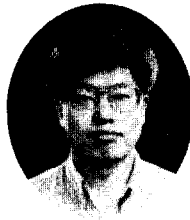


## 현장콘크리트의 품질개선 대책 및 방향

# 월성원자력 발전소의 콘크리트 품질관리 Quality Control of Concrete in Wolsong Nuclear Power Plant Construction



김 근 경\*



한 효 순\*\*

### 1. 서 론

에너지자원이 부족한 우리나라는 필연적으로 다른나라로부터 에너지를 수입해와야 한다. 석탄, 석유, 천연가스 등 용도와 규모에 따라 들어오는 에너지원은 다양할 수 밖에 없다. 날로 늘어만 가는 전기수요를 충족시키기 위한 발전(發電)을 위하여서도 에너지의 수입은 역시 필요한 데 화석연료의 경우 운반, 보관상의 비용부담 및 현재 지구상에서 나타나고 있는 여러 기상이변을 고려할 때 원자력에의 의존이 보다 더 중요하게 대두되고 있다.

원자력 발전소하면 대부분의 사람들이 여러 대 중매체를 통하여 익히 알려진 바와 같이 반구형 돔(Dome)을 가진 원통형의 콘크리트 건물을 상상하게 된다. 원자력발전소는 위와 같이 생긴 원자로 건물과 보조건물 그리고 터빈발전기 건물의

세(3)부분으로 크게 나뉘며 이중 터빈발전기 건물을 제외하고 대부분의 건물들이 철근 콘크리트구조를 형성한다. 가압경수로형인 다른 원자력발전소와는 달리 콘크리트가 적게 사용되는 가압 중수로형인 월성원자력 발전소도 700 MW용량의 발전소 본관구조물 3개호기 건설에 약 510,000 m<sup>3</sup>의 콘크리트가 사용된다.

원자력 발전소에서의 콘크리트역할은 일반구조물에서와 같이 구조체를 형성하고 방화벽 및 차음 역할등을 수행하지만 이와 동시에 방사선의 차폐, 방사능을 가진 기체 및 액체 누설물질의 누출차단, 초대형 회전기기의 공진(共振)방지 기초, No Fine Concrete가 수행하는 배수(排水)등 특수역할 또한 부담하여야 한다. 따라서 방사선으로부터 공공의 안전을 지키는 것이 가장 큰 사명인 원자력 발전소에서는 무엇보다도 콘크리트의 품질관리가 중요시된다.

\* 한국전력공사 월성원자력본부 건축과장  
\*\* 한국전력기술(주) 토목구조기술처 월성원자력 콘크리트시험실 과장

## 2. 콘크리트 품질관리 기본요소

원자력 발전소 콘크리트 품질관리의 기본 3요소는 각종 작업, 시험 및 검사 절차서의 운용, 별도의 배치플랜트 설치 그리고 콘크리트 시험실의 독립적 운영에 있다.

### 2.1 각종 절차서의 운용

2.1.1 절차서 작성의 목적은 사전에 이와 관련된 작업을 검토함으로써 문제를 예측하고 대비하는데 있으며, 작업후에도 모든 기록이 남아있어 후에 문제가 발생하였을 경우 이에대한 원인 분석 및 재발방지 대책수립에 활용이 가능하다는데 있다. 월성원자력에서는 용접, 도상, 철근 가공 및 설치, 기계적 철근어음 등의 여러절차서와 함께 콘크리트 관련작업 또한 사전에 작업절차서를 작성하고 시험 및 검사 계획서(inspection & test plan)를 운영한다.

2.1.2 월성원자력에서는 현재 콘크리트관련 절차서로 생산과 관련된 절차서 4종 (①콘크리트용 재료의 저장 및 취급, ②배치플랜트 운영 ③동결기 및 하절기콘크리트 생산 및 운반 ④콘크리트 시험실 운영 절차서)과 현장 콘크리트 작업과 관련된 절차서 8종류(①콘크리트 작업절차서 ②중량콘크리트 작업절차서 ③배스콘크리트 온도측정 절차서 ④원자로건물 외벽 축조절차서 ⑤원자로 건물 ring beam 및 dome축조 절차서 ⑥콘크리트 보수절차서 ⑦콘크리트 균열 보수절차서 ⑧액체 저장 구조물 누수시험 절차서)를 작성 운영하고 있다.

