

원자력발전소 격납건물 포스트텐셔닝시스템의 검사기술



홍재근

(KIMM 원자력공인검사단)

- '95 성균관대학교 금속공학과(학사)
- '97 성균관대학교 금속공학과(석사)
- '97 - 현재 한국기계연구원 연구원

박지홍

(KIMM 원자력공인검사단)



- '83 연세대학교 금속공학과(학사)
- '88 Case Western Reserve Univ. 재료공학(석사)
- '94 Case Western Reserve Univ. 재료공학(박사)
- '94 - '95 Case Western Reserve Univ. 연구원
- '96 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



이종오

(KIMM 원자력공인검사단)

- '83 경북대학교 사범대학 물리학과(학사)
- '87 한국과학기술원 물리학과(석사)
- '90 한국과학기술원 물리학과(박사)
- '91 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

이주석

(KIMM 원자력공인검사단)



- '77 서울대학교 전기공학과(학사)
- '87 부경대학교 기계공학(석사)
- '93 부경대학교 기계공학(박사)
- '77 - 현재 한국기계연구원 원자력공인검사단 단장

1. 서론

원자력발전에서는 무엇보다도 안전성확보를 최우선으로 하여 설계되고 운전되어진다. 이를 위해서 원자력발전소는 안전설계(내진설계 포함), 안전설비 및 안전관리를 통하여 높은 안전성을 확보하고 있다.

국내 원자력발전소는 만약의 사고 시에 방사성물질이 외부로 누출되는 것을 방지하기 위하여 여러 겹의 방호벽이 설치되어 있는 다중방호설비를 갖추고 있다.(그림 1) 이들 다중방호설비 중 120cm의 철근콘크리트 격납건물 외벽 및 1/4 in의 철판(라이너 플레이트)의 격납건물 내측면은 최종적으로 방사성물질이 외부환경으로 누출되는 것을 방지한다.^[1] 또한, 콘크리트의 압축강도는 높지만 인장강도가 약한 단점을 극복하기 위해 격납건물외벽에 포스트텐셔닝시스템(post-tensioning system)을 채택하여 가상사고시의 압

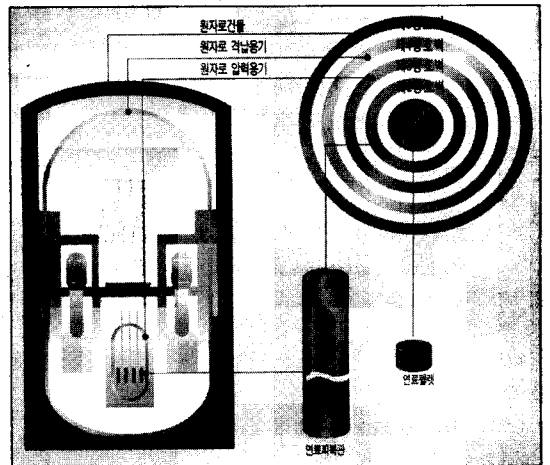


그림 1. 원자력발전소의 다중방호설비

력 및 온도에 견딜 수 있도록 하고 있다. 또한, 콘크리트의 격납건물에 발생하는 균열과 포스트 텐셔닝시스템의 건전성 및 인장력이 유지되는지를 검사주기에 따라 검사하여 구조건전성을 확보하고 있다.

본 고에서는 국내 원자력발전소 격납건물 및 포스트텐셔닝시스템(post-tensioning system)의 개요와 격납건물 포스트텐셔닝시스템 가동전/중검사에 대하여 살펴보았다.

2. 국내 원자력발전소 격납건물의 포스트 텐셔닝 시스템(post-tensioning system)

2.1 국내 원자력발전소 현황

우리나라는 원자력의 평화적 이용으로 과학기술 향상 및 국민복지증진을 위하여 1958년 원자력법을 공포하고 이를 기반으로 하여 꾸준한 연구활동을 수행해 오는 한편, 에너지의 안정적인 수급을 위하여 원자력발전 도입을 추진, 1978년 4월 고리 1호기가 첫 상업운전을 시작하였다.

