

초대구경 RCD를 이용한 신울진원자력 1, 2호기 주설비공사 해상 수직구 시공사례



김영춘

현대건설(주) 신울진원자력
1, 2호기 주설비공사 현장
기술부 차장
(youngchun.kim@hdec.co.kr)



이왕형

현대건설(주) 신울진원자력
1, 2호기 주설비공사 현장
토목부 차장
(king.@hdec.co.kr)



송재면

삼보E&C(주) 신울진원자력
1,2호기 주설비공사
선임부장
(jmsong@samboenc.co.kr)



김명갑

현대건설(주) 신울진원자력
1, 2호기 주설비공사
현장소장
(myungkab.kim@hdec.co.kr)

1. 서론

해상에서 수직구를 시공하는 경우 일반적으로 슈트파일 또는 벽강관 등을 이용하여 코퍼담(COFFERDAM)을 축조한 후 내부를 육상조건화(DRY WORK)하여 수직구를 시공한다. 이러한 경우 대규모의 가시설 시공에 따른 공사비 및 공기가 증대되는 단점이 발생하게 된다. 본 고에서는 이러한 단점을 극복하고자 세계최초로 직경이 7.5m인 초대구경 RCD장비를 제작하여 해상에서 수직구를 시공 중인 신울진원자력 1, 2호기 주설비공사 현장사례를 소개하고자 한다.

2. 공사현황

신울진원자력 1, 2호기 주설비공사는 국가에너지 기본계획에 따라서 점차적으로 증대되는 전력수요를 충족하고자 전력용량이 기당 1400MW의 원자로 2기를 경상북도 울진군 북면 덕천리에 2018년 2월까지 준공하는 사업이다(그림 1).



그림 1. 신울진원자력 1, 2호기 주설비공사 현장 조감도

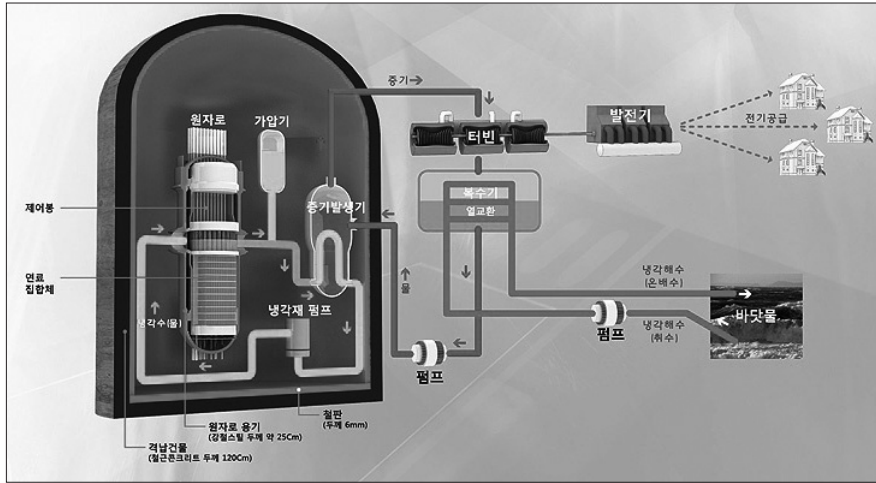
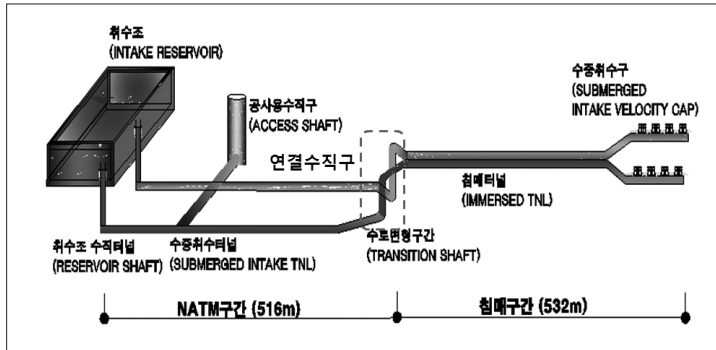
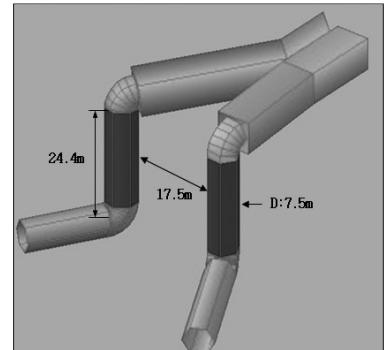


