

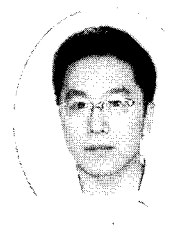
특 집

|| 최신 혼화재료 ||

콘크리트용 내한제 - Agent for Enduring Cold Weather for Concrete -



한천구*
Han, Cheon Goo



김경민**
Kim, Kyong Min

1. 내한성 혼화제의 종류 및 특징

1.1 개요 및 효과

내한축진제 및 방동제란 시멘트의 수화반응을 촉진하여 한중시기에 타설한 콘크리트의 초기동해를 방지할 목적으로 개발된 혼화제를 말한다. 이러한 종류의 혼화제는 예전부터 내한제·방동제 혹은 방동성 혼화제(antifreezer)로 불리고, 주로 콘크리트 중의 수분에 대한 동결점 저하 성능이 강조되어 왔다. 그러나, 최근의 연구에서는 이러한 혼화제에 의하여 초기동해방지 효과, 동결점 저하뿐만 아니라 저온 환경하에서의 응결·경화축진 작용도 중요시된다.

콘크리트의 동결온도를 저하시킬 수 있는 약제로서는 염화칼슘, 염화나트륨, 염화칼륨, 초산나트륨, 아초산나트륨, 초산칼슘, 아초산칼슘, 요소, 표백분, 에틸알코올, 에틸렌알코올 등의 물질이 있다. 또한, 시멘트의 수화반응을 촉진시키는 물질로는 염화물과 탄산염, 아초산염 등의 무기염류와 트리에탄올아민, 질산칼슘 등이 알려지고 있다. 그러나, 염화칼슘과 염화나트륨 등의 염화물은 철근 콘크리트 구조물 중의 철근을 부식시킬 위험성이 크고, 나트륨 등의 알칼리염은 알칼리 골재반응을 촉진시키게 된다. 또한, 표백분은 콘크리트의 경화과정에서 염소가스가 발생하고, 에틸알코올과 에틸렌알코올은 콘크리트의 응결을 어느 정도 지연시

키는 것으로 알려져 있다. 또한, 에틸알코올과 요소 등의 성분은 몬모리론나이트(Montmorillonite) 등의 점토질 광물을 함유한 골재를 팽창, 열화시켜 콘크리트의 강도 저하를 초래할 수 있다.

특히, 요소는 무염화·무알칼리형이고 물에 의해서 용해되며, 동결점 강하가 크고, 아초산 혹은 초산계의 성분과 혼합되면 우수한 경화축진작용을 나타내어 일부 무염화·무알칼리형 내한축진제의 주성분으로 이용되어 왔다. 그러나, 요소는 높은 알칼리성인 콘크리트 중에서 수산화칼슘을 가수분해하여 탄산화를 촉진시키는 동시에 암모니아 가스를 발생시키는 문제가 있다. 요소에 의한 유해가스의 발생은 염화물과 알칼리 성분에 의한 문제와는 달리 콘크리트 물성에는 변화가 나타나지는 않기 때문에 일반적인 콘크리트 시험과 시공단계에서는 발견되지 않는데, 그 영향은 장기적이고, 특히 건축 구조물의 경우에서는 대응이 곤란한 실내 환경문제로 확산되기 때문에 주의가 필요하게 된다.

새로운 무염화물 내한제는 AE작용으로, 시멘트 분산효과 및 무기계 질소 화합물의 작용에 의해 굳지않은 콘크리트의 동결온도를 낮추어 0°C 이하의 환경하에서도 시멘트의 수화가 진행되어 강도를 발현시킨다. 예를 들면 -15°C에서 연속 냉각된 경우 재령 28일의 압축강도는 10 N/mm² 이상을 갖는다. 일반적으로 식염과 염화칼슘을 사용하더라도 통상의 사용범위(시멘트 중량의 1~2%)에서는 동결점의 강하효과는 거의 없다. 감수성을 갖는 새로운 무염화물형의 내한축진제는 동결점 강하작용과 함께 저온 환경 하에서도 강도증진 작용을 하는 특징이 있는데, <그림 1>은 냉각온도 조건하에서의 압축강도 발현현황을 나타낸 것이다.