### 2.2 batch plant 설비

2.2.1 배치플랜트는 완전자동으로 계량되고 혼합되며 한배치용량이 3m<sup>3</sup>이고 생산능력이180m<sup>3</sup>/h인 2대가 현재 월성 3, 4호기 용으로 가동되고 있다. 월성 2호기 용으로는 1992년부터 2대가 설치되어 운영되다가 현재는 콘크리트 공사가 거의 완료시점에 있어 1대는 철수하고 1대만 운영되고

있다. 배치플랜트 규격 및 제반조건은 미국 레미콘 규격(National Ready Mixed Concrete Association)에 따라 관리하고 있다.

2.2.2 매월 주기로 각종 계량기의 검교정을 수행하고 6개월 주기로 믹서 균일성시험(Mixer Uniformity Test)을 수행한다. 계량기의 정밀도는 시멘트, 물, 골재는 0.25%, 혼화제는 3% 이내로 관리하고 있다. 콘크리트 재료의 계량오차는 중량으로 골재는  $\pm 2\%$  (단 누적 계량시는  $\pm 1\%$ ), 물  $\pm 1\%$ , 혼화제(감수제 및 공기연행제)는  $\pm 3\%$ 이다.

2.2.3 하절기 콘크리트의 수화열을 낮추기 위해 Ice Plant를 설치하여 일일 100ton 정도의 작은 알갱이 얼음을 생산하여 콘크리트 혼합수 대용으로 사용하고 있으며, 동결기 콘크리트의 온도유지를 위하여 대용량의 보일러를 설치하여 콘크리트의 온도를 높여 동결방지를 위해 힘쓰고 있다. 콘크리트 생산시의 온도범위를 5~20℃로 관리하고 있다.

2.2.4 골재는 항상 젖은 상태로 보관되며 계량전에 깨끗이 세척되어 계량 Hopper로 운반된다.

### 2.3 콘크리트 시험실의 운영

2.3.1 월성원자력 2, 3, 4호기 콘크리트의 생산 품질관리는 품질검사부서에서 운영하는 콘크리트 시험실에서 주로 이루어진다. 콘크리트 시험실은 건평 110평의 시험실과 70여종의 시험장비 그리고 11명의 인원이 근무하고 있다.

2.3.2 콘크리트 시험실의 주요 수행업무는 콘크리트 구성재료인 골재, 시멘트, 물, 혼화제의 선정 및 관리시험 그리고 철근및 기계적 철근어음재의 인장시험, 각종 시험장비의 검교정, 뒷채움 재료의 실내 다짐시험, 각종 Grout 시험, 배치플랜트의 콘크리트 생산검사 등이다.

### 3. 콘크리트 생산절차

3.1 먼저 건설에 필요한 콘크리트량을 파악하고 골재를 채취할 지역을 선정함에 있어 매장량, 경 조성, 골재의 품질시험을 거쳐 선정한다.

3.2 골재의 품질시험에 이상이 없을 경우 배합 설계는 ACI 211에 따라 수행한다. 구조물의 설계 기준강도를 기준으로 임의의 물-시멘트비로(예 W/C : 70, 60, 50, 40%) 간이 믹서를 사용하여 먼저 콘크리트의 상태를 확인한 다음 배치플랜트에서 실제콘크리트를 생산할 때와 같은 방법으로 여러차례 확인 배합을 거쳐 결정한다.

