

混和劑를 사용한 콘크리트의 耐凍害性에 관한 研究

金 生 彬
〈東國大學校 工科大學 教授〉

趙 潤 殖
〈東國大學校 大學院〉

1. 序 論

콘크리트의 품질은 일반적으로 콘크리트의 強度(특히 壓縮強度)를 기준으로하여 평가하므로 콘크리트에서 強度特性은 가장 重要한 性質中的 하나로 본다.

그러나 콘크리트의 構造物은 경우에 따라서는 強度못지 않게 耐久性이나 水密性도 重要한 性質이며 이들 強度나 耐久性 및 水密性은 상관관계를 갖고있는 것이다.

근래에 와서는 凍害에 대한 耐久性을 向上시키기 위하여 레디믹스트 콘크리트(KS F 4009)에서도 보통 콘크리트인 경우 공기량 4%, 경량콘크리트인 경우에는 공기량 5%를 갖도록 규정하고 있다. 즉, AE콘크리트는 耐凍害性에 대한 向上은 勿論 Workability나 水密性 向上도 직접 기여하고 있다.

본 研究에서는 混和劑를 사용하지 않은 plain 콘크리트와 混和劑를 사용한 시험 콘크리트(혼화제로서는 양질의 AE제와 AE감수제를 사용함)에 대하여 강도특성과 耐凍害性을 KS F2560(콘크리트용 화학 혼화제)에 의해 시험하여 比較研究한 것이다.

2. 콘크리트의 凍害發生機構(mechanism)

아직 凝結하지 않은 콘크리트가 凍結할 때의 凍結作用은 飽水한 흙이 凍傷을 받을 경우와 거의 같다. 콘크리트가 凍結할때 内部의 물이 凍結함으로써 콘크리트의 凝結이나 硬化가 늦어지게 된다. 試驗관찰에 의하면 콘크리트를 친 직후에 凍結할 경우 凝結은 아직 일어나지 않으므로 어름이 形成된다 하더라도 시멘트풀의 붕괴는 일어나지 않는다. 低溫狀態가 지속되는 경우 凝結의 진행은 中斷된채로 유지되며 融解後에 再振動을 주면 強度의 감소없이 凝結·硬化하게 된다. 그러나 콘크리트가 凝結한 후 아직 충분한 強度가 發見하지 못한 상태에서 凍結하게 되면 어름이 생기므로써 일어나는 膨脹은 콘크리트의 파괴까지 이르게 되고 또는 회복할 수 없는 強度低下의 原因이 되기도 한다.¹⁾ 그러나 콘크리트의 강도가 충분히 強하면 永結에 의한 内部壓力에 대하여 콘크리트 자신의 높은 低抗力 때문에 콘크리트는 損傷되지 않는다.^{2), 3)}

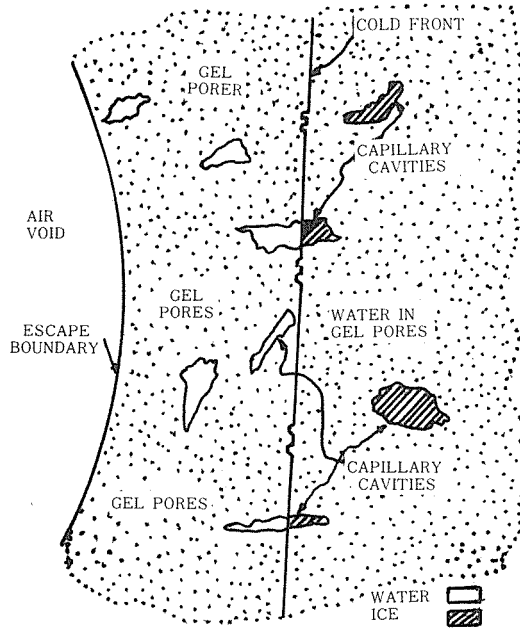


그림 2-1. 포틀랜드시멘트풀의 기공구조

일반적으로 콘크리트의 壓縮強度가 크면 凍害에 대한 抵抗性이 강하며 이 경우 最小強度의 값으로서 $50 \sim 140 \text{ kg/cm}^2$ 정도로 보고 있으나 콘크리트가 凍結點 以下の 溫度에서 充分히 견디게 된다는 強度에 관한 確實한 data는 없다.

