
ESR 공법

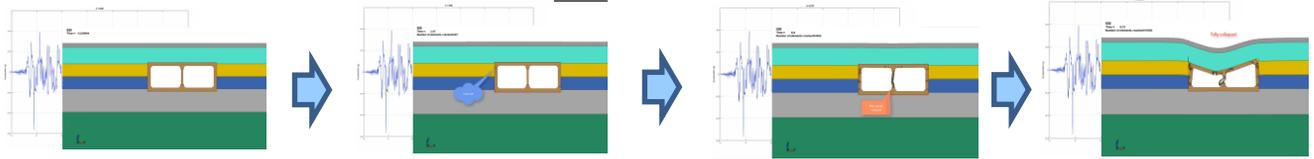
(Exterior Steel-bar Retrofit)



1.1 공법 개발 배경

▶ 토목 구조물 : 지하철, 지하차도 구조물 등

- 붕괴 파괴양상 및 사례 : 일본 다이카이(Daikai) 역사(아래 사각박스 더 크게)



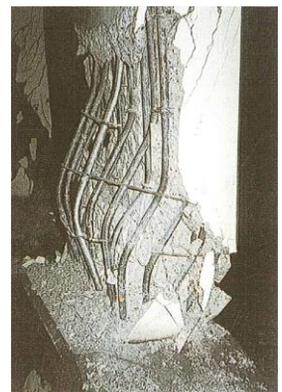
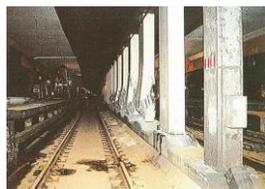
[초기단계]

[벽체 우각부 균열발생]

[중앙 기둥 붕괴]

[전체 붕괴]

☞ 초기에는 벽체와 우각부에 균열이 발행하나 최종적으로 기둥부의 소성힌지 부근이 파괴되어 지하BOX 구조물이 크게 붕괴됨

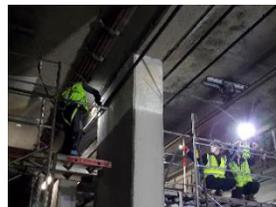


- 지하철 내진 보강 공사 특수성

☞ 제한된 작업시간 (1일에 2시간만 작업 가능)

☞ 많은 지장물

☞ 지하철 운행으로 인한 강한 진동

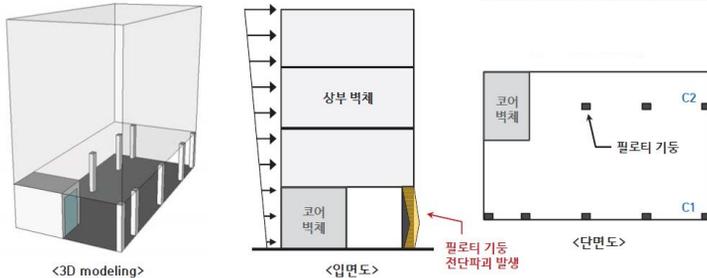


1.1 공법 개발 배경

- ▶ 건축 구조물 : 필로티 건축물, 학교 건축물, 주차장 구조물 등
- 붕괴 파괴 양상 및 사례 (포항지진)

필로티 구조

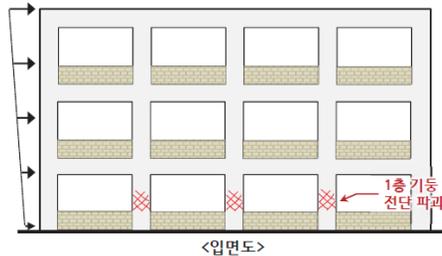
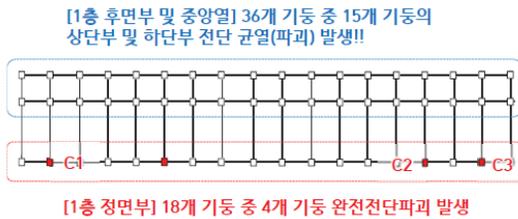
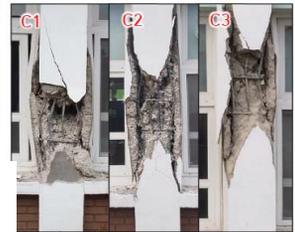
[특징] 원룸 건물의 1층을 주차장으로 사용하기 위해 필로티 구조 사용
 [지진피해 유형] 약기둥 거동으로 인한 1층 기둥 전단파괴 발생
 [문제점] 부실설계 및 부실시공 (기둥 후프철근 상세 및 간격, 콘크리트 피복두께 등)