3.3 결정된 배합으로 각 물-시멘트비별로 압축 강도 시험을 3회이상 실시하여 그 결과로 강도와 물-시멘트비의 관계그래프를 작성하고, 설계기준 강도에 적당한 물-시멘트비를 찾아 다시 배합을 확인한 후 최종 배합을 결정한다. 특히 세골재의 조립율은 콘크리트의 압축강도및 물성에 영향이 크므로 배합설계 당시 적용한 조립율과 0.2이상 차이가 나면 그 배합설계는 수정되어야 한다. 그리고 최종 결정된 배합으로 실제 현장에 타설하면서 강도시험 횟수가 30회이상 될때 표준 편차를 계산하고 그배합의 경제성 여부를 파악하여 적절한 조치를 취한다.

3.4 결정된 시방배합에 매일 콘크리트 생산전에 골재의 함수량을 측정하여 현장 배합으로 수정한 뒤 배치플랜트 콘크리트 검사자의 입회하에 컴퓨터에 입력시키고 생산에 들어간다.

3.5 생산이 시작되면 배치플랜트 검사자는 재료가 정확히 계량되는지의 여부와 타설 위치등이 규정에 적합한지를 매 배치마다 확인 검사한다.

3.6 생산된 콘크리트는 시험실에서 슬럼프, 공기량, 온도, 단위중량을 시험하고 압축강도 시험용 공시체를 제작한 후 합격된 콘크리트만을 현장으로 보낸다.

### 4. 콘크리트 및 재료 시험

#### 4.1 골재 시험

4.1.1 콘크리트는 골재가 약 70~75%를 차지하므로 골재는 매우 중요한 재료이다. 그러므로 콘크리트 생산전에 충분한 검사를 거쳐 이상유무를 확인해야 한다.

4.1.2 골재 반입시험은 골재원 선정시험에서 합격된 지역에서 현장 배치플랜트로 반입될 때 일정한 주기로 시험하여 사전에 불량한 골재의 반입을 통제하기 위한 것이다. 반입시험 주기는 표 1 골재 반입시험 주기표에 따라 수행한다.

표 1 골재 반입시험 주기표

시험종목	시험주기	시험종목	시험주기
1. 체가름	300 m <sup>3</sup>	5. 점토 덩어리량	400 m <sup>3</sup>
2. L.A 마모	2,000 m <sup>3</sup>	6. 편장석	2,000 m <sup>3</sup>
3. 경량편	2,000 m <sup>3</sup>	7. 안정성	2,000 m <sup>3</sup>
4. #200체 통과량	300 m <sup>3</sup>	8. 염소이온	2,000 m <sup>3</sup>

4.1.3 골재의 관리시험은 콘크리트 생산시 주기로 시험하여 골재내에 해로운 물질이 들어 있는지 여부와 품질의 변동사항을 파악하여 균일한 콘크리트 생산을 하기위해 표 2 골재관리시험 주기표에 따라 수행하고 있다.

표 2 골재 관리시험 주기표

시험종목	시험주기	비고
1. 체가름	생산시 매일	(조골재, 세골재)
2. 함수량	·	·
3. #200체 통과량	·	·
4. 유기 불순물	·	(세골재)
5. 비중및 함수율	매월 1회 이상	(조골재, 세골재)

※ 특히 원자로격납건물(perimeter wall)에 타설되는 콘크리트에 대해서는 함수량 시험을 2회이상하고 매 배치마다 슬럼프 시험을 수행하여 특별관리를 한다.

4.1.4 골재 알칼리 반응시험의 일종으로 현재 사용하고 있는 골재에 대하여 최초 및 매 6개월 주기로 골재암석분류시험을 수행하여 골재가 함유하고 있는 광물질을 분석 관리하고 있다.

## 4.2 시멘트 시험

4.2.1 월성원자력 3,4 호기 건설에 필요한 수량은 5종 시멘트가 8만톤 1종 시멘트가 5만톤 소요될 예정이며 시멘트는 본관구조물에 대하여는 알카리함량이 0.6%이하인 내황산염(5종) 시멘트를 사용하고 원자력 발전소의 안전성과 관계없는 일반구조물에는 1종 시멘트를 사용하고 있으며 현장에서는 품질관리를 5종 시멘트 만을 하고 있다.