그림 2-1은 시멘트풀이 氣空構造¹²⁾를 나타내는데 氣空의 크기는 겔공이 지름 $15 \sim 20 \text{ } \mu\text{A}$ 정도이고 모세관 공극은 지름이 $5,000 \text{ } \mu\text{A}$ 정도이며 공기포의 크기는 수 m 에서 수 mm 에 이른다.

飽水狀態의 굳은 콘크리트에서 溫度가 내려면 시멘트풀의 毛細空隙中の 물은, 岩石의 毛細管에서의 凍結과 같은 작용으로 콘크리트가 膨脹하게 된다.⁷⁾ 콘크리트가 녹고 다시 얼게되면 凍害融解의 되풀이 作用으로 더 큰 膨脹이 따르게 된다. 콘크리트가 凍結할 때 생기는 膨脹壓의 原因은 2가지가 있는데 하나는 얼므로 해서 부피가 약 9% 늘기 때문에 공극중의 過剩의 물은 排出되는데 이때 水壓은 물의 흐름에 대한 抵抗때문에 發生한다.¹¹⁾

다른 하나는 比較的 數가 많지 않은 氷塊의 成長에 따른 물의 擴散에 의해 생긴다. 많은 研究결과에 의하면 이 機構는 콘크리트의 凍害를 發生시키는데 결정적인 要因으로 알려져 있다. 이 擴散은 溶液에서 純水가 結氷함에 따라 分離되어 이 때문에 溶質이 局部的으로 濃縮되어 發生하는 浸水壓에 의해 일어난다고 본다. 浸水壓은 다른 관계에서도 發生하는데 氷板진 道路에서 얼음을 녹일때 鹽類를 사용하면 鹽의 一部가 콘크리트 表面에 吸收되어 이로 인하여 浸水壓이 發生되고 凍結이 일어나기 더욱 쉬운 찬곳으로 물을 移動시킨다. 이때 콘크리트중의 膨脹壓이 引張強度를 넘을때는 콘크리트에 損傷을 주며, 이 손상의 程度는 콘크리트의 露出表面에서 시작되어 속으로 침투되고, 얼음의 形成層에 따라서 表面박리의 狀態로부터 完全붕괴에 이르게 된다.

콘크리트의 凍害에 대한 抵抗性은 콘크리트의 여러 성질에 관계하고 있으나 主된 因子

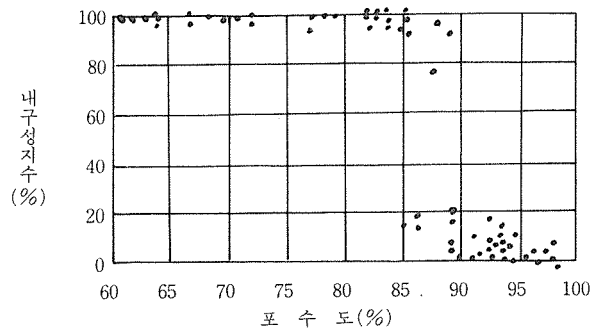


그림 2-2. 凍害耐久성에 미치는 콘크리트의 飽水度の 영향

는 시멘트풀의 飽水의 정도와 空隙構造라 할 수 있다.

그림 2-2는 콘크리트의 飽水程度의 영향을 나타낸 것으로 臨界飽水度 以下에서는 콘크리트가 높은 抵抗性을 갖고 있으며 乾燥 콘크리트는 전혀 영향을 받지 않는다.³⁾

3. 使用材料의 特性

本 實驗에 使用된 材料는 다음과 같다.

3.1 시멘트

시멘트는 보통 포플랜드 시멘트를 사용하였으며 그 物理的 性質은 表3-1과 같다.