* 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수

** 정회원, 고려산업개발(주) 연구개발실 연구원

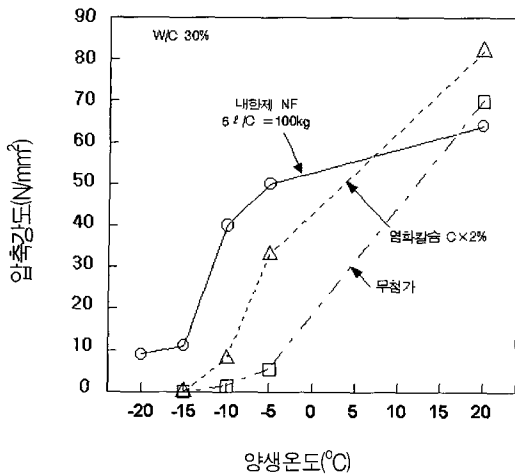


그림 1. 양생온도와 압축강도와의 관계

1.2 내한축진제의 종류 및 특징

내한축진제의 분류로서 주로 일본에서는 무염화·무알카리형 내한축진제를 구성성분에 따라 <표 1>과 같이 나타내고 있다. 이들의 내한축진제 성분은 주로 아초산칼슘과 초산칼슘으로 단독 혹은 혼합된 형태이다. 내한축진제 타입 I은 내한축진 성분외에 감수성분, AE성분 등이 구성되어, 동결점 강하, 경화 촉진작용 뿐만 아니라 공기 연행작용 및 감수작용을 가지므로 종래로부터 「내한제」라고 불려졌던 것이다. 내한축진제 타입 II는 내한축진 성분만으로 구성되어 있기 때문에 그 이용에 있어서는 AE감수제 등 여타의 화학혼화제와 병용하여야만 한다.

아초산칼슘은 시멘트 중의 C₃S와 C₂S의 수화를 촉진하고, 시멘트의 Al₂O₃ 및 C₃A와 반응하여 3CaO·Al₂O₃·3Ca(NO₃)₂·16~18H₂O 및 3CaO·Al₂O₃·CaO·Ca(NO₂)₂·10H₂O를

표 1. 일본에서 시판되고 있는 무염화·무알카리형 내한축진제

내한성 혼화제의 종류	주성분	표준 사용량 (C/100 kg)	비 중 (20°C)	알카리량 (%)	염화물 이온량 (%)
타입 I	폴리알콜에스테르 유도체와 무기질 질소화합물	3 ~ 5 l	1.38 ~ 1.42	0.20	0.01 이하
	아초산화합물과 특수계면활성제	3 ~ 5 l	1.30 ~ 1.34	0.1	0.01
	변성메틸로 셀룰로오스와 무기질 질소유형계 무기물	3 ~ 5 l	1.28	0.06	0.02
	무기질 질소화합물과 특수 계면활성제	3 ~ 5 l	1.37 ~ 1.43	0.20	0.1 이하
타입 II	무기질 질소화합물	2 ~ 4 l	1.42 ~ 1.44	0.03	0.001 이하
	아초산 화합물(분말)	3 ~ 6 kg	1.42 ~ 1.45	0.03	0.01 이하
	아초산 화합물(액상)	3 ~ 4 l	1.31 ~ 1.35	0.0	0.01
	질소계 무기화합물	2 ~ 6 kg	1.3 ~ 1.4	0.01	0

생성한다. 더욱이 콘크리트 중에 수산화칼슘과 반응하여 CaO·Ca(NO₃)₂·3H₂O와 CaO·Ca(NO₂)₂·3H₂O 등을 생성하고, 시멘트 페이스트의 조직을 치밀하게 함으로써, 콘크리트의 물리적 성질을 향상시킨다. 또한, 아초산칼슘은 방청제의 주성분으로 염화칼슘을 적절한 비율로 혼합하여도 충분한 방청효과가 있고, 경제적이며, 내한성능이 우수한 혼화제로 활용 가능성도 있지만, 현 단계에서는 염화칼슘의 사용이 철근부식 등의 문제가 있는 것으로 밝혀져 있기 때문에 충분히 검토할 필요가 있다.