4.2.2 최초 및 매 1,000톤의 반입시마다 현장 시험실에서 시료를 채취하여 물리성능시험 6종(공기량, 분말도, 안정도, 압축강도, 응결시간, 위응결)을 시험하고 5kg은 밀봉하여 시험실에서 6개월간 보관한다.(단, 반입시 시멘트의 온도는 65℃ 이내이어야 한다)

4.2.3 생산공장에서는 매 1,000톤 단위로 시험한 성적서를 현장 품질검사부 담당자에게 제출하고 그 시험성적서에 대해 필요에 따라 공장시험 입회검사를 수행하며 공장에서의 품질관리 상태를 확인하여 양질의 시멘트가 생산될 수 있도록 관리한다.

4.2.4 공장시험 항목은 물리시험 7종(공기량, 분말도, 안정도, 압축강도, 응결시간, 위응결, 수화열)과 화학성분시험 10종(실리카(SiO<sub>2</sub>), 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화제이철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화마그네슘(MgO), 삼산화황(SO<sub>3</sub>), 강열감량, 불용해잔사, C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF+2(C<sub>3</sub>A), Na<sub>2</sub>O+0.658 K<sub>2</sub>O)을 수행한다.

4.2.5 현재 현장에서는 공장시험성적서의 신뢰를 위해 분기당 1회씩 외부기관에 전 항목 시험의뢰하여 비교 관리하고 있다.

## 4.3 혼합수 (물 또는 얼음)

4.3.1 혼합수는 조골재 세척용과 콘크리트 혼합수에 대하여 매달 시험하고 있으며 증류수와 의 비

교시험으로 관리하고 있다. 시험항목은 5종으로 염소량, 총고형분, 압축강도, 안정성, 응결시간을 현장시험실에서 직접 수행하고 있다.

## 4.4 혼화제 (감수제 및 공기연행제)

4.4.1 혼화제는 콘크리트 생산현장에서 직접 제품을 확인하기란 여러가지 어려움이 있으니 제품 회사의 공장시험 성적서를 발부받고 실제공장시험을 사용자의 품질관리 담당자가 직접 입회하여 시험결과와 신뢰성을 입증하는 것이 바람직하며 제품의 품질관리가 균일하게 이루어질 수 있도록 확인 감독이 필요할 것이다. 또한 현장에 반입된 제품은 직사광선이나 동해를 입지 않도록 보관 관리가 철저히 이루어져야 한다.

4.4.2 월성원자력 현장에서는 매 반입시와 매월 사용중인 혼화제를 채취하여 비중및 공기량(공기연행제만) 시험을 수행하고 있으며 생산자의 공장시험 성적서를 검토하고 필요에 따라 공장시험 입회검사를 실시하고 있다.

4.4.3 공장시험은 ASTM C494 및 C260 에 따라 수행되고 있으며 시험항목은 콘크리트 물리성능 시험 8종(슬럼프, 공기량, 물의량, 응결시간, 압축강도, 휨강도, 길이변화, 동결융해)이며 그밖에 비중, PH, 건조시간류량, 염소이온, 적외선 분광 시험을 수행하고 있다.

표 3 콘크리트 시험주기및 요구조건

시험명	요구조건	시험 주기
압축강도	설계기준강도 이상	매일 처음 및 100m <sup>3</sup> 마다(7일 1개, 28일 3개)
슬럼프	5~11cm	매일 처음 및 50m <sup>3</sup> 마다(단 원자로 건물은 매배치실시)
공기량	골재최대치수 40mm 일때 : 3~6%	매일 처음 및 50m <sup>3</sup> 마다
	골재최대치수 20mm 일때 : 4~7%	매일 처음 및 50m <sup>3</sup> 마다
온도	5~20℃	매일 1회 이상
단위중량	-	-

## 4.5 콘크리트 시험

4.5.1 배치 플랜트에서 생산된 콘크리트는 시험실에서 슬럼프, 공기량, 온도, 단위중량을 시험하고 합격한 콘크리트만을 현장으로 보내며 시험주기 및 요구조건은 표 3 콘크리트 시험주기 및 요구조건에 따른다.



