 매우 엄격한 수준으로 설정하고 있다.

시멘트 입자가 분산되며 그 반발작용에 의해 시멘트페이스트의 유동성은 증대된다. 유동화제로는 일반적으로 나프탈렌설폰산염계, 멜라민설폰산염계, 폴리칼본산염계 등으로 구분되며, 유동성과 수중불분리성 확보의 두 가지 상반적 효과를 동시에 얻기 위해서는 사용되는 수중불분리성 혼화제에 따라 적절한 유동화제의 선정이 필요시 된다. <표 3>은 일반적으로 사용되고 있는 분리저감제와 유동화제와의 조합을 나타낸 것이다.

3. 품질 규격

수중불분리성 혼화제에 대한 품질 규준은 일본토목학회와 일본건축학회에서 제정한 “특수수중콘크리트매뉴얼(설계·시공)”에서의 품질규준을 기초로 하여 1995년 대한토목학회에서 콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준(안)이 제안되었으며 그 내용은 <표 4>와 같다.

4. 콘크리트의 특성에 미치는 영향 평가

수중불분리성 콘크리트는 수중불분리성 혼화제로 인해 보통의 콘크리트보다 품질상에서 우수한 특성을 나타낸다. 각 항목별 사용 혼화제에 따른 효과를 살펴보면 다음과 같다.

4.1 굳지 않은 콘크리트의 성상

4.1.1 분리저항성

물의 씻김에 대한 분리저항성은 수중불분리성 콘크리트의 기본이라 할 수 있다. 분리저항성을 비교 평가하는 방법으로는 씻기 분석시험, pH나 탁도시험, 공기 중에서 제작한 공시체의 압축강도와 수중에서 제작한 것과의 수중-기중 강도비 등이 사용되고 있으나 그 중에서도 pH와 탁도가 수중불분리성 콘크리트의 분리저항성을 평가하는 척도로 많이 이용되고 있다.

(1) 수중 불분리성 혼화제의 영향

분리저항성은 사용된 수중불분리성 혼화제의 종류와 사용량에 의해 주로 영향을 받는다. 그 효과를 분석하기 위해 셀룰로스계와 아크릴계 수중불분리성 혼화제를 기준에 따라 각각 2.5kg/m³ 및 3.3kg/m³ 사용하고 다른 조건은 동일하게 하여 탁도와 pH를 비교하면, 셀룰로스계가 아크릴계에 비해 사용량이 적음에도 불구하고 탁도가 비교적 낮은 것으로 평가되고 있다. 또한, 아크릴계의 경우는 셀룰로스계보다 담수 및 해수조건에 따라서도 영향을 많이 받는 것으로 보고되고 있다.

수중불분리성혼화제의 첨가량을 0~5kg/m³의 범위로 변화시킨 수중불분리성 콘크리트 500g을 800cc의 물에 수중 낙하시켜 현탁수의 pH와 탁도를 측정한 결과는 <그림 1, 2>와 같다.

그림에 나타난 바와 같이 수중불분리성 혼화제를 첨가할수록 슬럼프 플로우값이 적게 되므로 pH값과 탁도는 사용량의 지수승 비율로 감소된다.

(2) 유동화제의 영향

<그림 3>은 첨가량이 2.3kg/m³인 셀룰로스계 수중불분리성

혼화제와 유동화제의 사용여부에 따른 탁도 변화량을 나타낸 것이다. 그림에서 감수제를 첨가한 수중불분리성 콘크리트는 슬럼프 플로우의 증가로 인해 탁도가 현저하게 증가하는 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다.

이와 비슷한 연구 결과로써, 셀룰로스계 수중불분리성 혼화제를 사용한 수중불분리성 콘크리트에 있어 적용 슬럼프 플로우의 범위는 55±5cm로 하고 멜라민설폰산염계 유동화제를 시멘트량에 대해 1%와 2% 두 종류로 첨가한 콘크리트에 대해 탁도를 조사해 본 결과에 따르면, 유동화제를 2% 사용한 경우에는 슬럼프 플로우가 5cm 정도 증가하고, 탁도 또한 상당량 증가되었다고 보고되고 있다.