1.3 내한축진제의 품질

현재 일본의 (재)북해도 건축지도센터의 내한제 이용기술조사 연구위원회에서는 일본에서 개발·시판되고 있는 무염화·무알카리형 내한축진제의 공통시험을 실시하고, 그 시험결과로부터 <표 2>에 나타난 내한축진제의 품질표준을 제안하고 있다. 이 품질표준에서는 내한축진제에 요구되어지는 성능을 JIS A 6204 「콘크리트용 화학 혼화제」의 AE감수제 축진형 기준치를 만족하는 것

표 2 내한축진제의 품질표준

품질사항	내한축진제 타입 I	JIS A 6204 AE감수제 축진형 <참고>
감수율(%)	8 이상	8 이상
블리이딩량의 비(%)	50 이하	70 이하
응결시간의 차 (20°C)(min)	초결시간	+30 이하
	종결시간	0 이하
응결시간의 차 (5°C)(min)	초결시간	+180 이하
	종결시간	+300 이하
압축강도비(%)	재령3일	135 이상
	재령7일	120 이상
	재령28일	110 이상
길이변화비(%)		120 이하
동결응해에 대한 저항성* (상대동탄성계수비 %)		80 이상

* 동결응해에 대한 저항성의 규정치는 슬럼프 8 cm 또는 18 cm인 콘크리트의 시험치로 한다.

- 주1) 내한축진제의 성능은 제조업자가 지정한 기준사용량을 이용하여 슬럼프 18 cm의 콘크리트에 대해서 실험을 실시하고, 상기의 규정에 적합한 것으로 한다.
- 주2) 타입 II의 내한축진제는 AE감수제 또는 고성능 AE감수제와 병용해서 상기의 성능을 만족하는 경우에 타입 I과 동일하게 취급할 수 있다.
- 주3) 응결시간의 차는 아래의 식에 의하여 계산한다.

$$T_{20} = T_{t20} - T_{e20}$$

$$T_5 = T_{t5} - T_{e5}$$

- 여기에서, T₂₀: 20 °C 양생에서의 응결시간의 차(min)
- T₅: 5 °C 양생에서의 응결시간의 차(min)
- T_{t20}: 시험 콘크리트의 20 °C 양생에서의 초결시간 또는 종결시간(min)
- T_{t5}: 시험 콘크리트의 5 °C 양생에서의 초결시간 또는 종결시간(min)
- T_{e20}: 기준 콘크리트의 20 °C 양생에서의 초결시간 또는 종결시간(min)
- TS: 기준 콘크리트의 5 °C 양생에서의 초결시간 또는 종결시간(min)

으로서, 특히 초기동해 방지를 위해서는 저온 환경에서 응결지연이 일어나지 않는 것과 조강성이 중요하기 때문에 저온환경 하에서 응결성상에 관한 항목을 추가하고 있고, 압축강도비의 기준치도 보다 높은 수치로 설정하고 있다.

1.4 무염화 내한축진제의 사용상 주의 사항

내한축진제는 한냉지에서 건축·토목 구조물의 콘크리트 시공시에 이용한다. 또한 콘크리트 타설 후 동결할 우려가 있고, 특별한 양생대책을 취하기 어려운 경우 등에도 뛰어난 효과를 발휘한다. 아울러 내한축진제는 초기강도를 필요로 하는 경우와 조기탈형을 필요로 하는 일반 콘크리트에도 사용할 수 있는데, 그 사용상의 주의는 다음과 같다.

(1) 주성분으로 염화물을 가지고 있는 것은 철근을 부식시키므로 무근 콘크리트 이외의 사용을 금할 것과 그 사용량의 상한선도 콘크리트 품질을 고려하여 가능한 한 작은량으로 한다. 또한 염화칼슘을 이용하는 경우에는 시멘트 중량의 2% 이하로 하는 것이 바람직하다.

(2) 무염화물형 내한축진제를 규정량 이상 사용한 경우에는 유동성이 과다하여 재료분리가 생기므로 주의하여야 하며, 내동결융해성 향상을 위해서 AE 콘크리트로 하는 것을 원칙으로 한다. 이때 콘크리트 내의 공기량은 5% 이상이 혼합되도록 하는 것이 바람직하다.