사진 1 콘크리트 시험 장면

4.5.2 압축강도의 시험은 공시체면을 capping compound로 면의 요철(0.005mm 이내)을 제거한 다음 7일 1개와, 28일 3개를 자격이 부여된 검사요원에 의해 수행되며 7일강도가 28일 설계강도의 60%이하일 때와 28일강도가 설계 기준강도 이하일 때는 불만족보고서(Non-Conformance Report : NCR)를 발행하여 관련 부서에 통보 조치한다.

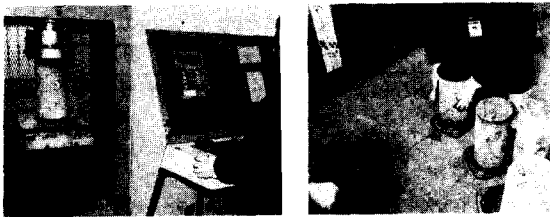


사진 2 콘크리트 압축강도시험 및 공시체 capping 장면

4.5.3 콘크리트의 양생실은 완전자동으로 관리되고 있으며 온도는 21~25℃이고 습도는 95% 이상으로 항상 일정한 온도의 물을 분무하고 있으며 가로 7.2m, 세로 4.8m, 높이 3m의 크기에 항상 대략 1200여개의 공시체가 보관된다.

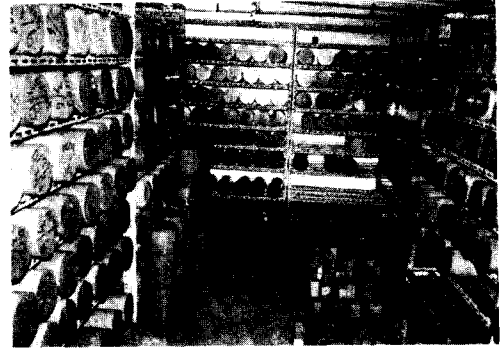


사진 3 콘크리트 양생실의 공시체 양생 장면

4.5.4 월성원자력 3, 4호기 구조물에 필요한 콘크리트의 예상물량은 총 340,000 m<sup>3</sup>이며 현재까지의 타설량과 불합격된 콘크리트의 현황은 다음의 표 4 콘크리트 타설 현황과 같다.

표 4 월성원자력 3, 4호기 콘크리트 타설 현황  
(95. 1. 31 현재)

TYPE	타설량(m <sup>3</sup> )	불합격량(m <sup>3</sup> )	불합격율(%)	불합격 사유
254 B	43,000	375	0.9	전체 종합으로 보면 슬럼프: 78% 공기량: 6% 개량불량: 10% 기 타: 6%
252 B	5,400	78	1.4	
302 B	2,200	47	2.1	
304 B	5,600	91	1.6	
352 C	3,000	83	2.8	
기 타	45,200	683	1.5	
합계	104,400	1357	1.3	

## 4.6. 기타 시험

4.6.1 철근 및 철근의 기계적 이음에 대한 인장 시험은 감독부서의 요청이 있을때 ASTM A370

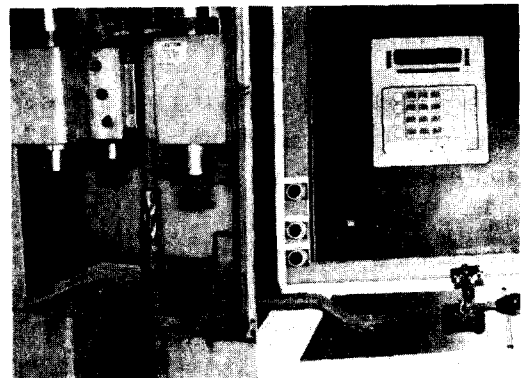


사진 4 철근 인장 시험 장면

에 따라 수행하며 지금까지 시험결과로 보아 철근의 강도는 매우 양호한 것으로 나타났다.