4.1.2 유동성

수중불분리성 콘크리트는 계속하여 유동하는 성질을 갖고 있으므로 슬럼프콘을 뺀 후에도 상당시간 형상이 지속적으로 변화하며 일반 콘크리트에 비해 외관상 굳어 보이는 소성상태에서도 변형은 크게 발생된다. <그림 4>는 사용 수중불분리성 혼화제량을 3.0kg/m³으로 하고 유동화제의 양만을 변화시키면서 슬럼프 플

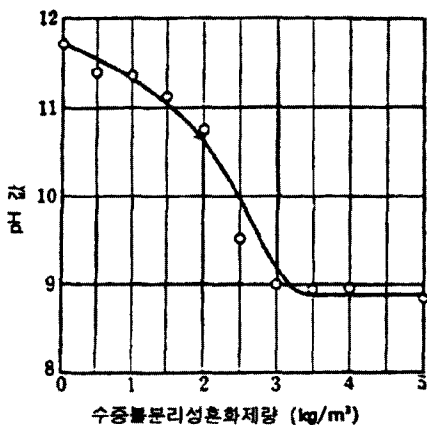


그림 1. 콘크리트 투입 후의 물의 pH값의 예

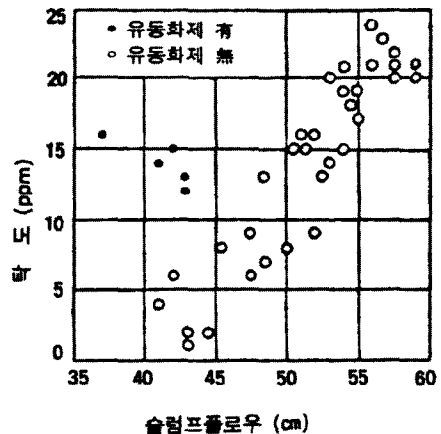


그림 3. 슬럼프 플로우의 탁도 관계

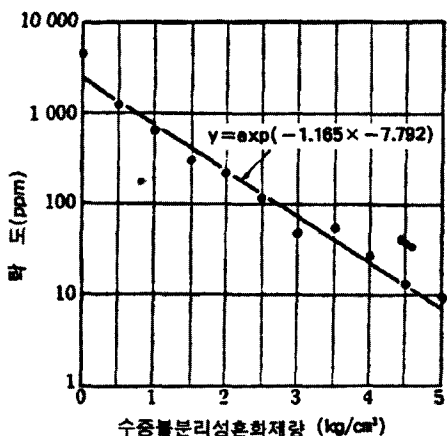


그림 2. 콘크리트 투입 후의 물의 탁도의 예

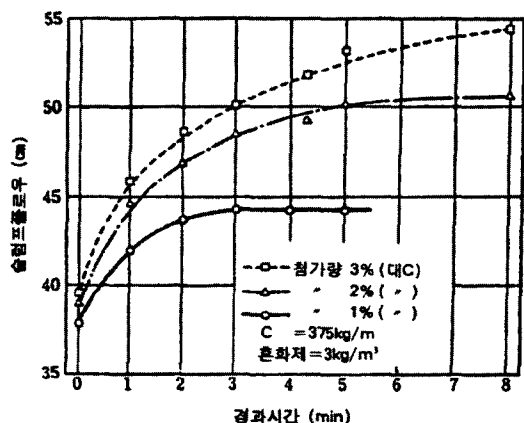


그림 4. 슬럼프 플로우

로우의 경시변화를 측정된 결과로, 처음 슬럼프콘을 들어올린 직후에는 슬럼프 플로우 값 상에 거의 차이가 없으나 유동화제의 사용량이 많아질수록 안정될 때까지는 보다 긴 시간이 소요되었다.

(1) 수중 불분리성 혼화제의 영향

수중불분리성 혼화제로서 셀룰로스계 2종류와 아크릴계 1종류를 사용하여 거의 동일한 슬럼프 플로우가 얻어지도록 하였을 때 수중불분리성 혼화제의 종류에 따라 표준 첨가량에 차이가 있는 것으로 나타났다. <그림 5>는 수중불분리성 혼화제의 첨가율과 슬럼프 플로우와의 관계를 도시한 것으로, 첨가율이 크게 되면 슬럼프 플로우는 작아지고, 동일한 물-시멘트비 및 단위수량에서는 첨가율과 슬럼프 플로우는 1차 직선관계를 유지한다는 것을 나타내고 있다.

(2) 유동화제의 영향

<그림 6>은 유동화제가 유동성에 미치는 영향을 나타낸 것으로 셀룰로스계의 수중불분리성 혼화제에 멜라민계 고성능감수제

를 사용한 결과를 도시한 것이다. 일반적으로 사용하는 수중불분리성 콘크리트의 배합에서는 유동화제 양의 1% 증감에 대해 슬럼프 플로우는 약 5cm 정도의 증감이 발생한다.