그림 2. 원자력 발전소 계통도



(a) 취수터널



(b) 연결 수직구

그림 3. 취수터널 및 연결 수직구

원자력발전소는 원자로를 냉각시키는 과정에서 해수를 필요로 하게 되는데 해수의 유입 및 유출을 위하여 수중 취수 및 배수터널을 설치하게 된다(그림 2).

본 현장에서는 수중 터널 계획시 암질이 양호한 구간에서는 NATM을 적용하였으며, 암질이 불량한 구간에는 침매터널을 적용 하였다. 이에 따라 취수터널은 NATM 구간 516m 및 침매터널 구간 532m로 계획되었으며 NATM구간과 침매터널을 연결시키기 위하여 깊이 24.4m, 직경 7.5m의 연결 수직구를 계획하였다(그림 3).

또한 배수터널은 160m의 육상 현장타설구간 및

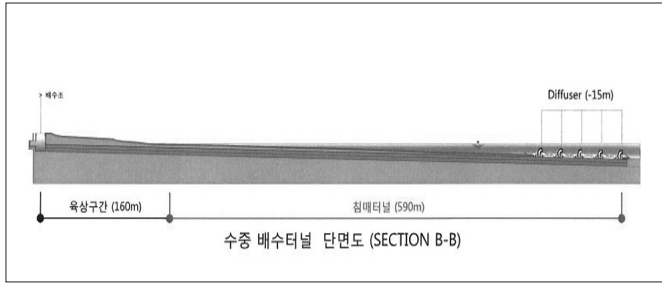
590m의 침매터널구간으로 계획 되었다(그림 4).

본 현장에서는 세계최초로 7.5m 초대구경 RCD 장비를 개발하여 해상에서 취수터널의 연결 수직구를 굴착 하였다.

3. 연결수직구 시공방법

3.1 초대구경 RCD 장비의 구조

초대구경 RCD 장비는 크게 커터가 설치되어 있는



(a) 배수터널



(b) 침매함

그림 4. 배수터널 및 침매함

비트, 비트에 추진력 및 회전력을 주는 기어박스, 굴착 방향을 유지하여 주는 스테빌라이저, 굴착토를 배출하며 비트를 지지해 주는 로드, 로드를 승·하강시키는 마스터 등으로 구분 된다.

본 현장에서 제작된 초대구경 RCD 장비 제원 및 사진은 다음 표 1과 그림 5와 같다.

일반적인 RCD는 기어박스가 굴착기 상부에 위치하여 비트 및 로드가 동시에 회전하게 되어 굴착심도가 깊어지는 경우 추진력의 손실이 발생한다. 따라서 본 초대구경 RCD는 이를 방지하고자 기어박스를 비트위에 배치하여 로드는 회전시키지 않으며 비트만 회전시켜 추진력의 손실을 최소화 하였다. 특히, 로드가 회전하지 않아 굴착시 진동이 발생하지 않았으며 이로 인해 수직도 관리가 용이 하였다.

3.2 연결 수직구 지층 현황

연결수직구가 위치하는 곳의 지층은 4m 두께의 사질토(N=22/30 ~ 50/27), 3.5m 두께의 풍화암

(N=50/5 ~ 50/7), 4.5m 두께의 연암, 11.9m 두께의 경암이 분포하며 그 하부에는 연암 및 경암이 교호하여 나타난다(그림 6).

본 현장에서 수직구가 설치되는 지점의 암반은 화강편마암이며 RQD는 22~93이다. 취수터널 구간의 시추코아의 일축압축강도는 경암 206~822.9 kgf/cm² (평균: 426.9 kgf/cm²), 연암 39.8~384.4 kgf/cm² (평균: 129.8 kgf/cm²) 공내재하시험으로 구한 변형계수는 경암 17,500~148,000kgf/cm²(평균:57,176 kgf/cm²), 연암 16,100~56,000 kgf/cm²(평균:28,650 kgf/cm²)을 보이고 있다.