〈表3-1〉 보통 포플랜드 시멘트의 物理的 性質

비중	비표면적 (cm^2/g)	응결(시:분)		안정성	압축강도(kg/cm^2)		인장강도(kg/cm^2)	
		시발	종결		σ_7	σ_{28}	σ_7	σ_{28}
3.15	3,150	4:00	6:00	양호	212	285	24	30

〈表3-2〉 잔골재의 物理的 性質

比重	흡수율	단위용적중량 (kg/m^3)	租粒率	No.200체 통과량(%)	安定性	有機 不純物	實積率 (%)
2.60	1.20	1,530	2.54	1.8	양	良	60

〈表3-3〉 잔골재의 粒度

각 체의 통과 중량의 백분율(%)							租粒率
10 μ	NO. 4	NO. 8	NO. 16	NO. 30	NO. 50	NO. 100	
100	95	93	84	58	14	2.0	2.54

〈表3-5〉 굵은 골재의 物理的 性質

최대치수 Gmax	比 重	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	조립율	마모율 (%)	실적율 (%)
19mm	2.68	1.03	1,572	6.70	28.8	63

〈표3-5〉 굵은 골재의 粒度

Gmax	각 체의 통과 중량의 백분율(%)						粗粒率
	25mm	19mm	16mm	10mm	No. 4	No. 8	
19mm	100	94	80	34	2.0	0	6.70

(表3-6) AE제의 性質

주 성분	비 중	pH	정 도	색 깔	형 태
고급지방산	1.06	8이상	50이상	투 명	액체상태

〈表3-7〉 AE 감수제의 性質

주 성분	비 중	pH	색 깔	사 용 량
Lignin 슬폰산염	1.22	8±1	갈 색	시멘트 중량의 0.15%

3.2 잔골재

잔骨材는 漢江에서 生産된 모래를 使用하였으며 性質은 表3-2, 粒度는 표3-3과 같다.

3.3 굵은 골재

굵은 골재는 漢江에서 生産된 자갈로, 최대치수 19mm를 使用하였으며 物理的 性質은 表3-4, 粒度는 表3-5와 같다.

3.4·混和劑

本 實驗에서 使用한 混和劑는 AE제와 AE 감수제로서 이의 性質은 다음과 같다.

4. 實驗計劃

本 研究實驗에서는 콘크리트의 耐久性을 向上시키기 위하여 AE제나 AE감수제를 使用해서 AE제를 使用치 않은 plain 콘크리트와의 強度특성이나 耐凍害性에 대하여 實驗하였다.¹⁾

AE제나 AE감수제를 적절하게 使用함으로써 콘크리트의 耐凍害性 向上은 물론 콘크리트의 workability가 개선되고 單位水量을 감소시킬 수 있으며 水密性 등도 개선되는 등

〈표 4-1〉 混和劑의 品質 規格(KSF 2560)

종류		AE제	감 수 제			AE 감수제		
			표준형	지연형	축진형	표준형	지연형	축진형
품질항목								
감 수 율 %		6이상	4이상	4이상	4이상	10이상	10이상	8이상
블리이딩양의 비 %		75이하	100이하	100이하	100이하	70이하	70이하	70이하
응결시간의 차(min)	초결	-60~+60	-60~+90	+60~+210	+30이하	-60~+90	+60~+210	+30이하
	응결	-60~+60	-60~+90	+210이하	0이하	-60~+90	+210이하	0이하
압축강도의 비(%)	재령 3일	95이상	115이상	105이상	125이상	115이상	110이상	125이상
	재령 7일	95이상	110이상	110이상	115이상	110이상	110이상	115이상
	재령 28일	90이상	110이상	110이상	110이상	110이상	120이하	110이상
길이 변화비(%)		120이하	120이하	120이하	120이하	120이하	120이하	120이하
동결 용해에 대한 저항성 (상대동탄성계수, %)		80이상	-	-	-	80이상	80이상	80이상

많은 이점이 있다. 그러나 AE제나 AE감수제의 효과는 이의 品質, 사용하는 시멘트의 종류, 골재의 품질, 콘크리트의 배합, 시공방법등이 다르면 그에 대한 효과는 다르게 된다.

따라서 本 實驗에서는 상기의 여러조건을 동일하게 해서 각종 供試體를 제작하였다.

실제공사에 쓰이는 AE제나 AE감수제의 品質은 KS F2560(콘크리트용 화학 혼화제)

에 적합한 良質의 것이어야 한다. KS F2560에서 콘크리트용 화학 혼화제의 종류는 AE제, 감수제(표준형, 지연형, 축진형) 및 AE감수제(표준형, 지연형, 축진형)로 하고 콘크리트의 제성질을 개선시킬 수 있으며, 콘크리트의 응결 및 初期硬化의 속도를 조절할 수 있도록 규정하고 있다.