1999년 말 현재 우리나라의 원자력발전소는 16기 13,761 MWe로 전체 발전설비 용량의 약 30%, 총 발전량의 39.3%를 차지하고 있다. 또한, 4기(영광 5, 6호기, 울진 5, 6호기)가 신규 건설 중이다.(표 1)

표 1. 국내 원전 설비현황

발전소명		위 치	용량(MWe)	원자로형	상업운전일(예정일)
고 리 원 자 력	1호기	부산 기장군 장안읍 고리	587	가압경수로(PWR) *1	'78.4.29
	2호기		650	"	'83.7.25
	3호기		950	"	'85.9.30
	4호기		950	"	'86.4.29
월 성 원 자 력	1호기	경북 경주시 양남면 나아리	687.7	가압중수로(PHWR) *2	'83.4.22
	2호기		700	"	'97.7.1
	3호기		700	"	'98.7.1
	4호기		700	"	'99.9
영 광 원 자 력	1호기	전남 영광군 홍농읍 계마리	950	가압경수로(PWR)	'86.8.25
	2호기		950	"	'87.6.10
	3호기		1,000	"	'95.3.31
	4호기		1,000	"	'96.1.1
	5호기		1,000	"	('02.4)
	6호기		1,000	"	('02.12)
울 진 원 자 력	1호기	경북 울진군 북면 부구리	950	가압중수로(PWR)	'88.9.10
	2호기		950	"	'89.9.30
	3호기		1,000	"	'98.8.11
	4호기		1,000	"	('99.12)
	5호기		1,000	"	('04.9)
	6호기		1,000	"	('05.9)

* 1 PWR : pressurized water reactor

[사용연료 : 저농축우라늄(U235 2~5%), 냉각재 및 감속재 : 경수(H₂O)]

* 2 PHWR : pressurized heavy water reactor

[사용연료 : 천연우라늄(U235 0.7%), 냉각재 및 감속재 : 중수(D₂O)]

이들 대부분의 발전소는 120cm 두께의 콘크리트 외벽으로 이루어진 격납건물물을 보유하고 있다. 다만, 고리 1, 2호기는 금속격납건물물로 이루어져 있다.

2.2 콘크리트의 프리스트레싱 (prestressing)

프리스트레싱 콘크리트는 인장하중 하에서 내장된 철근에 의해 발생된 압축응력의 크기와 분포상태가 외부 하중에 의해 초래된 콘크리트의 인장응력과 서로 상쇄되도록 설계되고 제작된다. 프리스트레싱 콘크리트는 크게 프리텐서닝 (pretensioning)과 포스트텐서닝 (post-tensioning)의 두 가지로 구분된다.

프리텐서닝 (pretensioning) 방법(그림 2)은 해당 구조물의 콘크리트가 타설되기 전 텐돈에 인장력을 가하여 콘크리트에 압축응력을 발생시키는 공법이다. 제작방법은 텐돈 강선을 설계된 곡률로 배치하고 설계된 인장력을 가한 상태에서 텐돈강선 주변에 콘크리트를 타설하고, 충분한 콘크리트 압축강도를 갖도록 양생시킨다. 양생 후 강선에 인장력을 주는 받침(anchor)을 해제하면 텐돈강선과 콘크리트 사이에 생긴 접착력과 텐돈강선에 가해진 초기 인장력에 의해 콘크리트에 일정한 압축응력이 발생한다. 이는 부재 단위의 건축물에 주로 이용된다.

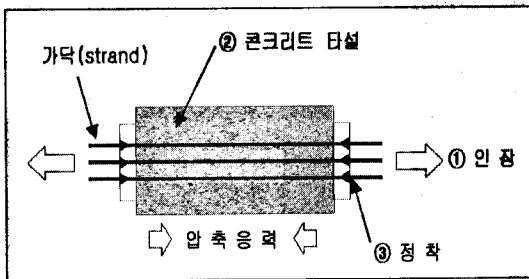


그림 2. 프리텐서닝 (pre-tensioning) 콘크리트

포스트텐서닝 (post-tensioning) 방법(그림 3)은 해당구조물의 콘크리트가 양생한 후에 텐돈강선

을 인장 시켜 콘크리트에 압축응력을 발생시키는 방법이다. 제작법은 거푸집 내에 구조물의 길이방향으로 튜브(tube)를 매설하고 콘크리트를 타설하여 콘크리트 구조물에 텐돈강선을 설치할 수 있도록 한다. 텐돈강선은 콘크리트를 타설하기 전이나 후에 튜브 내에 설치하여 타설된 콘크리트가 일정한 강도로 양생된 후 텐돈강선을 인장 시켜 양쪽 끝부분을 고정시킴으로서 콘크리트 내부에 압축응력을 형성시킨다. 또한, 포스트텐서닝 방법은 튜브내의 텐돈강선에 그라우트 (grout)를 주입시켜 구조물과 접착시키는 접착식 방법 (bonded system, or grouted system)과 그리스 등의 방식물질을 주입하는 비접착식 방법 (unbonded system, or ungrouted system)으로 나누어진다.^[2]