*출처 : 대한건축학회 세미나 발표집 2018, 포항지진사례

비내진설계 학교시설

[특징] 1968년 지어진 비내진 설계된 철근콘크리트조 학교 건축물
 [지진피해 유형] 1층 기둥 단주전단파괴 (주근 좌굴, 후프철근 파단, 허리벽의 영향)
 [문제점] 비내진설계 (기둥 후프간격 넓고, 비내진 갈고리 상세 등)



*출처 : 대한건축학회 세미나 발표집 2018, 포항지진사례

부실설계 및 부실시공으로 띠철근(전단철근) 역할 상실되고 기둥에 전단파괴 발생



띠철근 역할(전단 및 연성)을 보강할 수 있는 내진 보강 필요

▶ 기존 내진 보강공법의 한계

섬유보강 공법	<ul style="list-style-type: none"> ↳ 습식방식으로 공사기간이 길어짐 ↳ 불연성능 확보 위한 2차 작업이 필요 ↳ 지장물 이설로 공기 및 비용 증가 우려 ↳ 사각기둥 큰변 길이가 작은변의 1.5배 이상이거나 한변의 길이가 900mm이상인 기둥에 대해서 추천하지 않음, 별도 검증 필요(ACR 440.2R-17 기준 참조)
강판보강 공법	<ul style="list-style-type: none"> ↳ 접착제 및 앵커볼트를 사용하므로 기존 구조물에 손상을 줄 수 있음 ↳ 앵커부위가 기둥에서 돌출되어 필로티 건축물 주차장 보강두께 증가 ↳ 고가의 공사비

1.2 ESR 공법의 개요



ESR 공법
 기둥의 외주면에 소요 간격으로 보강재(강재)를 배치하여 기존 RC 기둥 구조물의 전단내력 및 연성도를 향상시키는 내진보강공법

공법 적용

- 지하구조물 기둥내진보강
- 필로티 건축구조물 기둥내진보강
- 학교 구조물 기둥내진보강
- 교량 교각 기둥내진보강
- RC구조물 기둥내진보강 및 전단보강