KS F2560에서 콘크리트용 화학 혼화제의 품질은 이 규정에 대해서는 表4-1의 규정에

〈표 5-1〉 콘크리트 配合表 (Gmax=19mm)

혼화제유무	공시체 명칭	물-시멘트 比(%)	잔골재율 s/a(%)	單位量(kg/m³)				혼화제	Slump	공기량
				C	W	S	G			
plain 콘크리트	p-1 p-2 p-3	74	46	280	207.2	818	994	무	8.0	2.0
AE제 콘크리트	A-1 A-2 A-3	64	44	280	179.2	837	1,103	cx 0.014%	8.0	5.5
AE감수제 콘크리트	R-1 R-2 R-3	61	43	280	170.8	766	1,051	cx 0.1%	7.8	5.5

적합해야 한다. 다만, 동결융해에 대한 저항성(상대동 탄성계수)의 규정치는 슬럼프 8cm의 콘크리트에 대해서만 적용하며, 이때 동결융해에 대한 cycle수는 반복 200cycle에 대한 결과치로 한다.

5. 供試體의 製造와 實驗方法

5.1 콘크리트의 配合

콘크리트의 配合는 콘크리트를 만드는 各材料의 比率를 말하며 시멘트, 잔골재, 굵은 骨材 및 混和材料를 가장 經濟的으로 所要의 workability에서는 KS F2560에 의해 굵은 골재의 최대치수는 19mm로 하고 단위 시멘트량은 슬럼프 8cm에 대해 $280\text{kg}/\text{m}^3$ 로 하였으며 그 외에 단위水量이나 단위 잔골재량 및 단위 굵은 골재량은 試的 配合設計에 의해 정하였다.

5.2 供試體의 製造 및 養生

凍結融解用 供試體는 $7.5 \times 10 \times 40\text{cm}$ 의 角柱形으로 各各의 配合에 대하여 3개씩, 壓縮強度用 供試體는 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 의 圓柱 供試體를 9개씩 제작하였다. 凍結融解 試驗用 公試體는 成형한 후 24시간이 지나 脫型하여 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 水中에서 14日間 養生한 후 시험하고,

압축강도용 공시체는 각 1개씩으로 水中養生한 후 시험하였는데 偏心하중을 防止하기 위해 연마기로 표면을 다듬었다.

5.3 實驗方法

슬럼프 試驗은 KS F2402, 空氣量 試驗은 KS F2421, 압축강도 시험은 KS F2405, 동결융해 시험은 KS F2456, 動彈性係數 試驗은 KS F2437의 規定에 따라 實施하였다.

凍結融解 試驗은 KS F2456(공기중 급속凍結 후 水中 급속 融解방법)에 따라서 각 공시체마다 처음에는 10cycle에서 動彈性係數를 測定한 후, 초기 動彈性係數와 차이가 없을 때에는 20cycle마다 測定하였다.

凍結融解 cycle의 溫度 범위는 $-18^\circ\text{C} \sim +4^\circ\text{C}$ 에서 실험하였으며 1cycle의 소요시간은 약 2時間으로 하였다.그림 5-1은 대표적인 각 cycle에 대한 器內溫度와 供試體 溫度를 나타낸 것이다.

實驗에 使用된 시험기는 Marui會社(日本) 製品인 全自動 凍結融解 試驗機를 사용하였고 動彈性係數의 측정 시험기는 KS F2437(콘크리트 공시체의 가로, 세로 및 비틀림차 주파수 시험방법)에 적합한 Marui제품의 young率 測定器를 사용하였다.