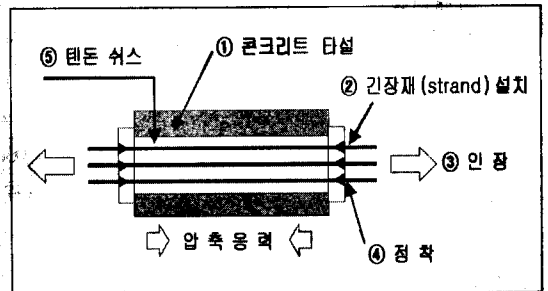


그림 3. 포스트텐서닝 (post-tensioning) 콘크리트

2.3 국내원전별 격납용기 및 포스트텐서닝 시스템의 비교

금속격납용기로 이루어진 고리 1, 2호기를 제외하고 국내 원전의 포스트텐서닝시스템은 접착식 (bonded system)과 비접착식 (unbonded system)으로 나누어진다. (표 2) 접착식은 시공 및 유지가 매우 편리하나 가동중에 텐돈 (tendon)의 프리스트레스 (prestress) 손실 등을 확인할 수 없고 교체가 불가능하여 격납용기의 수명연장의 가능성이 없는 단점을 가지고 있다. 비접착식은 시공 및 유지비용이 많이 드나 가동중에도 텐돈의 프리스트레스 (prestress) 손실 등을 측정할 수

표 2. 원전별 격납용기 및 포스트텐서닝시스템의 비교

구 분		격납용기제원	텐 돈 제 원
Bonded System	월성 1, 2, 3, 4	높 이 : 42.29m 외 경 : 43.60m 벽두께 : 1.07m	수평 : 147개 수직 : 124개
	울진 1, 2	높 이 : 59.4m 내 경 : 37.0m 벽두께 : 0.9m	수평 : 223개 수직 : 144개
Unbonded System	영광 1, 2 고리 3, 4	높 이 : 59.44m 내 경 : 39.62m 벽두께 : 1.22m	수평 : 원통부 96개(55가닥) 돔 부 21개(53가닥) 수직 : 72개(50가닥)
	영광 3, 4 울진 3, 4	높 이 : 66.75m 내 경 : 43.89m 벽두께 : 1.22m	수평 : 원통부 135개(55가닥) 돔 부 30개(53가닥) 수직 : 96개(55가닥)

있고 필요시 텐돈의 교체도 가능하여 격납용기의 수명연장이나 안정성 확보 측면에서 매우 뛰어난 장점을 가지고 있다.

한국 표준형원전(울진 3, 4 호기)을 기준으로 보면 텐돈은 수평과 수직으로 나뉘어 지고 각각의 텐돈은 큰 인장력(약 1300 kips)에 견딜 수 있도록 55개의 1/2 in 직경의 가닥(strand)으로 구성되고 한 개의 가닥은 7개의 소선(wire)으로 꼬여져 있다.(그림 4) 한 호기당 수평텐돈(그림 5. a)은 135개를 240° 간격으로 정착하고(3개의 텐돈이 2개의 완전한 사이클 루프(cycle loop)를 형성) 스프링라인에서 돔상부 45°까지 30개가 설치되어 있다. 수직텐돈(그림 5. b)은 ∩형태(inverted U)로 96개(48개씩 대칭으로 2그룹)가 정착되어 있다.