셀룰로스계 수중불분리성 혼화제와 유동화제인 나프탈렌계, 멜라민계, 폴리칼본산계와의 친화도에 대해 살펴보면, <그림 7>과 같이 멜라민계와 폴리칼본산계는 적용량이 증가할수록 플로우 값이 증가하는데 반해 나프탈렌계는 첨가량이 증가할수록 역으로 슬럼프 플로우가 저하되었다. 따라서 대개의 경우는 유동화제를 사용하게 되면 수중불분리성 콘크리트의 유동성은 상승되지만 셀룰로스계에 대해서는 유동화제의 종류에 따라 친화도가 다르게 나타날 수 있으므로 주의를 요한다.

(3) AE 감수제의 영향

셀룰로스계 수중불분리성 혼화제의 경우 AE 감수제가 유동성에 미치는 영향은 AE 감수제를 표준량 첨가할 경우 슬럼프 플로우가 다소 증가되는 양상을 나타내지만 첨가량에 비해 유동 상승 효과는 그리 크지 않은 것으로 알려져 있다(그림 8 참조).

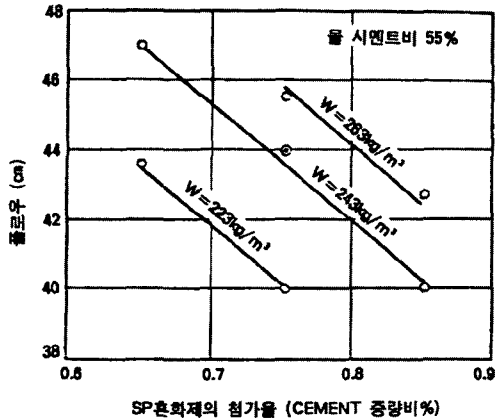


그림 5. 수중 불분리성 혼화제의 첨가율과 플로우와의 관계

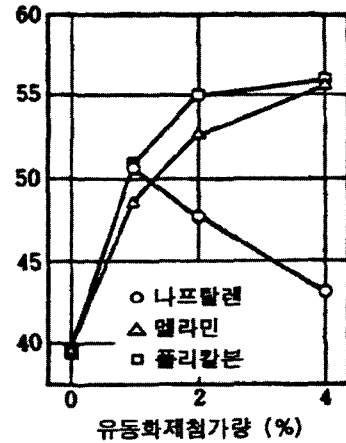


그림 7. 유동화제에 의한 영향

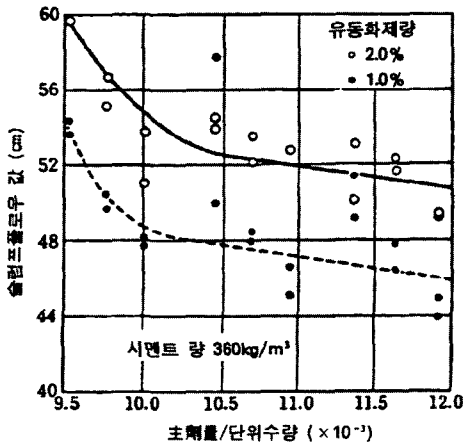


그림 6. 슬럼프 플로우에 미치는 유동화제의 영향

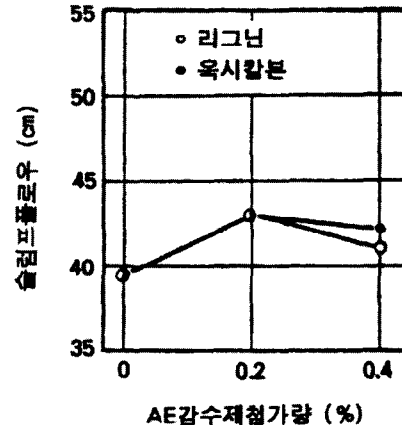


그림 8. AE 감수제에 의한 영향

4.1.3 응결 성장

(1) 수중 불분리성 혼화제의 영향

수중불분리성 혼화제를 첨가한 콘크리트에 대해 응결 경화속도 시험을 수행한 결과는 <그림 9>와 같다. 수중불분리성 혼화제는 그 사용량이 증가함에 따라 응결시간이 지연되는 현상이 있으며 4종류의 셀룰로오스계 수중불분리성 혼화제에 대해 동일 조건하에서 프록터관입시험을 수행한 결과 종결이 빠른 것은 20시간 정도 소요되고 느린 경우는 35시간 이상 소요되는 것으로 나타났다. 따라서 수중불분리성 혼화제에는 일반적으로 경화촉진제가 포함되며 보통의 첨가량에서는 응결시간이 5~12시간 정도 지연되도록 조정된 것이 많다. 그러나 아크릴계의 혼화제는 응결시간에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다.