측정方法은 공시체의 고유 진동수로 종진동을 주어 측정하는데 공시체의 한쪽 端面에

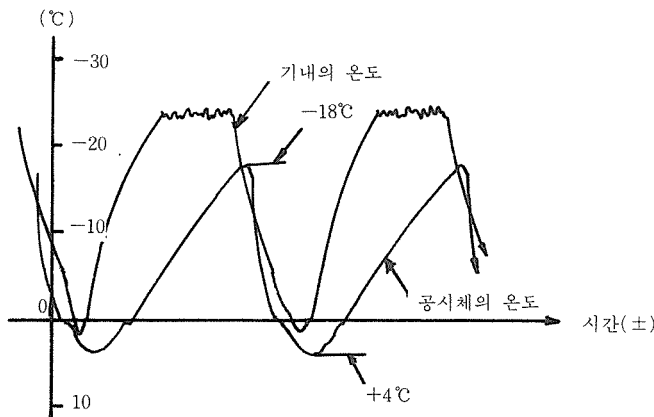


그림 5-1. 공시체 중심온도와 기내온도

電磁驅動器를 다른 端面에는 pick up를 붙인다. 구동기는 100~10,000 Hz의 범위에서 可變發振器에 의해 진동시킨다. 공시체에 전달된 진동은 pick up으로 수신되어 特定の Indicator에 표시된다. 종진동인 경우 동탄성 계수는 다음식으로 계산된다.

$$E_d = C \cdot W \cdot f_0^2, \quad C = 0.00$$

여기서 E_d = 동탄성 계수 (kg/cm^2), W = 공시체의 중량 (kg)

f_0 = 세로진동의 1차 진동수 (Hz),

L = 공시체의 길이 (cm)

A = 공시체 단면적 (cm^2)

또 동탄성 계수 測定은 BS 4408 : Part 5 - 1974 (Measurement of the velocity of Ultrasonic Pulses in Concrete) 또는 ASTM C 597-1983 (Standard Test Method for pulse velocity Through Concrete)에 의한 超音波 Pulse를 보내어 전단시간을 측정해서 종파속도를 구하는 超音波方法에 의한 非파괴 시험법도 있다. 이때 초음파 Pulse 속도 V 와 동탄성 계수 E_d 와의 관계는 다음과 같다.

$$E_d = \rho V^2 \frac{(1+U)(1-2U)}{1-U}$$

여기서 ρ : 콘크리트의 단위 중량

U : 콘크리트의 포아손 비

이런 종류의 시험기는 많은 종류가 있으나 본 실험에서는 C. N. S Electronics (英國) 會社 製品의 PUNDIT (Portable Ultrasonic Non Destructive Digital Indicating Tester)를 용하여 전자 (young率 측정기)와의 동탄성 계수 측정값을 비교도 하였다. 비교 결과는 거의 일치함을 알 수 있었다.

콘크리트 供試체에 凍結과 融解作用을 되풀이 하면 콘크리트가 점점 劣化되어 耐久性을 잃게 되는데 콘크리트의 耐凍害性은 耐久性指數 (Durabilizy Factor)로 알 수 있다. KS F 2437에서는 보통 300 cycle 또는 동탄성 계수가 初期值의 60%로 내려갈 때까지 시험을 하며 이때 耐久性指數는 다음식으로 구한다.

$$\text{耐久性指數 (D. F.)} = \frac{\text{시험이 끝났을 때의}}{300}$$

$$\frac{\text{cycle 수} \times \text{動彈性係數 백분율}}{300}$$

耐久性指數라는 관점에서 보면, 現場에서 콘크리트를 받아들인다든지 또는 거절 한다든지 하는 확립된 기준은 없다.

凍結融解作用을 되풀이 받는 콘크리트 構造物에서 耐久性指數가 40보다 작은 경우의 콘크리트는 충분한 凍結耐久性을 갖고 있지 못함을 의미하고, 40~60인 경우의 콘크리트는 耐久性에 좀 의심이 가며, 60이상인 경우에는 충분한 耐久性을 갖고 있다고 보는 것이 좋을 것이다.

6. 實驗結果 및 考察

plain 콘크리트와 혼화제를 사용한 AE 콘크리트 및 AE감수 콘크리트에 대한 試驗結果는 表6-1과 같다. 여기서의 시험값은 각종 콘크리트 供試體 3個에 대한 平均值이다.

이들 시험결과에 대하여 다음 몇가지 事項에 대하여 고찰분석한다.