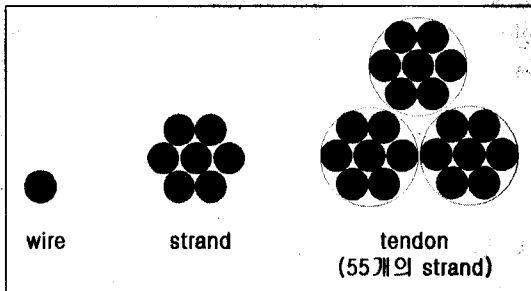


그림 4. 텐돈가닥의 개략도

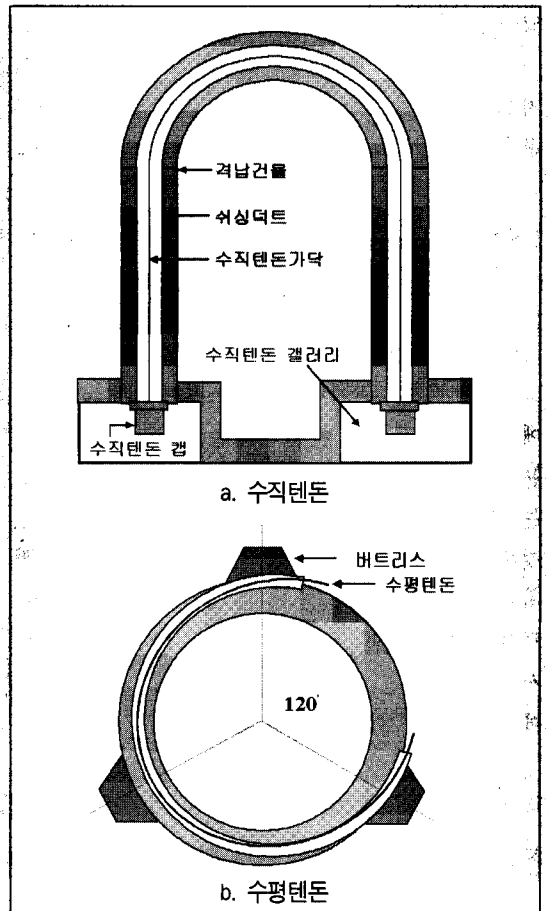


그림 5. 한국표준형 원전 격납건물의 post-tensioning system의 개략도

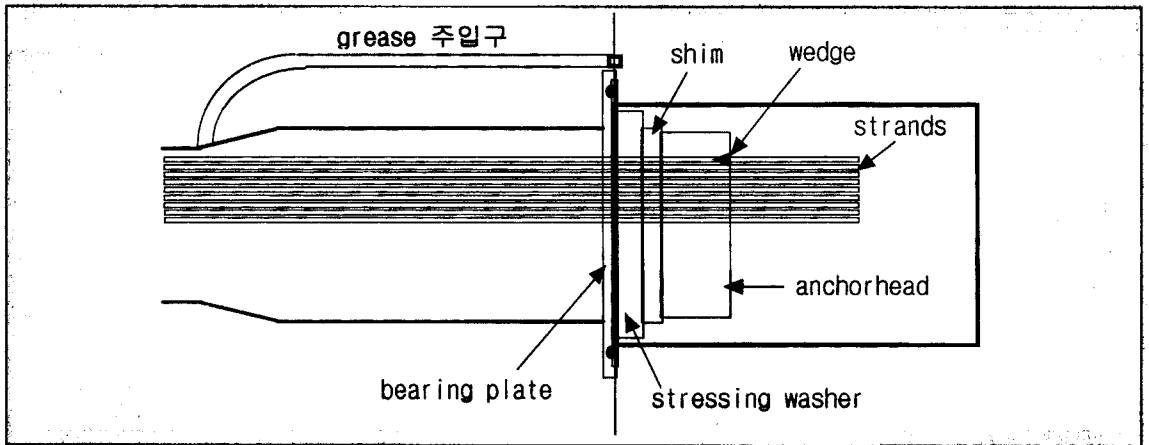


그림 6. 텐돈정착부의 구성도

격납건물의벽 및 돔부위의 콘크리트 압축강도는 5,500 psi 이고, 기초슬래브부위의 콘크리트 압축강도는 4000 psi 로 설계되어져 있다.

각 텐돈 정착부는 앵커헤드(anchor-head), 지지판(bearing plate), shim, 웨지(wedge)로 구성되어 있다.(그림 6)

2.4 포스트텐서닝시스템 프리스트레스의 손실

2.4.1 프리스트레스의 손실원인

프리스트레스드 콘크리트(prestressed concrete)에서 프리스트레스를 잃게되면 그 기능이 상실되는 것은 당연할 것이며 프리스트레스를 잃게 되는 원인은 다음과 같이 크게 세가지로 구분된다. 첫째, 정착단계의 초기에서 발생하는 손실로 정착부에서의 미끄러짐, 접촉부에서 텐돈과 텐돈덕트 사이의 마찰 및 탄성수축과 텐돈의 긴장순서에 의한 영을 들 수 있다. 두 번째는, 경년손실에 의한 것으로 콘크리트의 수축, 콘크리트의 크

리이프(creep) 및 텐돈가닥(strand)의 이완(relaxation)에 의해 발생한다. 마지막으로, 부식이나 재료의 결함으로 인한 텐돈가닥이 파손되는 경우나 온도변화에 의한 영향을 들 수 있다.