표 5는 월성원자력 3, 4호기의 철근 시험결과를 나타낸 것이다.

표 5 월성원자력 3, 4호기 철근 인장 시험결과

철근치수	시험횟수	평균 인장강도(ksi)	비 고
# 9(28.65mm)	3	96,567	합격기준강도는 90,000 psi이며 시험의 종류는 Cadweld와 Squeezed
#10(32.26mm)	12	96,299	
#11(35.81mm)	125	100,838	Sleeve type와 2종류이다

4.6.2 신규로 반입되거나 기반입된 시험기기는 규정에 의해 검교정되며 현장시 험실 자체에서 수행하는 20종과 외부검교정 기관에 의뢰하여 수행하는 것 18종으로 나누어지고 현장내 검교정은 자격이 인정된 검사자에 의해 이행된다.

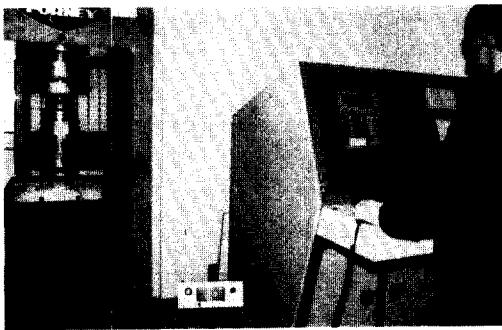


사진 5 콘크리트 압축강도기 검교정 장면

4.6.3 각종 기계의 Base Plate 밑채움재(Non-Shrink Grout)는 매우 중요한 자재이므로 사용전 선정시험과 진행중 관리시험이 엄격하게 수행되며 당 현장에서는 ASTM C1107 의 조건에 따라 제품의 관리를 철저히 하고 있으며 생산공장의 시험성적서를 검토하고 공장시험 임회검사를 필요에 따라 수행하고 있다. 그리고 각종 구조물의 뒤 채움재료의 실내다짐시험, 표준사의 밀도 시험, 조적 레미탈 강도시험등 각종 건설자재의 시험을 수행하고 있다.

## 5. 현장 콘크리트 품질관리

### 5.1. 거푸집 및 동바리 설계

5.1.1 원자력 발전소는 다양한 기능과 크기를 가진 기자재를 수용하는 것이 그 1차 목표이므로 일반 건물과는 달리 구조물의 형태 및 크기가 다양하고 불규칙적이다. 벽체의 두께는 30cm부터 1.8m, 한 번 타설 높이는 6m에 이르기도 한다. 바닥판 또한 두께가 20cm부터 3.7m까지 다양하며 기둥은 작은 것이 61cm×61cm(보조건물 기초), 큰 것은 터빈발전기 기초의 경우 2.3m×1.8m, 높이 14.6m, 보의 크기도 큰 것은 3.5m×4.0m (터빈발전기 기초)에 이르는 등 같은 크기의 구조물이 반복되는 예가 거의 없다.

5.1.2 사용되는 콘크리트의 중량도 일반 콘크리트, 중량 콘크리트(3,525kg /m<sup>3</sup>이상), No Fine Concrete등 건물 및 위치에 따라 다르므로 거푸집의 설계는 위의 여러경우에 대비하여야 한다. 월성원자력에서는 벽체 및 바닥판 두께 1m 까지의 거푸집을 표준화하고 그 이상되는 것은 각각의 경우에 대하여 별도의 거푸집 및 동바리의 구조계산과 제작도면을 작성하고 이를 확인한다.