1) 減水效果에 따른 壓縮強度의 增進

표5-1의 配合表에서 보는 바와같이 單位 시멘트량을 같게 하고 또 workability를 거의 같게 한 경우, 良質의 AE제나 AE감수제를 사용하면 單位水量이 plain 콘크리트에 비하여 크게 감소되기 때문에 이에 따라 強度의 증진효과를 보게된다.

즉 표6-2는 이들 콘크리트의 감수효과와 강도증진율을 보인 것이다. AE제나 AE감수제를 사용하면 콘크리트 내에 기포가 발생하기 때문에 공기량 증대로 인한 강도저하보다는 減水效果에 의한 強度증진이 더 컸다는 것을 보여준다.

2) 壓縮強度와 動彈性係數 및 耐久性指數 콘크리트의 動彈性係數와 壓縮強度와의

관계는 表6-1에서 보는 바와 같이 압축강도가 큰 콘크리트일수록 동탄성계수의 값도 커진다. 따라서 콘크리트가 凍結融解作用에 의해 점차 劣化하는 것은 直接 壓縮強度 試驗에 의하지 않고 動彈性係數의 감소로 콘크리트의 손상을 알 수 있는 것이다.

또한 콘크리트의 耐凍害性的 耐久性 指數는 凍結融解 cycle數에 따른 相對動彈性係數의 관계로부터 알 수 있는데 그림6-1은 각종 콘크리트에 대한 동결용해 cycle數와 相對動彈性 關係를 나타낸 것이다.

이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 plain 콘크리트의 내구성 지수는 불과 2.4%인데 AE 콘크리트인 경우는 87.0%, AE감수콘크리트는 93.1%로 되어 耐凍害性的 콘크리트를 만들기 위해서는 반드시 AE제나 AE감수제를 써야 한다는 것을 알 수 있다.

3) 重量變化率

콘크리트의 劣化의 정도는 위에서 밝힌 바와 같이 凍結融解에 따른 動彈性係數의 감소

로 측정하지만 한편으로는 凍結融解 試驗前과 試驗이 끝났을 때의 供試休의 重量變化를 측정함으로써 알 수 있다. 重量變化의 方法은 凍害가 主로 供試休 表面에 생기는 경우에 적용하지만 내부적인 파괴에 대해서는 확실성을 주지 못한다.

본 시험에서는 表6-1에서와 같이 plain 콘크리트는 1.8% 감소되고 AE콘크리트나 AE감수콘크리트는 오히려 0.3%와 0.1% 증가하였다. 증가된 이유에 대해서는 이들 콘크리트는 凍結融解로 인해 전연 凍害를 받지 않았으며 材畧이 커짐에 따라 계속 시멘트가 水和作用에 의해 미소하나마 水分을 吸收한 것이라 본다.

7. 結 論

本 研究에서 試驗한 plain 콘크리트와 혼화제를 사용한 콘크리트에 대한 成果는 다음과 같이 요약할 수 있다.

〈表6-1〉 試驗結果

공 시 체 명 칭	壓縮強度(kg/cm ²)			初 期 值		凍結融解 시험후의 값				
	σ_3	σ_7	σ_{28}	무게 (kg)	동탄성계수 (kg/cm ²)	cycle수	무게 (kg)	중량 변화%	동탄성계수 (kg/cm ²)	내구성 지수 %
Plain 콘 크 리 트	61	94	155	7.18	292,000	12	7.05	-1.8	175,200	2.4
AE 콘 크 리 트	75	111	180	7.02	300,000 (304,100)	300	7.04	+0.3	261,000 (265,200)	87.0 (87.2)
AE 감수콘크리트	79	122	190	7.17	312,000 (321,000)	300	7.18	+0.1	290,500 (300,100)	93.1 (93.5)

주: 괄호내의 숫자는 Young을 측정기로 측정한 값임.

