

# 피복텐던을 적용한 원자로건물 포스트텐서닝 시공효율성 분석

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

방 창 준\*      박 종 혁\*\*      이 병 수\*\*\*      김 석 철\*\*\*  
 Bang, Chang-Joon    Park, Jong-Hyok    Lee, Byong-Soo    Kim, Seok-Chul

### Abstract

It is analyzed that constructability of post-tensioning system applying HDPE greased strand that is greased and coated by high density polyethylene on a bare strand in reactor containment building. The improvement of corrosion resistance by greasing and HDPE coating on a strand makes transportation, handling and installation of tendon to be easier. Therefore, serial and repetitive process of post-tensioning composed of constructor preparation, tendon installation, stressing and anchoring, grease injection could be improved parallel and lumping process of installation and grouting, stressing and anchoring.

키 워 드 : 피복텐던, 원자로건물, 포스트텐서닝, 시공성

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

### 1. 서 론

원자로건물 내부에서의 냉각재상실사고 시 발생하는 극한내압에 저항하기 위한 원자로건물 포스트텐서닝은 원전건설의 주공정이며 건설공기의 단축을 위한 기술개선이 요구되는 분야이다. 포스트텐서닝 시스템을 도입하고 있는 국내의 원전노형의 주요특성은 표 1과 같으며 국외 포스트텐서닝은 국내 노형인 APR1400과는 다른 형태의 스트랜드를 적용하고 있는 것으로 조사되었다. 즉, APR1400 텐던 구성은 15.2mm 42개의 스트랜드로 조합되며, EPR, VVER은 15.7mm 55개의 스트랜드 조합을 나타낸다. 특히 주목할 만한 특징은 VVER 노형의 경우 일반 스트랜드가 아닌 고밀도 폴리에틸렌 피복 스트랜드(HDPE Greased Strand)를 적용하며 타노형에 비해 현저히 적은 정착구 수량과 2부벽 시스템을 도입하고 있는 것으로 나타났다. 포스트텐서닝 시스템에서 정착구 수량의 감소는 일련의 시공공기가 단축됨을 의미하며, 따라서 본 연구에서는 고밀도 폴리에틸렌 피복 스트랜드(이하 피복 스트랜드로 약칭)의 특성을 파악하고 향후 APR1400 적용을 위한 시공효율성에 대해 분석해 보고자 한다.

표 1. 국내외 원전 포스트텐서닝 시스템 특성

노형	특성	정착구 (개)	텐던량 (kN)	스트랜드		부벽
				지름 (종류)	개수/텐던	
신고리 3,4 APR1400		590	17,000	15.2mm (Bare)	42개	3부벽
Tianwan VVER1000		250	13,500	15.7mm (Bare)	55개	2부벽
KudanKulam VVER1000		256	13,250	15.7mm (HDPE)	55개	2부벽
Olkiluto 3 EPR1600		540	22,500	15.7mm (Bare)	55개	3부벽
Flamanville 3 EPR1600		540	22,500	15.7mm (Bare)	55개	3부벽
Tai shan EPR1600		540	22,500	15.7mm (Bare)	55개	3부벽

### 2. 피복 스트랜드 특성

피복 스트랜드는 그림 1(a)와 같이 ASME Code<sup>1)</sup>에서 지정된 ASTM A 416 규격<sup>2)</sup>을 만족하는 일반 스트랜드에 그림 1(b)에서와 같이 그리스를 도포한 뒤 1.5~2.0mm 두께의 고밀도 폴리에틸렌을 피복한 형태를 지닌다. 이와 같은 그리스와 고밀도 폴리에틸렌으로 인해 피복 스트랜드는 부식에 대해 높은 저항성을 나타낼 수 있는 장점을 갖는다. 이러한 피복 스트랜드의 텐던 구성은 일반 스트랜드의 경우 그림 2에서와 같이 그리스 주입을 통해 멀티 스트랜드 비부착식을 나타내며, 피복 스트랜드는 그림 3과 같이

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

시멘트 그라우팅을 하게 되므로 모노 스트랜드 비부착식 형태를 지니게 된다.