2.4.2 프리스트레스의 손실량 결정

프리스트레스의 손실량은 Reg. Guide 1.35.1의 요건을 따라 초기손실, 경년손실 등의 요소를 고려하여 격납용기구조물의 수명기간(보통 40년) 동안에 계산되어져야 한다.^[3]

A. 초기손실

텐돈설치시의 초기 정착력은 정착부에서의 슬립량, 긴장순서에 의한 효과를 포함한 탄성수축 및 텐돈설치시 텐돈가닥의 파손영향을 허용하여 조정되어야 한다.

특정한 방향(수평, 수직)에서의 모든 텐돈이 동시에 프리스트레싱 되고 있다면 탄성수축으로 인한 프리스트레스의 손실량(F_{LES})은 식(1)과 같이 구할 수 있다.

$$F_{LES} = \frac{F_o}{A_{cn} E_c + A_s E_s + A_p E_p + A_l E_l + A_d E_d} \times E_p A_p \quad (1)$$

F_{LES} : 탄성수축에 의한 프리스트레스력의 손실(the loss of prestressing force from elastic shorting)

F_o : 초기정착력(initial seating force)

A : 면적(area)

E : 탄성계수(elastic modulus)

c(concrete), cn(net concrete) s(reinforcing steel), p prestressing steel), l(liner), d(duct)

그러나, 텐돈이 긴장(tensioning)되는 순서에 따라 탄성수축량이 차이가 나게 된다. 즉, 처음 긴장되는 텐돈은 구조물의 탄성수축을 많이 받지만 마지막에 긴장되는 텐돈은 탄성수축을 전혀 일으키지 않는다. 따라서 실제적인 탄성수축으로 인한 프리스트레스의 손실은 다음과 같은 선형관계식 (2)와 같이 계산될 수 있다.

$$F_{LES}^n = \frac{n_r}{N} F_{LES} \quad (2)$$

F_{LES} : 탄성수축에 의한 프리스트레스력의 손실
(the loss of prestressing force from elastic shorting)

N : 특정방향(수평 및 수직)의 텐돈의 전체 수
 n : 임의 선정된 긴장되어질 텐돈의 순차(sequential number)
 n_r : $N - n$

따라서 텐돈의 긴장순서, 초기정착력 및 정착부에서의 슬립등의 모든 기록들이 반드시 문서화되어 있어야 한다.

긴장 후 변형된 초기프리스트레싱력(initial prestressing force, F_i)은 다음 (3)과 같이 계산된다.

$$F_i^n = F_o^n - F_{LES}^n - F_{LSA} \quad (3)$$

F_i : 초기프리스트레싱력(initial prestressing force)
 F_o : 정착력(seating force)
 F_{LES} : 탄성수축에 의한 프리스트레스력의 손실
 F_{LSA} : 정착부에서 슬립에 의한 프리스트레싱력의 손실
 n : 임의 선정된 긴장되어질 텐돈의 순차(sequential number)

B. 경년손실

경년손실에 의한 영향은 크게 세가지로 구분된다. 먼저, 손실에 기여하는 구조물의 수축범위를 고려해야 한다. 예상되는 수축의 많은 부분은 그 구조가 프리스트레스되기 전에 발생하기 때문에 수명기간동안의 수축은 단순한 실험값으로 적용할 수 있다. 실제로 여러 발전소에서는 40년 수명기간동안 100×10^{-6} 의 값을 사용하고 있다. (표 3) 그러나, Reg. Guide 1.35.1에서는 이 값이

낮은 습도 환경에서의 더 많은 수축과 높은 습도환경에서의 더 적은 수축을 설명하도록 보정되어야 한다고 요구하고 있다.