2. 내한성 혼화제를 이용한 콘크리트의 특성

2.1 개요

본 절에서는 보통 포틀랜드 시멘트를 이용한 W/C 50%, 공기량 3.5%, 슬럼프 18cm인 콘크리트를 대상으로 실험을 실시한 결과로서, 내한성혼화제를 이용한 콘크리트의 동결온도, 부동

표 3. 실험에 이용한 콘크리트 및 혼화제의 종류

기호	배합	혼화제 종류	내한축진제의 주성분	시멘트 100kg당 내한축진제의 사용량	
P	W/C 50%	AE제	-	-	
H		AE감수제 축진형	-	-	
AS2		내한성 혼화제 타입 I	(무염화·무알칼리형)	아초산·초산계 질소화합물	2ℓ
AS4				4ℓ	
AS8				8ℓ	
BS	공기량 3.5%	타입 I	아초산·초산계 질소화합물(무염화형)	6ℓ	
CS			요소계 질소화합물	4ℓ	
D	슬럼프 18cm	내한성 혼화제 타입 II	(무염화·무알칼리형)	4ℓ	
E			아초산·초산계·요소계 질소화합물 (무염화·무알칼리형)	6ℓ	

결수율, 응결·초기경화, 압축강도증진, 내구성 및 내한성 혼화제에 의한 초기동해 방지효과에 대하여 일본 북해도대학의 濱¹⁾씨의 박사학위논문 내용을 요약한 것이다. <표 3>은 실험에 이용한 콘크리트 및 혼화제의 종류를 나타내었다.

2.2 굳지않은 콘크리트의 특성

2.2.1 동결온도

물은 상압조건 일 때 0°C에서 동결한다. 그러나, 콘크리트 중의 수분은 수산화칼슘의 과포화용액으로 되기 때문에 동결점 강하작용에 의하여 그 동결온도는 대개 -1°C가 된다. 내한성 혼화제에서는 이 동결점 강하작용이 큰 성분을 내한성분으로 배합함으로써 콘크리트의 동결점을 크게 강하시킬 수 있기를 기대하고 있다. 또한, 내한성 혼화제 수용액의 농도가 높을수록 동결온도는 저하하는데, 혼화제 자체의 동결온도는 -30~-40°C로 상당히 낮다. 그러나, 실용상 콘크리트 중에서의 농도는 10 vol% 정도인데, 이 경우 동결온도는 -2~-4°C 정도로서, 일반적인 콘크리트와의 동결온도 차는 그다지 크지 않고, 동결온도의 저하가 작은만큼 초기동해의 방지에 한계가 있다. 하지만, 경미한 동결조건에서는 -1~-3°C의 근소한 동결점 강하 효과에 의해서도 콘크리트가 동결하기까지의 시간을 큰 폭으로 연장하는 것이 가능하며, 그 시간 동안에 소요의 강도를 발현 할 수도 있다는 것에 큰 의의가 있다.

2.2.2 부동결수율

내한축진제의 수용액이 동결하였을 시 동결온도보다 낮은 온도에 있어서도 상당한 양의 미동결 용액이 남아있고, 사베트상의 얼음으로서 성장하는 특징이 있다. 이것으로부터 내한성 혼화제의 효과에 의해서 콘크리트 중에 동결하지 않는 물의 양이 증가하는 것을 시사하고 있다.

<그림 2>는 온도저하에 따르는 내한성 혼화제 용액의 부동결수율 변화를 나타낸 것이다. 물의 경우는 0°C에서 대부분 모두 동결하고 있지만, 내한성 혼화제 용액에서는 -1~-2°C에서 동결하기 시작하여, -5°C에서 20%, -10°C에서 10% 정도의 동

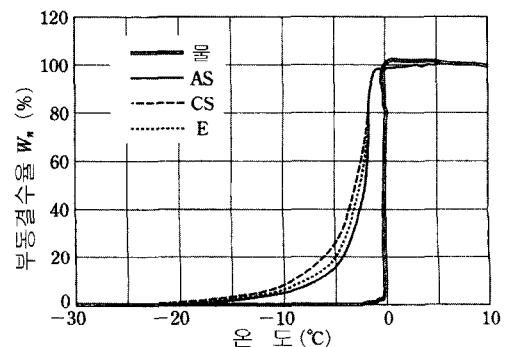


그림 2 물 및 내한축진제의 온도에 따른 부동결수율의 변화

결하지 않는 물이 있다.

또한, <그림 3>은 콘크리트를 비빔직후에 동결시키는 조건에서 AS 내한성 혼화제의 사용량별 온도저하에 따른 부동결수율의 변화를 나타낸 것이다. 보통 AE 콘크리트 (P)에서도 콘크리트 중의 수분이 전해질 용액으로 변하고, 시멘트와 골재표면의 흡착수 영향에 의하여 -5°C ~ -10°C에서 20 ~ 25% 정도의 부동결수가 존재하고 있다.