5.1.3 구조물의 허용오차는 구조물 단면의 크기에 따라 표 6과 같이 적용하며 기본적으로 평면 및 처짐에서 1/400을 기준으로 한다. 거푸집 구조계산은 이러한 허용설치오차를 고려하여 콘크리트의 측압에 견딜 수 있도록 설계하며 자세한 것은 ACI 347에 따른다.

표 6 구조물의 시공 허용오차

구조물의 두께	허 용 오 차
0.3 m 이하	± 8 mm
0.3 ~ 1.0 m	± 12 mm
1.0 m 이상	± 20 mm

### 5.2 콘크리트 타설전, 중, 후 시험 및 검사

5.2.1 콘크리트작업의 품질에 영향을 주는 요소는 매우 다양하고 중요하므로 원자력발전소의 모

표 7 콘크리트 작업관련 시험 및 검사항목

검사 시기	검 사 항 목	판정기준 및 검사항목	비 고	
타설전 검사	기초 및 시공준비	1) 하부구조물의 작업종결여부 및 인접구조물의 타설시간차 2) 시공준비 상태 3) 타설전 불축임 상태	1) 위치 및 규격 하부구조물 타설일차 2) 골재 6mm이상노출 3) 육안검사	
	철근설치	1) 철근설치 및 검사종결여부 2) 철근 피복두께	1) 철근설치 I.T.P확인 철근설치절차서에 따름	
	형틀작업	1) 수직 수평 설치오차 2) 단면 치수상태 3) 거푸집 지지상태 4) 거푸집바리체의 적합성 5) Dowel Bar위치확인 6) Form Tie연결상태	1) 측량보고서 확인 2) 측량보고서 확인 3) 표준 거푸집과 비교 4) 사재인수검사서 5) 측량보고서 확인 6) 육안검사	
	방수작업	1) 방수작업 및 검사종결여부	1) 방수작업 I.T.P확인	방수작업절차서에 따름
	매입철물 설치	1) 매입철물 설치작업 및 검사 종결여부	1) 매입철물 설치 I.T.P 확인	매입철물설치작업 절차서에 따름
	지수판	1) 고정상태 2) 용접 이음상태	1) 육안검사 2) 이음부위 육안검사	
	Prestressing	1) 작업 및 검사종결 여부	1) 설치검사 I.T.P확인	Prestressing작업절차서에 따름
	기타	1) 철골 작업 2) 기계작업 종결여부 3) 전기작업 종결여부	1) 철골작업 I.T.P확인 2) 검사종결 확인서 첨부 3) 검사종결 확인서 첨부	철골설치절차서
	최종 청소상태		1) 육안검사	
	타설중 검사	1. 적합한 타설장비 사용여부 2. 적합한 다짐의 실시 3. 타설층의 두께 4. 자유낙하 높이 5. 거푸집 변형여부 확인	1) 타설장비 확인 2) Vibrator 사양확인 3) 타설두께 45cm이하 4) 자유낙하높이 90cm이하 5) 육안검사	
타설후 검사	1. 적합한 양생 실시여부 2. 습윤상태 유지여부 3. 양생온도 유지 4. 한중콘크리트시 보온실시여부 5. 거푸집 제거후 콘크리트 결함여부 6. 매입철물의 위치확인	1) 양생방법, 거푸집유지 2) 양생포 습윤상태검사 3) 최저온도 10℃ 4) 육안검사 및 온도확인 5) 육안검사 (균열, 공극) 6) 측량보고서 확인		

콘크리트 관련작업은 2.1절에서 언급하였듯이 작업절차서를 작성하고 이에따른 시험 및 검사 계획표(Inspection and Testing Plan : I.T.P)를 운영한다. 현장 콘크리트 작업관련 주요 시험 및 검사항목 그리고 검사방법은 표 7과 같다.

### 5.3 콘크리트 관련 기타 판정기준

5.3.1 원자로 건물 기초, 터빈건물 기초 및 터빈 발전기 기초등과 같은 mass concrete의 경우 수화열에 의한 콘크리트 내부균열방지를 위하여 인

접부위 콘크리트 타설 시기를 제한하거나 콘크리트 내부 온도측정 결과에 따라 인접부 콘크리트 타설시간차를 두도록 하였다. 건물 및 구조물별로 적용하는 연속되는 바닥판 또는 벽체의 인접부 콘크리트 타설 시간차는 표 8과 같다.