표 3. 상대습도에 따른 수축응력의 변화

평균일일상대습도, 연간% (mean daily relative humidity, annual %)	40년 수축응력 (40-Year shrinkage strain)
40 % 이하	130×10^{-6}
40 ~ 80 %	100×10^{-6}
80 % 이상	50×10^{-6}

두 번째 고려사항은 프리스트레싱력(prestressing force)에 대한 크리이프(creep) 변형의 효과이다. 이는 경년손실을 계산할 때 가장 중요하면서 변화가 다양한 요소 중의 하나로 건조 크리이프(drying creep or stress induced creep)와 염기성 크리이프(basic creep)로 구분된다. 건조 크리이프는 구조물과 환경 사이에서 일어나는 수분교환으로 야기되며, 그것의 특성은 구조물의 인장상태로부터 야기되는 부가적인 수분의 교환이 일어난다는 점 외에는 수축의 특성과 유사하다. 건조 크리이프의 양은 주로 구조의 부피 대 표면 비와 환경의 평균상대습도에 의존한다. 염기성 크리이프에 영향을 주는 주요인자는 콘크리트의 혼합율, 수화열, 스트레스의 평균크기 및 온도를 들 수 있다.

마지막 고려사항은 텐돈가닥의 이완효과이다. 텐돈가닥의 이완효과는 텐돈가닥의 화학성분과 금속학적 처리에 따라 변한다. Reg. Guide 1.35.1은 적어도 세 번의 1000시간 이완시험의 최소값을 보여주는 텐돈가닥의 사용을 요구하고 있다. 일반적으로 텐돈가닥으로 사용되는 재료는 ASTM A416으로 이 재료는 인장강도 대 항복강도의 비가 97%에 달하는 고강도 재료이다.(극한인장강도 : 184KN, 항복강도 : 165KN, 연신율 : 3.5%)^[4]

C. 기타손실

기타손실로는 텐돈가닥의 열화에 의한 손실과

온도의 영향이 있다. 온도 영향의 특별한 중요성은 텐돈설치(installation) 기간과 검사기간동안 구조물의 평균온도차에 대한 효과이다. 국소화된 고온 균열(hot spot)과 온도변화에 따라 텐돈의 길이에 걸쳐 서로 다른 응력상태를 야기할 수 있다. 또한 콘크리트와 철의 팽창계수 및 수축계수 변화도 텐돈인장력의 보정을 야기한다. 따라서 이러한 효과들은 가동전/중검사에서 측정된 인장력과 경년열화를 고려한 예상된 인장력 값을 비교하는데 중요한 영향을 준다.

3. 원자로 격납건물 가동전/중검사 수행 체계

원자로 격납건물 가동전/중검사는 검사 및 보수업체인 한전기공이 발전사업자인 한전과 검사 수행 계약을 체결하여 규제기관의 감독과 한국기계연구원의 공인검사에 규정된 절차에 따라 자격 인정된 검사원이 실시한다. 실제 검사에 참여하는 업체는 (주) 그룹원과 (주) 제이스코리아 이며 사용재료의 시험 및 분석은 한국기계연구원에서 실시하고 있다. 격납건물 가동전/중검사 수행체계는 (그림 7)과 같다.

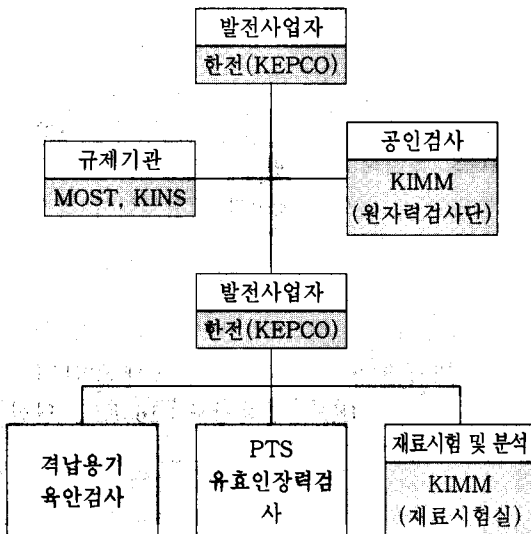


그림 7. 원자로 격납용기 가동전/중검사 수행체계

4. 원자로 격납건물 포스트텐서닝시스템 가동전/중검사

4.1 격납용기 가동전/중검사 실시근거 및 적용코드(code)

과학기술부 고시 제 98-15호에 따르면 격납건물의 텐돈 및 구조검사에 대하여는 미국 원자력 규제위원회(US-NRC)의 “규제지침(Regulatory Guide) 1.35, 1.90, CAN/CSA-N287.7” 및 RCC-G Part 3을 준용하도록 되어있다.^[5] 또한, ASME Code Section XI Subsection IWL의 요건을 준수하여 격납건물 외벽 및 포스트텐서닝시스템의 검사를 통하여 격납건물의 안전성을 평가하고 기능상의 이상여부를 확인한다.