한편, 내한성 혼화제를 이용한 콘크리트에서는 -5°C ~ -10°C에서의 부동결수율은 60 ~ 80%의 범위에 있는데, 특히 사용량이 많을수록 부동결수율이 높게된다. 이와 같은 내한성 혼화제에 의한 부동결수율의 증가는 동결환경 하에서도 강도증진에 영향을 미치게 된다.

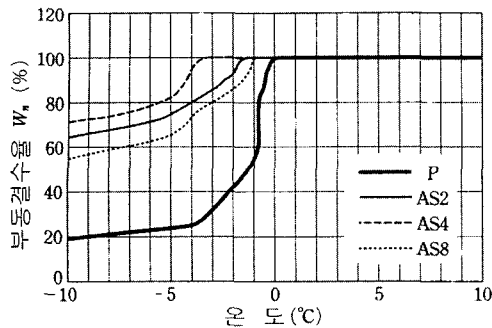


그림 3. 콘크리트 온도에 따른 부동결수율의 변화

2.2.3 응결 및 초기경화

콘크리트의 응결·경화는 환경온도의 영향을 크게 받아, 저온에서는 대부분 지연된다. 한편, 초기동해는 응결과정 또는 응결후라도 아직 충분한 강도가 발현되지 않은 상태에서 콘크리트 중의 수분이 동결하는 것에 의해 발생한다. 초기동해를 방지하기 위해서는 저온환경 하에서 큰 폭으로 응결이 촉진되고, 콘크리트가 동결되기 이전에 소요강도를 얻을 수 있어야만 한다.

<그림 4>는 내한성 혼화제를 이용한 콘크리트에서 양생온도에 따른 응결시간의 변화를 나타낸 것이다. 내한성 혼화제를 이용한 콘크리트에서는 큰 폭의 응결촉진 효과가 보여지는데, 특히 5°C의 저온 환경하에 있어서도 20°C의 보통 AE 콘크리트와 다소 차이는 있지만 거의 유사한 정도의 응결성상을 나타내고 있다.

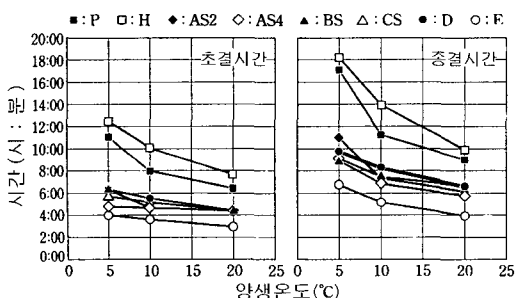


그림 4. 양생온도에 따른 응결시간의 변화

<그림 5>는 각각의 콘크리트에 대하여 초기동해 방지에 필요한 압축강도 5 N/mm²을 얻기까지의 적산온도를 표시하였다. 내한성 혼화제의 종류 및 사용량에 따라 다소 차이는 있지만, 내한성 혼화제를 이용한 콘크리트에서는 보통 AE 콘크리트와 비교하여 보다 조기에 소정의 강도가 얻어지고 있다. 따라서, 이와 같이 저온에서의 응결과 초기경화의 촉진작용은 초기동해의 방지에 대한 내한성 혼화제의 가장 중요한 성능이 된다.