(2) 유동화제와 AE 감수제의 영향

<그림 10>은 셀룰로오스계 수중불분리성 혼화제를 첨가한 콘크리트에 멜라민계, 나프탈렌계, 폴리칼본산계 등 3종류의 유동화제를 적용하였을 때의 응결특성을 조사한 결과로, 모든 경우에 있어 유동화제의 사용량이 증가할수록 초결 시간은 지연되는 것으로 나타났다. 특히, 나프탈렌계와 폴리칼본산계는 멜라민계보

다 지연효과가 크게 나타났다. 또한, <그림 11>과 같이 셀룰로오스계의 수중불분리성 혼화제를 사용한 콘크리트에 AE 감수제를 적용한 결과에 따르면 AE 감수제 첨가시에도 초결 시간은 약간 지연되었으며 리그닌계가 옥시칼본산계보다 약간 지연효과가 큰 것으로 조사되고 있다. 따라서 고성능감수제와 AE제를 병용하여 사용할 경우 고성능감수제만 단독으로 사용한 경우보다 응결시간이 지연된다는 것을 알 수 있다.

<그림 12>는 물-시멘트비와 응결시간과의 관계를 도시한 것으로 물-시멘트비가 증가할수록 응결시간은 지연되는 현상을 보이며 이 지연시간은 일반 콘크리트보다 큰 것이 보통이다.

4.1.4 블리딩

수중불분리성 혼화제를 첨가할수록 콘크리트의 블리딩은 감소되는 경향이 있다. 수중불분리성 혼화제의 종류에 따라 다소 차이는 있지만 물-시멘트비가 50~55%인 콘크리트에 있어서 블리딩이 발생하지 않는 첨가량은 단위시멘트량에 대해 0.2~0.6%인 것으로 알려져 있다. 이는 수중불분리성 혼화제의 경우 콘크리트의 보수성을 향상시켜주기 때문인 것으로 블리딩이 적게 발생하기 때문에 콘크리트의 부분적 품질저하를 억제하고 철근과의 부착강도를 향상시킨다.