4.2 격납용기 가동전/중검사 검사대상 및 범위

4.2.1 격납건물 콘크리트 표면 육안검사

격납건물 외벽의 접근 가능 지역, 수평/수직 텐돈 지지판 주위에 대한 콘크리트 표면 육안검사를 실시하고 격납건물 외벽의 접근불가능 지역은 망원경을 이용하여 육안검사를 실시한다.^{[6][8]}

4.2.2 포스트텐서닝시스템 육안검사 및 인장력 검사

우선 검사대상 텐돈은 규제지침(Regulatory Guide 1.35)에 따라 무작위로 선정(random selection)하게 되어있다.^[6] 이에 따라, 일반적으로 베이직 프로그램(basic program)을 이용하여 요구되는 검사대상 텐돈의 수만큼을 수평 및 수직 텐돈 각각에 대해 무작위 선정(random selection)을 한다.

검사대상으로 선정된 텐돈에 대하여 텐돈정착부 육안검사, 유효인장력(prestress 손실량) 측정을 실시하고 선정된 텐돈 중 하나의 텐돈을 완전히 탈인장(detensioning)하여 텐돈 가닥

(strand) 하나를 뽑아낸다. 이 제거된 가다에 대하여 육안검사를 실시하여 부식 및 결함이 존재하는지를 검사한다. 탈인장한 텐돈은 가다제거 후 재인장(retensioning)하고 이때 신장량(elongation)을 측정한다.

또한, 1년차 검사에서 선정된 검사텐돈에서 1개의 텐돈을 컨트롤 텐돈(control tendon)으로 선정하여 매차수검사시 유효인장력을 측정하여 시간변화에 따른 인장력의 변화를 측정한다.

4.2.3 재료시험

검사대상텐돈에서 채취한 그리스의 화학성분 분석을 실시하고 제거된 텐돈가다의 양끝단 및 가운데 부위에서 시편을 채취하여 인장시험을 실시한다.^[6]

4.3 격납용기 가동전/중검사 내용

각 발전소의 격납건물 포스트텐서닝시스템 가동전/중검사를 위한 기술시방서 및 절차서가 규제지침(Regulatory Guide 1.35) 및 적용 코드(ASME Sec. XI IWL)의 요건을 준수하여야 하고 격납건물의 외벽 및 텐돈정착부 육안검사원이 기술기준에 따라 적절하게 자격인정되어야 하며 인장력 측정시에 사용되는 로드셀(load cell), 압력계의 교정 및 램(ram)의 보정이 정확하게 이루어져야 한다.

4.3.1 격납건물 콘크리트 표면 육안검사

격납건물 외벽의 접근 가능 지역은 깊이 20mm 폭 150mm 이상의 피상바리나 25ft² 이상의 D-cracking^[7] 및 표면변형 등을 기록하고, 수평/수직 텐돈 지지판 주위에 대한 콘크리트 표면 육안검사는 1/20mm 눈금을 갖는 균열계이저로 측정하여 0.01 in. 이상의 폭을 갖는 균열을 기록한다.^{[6][8]}

4.3.2 포스트텐서닝시스템 육안검사 및 인장력 검사

텐돈정착부 육안검사에서는 정착부품들의 부식상태, 균열 등을 기록하고, 인장력검사를 위해서는 사용되는 램, 로드셀을 검교정하여야 한다.(그림 8)

텐돈(tendon)의 인장력을 측정하기 위해서는 유압식 램(ram)을 사용하는데 램에 의해 발생된 힘은 유압에 의해 결정되며 램 내부의 유압과 힘과의 관계를 안다면 램 내부의 유압 값으로 힘을 계산할 수 있다. 일반적으로 힘의 측정은 로드셀을 사용하는데 로드셀을 사용하여 텐돈의 인장력을 직접 측정하는 것은 적절하지 못하므로 램 내부의 유압과 로드셀로 측정된 램이 발생시킨 힘과의 관계를 먼저 구한 후, 텐돈의 인장력의 측정은 관계식을 이용하여 램 내부의 유압 값으로부터 계산한다. 검사장비의 보정이란 램이 발생시킨 힘과 램 내부의 유압과의 관계식을 구하는 작업으로 텐돈의 인장력 측정 방법에 대한 개괄도는 아래와 같다.