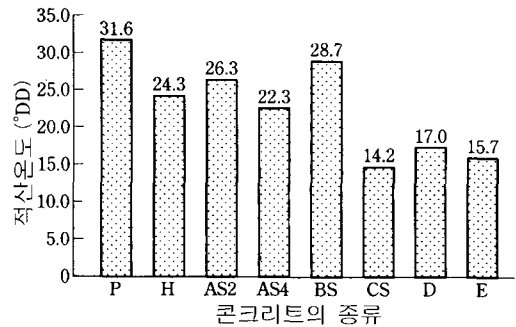


그림 5. 압축강도 5 N/mm²을 얻기 위한 적산온도 비교

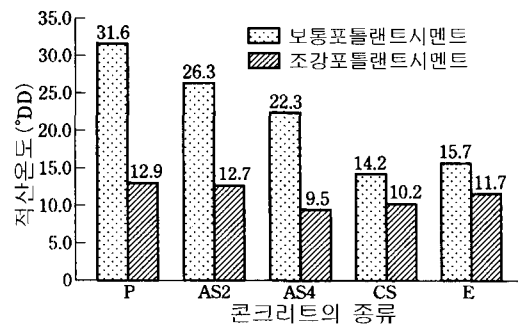


그림 6. 시멘트 종류별 압축강도 5 N/mm²을 얻기 위한 적산온도 비교

<그림 6>은 조강 시멘트와 내한성 혼화제를 병용한 경우의 압축강도 5 N/mm²을 얻기까지의 적산온도를 나타낸 것이다. 조강 시멘트는 단독으로도 충분한 조강성을 가지고 있어, 내한성 혼화제에 의한 경화촉진은 그다지 크게 확인되지 않는다. 그러므로, 조강 시멘트는 내한촉진제와 병용하기보다는 단독으로 이용하는 방법이 경제적으로 유효하다. 단, 조강 시멘트는 내한성 혼화제의 효과 중 동결온도의 저하 및 빙점하에서의 강도발현은 크게 기대되지 않기 때문에 조강시멘트의 이용은 경미한 이른 봄이나 늦 가을의 한중시공에 적합함을 알 수 있다.

2.3 경화콘크리트의 특성

2.3.1 압축강도 증진

<그림 7>은 내한성 혼화제의 타입마다 강도증진 과정을 보통 AE 콘크리트와 비교하여 나타낸 것이다. 타입 I의 내한성 혼화

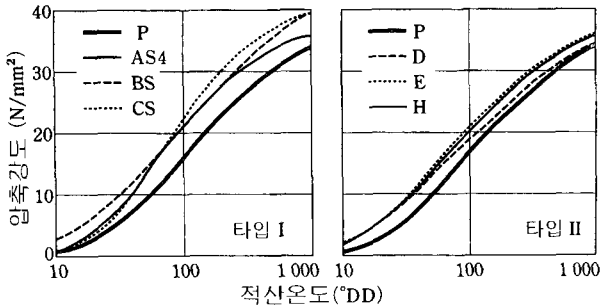


그림 7. 내한성 혼화제를 이용한 콘크리트의 강도증진 경향

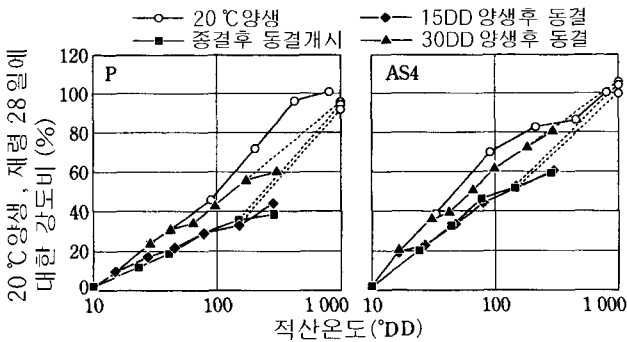


그림 8. 동결환경(-5°C) 하에서 양생되어진 콘크리트의 적산온도와 압축강도 증진관계(접점은 재령 28일 이후 20°C 양생)

제를 이용한 콘크리트에서는 물-시멘트비가 동일함에도 불구하고, AE제 만을 이용한 보통 콘크리트와 비교해서 큰 폭으로 조강성이 확인되어지고, 840°D.D에서도 20% 정도의 큰 압축강도를 나타내고 있다.

한편, 타입II의 내한성 혼화제를 이용한 콘크리트에서는 조강성은 확인되었지만, AE 감수제 콘크리트와 동일한 정도이다. 따라서, 타입 I의 내한성 혼화제는 그 중에 포함된 감수성분이 콘크리트의 조강성 및 강도증대에 크게 기여하는 것으로 나타났고, 내한성 혼화제의 사용량이 많은 경우도 조강성의 정도는 크게 나타났다.

〈그림 8〉은 동결환경하에서 내한성 혼화제를 이용한 콘크리트의 강도증진성상을 나타낸 것으로, 이때, P와 AS₄의 -5°C 양생인 경우의 강도증진경향을 20°C 양생인 경우와 비교해서 나타낸 것이다.