5.3.2 콘크리트 구조물에서의 비구조적 균열은 콘크리트의 특성상 불가피하게 마주치게되는 문제이기는 하지만 방수, 철근의 부식 및 미관 그리고 원자력 발전소의 경우 방사능 차폐성능에 악영향을 끼치는 것임을 부인할 수는 없다. 원자력 발

표 8 바닥판 또는 벽체의 인접부 콘크리트 타설 시간차

건물 또는 구조물		인접부 콘크리트 타설 시간차		
원자로 건물		7 일 이상		
보조건물 및 터빈건물	타설 두께	서중콘크리트	일반콘크리트	한중콘크리트
	50 cm	2 일 이상	2.5일 이상	3 일 이상
	100 cm	6 일 이상	6.5 일 이상	7 일 이상
	150 cm	10 일 이상	11 일 이상	12 일 이상
	200 cm	14 일 이상	16 일 이상	18 일 이상
터빈발전기 기초 및 터빈건물 기초		타설된 콘크리트 내부온도가 32℃ 이하로 떨어졌을 때		

※ 타설두께가 위 수치의 사이에 있을 경우 직선보간법에 따라 타설시간차를 계산한다.

전소에서는 설계 및 시공시에 이러한 균열을 최소화 시키려고 Post-tensioning, No-crack design등을 적용하여 노력하고 있지만 균열이 발생하였을 경우 ACI 224R에 따른 표 9의 기준으로 균열 보수 여부를 결정한다.

표 9 콘크리트 구조물 허용 균열폭

구조물의 노출조건	허용 균열폭
실내에 면하거나 방수막으로 보호	0.41 mm
흙에 접하거나 습기에 노출	0.30 mm
얼음을 녹이는 약품에 노출	0.18 mm
바닷물에 노출되거나 습윤과 건조상태 반복	0.15 mm
액체저장 구조물 (비압력 배관 제외)	0.10 mm

## 6. 결 론

6.1 콘크리트는 모두가 잘 알고 있듯이 그 재료 특성상 편차가 많으며 수많은 요소가 콘크리트의 품질에 영향을 주게된다. 사용되는 자갈, 모래, 시멘트의 비균질성, 혼합되는 재료의 양 및 온도, 생산 및 운반과정에서의 시간에 따른 변동성, 타설 방법 및 다짐방법, 작업자의 숙련도에 따른 편차, 양생방법 및 온도에 따라 그 변동폭이 매우 크다.

6.2 원자력 발전소라고 하여 콘크리트의 품질관리를 위하여 특별한 재료 및 장비를 사용하는 것은 아니다. 다만, 원자력 발전소의 안전을 위하여 이러한 콘크리트의 특성을 관련된 모든 사람들이 이해하고 재료의 선정, 콘크리트의 생산, 타설, 양생의 각 단계별로 관리 및 시험에 철저를 기하고 확인에 재확인을 거쳐 콘크리트의 품질관리를 함으로써 변동폭을 최소화 할 뿐이다.

6.3 콘크리트 품질관리의 가장 중요한 점은 설계시에 요구되는 콘크리트 구조물의 품질을 어떻게 만족시키는가 하는데 있으므로 주기적으로 그리고 단계별로 시험 및 검사항목을 설정하고 이를 철저히 체계적으로 시행하는 것이 중요하다.

6.4 건설공사의 부실은 공공의 안전에 영향을 미칠만큼 중요한 사항임을 콘크리트 관련업무에 종사하는 산업계, 학계의 모든 사람들이 인식하고 품질관리에 철저를 기할때 우리는 불량자재의 유입과 시공의 부실을 우리사회에서 추방할 수 있을 것이다. 