3.3 시공순서

연결 수직구의 시공 순서는 그림 7과 같다.

우선 수직구 시공위치의 토사 및 암반을 침매터널 계획고까지 준설한다. 그리고 RCD장비를 탑재하기 위한 임시 강관케이싱(직경: 7.6m, 두께: 30mm)을 암반에 거치 한 후 케이싱을 고정시키기 위하여 수중콘

표 1. 장비 제원

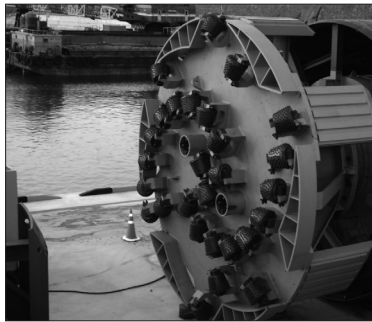
굴착 구경	직경 5.0m(1차 굴착용)	직경 7.5m(2차 굴착용)
최대 토크	146 tonf · m	140 tonf · m
최대 회전속도	3.66 rpm	3.4 rpm
드릴 및 로드 현수하중	120 tonf(70m)	150 tonf(70m)
로드 직경	1.0m ~ 2.0m	



(a) 장비 모습



(b) 굴착 사진



(c) 5.0m 비트



(d) 7.5m 비트



(e) 마스터

그림 5. 초대구경 RCD 장비 사진

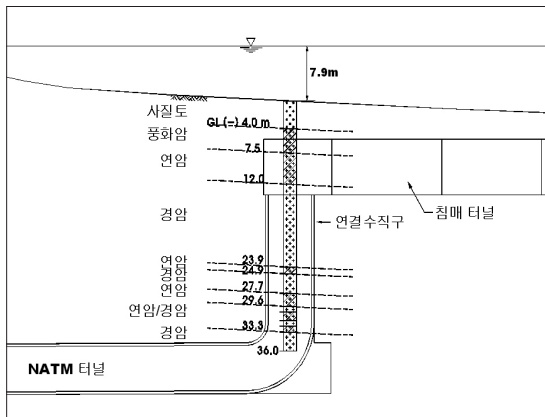


그림 6. 지층 현황 및 시추코아 사진



크리트를 4m 두께로 타설한다.

그 후 임시케이싱의 안전을 확보하기 위하여 사석을 투하한다. 작업 도중에 태풍이 오는 경우 작업바지

(Jackup Barge)가 피항을 하게 되면 임시케이싱은 자립상태로 있게 된다. 이 경우 50년 빈도의 설계파고를 적용하여 케이싱의 안전성을 검토 한 결과 사석이 없

