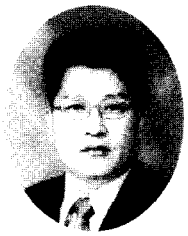
특집

‖ 레미콘 플랜트 설비와 콘크리트 품질 ‖

아이스 플랜트

- Ice Plant -



김경환*

1. 서중 콘크리트

1.1 적용범위

「콘크리트표준시방서」에서는 "서중 콘크리트로서 시공해야 할 시기를 일률적으로 정하기는 곤란하나, 하루평균 기온이 25 °C 또는 최고온도가 30 °C를 초과하는 시기에 시공할 경우에는 일반적으로 서중 콘크리트로서 시공할 수 있도록 준비해 두어야 한다."고 규정하고 있고, 「ACI 305R」에서는 "서중(hot weather)은 수분 손실률과 시멘트 수화율의 가속에 의하여 굳지 않은 콘크리트(fresh concrete)와 굳은 콘크리트(hardened concrete)의 품질을 저하시키는 다음 조건들이 공존하는 상태이다."고 규정하고 있으며 그 조건들은 a. 높은 대기 온도 b. 높은 콘크리트 온도 c. 낮은 상대습도 d. 바람의 세기(풍속) 이다.

국내 원자력 발전소의 경우는 "대기온도가 85 °F(29.4 °C)이상이거나 대기온도가 80 °F(26.7 °C) 이상이고 풍속이 10 mph(16 km/hr)일 때를 서중으로 정의한다."고 되어 있다.

1.2 서중시 콘크리트의 문제점

1) 굳지 않은 콘크리트(fresh concrete)

서중시의 높은 기온과 낮은 습도 등과 같은 조건에 의하여 굳지 않은 콘크리트는 많은 영향을 받게 된다. 즉, 동일 작업성을 나타내기 위한 요구수량이 증가, 고온으로 인한 슬럼프 손실률의 증가에 따른 현장 가수 확률 증대, 응결 속도의 빨라짐에 따른 콘크리트 취급(handling), 다짐(compacting), 마감(finishing)이 어려워지고, 콜드 조인트의 발생 확률이 높아지고, 증발률의 증가에 의한 소성 수축 균열(plastic shrinkage crack)의 발생 확률도 높아짐으로 타설 및 양생에 대하여 세심한 주의가 필요하다. 또한, 콘크리트 내구성의 척도인 동결융해에 대한 저항성에 영향을 미치는 연행 공기량의 관리가 매우 어려워지므로 생산 및 운반 시 주의를 기울여야한다.

2) 굳은 콘크리트(hardened concrete)

상기의 굳지 않은 콘크리트에서 발생할 수 있는 여러 가지 문제점들에 의하여 굳은 콘크리트에서는 장기강도의 저하, 건조 수

표 1. 소성 수축 균열을 일으킬 수 있는 상대습도에 대한 콘크리트 온도

콘크리트 온도 °F(°C)	상대습도 %
105(40.6)	90
100(37.8)	80
95(35.0)	70
90(32.2)	60
85(29.4)	50
80(26.7)	40
75(23.9)	30

※ 풍속 10 mph(16 km/hr), 대기 온도와 콘크리트 온도의 차가 10 °F(5.6 °C)인 경우임.

* 정회원, 코리아마스터빌더스(주) 영업부 부장

축 균열과 수화 균열의 발생 확률 증대, 콘크리트 내구성의 저하, 콘크리트 표면의 색상차이로 인한 미관 문제, 균열에 의한 철근의 발청, 수밀성의 감소 등과 같은 많은 문제들이 발생할 수 있으므로 굳지 않은 상태와 굳은 후의 상태에서 발생할 수 있는 문제들을 고려하여 적절한 대책을 세우는 것이 중요하다.

1.3 서중 콘크리트에 대한 대책

서중 콘크리트의 치기에 있어서 「콘크리트표준시방서」에서는 "콘크리트를 칠 때의 온도는 35 °C 이하여야 한다."고 되어 있고 비교적 자세하게 규정되어 있는 원자력 발전소의 규격(그 이외의 규정은 「ACI 305R」을 따른다.)을 소개하면 아래와 같다.

1) 콘크리트의 온도 조절 방법

다음의 방법들 중 하나 또는 그 이상의 방법을 사용하여 콘크리트 온도를 요구조건에 맞게 생산한다.