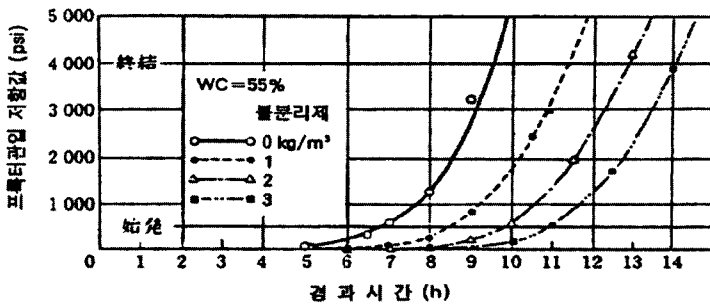


그림 9. 수중 불분리성 혼화제의 첨가량과 모르타르의 응결 성장

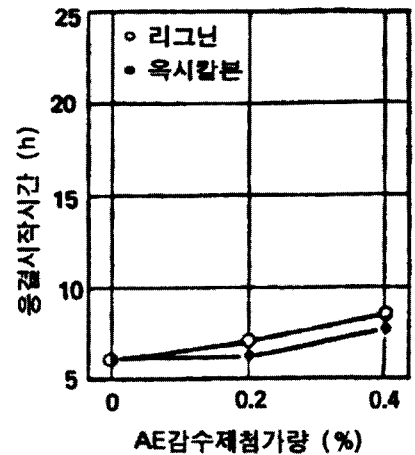


그림 11. AE 감수제에 의한 영향

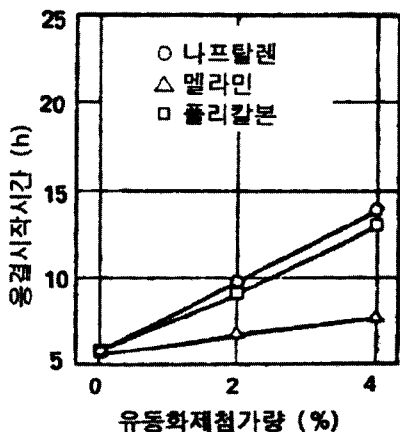


그림 10. 유동화제에 의한 영향

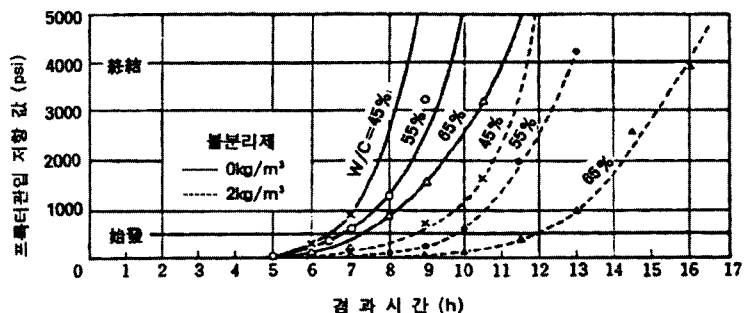


그림 12. 수중 불분리성 혼화제를 첨가한 모르타르의 W/C와 응결 성장

4.1.5 공기량

셀룰로스계 수중불분리성 혼화제를 첨가한 콘크리트에 있어 공기량을 측정할 실험결과에 따르면 멜라민계 및 폴리칼본산계의 유동화제나 AE감수제는 그 첨가량에 대해 그다지 상관관계를 나타내지 않으나 나프탈렌계 유동화제의 경우는 공기량이 현저하게 증가하는 것으로 보고되고 있다.

따라서 일반적으로 수중불분리성 혼화제에는 소포제가 포함되어 있어 콘크리트의 공기량이 3~5%가 되도록 조정하고 있다.

4.2 굳은 콘크리트의 특성

4.2.1 압축강도 및 탄성계수

〈그림 13〉은 수중불분리성 혼화제의 첨가량과 수중 낙하 제작 공시체의 강도발현율(수중제작공시체 강도/기중 제작 공시체 강도)과의 관계를 나타낸 것으로 첨가량이 증가할수록 강도발현율이 크게 나타나고 있다.

수중불분리성 콘크리트의 탄성계수는 일반 콘크리트에 비해 약간 작은 것이 보통이다. 일반 콘크리트에 비해 탄성계수가 낮아지는 이유에 대한 연구는 특별히 이루어진 것은 없지만 원인 중

의 하나로 단위 모래량은 증가하는 반면 단위 굵은 골재량이 적게 사용된 점에 기인된 것으로 판단된다.

〈그림 14〉는 압축강도와 탄성계수와의 관계를 나타낸 것이다.

4.2.2 건조 수축 및 크리프

수중불분리성 콘크리트는 주 사용대상 장소가 수중이므로 건조 수축에 대한 연구는 미비한 편이나 〈그림 15〉와 같이 물-시멘트 비가 55%이고 셀룰로스계의 수중불분리성 혼화제를 시멘트 중량의 0.54%까지 사용한 수중불분리성 콘크리트의 경우, 재령 13주 정도까지는 수중불분리성 콘크리트(실선)와 일반 콘크리트(점선)와는 큰 차이가 없어 보이지만 재령이 경과함에 따라 수중불분리성 콘크리트의 건조수축 변형량은 점차 차이가 크게 발생하여 재령 1년이 경과되는 시점에서는 20%정도 크게 나타나고 있다. 그러나 아크릴계를 사용한 경우는 〈그림 16〉과 같이 일반 콘크리트와 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다.

또한, 크리프의 경우 수중불분리성 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 크리프가 다소 큰 것으로 알려져 있으며 셀룰로스계 혼화제를 사용한 경우가 아크릴계를 사용한 수중불분리성 콘크리트보다 약간 크리프가 커지는 경향이 있다.

