

# Hollow Anchor Pile 공법의 개발 및 현장적용성 검토



**문형록**  
반석기초이앤씨(주)  
대표이사  
(moonhr1@daum.net)



**김석재**  
반석기초이앤씨(주)  
기술연구소 소장  
(tycoon93@naver.com)



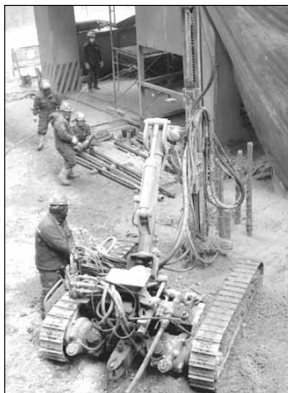
**정태중**  
반석기초이앤씨(주)  
공사부 부장  
(jj3377@nate.com)

## 1. 공법의 개요

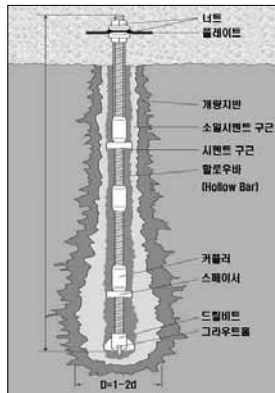
Hollow Anchor Pile은 중공형 강봉 선단에 드릴비트를 장착하여 직천공하고, 그라우트재를 주입하여

지중에 말뚝체를 형성하는 공법이며 천공과 그라우트가 시공중에 동시에 이루어지는 새로운 타입의 마이크로파일 공법이다.

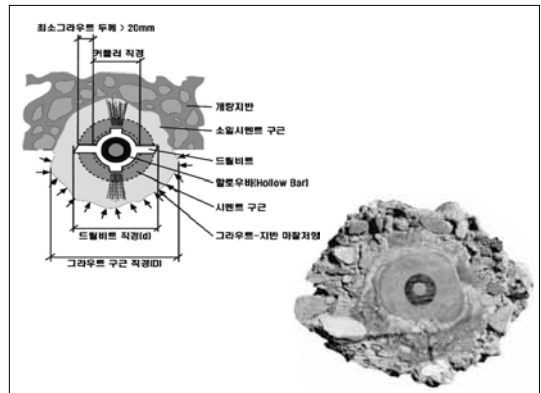
천공과 동시에 파일설치가 가능하므로 공벽유지용



a. 시공장비



b. 시공단면



c. 구근 단면

그림 1. Hollow Anchor Pile 공법 개요

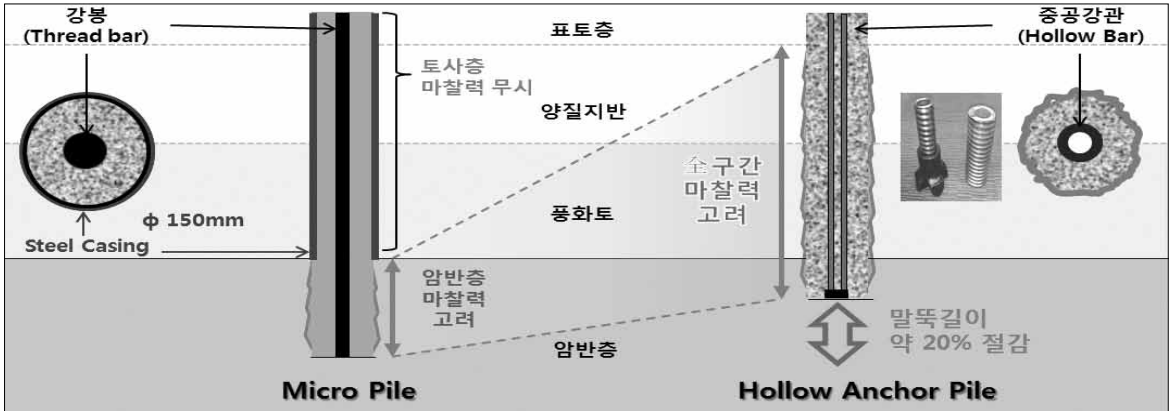


그림 2. Hollow Anchor Pile 공법 지지메커니즘

Steel Casing이 필요 없고 지층분포에 따라 그림 1. b. 시공단면과 같이 드릴비트직경(d)의 1~2d의 구근을 형성하여 양질의 토사지반에서 지반의 지지력을 극대화한 공법이다.

또한 Casing 공정을 제거하고 토사지반에서 구근형성으로 말뚝의 길이 절감이 가능하여 공기단축 및 공사비 절감이 가능한 우수한 공법이다.