① 그날 사용되어질 잔 골재는 그늘진 곳에 보관한다.
② 굵은 골재를 살수하여 냉각한다.
③ 냉각수의 사용
④ 위의 세 가지 방법으로 콘크리트 온도에 대한 요구조건을 만족시키지 못하는 경우는 혼합수의 100 % 까지 얼음(Ice)을 사용한다.
⑤ 얼음을 사용하는 경우는 계량, 조각내기, 믹서에 투입이 용이하도록 준비되어 있어야 하며 혼합 완료 후 콘크리트에 녹지 않은 얼음이 어서는 안된다.

2) 타설 부위에 따른 콘크리트 온도의 요구조건

① 두께가 2' 6"(76.2 cm)보다 작은 경우는 평균 80 °F(26.7 °C)를 초과하여서는 안된다.
② 두께가 2' 6"(76.2 cm)에서 4' 0"(120 cm)인 경우는 평균 70 °F(21.1 °C)를 초과하여서는 안된다.
③ 두께가 4' 0"(120 cm)에서 6' 0"(180 cm)인 경우는 평균 65 °F(18.3 °C)를 초과하여서는 안된다.
④ 두께가 6' 0"(180 cm)를 초과하는 경우는 평균 60 °F (15.6 °C)를 초과하여서는 안된다.

2. 아이스 플랜트

서중 콘크리트에 대한 콘크리트 온도조절을 위한 방법 중 "⑤ 얼음을 사용하는 경우는 계량, 조각내기, 믹서에 투입이 용이하도록 준비되어 있어야 하며, 혼합 완료 후 콘크리트에 녹지 않은 얼음이 있어서는 안된다."는 조건을 만족시키기 위하여 일반적으로 Flake Ice Plant를 사용하고 있다.

본고에서는 국내에서 유일하게 매년 서중 콘크리트에 얼음을 사용하고 있는 원자력 발전소의 아이스 플랜트에 대한 규정을 기준으로 설명하기로 한다.

2.1 개요

1) 일일 생산량 80 ton의 얼음 생산 플랜트와 400 ton을 보관하고 Flake Ice를 자동으로 계량 호퍼까지 운반할 수 있는 설비를 갖춘다.
2) 플랜트와 설비는 조립식이어야 하고, 한사람만으로 작동이 가능한 전 자동이어야 한다. 또한 플랜트는 적어도 5일간을 연속하여 하루에 24시간씩 요구되는 품질의 아이스를 생산할 수 있어야 한다.

2.2 아이스 생산 설비

1) 1일 24시간 생산량 80 ton인 설비를 3개 둔다.
2) 아이스 메이커는 50 °F(10 °C)의 물이 공급되었을 때 같은 량의 아이스로 만들어져야 한다.
3) 생산된 아이스는 표면건조 상태여야 한다.

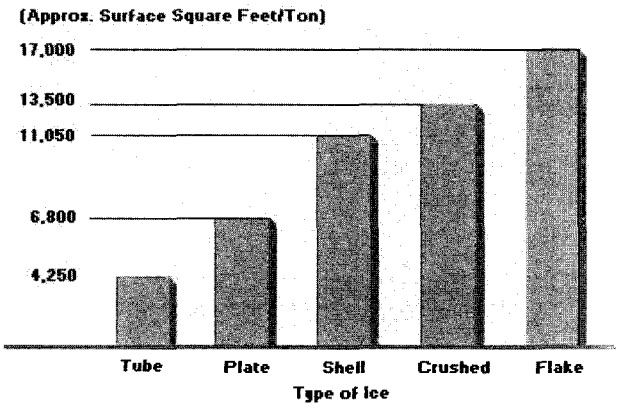


그림 1. 아이스 형태와 톤당 냉각면적

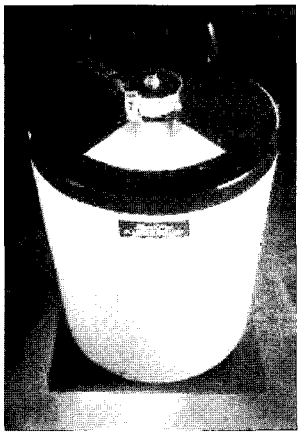


그림 2. 아이스 메이커

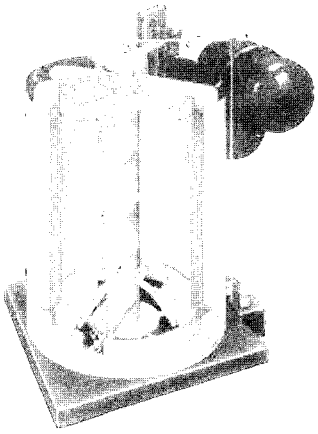


그림 3. 아이스 메이커 내부구조

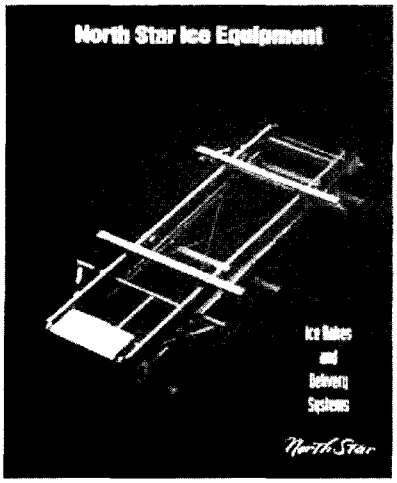


그림 4. 아이스 레이크 시스템(Ice rake system)