이렇게 교정된 램을 가지고 검사텐돈으로 선정된 텐돈의 유효인장력을 측정하여 예상된 값

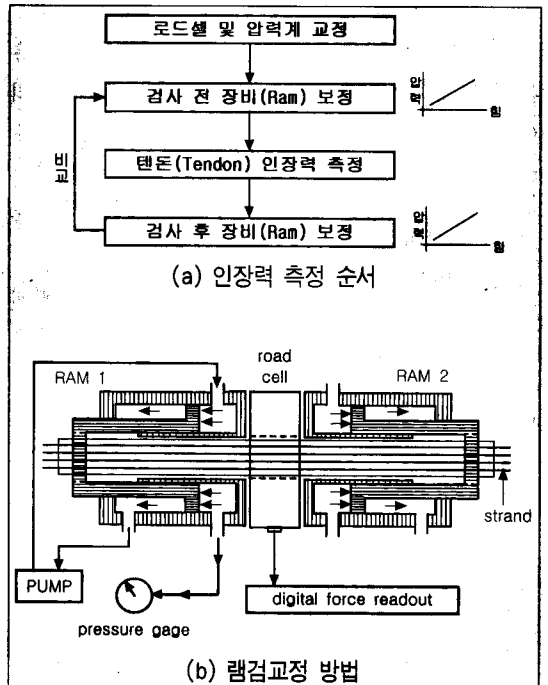


그림 8. 인장력측정순서(a) 및 램검교정 방법(b)의 개괄도

과 비교한다. 유효인장력 측정은 필러게이지 (filler gage)를 이용하여 리프트 오프 방법(lift-off method)으로 측정한다. ASME code Sec.XI 에서는 측정값이 예상값의 95% 이하일 때는 불합격으로 처리한다.^[8]

4.3.3 재료시험

텐돈가닥으로 사용되는 재료는 ASTM A416 Grade 270으로 뛰어난 고강도 재료이지만 부식에는 아주 취약함을 가지고 있다. 따라서 텐돈가닥들은 방식재(그리스)로 보호하고 있다. 따라서, 가동전/중검사에서 검사텐돈의 그리스를 분석하여 수분, 염화물, 질산염, 황화물의 양을 제한하고 있다. 또한, 탈인장 텐돈에서 제거한 텐돈가닥을 인장시험하여 극한인장강도(ultimate tensile strength), 항복강도(1% offset) 및 연신율을 측정하여 초기의 재료 특성을 유지하고 있는지를 검사한다.^{[4][6]}

5. 결 론

원자로 콘크리트 격납건물은 방사능의 외부유출을 막을 수 있는 최후의 수단이며, 사고시의 압력과 온도에 견딜 수 있도록 설계되어 있다. 따라서 격납건물의 구조건전성을 유지, 확보하는 것은 원전의 다른 부분에 못지 않은 중요성을 가지고 있다.

특히, 향후 계속적으로 건설될 한국표준형원전은 콘크리트 격납용기 및 포스트텐셔닝시스템을 채택하고 있으므로 콘크리트 구조물의 건전성 및 포스트텐셔닝시스템의 안전성에 대해 지속적으로 관심을 가져야 할 것이다. 또한, 텐돈가닥으로 사용되는 우수한 재료의 개발도 중요한 관

심사항이다.

한편, 향후 원전의 수명연장시에는 격납건물의 지속적인 안정성이 확보되어야 하므로 현재의 원자로격납용기 가동전/중검사는 대단히 중요한 의미를 가진다 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 장병주, 이창섭, "원자력발전", 학문사, p61~63, 1995.
- [2] ACI, "Manual of Concrete Inspection"
- [3] US NRC Regulatory Guide 1.35.1, "Determining Prestressing Forces for Inspection of Prestressed Concrete Containments", 1990.
- [4] ASTM A 416/A 416M - 96, "Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete", 1996.
- [5] 과기부 고시 제 98-15호, "원자로시설의 가동중점검 및 가동중시험에 관한 규정", 1998.
- [6] US NRC Regulatory Guide 1.35, "Inservice Inspection of UngROUTED Tendons in Prestressed Concrete Containments", 1990.
- [7] ACI 201.1R-92, "Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service", 1992.
- [8] ASME Code Section XI Subsection IWL, "Requirements for Class CC Concrete Components of Light-Water Cooled Plants", 1989.