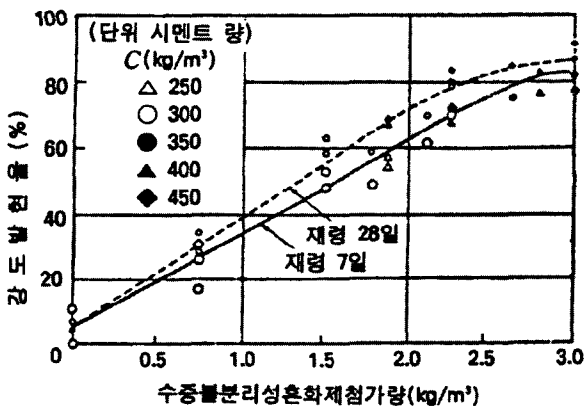


그림 13. 수중 불분리성 혼화제의 첨가량과 압축강도 발현율의 관계

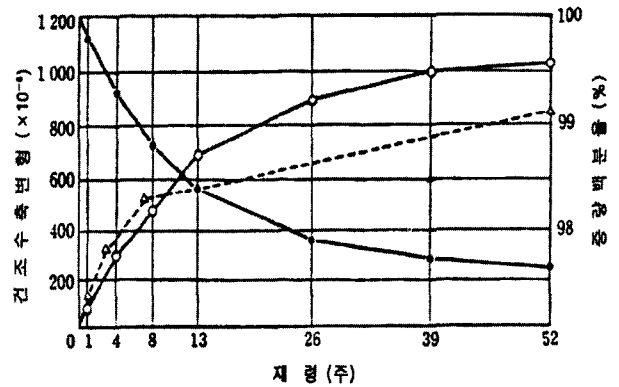


그림 15. 건조 수축 특성(셀룰로스계)

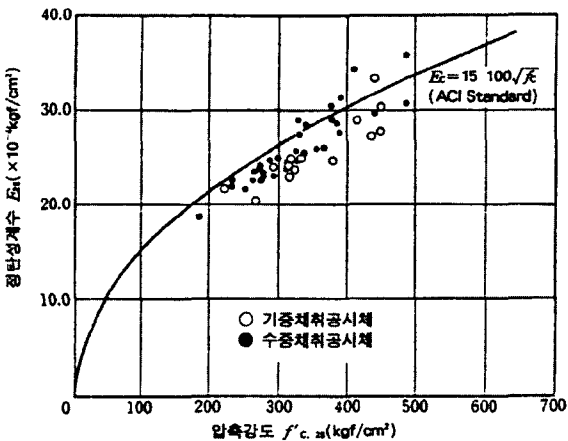


그림 14. 압축강도와 정탄성계수와의 관계

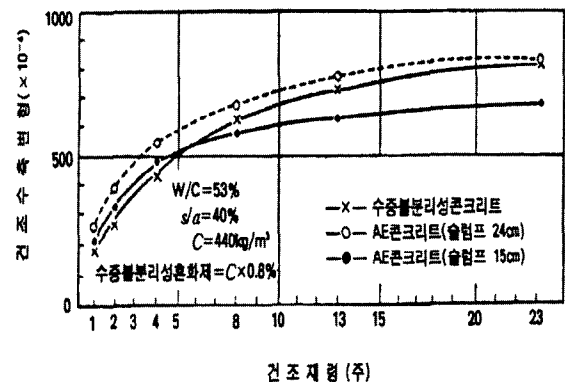


그림 16. 건조 수축 특성(아크릴계)

4.2.3 내동해성

셀룰로오스계와 아크릴계의 수중불분리성 혼화제를 사용한 콘크리트의 경우 내동해성을 살펴보면, 일반 콘크리트와 마찬가지로 기포간극계수가 200μ 이하인 연행공기를 혼입하게 되면 충분한 내동해성을 갖는 것으로 보고되고 있다.

그러나 내동해성 향상 목적으로 고로슬래그 미분말을 사용 시멘트 량의 50%까지 대체 치환하여도 일반 콘크리트와 같은 내동해성 효과를 얻지 못한다. 또한, 알루미늄 분말을 이용하여 수중 불분리성 콘크리트에 기포를 발포시키는 방법은 수중 불분리성 콘크리트의 내동해성을 개선시키기 위한 유효한 방법이지만 알루미늄 분말에 의해 발생된 발포기포는 연행공기에 비해 직경이 크기 때문에 충분한 내동해성을 확보하기 위해서는 굳은 콘크리트의 공기량이 10%를 초과하는 정도까지 발포 공기량을 증가시켜야 한다.