· 보강재 연결부에서 일정 토크력으로 볼트 체결하여 기둥에 간편 부착

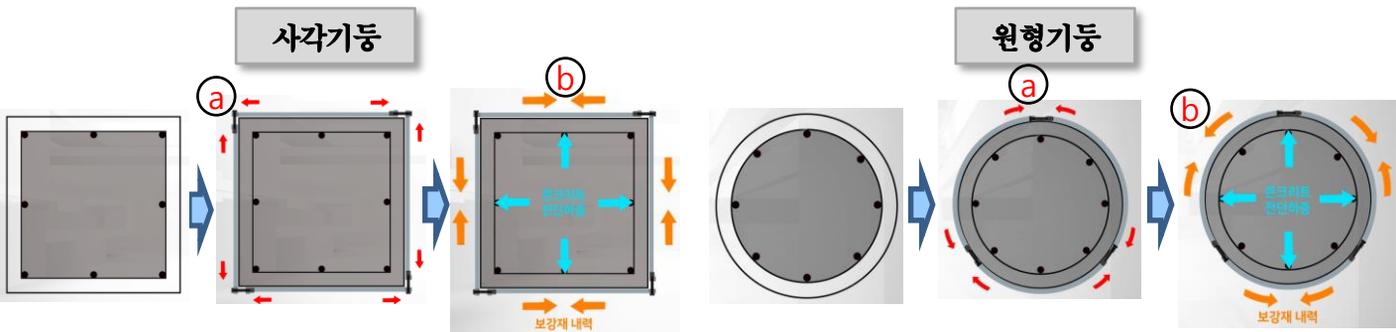
▶ ESR 보강재 TYPE별 개요도

○ : 보강재 연결부

→ : 보강재 인장력 작용방향

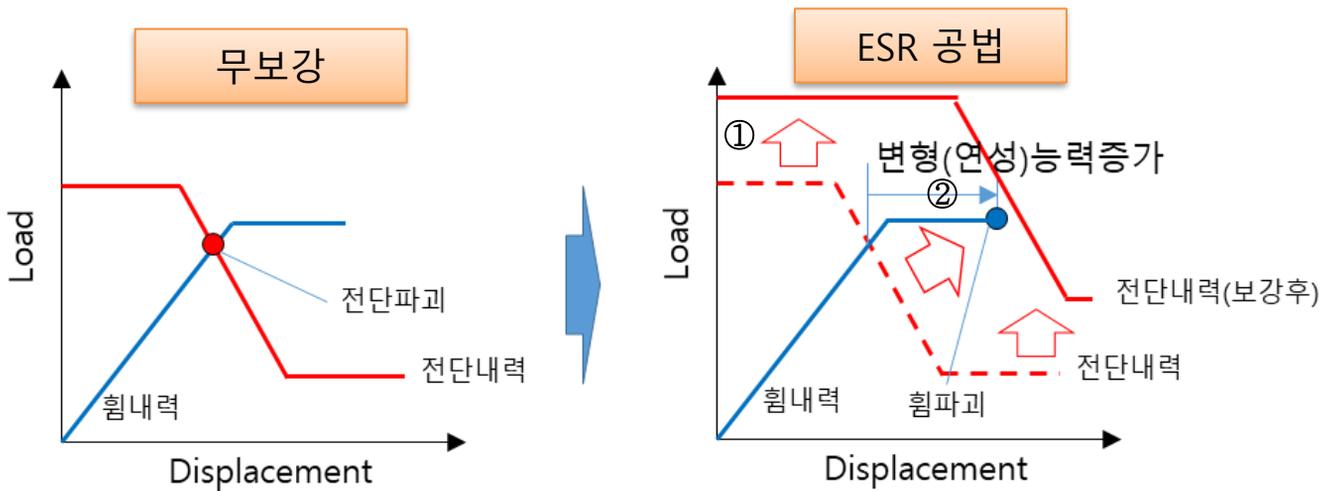
원형기둥	사각기둥		
	모서리체결형	중앙체결형	판형
<p>보강재</p> <p>기둥 (철근콘크리트)</p> <p>보강재 연결부 (연결볼트, 이중체결너트)</p>			

2.1 ESR 공법의 원리



- Ⓐ 보강재에 체결력 도입으로 기둥 부재와 일체화 증대
- Ⓑ 지진발생시 보강재 내력으로 콘크리트 전단파괴에 저항하여 전단내력 및 연성도 향상

▶ 내진보강 효과



① 전단내력 향상: 일정 소요간격으로 체결된 보강재(강재)는 기둥 내부의 띠철근과 같이 기둥에 작용하는 전단력에 저항함으로써 기둥의 전단 내력을 보강

② 연성능력 증가:

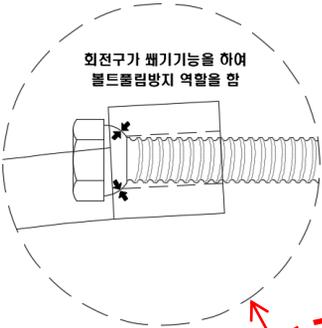
- 대표적인 취성 파괴인 전단 파괴 모드를 연성 파괴 모드인 휨 파괴 모드로 전환
- 보강재로 인한 전단내력 증가에 따른 연성능력 향상 (기존 띠철근의 역할 유사)

3.1 ESR 공법 연결부

▶ ESR 보강재의 연결부

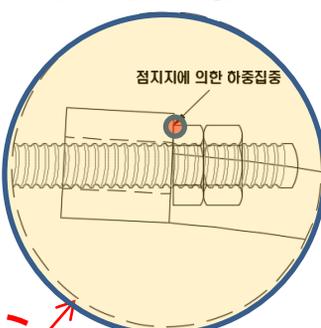
연결부 회전구의 기능

회전구의 역할



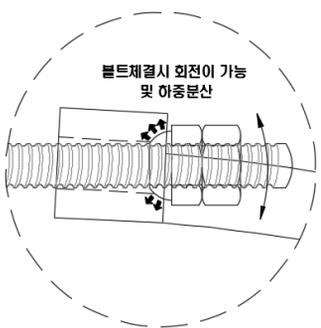
회전구가 뺄기능을 하여
볼트풀림방지 역할을 함

회전구 없을 경우

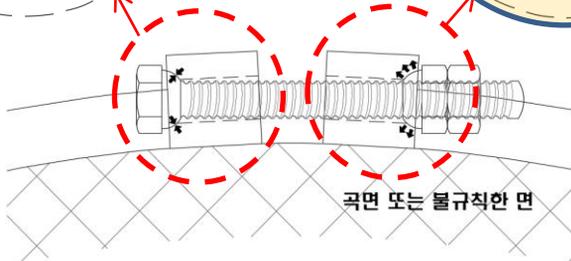


점지지에 의한 아중집중

회전구의 역할



볼트 체결시 회전이 가능
및 아중분산



곡면 또는 불규칙한 면



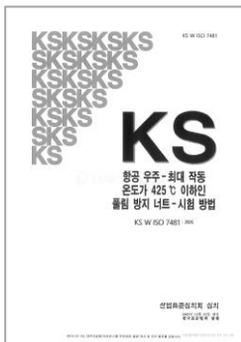
· 볼트, 너트 사이에 반구모양의 회전구(와셔)가 끼워져 있어 볼트, 너트 체결부의 회전이 가능하여 기동 외주면의 불규칙한면에 대응하기가 용이함