동결환경 하에서는 내한성 혼화제를 이용한 AS₄에서도 P와 동일하게 강도증진이 완만하게 나타나고 있어, 적산온도와 압축강도의 상관관계가 이루어지지 않는 것을 알 수 있다. 결국, 내한성 혼화제를 사용해도 보통 콘크리트의 경우와 동일하게 콘크리트가 동결한 상태에서는 강도증진이 완만하여 동결환경 하에서의 강도발현저하를 보정하지는 못하였다. 그러나, 적절한 사용량이 확보되어지면 그 조강성과 강도증대의 효과에 의해서 보통 콘크리트를 상회하는 강도증진 특징을 나타내는데, 동결환경 하에서 강도증진성상의 개선효과는 전 양생기간이 긴쪽이, 혼화제의

사용량이 많은 쪽이 현저하였다.

2.3.2 내구성

내한제를 사용한 콘크리트의 내구성으로, 무염화·무알칼리형의 내한성 혼화제는 염화물에 의한 철근 부식 및 알칼리에 의한 알칼리 골재반응에 대해서는 문제가 없다고 할 수 있다.

또한, 경화 콘크리트의 내동해성에 대해서는 보통 콘크리트와 마찬가지로 공기량의 확보에 의하여 해결될 수 있으므로 특별히 내구성에 대한 문제점은 없다.

2.3.3 초기동해 방지의 효과

내한성 혼화제를 이용한 콘크리트의 동결온도 저하는 보통 콘크리트와 비교하여 그다지 큰 것은 아니다. 하지만, 내한성 혼화제의 사용에 의하여 응결경화가 촉진되어 초기동해 방지에 필요한 압축강도가 조기에 얻을 수 있다. 그러므로, 내한성 혼화제에 의한 초기동해 방지는 동결온도의 저하만을 기대하기보다는 응결 촉진의 복합작용 효과로서 파악할 필요가 있다. 또한, 실제의 콘크리트 구조물에 있어서 그 효과를 발휘하는 것은 콘크리트에서 열이 발산하는 정도, 즉 부재의 형상과 단면치수가 중요한 요소가 된다.

〈그림 9〉는 내한성 혼화제에 의한 초기동해 방지효과의 개념을 나타내고 있다. 즉 부재치수 및 양생방법에 의한 「부재의 열용량에 의한 효과」에 추가적으로 내한성 혼화제의 효과로서는 혼화제의 농도에 비례한 「동결온도 저하에 의한 효과」와 「경화 촉진에 의한 효과」의 합계로서 허용외기온이 결정되는 것을 표시하고 있다.

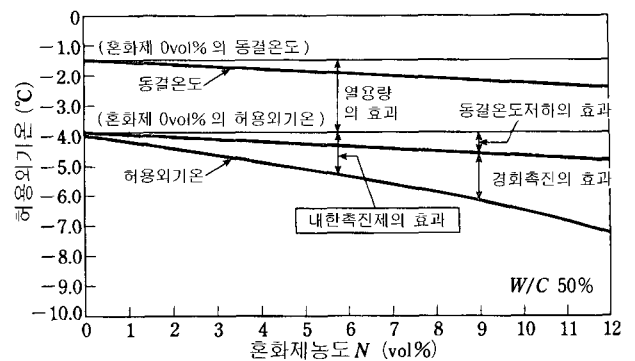


그림 9. 내한성 혼화제 효과의 개념 (두께 15cm, 시이트 양생, 콘크리트 타설온도 15°C의 경우)

부어넣기 한 콘크리트의 초기동해를 방지하기 위해서는 콘크리트가 동결되기 이전의 기간에 압축강도 5 N/mm²를 얻을 필요가 있다. 부재치수, 양생방법, 타설 시 콘크리트 온도 및 콘크리트의 동결온도에 의해서 결정되는 콘크리트 동결까지의 적산온도와 물-시멘트비 및 내한성 혼화제의 농도에 따라 결정되는 압축강도 5 N/mm²를 얻는 적산온도를 비교하면, 초기동해 방지효과를 알

표 4. 초기동해 방지를 위한 허용외기온의 예

W/C (%)	내한축진제 콘크리트			보통포틀랜드 시멘트
	3 l/c = 100 kg	4 l/c = 100 kg	5 l/c = 100 kg	
40	-6.7	-7.3	-8.0	-5.0
50	-5.2	-5.8	-6.5	-3.7
60	-3.8	-4.4	-5.0	-2.5

주) 1. 일본 북해도 건축지도센터의 내한제 이용기술 조사위원회에서의 연구결과로 비빔온도 및 양생온도를 5°C로 한 콘크리트의 시험결과로부터 산출
 2. 주택용 기초(두께 15 cm, 시트양생), 콘크리트 타설온도 15°C의 경우

수 있다. <표 4>는 비교적 극한조건인 두께 15 cm의 콘크리트에서 시트 양생을 한 주택용 기초를 상정한 경우의 허용 외기온을 나타낸 것이다. 이 경우의 허용 외기온은 물-시멘트비 및 내한성 혼화제의 사용량에 의하여 다르지만, 대개 -4 ~ -8°C이다. 이 온도 이하로 되는 경우에는 보온양생 및 단열양생 등의 방법을 병용해야 한다.