4.2.4 내염해성

셀룰로오스계와 아크릴계의 수중불분리성 혼화제를 혼입한 콘크리트에 대해 염화물 침투시험, 투수시험, 비저항 시험을 실시하고, 실리카흄이나 고로슬래그 미분말을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우에 대해 비교한 결과에 따르면, 무기 혼화제의 혼입과 물-시멘트비 저하로 인해 수밀성은 향상되었으나, 염화물이나 비저항 측정시험에서는 수중 불분리성 혼화제의 사용이 콘크리트나 모르타르의 수밀성을 저하시키는 것으로 나타났다.

또한, 셀룰로오스계 2종과 아크릴계 1종의 수중 불분리성 혼화제를 사용한 모르타르에 대해 염화물 이온 침투속도, 내염해성 등을 일반콘크리트와 비교한 결과에 따르면, 수중 불분리성 혼화제를 첨가한 모르타르에서의 염화물 이온 침투속도는 첨가하지 않은 경우에 비해 약간 빠른 것으로 알려져 있다.

5. 결 언

수중 불분리성 혼화제는 콘크리트 타설방법, 콘크리트 수중낙하고, 타설시의 허용 탁도 등을 고려하여 그 사용량이 결정되어야 한다.

특히, 환경조건이 특별하게 규정된 경우에는 그 규정 정도, 실제 시공조건에 따라 설정된 수중 제작 공사체의 강도, 수중-기중 강도비, pH, 현탁 물질량 등을 고려하여 수중 불분리성 혼화제의 적절 사용량을 결정할 필요가 있다. 수중 불분리성 혼화제의 일부는 배합시 시멘트 입자에 흡착되어 입자간의 응집력 증진으로 시멘트 페이스트의 점성이 증가된다고 생각할 수도 있지만 실질적으로는 시멘트 페이스 중의 물에 용해되어 물의 점성을 높이는 것이 대부분이다. 따라서 수중 불분리성 혼화제의 단위 사용량은 단위시멘트에 대한 수중 불분리성 혼화제의 중량비에 기초하여 결정하는 것이 타당하다. □

참고문헌

1. 오상근, 조인성, "수중 불분리제와 방수제", 한국콘크리트학회지, 제8권, 제2호, 1996.4, pp.41-56.
2. 콘크리트 혼화재료, 한국콘크리트학회, 1997. 3.
3. 콘크리트용 수중 불분리성 혼화제 품질규준(안), 1995. 10.
4. 수중 비분리 콘크리트 배합설계 연구용역 보고서, 포스코개발(주), 1995. 10
5. 수중 비분리 콘크리트 개발에 관한 연구, (주)해강, 1995. 4.
6. Recommendation for Design and Construction of Anti-washout Underwater Concrete. JSCE, 1991.
7. 河井 徹, 특수수중콘크리트용 혼화제, 콘크리트공학, 제26권, 제3호, 1988.3, pp.45-49(일본어).

경제 용어 해설

● 한계기업

: 일반적으로 임금 상승을 비롯해 경제 여건 변화로 인해 경쟁력을 상실, 더 이상의 성장에 어려움을 겪는 기업을 말한다. 경제는 소득 수준과 임금 상승, 기술 개발 등 여건 변화와 함께 구조조정을 겪게 되는데 이 과정에서 살아남지 못하는 일부 기업은 점차 도태될 수밖에 없다. 산업 구조조정 측면에서 한계기업은 정리되어야 한다는 주장은 인력·자금 등의 생산 요소가 보다 효율적으로 이용되어야 한다는 자원 재배치에 근거를 두고 있다.

● 팩토링(factoring)

: 거래 기업이 외상매출채권을 팩토링 회사에 양도하고 팩토링 회사는 거래 기업을 대신하여 채무자로부터 매출채권을 추심하는 동시에 이에 관련된 채권의 관리 및 장부 작성 등의 행위를 인수하는 단기 금융의 한 방법이다. 팩토링의 어원은 위탁매매인을 의미하는 factor에서 유래하였는데 오늘날의 팩토링은 14세기 후반 영국 모직물업계의 위탁매매인제도에서 발전한 것이다. 우리나라의 팩토링은 1979년 아세아종합금융에 의해 처음 도입되었다. 이후 종합금융회사와 은행이 각각 1981년, 1983년부터 경영하기 시작하였으며 1992년에는 팩토링 전문회사가 설립되는 등 빠른 속도로 발전하고 있다. 우리나라의 팩토링 업무는 소비대차계약에 의한 대부 형식으로 어음 중심으로 이루어지며 팩토링 회사가 거래 기업에 대하여 상환청구권을 갖는 팩토링만이 거래되는 특징이 있다.