- (2) 드릴비트에 의해 직천공이 가능하므로 시공용 외부케이싱이 필요 없다.
- (3) 영구 구조체로서 부식에 대한 조치가 불필요하다.
- (4) 단일공정으로 시공이 되므로 시공속도가 향상된다.
- (5) 토사층에서 구근을 형성하여 주면마찰력을 최대화하므로 파일 길이를 최소화 할 수 있는 경제적인 공법이다.

## 2. 공법 지지메커니즘

마이크로파일은 공벽붕괴 방지를 위해 토사층에서 케이싱을 사용하므로 토사층의 마찰력은 무시하고 지층(풍화암, 기반암)에서의 마찰력으로 하중을 지지하는 반면에 Hollow Anchor Pile은 양질의 토사층에서 구근을 형성하여 지지력을 발현하므로 파일 길이를 약 20% 정도 줄일 수 있고 별도의 Casing이 불필요하므로 경제성이 뛰어난 소구경 파일공법이다.

## 3. 공법 특징

- (1) 그라우트에 의해 말뚝체 주변의 지반 개량효과로 말뚝과 지반의 부착력이 향상된다.

## 4. Hollow Anchor Pile 사용소재

### (1) 국내기준

국내의 경우 한국산업표준(KS F 4602)에서 규정하고 있는 SKK400, SKK490의 두가지 종류의 강재가 말뚝으로 사용되며 항복강도는 각각 235MPa, 315MPa이다.(구조물기초설계기준해설, 2015)

### (2) Hollow Anchor Pile 자재 선정

Hollow Anchor Pile은 소구경 파일로 일반 구조용 강관을 적용할 경우 말뚝본체가 받을 수 있는 하중은 500kN 이하이므로 고하중을 받기 위해서는 고강도의 자재가 요구되어지므로 API(미석유협회) 시방서(ISO 11960)에서 제시된 항복강도 758MPa 이상의 5CT P110의 고강도 자재를 사용한다.


표 1. Hollow Anchor Pile 자재 사용기준

구분(φ76-14t)		인장강도 (MPa)	항복강도 (MPa)	순단면적 (mm <sup>2</sup> )	허용압축하중 (kN)	제조방식
국내 기준	STK490	490	315	2,727	502	ERW
API 기준	5CT P110	862	758~956	2,727	1,209	Seamless
비고		AP(American Petroleum Institute) : 5CT(표준코드), P110(강종) ERW(Electric Resistance Welding) : 용접강관 제조방법의 일종이며 Pipe의 형상으로 얇은 철판을 굽혀 고주파 전기저항에 의한 발열을 이용하여 겹쳐진 철판을 용접				

표 2. Hollow Anchor Pile 자재 제원

자재등급	외경 (mm)	두께 (mm)	내경 (mm)	항복강도 (MPa)	설계하중(kN)	
					인장하중	압축하중
5CT P110	76	14	51.1	758	1,181	1,209

표 3. Hollow Anchor Pile 자재 시험 결과

구분	인장강도(MPa)	항복강도(MPa)	비고	
API 기준	862	758~956	API 기준 만족	
시험결과	972	854		

API 5CT P110 자재는 유정용으로 사용되는 고강도 강관으로 이음매 없는(Seamless) 제조방식이며 일반 구조용 강재보다 강도가 우수하고 내구성이 뛰어나다.

(3) Hollow Anchor Pile 부속자재

아래 그림과 같이 Hollow Anchor Pile의 부속자재는 Coupler, Drill Bit, Lock Nut, Bearing Plate이며



그림 3. Hollow Anchor Pile 부속자재

표 4. Hollow Anchor Pile 부속자재 제원

구분	규격	사용자재	용도	항복강도(MPa)	인장강도(MPa)
커플러	KS	SM45C	기계구조용 탄소강재	490	686
Lock Nut	KS	SM45C			
Drill Bit	KS	SM45C			
Bearing Plate	KS	SS400		235	400

Coupler, Drill Bit, Lock Nut은 비틀림에 저항하는 기계구조용 탄소강재인 SM45C 자재를 사용한다.

### 5. 지지력 산정방법

Hollow Anchor Pile의 본체의 허용 하중 및 설계 지지력은 미연방도로국(FHWA)의 마이크로파일 설계와 시공에 관한 매뉴얼에 따라 설계한다.

