

# 피복텐던을 적용한 원자로건물 포스트텐서닝 구조효율성 분석

## Structural Effect of HDPE Greased Strand Applying to Post-tensioning in Reactor Containment Building

박종혁\*

방창준\*\*

김좌영\*\*\*

임상준\*\*\*\*

Park, Jong-Hyok

Bang, Chang-Joon

Kim, Jwa-Young

Lim, Sang-Joon

### Abstract

Analysis on structural effects which are reduction of friction coefficient and increase of tendon area by HDPE greased and large size strand in post-tensioning system of reactor containment building was carried out. Effective ratio of tendon force increases 67% to 83% by HDPE greased strand and vertical, horizontal internal section forces increased maximum 51%, 41% respectively. Tendon quantity could be reduced 30% by large size and HDPE greased strand that can maintain safety of ultimate internal pressure same as at present.

키워드 : 피복텐던, 원자로건물, 포스트텐서닝, 구조효율성

Keywords : HDPE Greased Strand, Reactor Containment Building, Post-tensioning, Structural effect

### 1. 서론

일반 스트랜드에 그리스를 도포하고 1.5~2.0mm 두께의 고밀도 폴리에틸렌을 피복한 HDPE greased strand(이하 피복 스트랜드로 약칭)는 텐던의 내부식성을 증진하고 마찰계수를 감소하여 유효율을 향상시키는 효과를 지닌다.

본 연구에서는 이러한 피복 스트랜드의 마찰계수 감소 효과와 15.7mm의 대구경 스트랜드를 APR1400 원자로건물의 포스트텐서닝 적용하였을 경우 구조효율성에 대해 분석해 보고자 한다.

형 개구부와 부벽은 추후 상세해석이 요구되므로 본 연구범위에는 포함되지 않는다.

표 1. 스트랜드 및 텐던 변수 및 기호정의

기호	마찰계수		Strand 지름(mm)	Strand 개수
	곡률(/rad)	파상(1/m)		
Bare 15.2-42	0.14	0.0001	15.2	42
HDPE 15.2-42	0.05	0.0001	15.2	42
HDPE 15.2-55	0.05	0.0001	15.2	55
HDPE 15.7-55	0.05	0.0001	15.7	55

### 2. 해석 변수 및 원자로건물 모델링

해석에 사용된 변수는 피복유무에 따른 마찰계수, 스트랜드 지름, 스트랜드 개수이며 표 1과 같은 값을 적용하였다. 구조모델링은 그림 1과 같은 제원으로서 MIDAS FEA 해석프로그램을 사용하였다. 이외의 탄성계수, 포아송비, 도입 긴장력 등의 해석 입력 값은 기존 APR1400 설계값<sup>1)2)</sup>을 적용하였다.

본 연구의 목적은 마찰계수 감소에 따른 텐던 구조효율성 검토이므로 마찰손실과 탄성수축, 썩기 슬립에 의한 즉시 손실만을 고려하였으며, 콘크리트 크리프와 건조수축에 의한 장기손실의 영향은 배제하였다. 또한 응력집중이 발생하는 장비반입구 등의 대

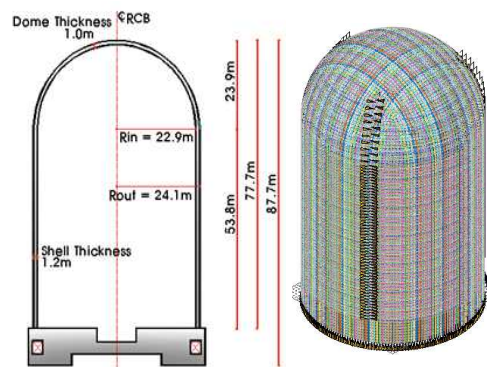


그림 1. 원자로건물 제원 및 모델링 형상

### 3. 피복 스트랜드 텐던 유효율

텐던 종류에 따른 수평텐던 긴장력 분포는 그림 2와 같은 결과

\* (주)한국수력원자력, 주임, 교신저자(mgibson@khnp.co.kr)

\*\* (주)한국수력원자력, 부장

\*\*\* (주)한국수력원자력, 차장

\*\*\*\* (주)한국수력원자력, 주임

를 나타내었다. 긴장력의 효율성 지표인 유효율 측면에서 피복 스트랜드 텐던의 경우 83%, 기존 일반 스트랜드 텐던은 67%로 나타나 16%정도의 효율성 증가가 이루어졌다.