표 6-2 감수효과에 의한 압축강도 증가율

종류	공기량(%)	단위수량(kg)	감수효과	압축강도 σ_{28} (kg/cm ²)	강도증진
Plain 콘크리트	2	207.2	100(기준)	155	100(기준)
AE 콘크리트	5.5	179.2	86.5 (-13.5%)	180	116 (+16%)
AE감수콘크리트	5.5	170.8	82.4 (-17.6%)	190	123 (+23%)

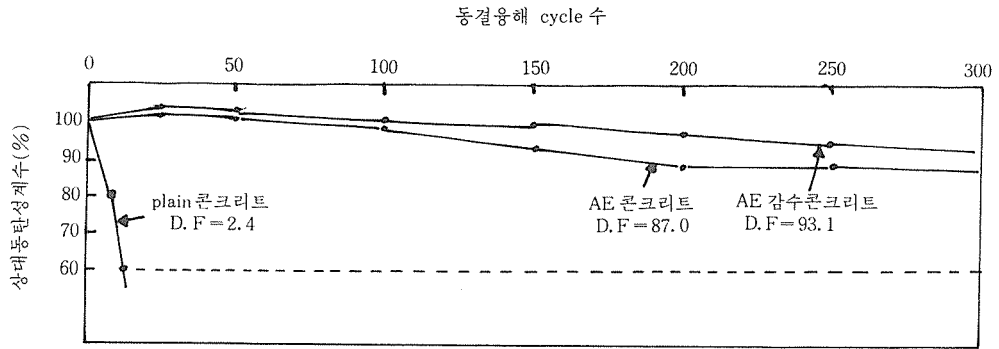


그림 6-1. 동결융해 Cycle 수와 상대동탄성 계수

(1) 콘크리트의 배합조건(단위 시멘트량과 슬럼프 값을 같게 한 경우)이 같다 하더라도 良質의 AE제나 AE감수제를 적당량 사용함에 의하여 감수효과를 가져와 콘크리트의 壓縮強度를 높일 수 있다.

(2) 콘크리트의 品質은 일반적으로 強度에 의해 評價되지만 凍害의 위험이 있는 콘크리트 構造物에서는 적당량의 AE 공기를 갖일 수 있도록 AE제나 AE 감수제를 사용함으로써 凍害에 대한 耐久性을 대폭 向上시킬 수 있다. 이때 AE제나 AE감수제는 시험에 의하여 그의 품질시험을 해야 할 것이다.

(3) 현재 KS F4009에 규정한 “레디 믹스트 콘크리트”에서는 보통 콘크리트인 경우 공기량 4%, 경량 콘크리트인 경우는 5%를 의무적으로 규정하고 있으며 이 정도의 공기량이면 耐凍害性에 별다른 문제가 없을 것으로 보기 때문에 레미콘인 경우 이 규정을 준수하면 될 것이다.

參考文獻

1. 金生彬; “高強度 콘크리트의 耐久性에 관한 研究”, 大韓土木學會 論文集, 第1卷, 第1號, Dec. 1981, pp.9~19.
2. 權鎮東; 金生彬, “高成能減水劑를 사용한 콘크리트의 高強度化에 관한 研究”, 東國大學校 論文集, 第22輯, Nov. 1983.
3. Cordan, W.A.; “Freezing and Thawing of concrete”, ACI Monograph No.3, 1966, pp.5~15.
4. Cdlons, A. R; “Mix Design for frost

- Resistance”, proceedings of a symposium on cement concrete Assoc., 1954, pp.92~96.
5. U.S. Bureau of reclamation; “Investigation into the Effect of Non-air and air-entrained concrete”, concrete Laboratory Report No. 3-810, 1955.
6. Scholar, C.H.; “Durability of concrete”, proceedings, Highway Research Board, V. 10, 1930, pp. 132~163.
7. Jackson, F.H.; “Relationship between Durability of concrete and Durability of Aggregates”, proceedings, Highway Research Board, V.10, 1966, pp.103~113.
8. Cordon, W. A.; “Freezing and Thawing of concrete”, ACI Monograph No.3, 1966, pp.32~41.
9. powers, T.C.; “Resistance to weathering - Freezing and thawing”, ASTM sp. Tech. publicn. No. 169, 1956, pp. 182~187.
10. power, T.C.; “What resulted from basic research studies, Influence of cement characteristics on the frost resistance of concrete”, portland cement Assoc., Nov. 1951, pp.28~43.
11. Helmuth, R.A.; “capillary size Restriction on Ice Formation In Hardened portland cement pastes”, proceedings 4th Int. symp. on the chemistry of cement, washington D. C., 1960, pp.855~869.