#### (1) 파일 본체의 허용압축하중

$$P_{c-allowable} = (0.40f'_{c-grout} \times A_{grout} + 0.47 F_{y-Hollow\ bar} \times A_{Hollow\ bar})$$

여기서,  $P_{c-allowable}$ : Hollow bar의 허용압축하중

$f'_{c-grout}$ : 그라우트 설계강도

$A_{grout}$ : 그라우트체 단면적

$F_{y-Hollow\ bar}$ : 보강재(강관) 항복강도

$A_{Hollow\ bar}$ : 보강재(강관) 단면적

#### (2) 지반의 허용지지력

$$P_{G-allowable} = (\alpha_{band} \times \pi \times D_b \times L_b) / FS$$

여기서,  $P_{G-allowable}$ : Hollow Anchor Pile의 허용지지력

$\alpha_{band}$ : 그라우트와 지반 사이의 극한 마찰 저항력

$D_b$ : Hollow Anchor Pile의 확공직경

$L_b$ : 정착부 길이

FS : 안전율(3.0)

### 6. 서초구 잠원동 ○○ 재건축아파트 시험 시공

#### (1) 설치심도 검토

설계하중(800kN/본)을 만족하는 Hollow Anchor Pile의 시공길이는 16m이며 마이크로파일의 시공길이는 22m로 검토되었다.

표 5. Hollow Anchor Pile 확공직경(해외문헌, 잠원동 대림아파트 시험시공 결과)

지반특성	확공직경(mm)
중간&거친 자갈	2.0d
모래&자갈질 모래	1.5d
점토	1.4d
풍화암	1.0d
비고	· d : 드릴비트의 직경

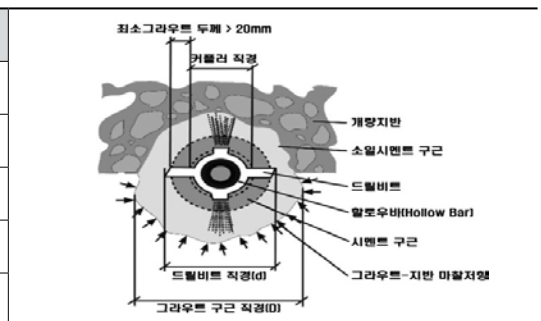


표 6. 대표적인  $\alpha_{band}$  값의 범위(FHWA, 2005)

Soil / Rock Description	Typical Range of Grout-to-Ground Bond Nominal Strengths(kPa)			
	Type A	Type B	Type C	Type D
Silt&Clay(somesand)(soft,mediumplastic)	35~70	35~95	50~120	50~145
Silt&Clay(somesand)(stiff,densetoverlydense)	50~120	70~190	95~190	95~190
Sand(somesilt)(fine,loose-mediumdense)	70~145	70~190	95~190	95~240
Sand(somesilt,gravel)(fine-coarse,med.-verydense)	95~215	120~360	145~360	145~385
Gravel(somesand)(medium-verydense)	95~265	120~360	145~360	145~385
GlacialTill(silt,sand,gravel)(medium-verydense,cemented)	95~190	95~310	120~310	120~335
SoftShales(fresh-moderatefracturing,littleonoweathering)	205~550	N/A	N/A	N/A
SlatesandHardShales(fresh-moderatefracturing,littleonoweathering)	515~1380	N/A	N/A	N/A
Limestone(fresh-moderatefracturing,littleonoweathering)	1035~2070	N/A	N/A	N/A
Sandstone(fresh-moderatefracturing,littleonoweathering)	520~1725	N/A	N/A	N/A
GraniteandBasalt(fresh-moderatefracturing,littleonoweathering)	1380~4200	N/A	N/A	N/A

Type A – Gravity grout only

Type B – Pressure grouted through the casing during casing withdrawal

Type C – Primary grout placed under gravity head, then one phase of secondary "global" pressure grouting

Type D – Primary grout placed under gravity head, then one or more phases of secondary "global" pressure grouting