▶ 진동 볼트풀림방지 검증

KS W ISO 7481 (항공 우주용으로 사용하는 나사풀림방지 너트에 대한 시험 방법 규정) 성능 만족

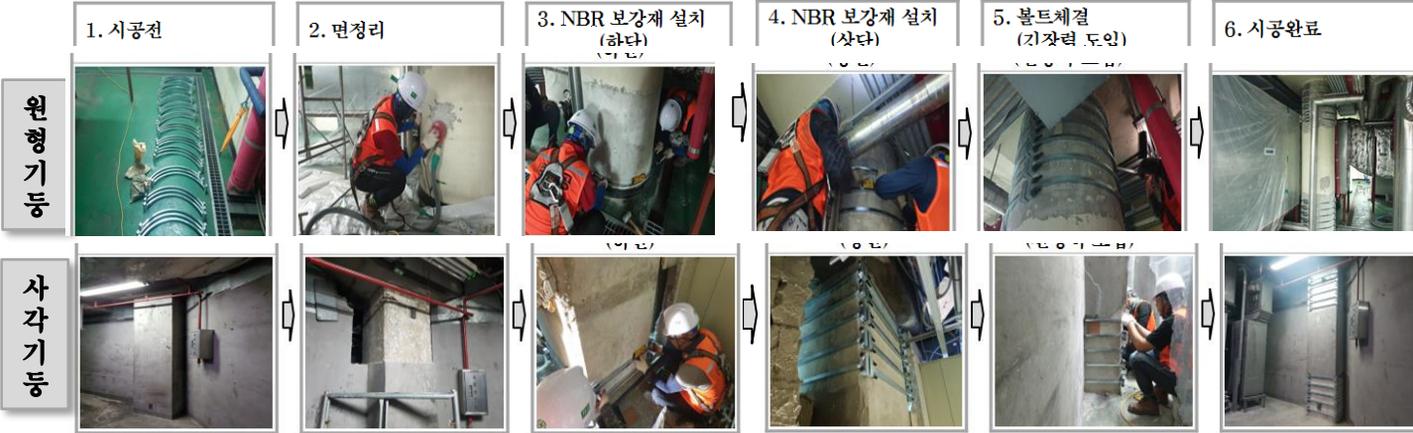
- | | |
|------------------------------------|---|
| - Acceleration Peak : 20.7g | - Acceleration Peak : 3g |
| - Test Frequency : 30 Hz | - Test Frequency : 30 Hz |
| - Duration : 17 min (30,000 cycle) | - Duration : 27hr 50min (3,000,000 cycle) |

장기, 단기 진동으로 인한 볼트풀림방지 시험에 대한 성능 만족



3.2 ESR공법 시공순서

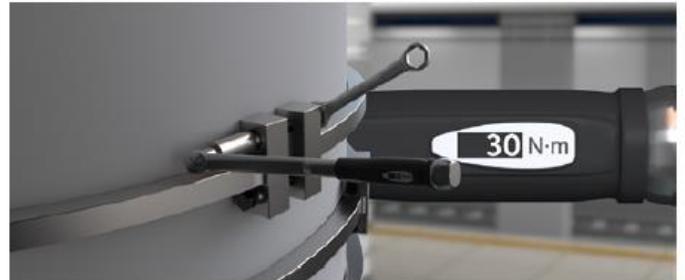
시공순서



▶ ESR 보강재 체결

ESR 보강재 체결

- 기준 체결력에 의한 보강재 체결
- 토크렌치에 의한 정확한 체결력 관리



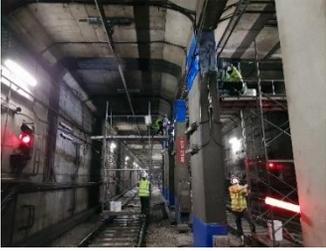
3.3 ESR공법의 장점

▶ 시공장비가 간단하고 시공공정이 단순함



3.3 ESR공법의 장점

▶ 접착제 및 에폭시를 사용하지 않는 기계식 부착방식(너트식 체움으로 시공이 간편함)