3. 결론 및 활용전망

그 동안 우리나라의 경우 한중 콘크리트 시공은 대부분 공사 중지 기간으로만 받아들여져 왔다. 그러나 이러한 경우는 공기 지연문제로 공사비 증대 혹은 기능공의 계절적 실업으로 사회문제화 될 수 있는데, 이런 경우 특히 일부 건설현장에서는 특별한 조치없이 한중시공을 감행하여 부실공사를 유발하는 경우도 있었다. 또한, 최근에는 공기가 중요한 고층아파트 등 일부 건설공사에서는 건축물 외부에 보호막을 설치하고 가열보온 양생으로 한중시공을 실시하는 경우도 있는데, 이 경우는 가설공사 및 난방비 등으로 시공이 번잡하고, 공비도 증대되는 문제점이 제기된다.

그러나 우리나라의 겨울철 기온은 어떠한가? 제주도 및 일부 남해안은 한중 콘크리트 지역에 속하지 않고, 강원도 대관령 등 태백산맥 지역과 전북 임실 등 소백산맥 부근의 산악지역을 제외

한 대부분의 지역은 최저기온이 -10°C 이하로 되는 경우는 거의 없고, 대략 -5°C 전후로서 한중시공을 실시하지 않으면 초기동해 피해를 입을 수 있지만, 가열보온 양생을 실시하기에는 낭비적인 것으로 판단된다.

따라서, 앞에서 언급한 내한성 혼화제의 제반 특성을 충실히 이해하고, -5°C 정도의 외기온 조건에서 특별한 조치없이 사용 가능한 내한제 종류 및 사용량을 결정하여 시공하게 된다면 우리나라 대부분의 한중시공이 평상시의 공사와 같이 가능할 수 있고, 특별한 경우는 간단한 단열 거푸집과도 병용하게 되면 더욱 우수한 한중시공이 가능할 수도 있다. 특히 최근에는 필자들의 연구그룹에 의해 아질산염계의 내한성 분말을 자동차 등 내연기관에서 발생하는 폐부동액에 녹이고 기타 첨가물을 혼입시켜 내한성을 더욱 향상시킨 내한제를 개발한 바도 있음에, 이와같은 내한제의 활용에 의해 효과적인 한중시공을 기대해 본다. □

참고문헌

1. 浜 幸雄, “耐寒促進劑による寒中コンクリート施工指針に關する研究”, 北海道大學博士學位論文, 1998.
2. 浜 幸雄, 鎌田 英治, “耐寒促進劑を用いたコンクリートの特性”, 콘크리트工學, Vol.37, No.11, 1999. 11.
3. 홍상희, “내한성 혼화제를 이용한 한중콘크리트의 특성에 관한 연구”, 청주대학교 박사학위논문, 2001. 12.
4. 김경민, “耐寒劑 및 斷熱거푸집 開發에 관한 研究”, 청주대학교 석사학위논문, 2002. 12.
5. 김경민, 원 철, 김기철, 오선교, 한천구, “한중콘크리트용 환경부하저감형 내한제의 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제21권 제1호, 2001, pp.301~304.
6. 김경민, 원 철, 김기철, 오선교, 한천구, “한중콘크리트에 있어서 폐부동액을 이용한 내한제의 효율성에 관한 기초적 연구”, 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, Vol.13 No.1, 2001.
7. 김경민, 원 철, 오선교, 한천구, “폐부동액과 아질산염을 이용하여 제조한 한중콘크리트용 내한제의 특성”, 대한건축학회 논문집, Vol.18, No.5.

알립니다

학회 홈페이지(<http://www.kci.or.kr>) 한글 주소 등록

인터넷 주소창에 “한국콘크리트학회” 또는 “콘크리트학회”만 쳐보세요, 영문 주소 기입 없이 한글 주소로 학회 홈페이지에 접속 할 수 있습니다.