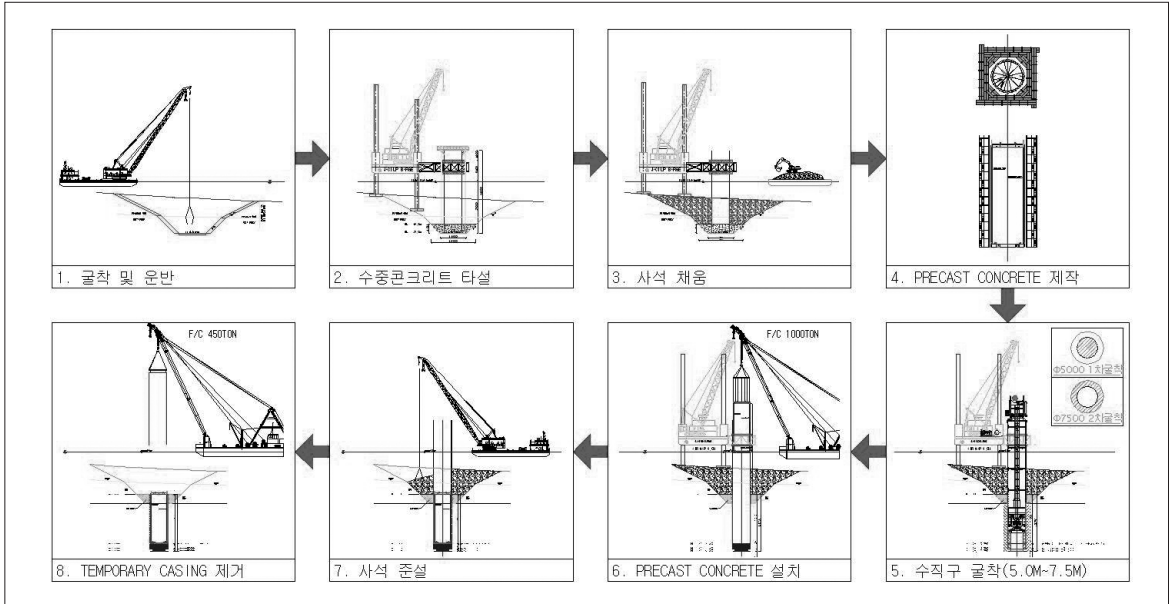


그림 7. 연결수직구 시공 순서



(a) 내부강관 조립



(b) 콘크리트 타설

그림 8. 프리캐스트 샤프트 제작 사진

는 경우에는 케이싱에 과도한 응력이 발생하였으며 이에 대한 대책으로 사석 설치가 계획 되었다.

이와 동시에 육상에서 수직구내에 설치할 일종의 라이닝인 프리캐스트 샤프트를 제작한다. 프리캐스트 샤프트는 제작장에서 내부 거푸집 및 강도보강의 역할을 하는 내부강관(길이:22.1m, 직경:7.15m, 중량:200tonf)을 조립 후 외부에 거푸집 설치 및 콘크리트

를 타설하여 샤프트를 제작한다(그림 8).

임시 케이싱에 RCD를 설치한 후 수직구를 굴착한다. 수직구는 직경 5.0m의 비트로 1차로 굴착 한 후 직경 7.5m 비트를 사용하여 확공 하는 방법을 적용 하였다(그림 9). 이때, 굴진율은 직경 5.0m의 1차 굴착인 경우 7cm/hr, 직경 7.5m의 확공인 2차 굴착시에는 3.5cm/hr로 측정 되었으며 수직도는 1/1,500을 기록



(a) 임시케이싱 설치



(b) 수중콘크리트 타설



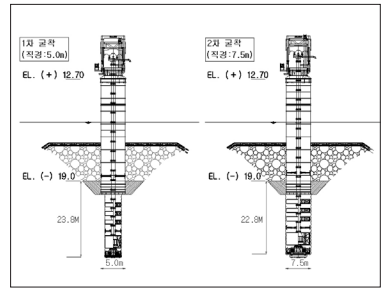
(c) RCD 굴착기 하부설치



(d) RCD 굴착기 상부설치



(e) 사석 쌓기



(f) 1차 굴착 및 2차 굴착

그림 9. 초대구경 RCD 굴착 시공 순서

하였다.

수직구의 굴착이 완료되면 육상에서 제작한 프리캐스트 콘크리트 샤프트를 해상크레인으로 수직구에 운반 및 거치 한다.

프리캐스트 콘크리트 샤프트가 설치되면 굴착면과 콘크리트 사이를 그라우팅 하며 최종적으로 임시케이싱과 사석을 제거한다.

4. 맺음말

본 현장에서는 세계 최초로 직경 7.5m의 초대구경 RCD를 사용하여 수직구를 해상에서 성공적으로 굴착 하였으며 현재 프리캐스트 샤프트를 설치 준비 중에

있다. 초대구경 RCD는 본 현장과 같은 해상 수직구 뿐만 아니라 해상풍력기초의 하나인 대구경 모노파일 천공 등에 이용 될 수 있어 앞으로 널리 이용 되리라고 본다.

참 고 문 헌

1. KEPCO E&C, 희송지오텍(2011), "해상취수관로 연결수직구 해상시추조사보고서"
2. KOPEC, 동아컨설턴트(2008), "신울진1,2호기 수중취배수구조물 상세지질조사보고서"
3. 삼보E&C(2012), "수중취배터널 연결수직구 조성 시공계획서"