기존 섬유보강공법		ESR공법	
			
<함칭용 에폭시 2차 도포 공정>		<기계식 체결(볼트 너트 체결)>	
<에폭시 및 몰탈 도포시 흘림 방지 설치>			

- ☞ 지장물의 영향을 피하여 보강재 설치가 가능(공기단축,비용절감)
- ☞ 접착제 및 에폭시를 사용하지 않으므로 시공이 간편하며 체결즉시 보강효과 발현 (양생과정 불필요)
- ☞ 보강재 설치 후 즉시 후속공정 시공가능 (급속시공)
- ☞ 시공자의 숙련도와 관계없이 일정한 성능 확보가능
- ☞ 친환경적 (물 및 에폭시를 사용하지 않는 건식방식 부착)

▶ 지장물 대처에 용이

☞ 벽체철거 최소화



☞ 지장물 이설 및 철거 최소화



▶ 협소한 주차공간에 적용가능

- ☞ 사용공간 최소화
- ☞ 필로티 주차장 적용



<협소한 주차공간>



<편형- 주차공간에 보강재 돌출을 최소화>

▶ 유지관리 용이

- ☞ 본 구조물의 균열 육안확인 가능
- ☞ 볼트체결 후 정량적인 체결력 확인 가능
- ☞ 시공완료 후 향후 필요시 추가 보강 가능



<균열측정 - 사각기둥>



<균열측정 - 원형기둥>

4.1 내진성능실험

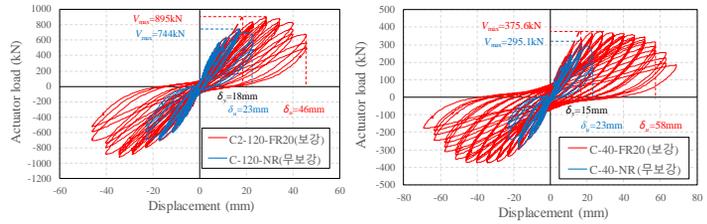
▶ 내진성능실험을 통한 제품 성능 우수성 검증

1) 정방형 (1:1) 및 장방형 (1:3비) 사각 기둥 성능 향상

400×400



400×1200



- ☞ 취성(전단) 파괴에서 연성(휨) 파괴모드로 변화
- ☞ 연성능력 정방형 2.9배, 장방형 1.8배 증가
- ☞ 에너지소산능력 정방형 13배, 장방형 3.4배 증가
- ☞ 장방형 (1:3비) 사각 기둥에서도 우수한 내진성능 검증
- ☞ 전단 지배 거동하는 기둥의 연성능력 향상 검증

2) 보강재 TYPE별 동일 성능 & 순수 연성능력 향상

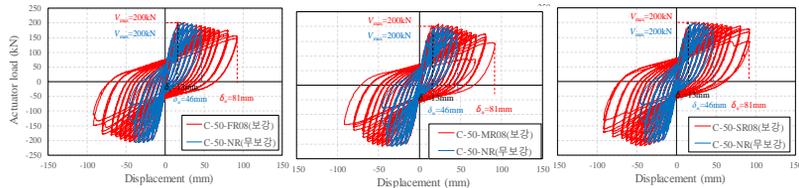
무보강

모서리체결형



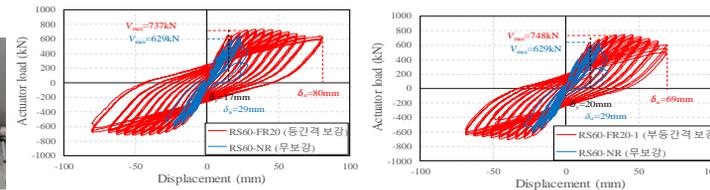
중앙체결형

판형



- ☞ 휨전단 파괴에서 연성(휨) 파괴모드로 변화
- ☞ 연성능력 0.8배, 에너지소산능력 4.5배 증가
- ☞ 보강재 TYPE별로 내진 성능이 거의 동등함을 검증
- ☞ 휨 지배 거동하는 기둥의 연성능력 향상 검증