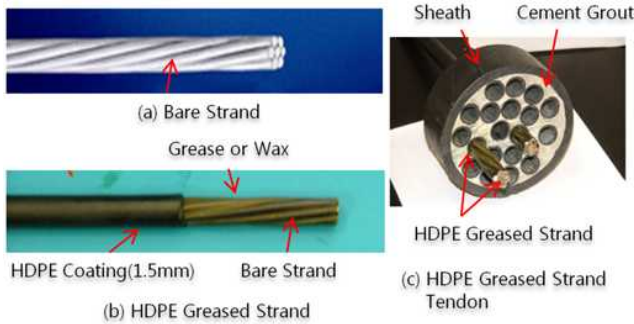


그림 1. 피복 스트랜드 및 텐던 구성

### Multi-Strand 비부착식

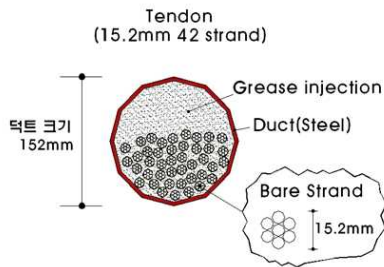


그림 2. 일반 스트랜드 텐던 조합 및 구성 형태

### Mono-Strand 비부착식



그림 3. 피복 스트랜드 텐던 조합 및 구성 형태

### 3. 시공효율성 분석

일반적인 비부착식 형태의 포스트텐셔닝은 그림 4(a)와 같이 긴장작업을 위한 콘크리트 설계기준강도 도달 시공준비 기간, 덕트 내로의 텐던 설치, 긴장력 도입을 위한 긴장 및 정착, 부식 방지를 위한 그리스 주입의 시공과정을 나타낸다. 이러한 시공과정의 특징은 텐던 자체의 부식 방지를 위해 시공준비 기간에 텐던을 사전설치하지 못하고 별도의 독립된 설치 공정을 지닌다. 또한

300여개의 다수 텐던이 시공되므로 텐던 설치, 긴장 및 정착, 그리스 주입은 25%의 공정을 반복하여 시공하게 된다.



그림 4. 포스트텐셔닝 과정 및 개선된 절차

반면에 피복 스트랜드를 적용한 포스트텐셔닝 시공과정은 그림 4(b)와 같은 형태로의 개선이 가능하다. 먼저 피복과 그리스의 방식 기능으로 인해 대기 중 부식환경에 대한 노출이 매우 자유로우므로 기존 시공준비 기간에 모든 텐던의 사전 설치가 가능할 것으로 예상된다. 다음으로는 피복 스트랜드의 경우 그림 1(c)와 같이 스트랜드와 덕트 사이를 그리스 충전이 아닌 시멘트 그라우팅을 하게 되므로 기존 그리스 주입 공정이 제거되며, 이를 대체한 시멘트 그라우팅 작업은 시공준비 기간에 시행하게 된다.

이와 같이 피복 스트랜드를 적용함으로써 설계기준강도 도달 대기가 주요 목적이었던 기존 시공준비 기간에 텐던의 설치와 시멘트 그라우팅 작업을 수행함으로써 보다 효율적인 시공과정으로의 개선이 가능할 것으로 생각된다.

### 4. 결론

일반 스트랜드에 그리스를 도포하고 고밀도 폴리에틸렌을 피복한 피복 스트랜드는 내부식성 향상으로 인해 텐던의 운반, 설치가 용이하여 기존 직렬 반복적인 포스트텐셔닝 시공공정을 병렬 일괄적인 형태로의 개선이 가능할 것으로 판단되며 향후 상세 시공 기술 도입 연구가 필요할 것으로 생각된다.

### 감사의 글

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

### 참고 문헌

1. ASME B&P Vessel Code, Sec. III, Div. 2 Code for Concrete Containments, Rules for Construction of Nuclear Facility Components, 2011
2. ASTM A 416, Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete, 2010