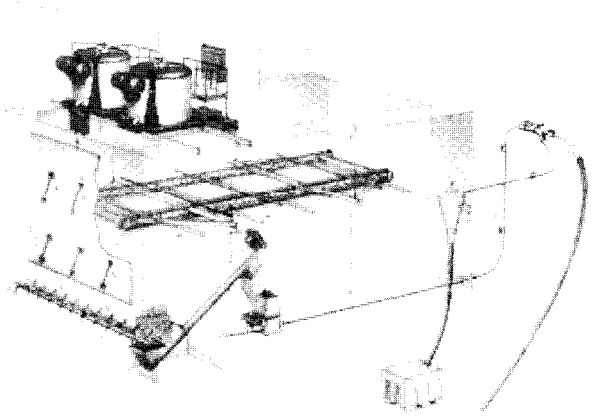


그림 5. 아이스 저장건물

2.3 물 냉각장치

1) 아이스 메이커를 위한 물 냉각기가 별도로 있어야 하며, 이것은 시간당 900 Gallon의 물을 80 °F(26.7°C)에서 50 °F(10.0 °C)로 냉각할 수 있어야 한다.
2) 분당 10 Gallon의 물을 150 foot(4.5 m)높이에 운반할 수 있는 펌프가 부착된 500 Gallon 용량의 순환 탱크가 있어야 한다.

2.4 아이스 취급 장비

1) 자체적으로 갈퀴를 가진 17인치 아이스 레이크 시스템(Ice rake system)은 Hoist, Bin Door, Twin feed screws 등이 부속되어 있고, 이것은 아이스 저장건물 내에 있어야 한다.
2) 아이스 저장 건물은 아이스 메이커가 건물 위에 위치하고 내부에 레이크(rake) 와 빈 도어(bin door) 등이 설치될 수 있어야 한다. 대략적인 크기는 폭 20 feet(6 m) × 길이 50 feet(15 m) × 높이 14 feet(4.2 m)이다. 이 아이스 저장실에서 아이스 취급장비를 작동하고 보수한다.
3) 아이스 저장건물은 아이스메이커와 외부에 노출되는 아이스 취급장비를 보호하도록 지붕과 벽으로 둘러쳐지고, 환기가 되는 건물 속에 있어야 한다.
4) 빈(bin) 온도를 15 ~ 20 °F(− 9.44 ~ − 6.67 °C)를 유지하기 위한 자동 빈 조절장치가 있어야 한다.

3. 결 론

이상과 같이 알아 본 아이스 플랜트는 지금 국내에서는 원자력 발전소 현장에서 콘크리트 생산 시에 콘크리트의 온도를 규정에 맞게 하기 위하여 사용하는 설비로서 상당히 고가의 설비이다.

국내의 서중 콘크리트에 대한 규정이 원자력 현장처럼 상세하게 되어있지 않아 서중 콘크리트의 품질에 많은 영향을 미칠 수 있는 아이스 플랜트의 일반화가 쉽지는 않겠지만 그것을 위하여 노력하는 것이 기술자들의 책임이라 생각한다.

일반적인 콘크리트의 경우 콘크리트 온도를 0.5 °C 낮게 하려면 1) 시멘트는 4 °C, 2) 물은 2 °C, 3) 골재는 1 °C 온도를 낮추어야 하는 것으로 「ACI 305R」에서 설명하고 있다. 그렇다면 보관, 온도관리, 냉각 방법 등을 고려하면 콘크리트의 온도관리는 물로 하는 것이 가장 쉬운 방법일 수 있다. 따라서 아이스 플랜트 및 냉각장치에 대한 많은 관심과 연구가 필요하다. 서중 콘크리트에 대한 적극적인 적용이 구조물의 내구성을 향상시켜서 구조물의 수명연장에도 크게 기여할 것으로 생각된다.

여러 가지 자료를 충분히 수집하지 못하고 집필을 하게되어 독자 여러분께 죄송하게 생각하며, 상세한 자료를 더욱 수집하여 추후에라도 제공할 수 있도록 노력하겠다.