3) 정간격 및 부등간격 성능 비교

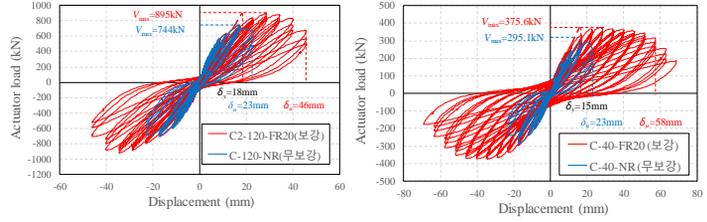


- ☞ 연성능력 2.8배, 에너지소산능력 18배 증가
- ☞ 설치간격을 ±50mm 조정하여도 등간격과 거의 유사한 내진성능 만족

4.1 내진성능실험(내용 추후 수정)

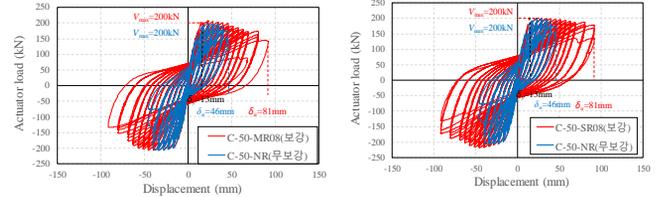
▶ 내진성능실험을 통한 제품 성능 우수성 검증

4) 겹침이음 성능 향상



- ☞ 연성능력 3.8배, 에너지소산능력 18배 증가
- ☞ 축방향철근 겹침이음 기둥에서도 우수한 내진성능 검증

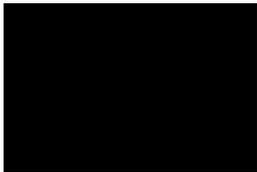
5) 중공기둥 성능 향상



- ☞ 연성능력 3.8배, 에너지소산능력 18배 증가
- ☞ 원형 중공 기둥에서도 우수한 내진보강 성능 검증

5.1 적용처

ESR 공법 적용처



지하철 본선부 기둥



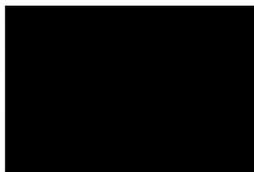
지하철 정거장부 기둥



지하차도 기둥



지하 주차장



필로티 건축 구조물



학교 건물 기둥

다양한 보강재 타입으로 다양한 건축물에 적용 가능

5.2 적용실적

▶ ESR 공법 적용실적

연번	공사명	발주	시공자	공사기간	총공사금액 (신기술공사금액)
1	서울지하철 1,4호선 지하구조물 내진보강공사 (18공구)	서울교통공사	엘림토건(주)	2020.02~2023.02	5,505백만원 (1,733백만원)
2	서울지하철 2호선 지하구조물 내진보강공사 (25공구)	서울교통공사	원하건설(주)	2020.02~2023.02	3,649백만원 (1,324백만원)
3	서울지하철 2호선 지하구조물 내진보강공사 (26공구)	서울교통공사	현무종합건설(주)	2020.02~2023.02	3,087백만원 (1,253백만원)
4	서울지하철 3호선 지하구조물 내진보강공사 (27공구)	서울교통공사	세안이앤씨(주)	2020.02~2023.02	3,995백만원 (1,397백만원)
5	서울지하철 2,3호선 지하구조물 내진보강공사 (28공구)	서울교통공사	초성종합건설(주)	2020.02~2023.02	4,956백만원 (1,420백만원)
6	서울지하철 3,4호선 지하구조물 내진보강공사 (29공구)	서울교통공사	현무종합건설(주)	2020.02~2023.02	3,678백만원 (609백만원)
7	서울지하철 4호선 지하구조물 내진보강공사 (30공구)	서울교통공사	케이디종합건설(주)	2020.02~2023.02	4,170백만원 (217백만원)

▶ ESR 공법 현장적용 사진



6.1 특허증

▶ 특허 제10-1738526호 외 다수



▶ 디자인 제30-1027219호 외 다수



6.2 우수발명품 인증서



6.3 기술인증서



THANK YOU

The Best Engineers

기술과 신뢰를 바탕으로
가장 살기좋은 미래를
열어가겠습니다.



주소 : 서울특별시 영등포구 문래북로 83(당산동2가, 제이씨빌딩)
TEL : 02-899-6913 FAX : 02-899-6916



주소 : 서울특별시 중구 을지로 170
TEL : 02-2284-3114 FAX : 02-2284-3115



주소 : 경기도 성남시 수정구 위례서일로 34, 502호 (창곡동, 성희프라자)
TEL : 031-722-3611 FAX : 0303-3445-3611