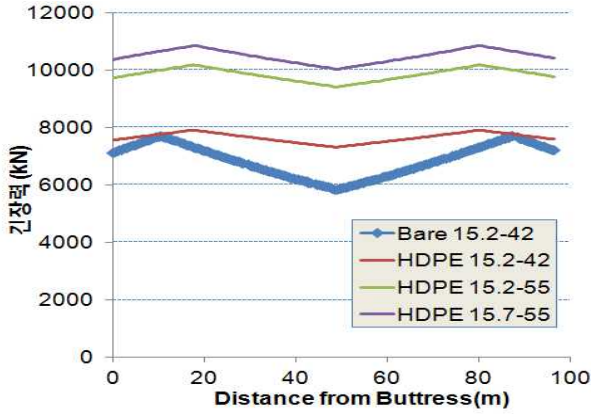


그림 2. 수평텐던 긴장력 분포

#### 4. 텐던 종류 별 단면력 결과

텐던 종류 별 적정 배치 간격 산정을 위해 표 1의 해석변수를 적용한 원자로건물 셸 부위 수직, 수평 단면력을 그림 3과 같이 도시하였다. 텐던 종류에 따른 단면력의 증가는 수평 최대 51%, 수직 최대 41%의 효과를 나타내었으며, 피복 스트랜드의 곡률마찰계수 감소효과로 인해 직선부재인 수직텐던보다 곡선부재인 수평텐던에서 더욱 효율적임을 확인하였다.

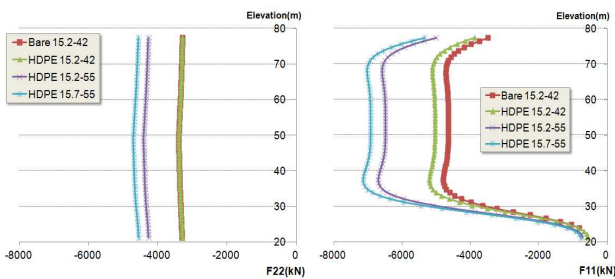


그림 3. 텐던 종류에 따른 수직, 수평 단면력 분포

#### 5. 최적 배치 분석

포스트텐서닝 텐던 수량을 최소화하여 시공공기를 단축할 수 있는 최적의 텐던 배치를 설정하기 위해 15.7mm 피복 스트랜드 55개 텐던 조합으로 해석을 수행하였다. 그림 4와 같은 해석 결과, 대구경 피복 스트랜드를 적용할 경우 기존의 설계단면력과 유사한 포스트텐서닝 안전성을 유지하는 수준에서 텐던 수량의 30% 감소가 가능한 것으로 나타났다.

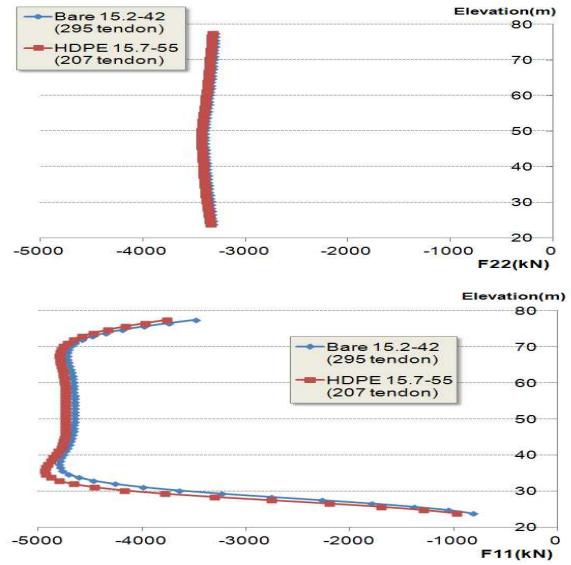


그림 4. 텐던 긴장력에 의한 수직, 수평 단면력 비교

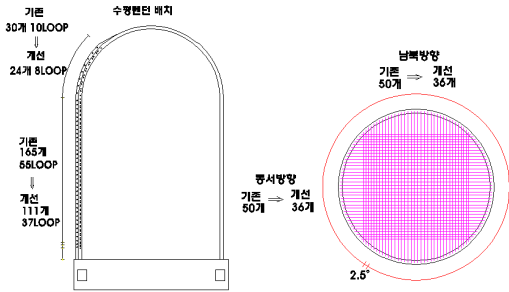


그림 5. 피복 스트랜드 텐던 배치

#### 6. 결론

피복 스트랜드의 마찰계수 감소와 대구경 스트랜드의 텐던 단면적 증가에 따른 원자로건물 포스트텐서닝 구조효율성을 분석한 결과 기존의 안전성을 유지하는 수준에서 30%의 텐던 수량 감소와 이에 따른 적정 배치가 가능할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었으므로 이에 감사드립니다. (No.2011T100200162)

#### 참고 문헌

1. KHNP Design Report 9-310-C460-001, Reactor Containment Building-General, 2009
2. KHNP Design Report 9-310-C460-001, Reactor Containment Building-Shell and Dome, 2009