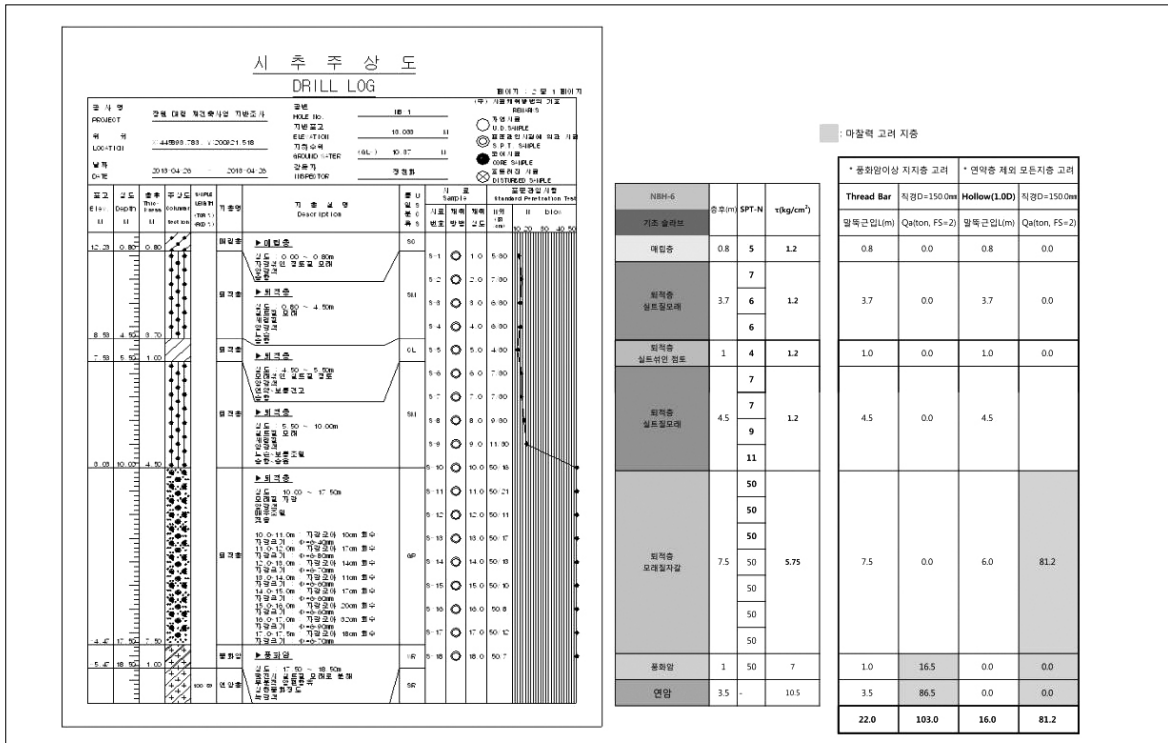


그림 4. 서초구 잠원동 ○○ 재건축 아파트 주상도 및 파일 설치심도

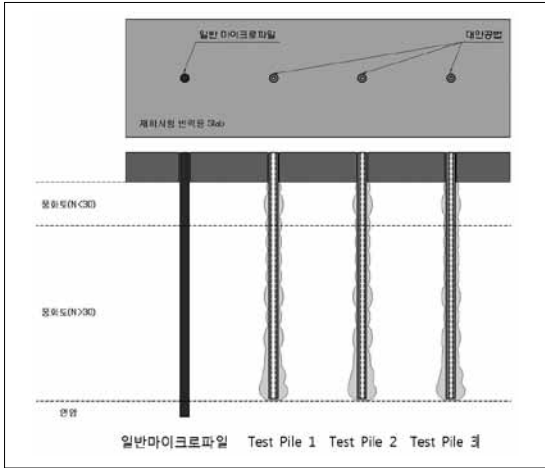


그림 5. 서초구 잠원동 ○○ 재건축 아파트 시험시공 개요

## (2) 시험시공 개요

마이크로파일 1본(22m), Hollow Anchor Pile 3본(16m)을 설치하였다.

## (3) Hollow Anchor Pile 그라우팅 방식

물보링을 겸한 자천공 방식으로 공벽붕괴를 방지하고 1차 및 2차 그라우팅 주입으로 밀실 충진하여 구근체를 확보하였다.

## (4) 검토결과

정재하시험결과 Hollow Anchor Pile의 허용지지력은 800kN 이상, 마이크로파일의 허용지지력은 530kN 이하로 분석되어 Hollow Anchor Pile만 설계 하중에 만족하는 결과를 보였다.

또한, Hollow Anchor Pile은 케이싱 공정이 없고 자천공 방식으로 소음이 없어 시공성이 좋고 마이크로파일에 비해 말뚝길이를 20% 이상 절감이 가능하므로 경제적인 측면에서도 유리한 것으로 확인되었다.



a. 정재하시험



b. 구근 확인

그림 6. 재하시험 및 구근확인

## 7. 위례신도시 ○○아파트 현장적용

### (1) 현장적용 위치

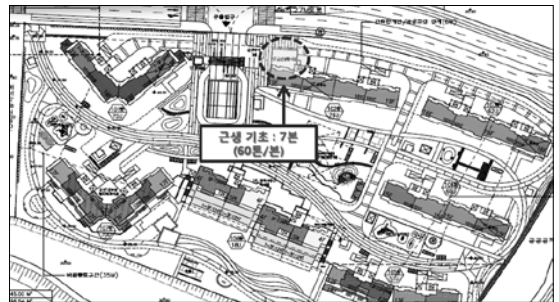
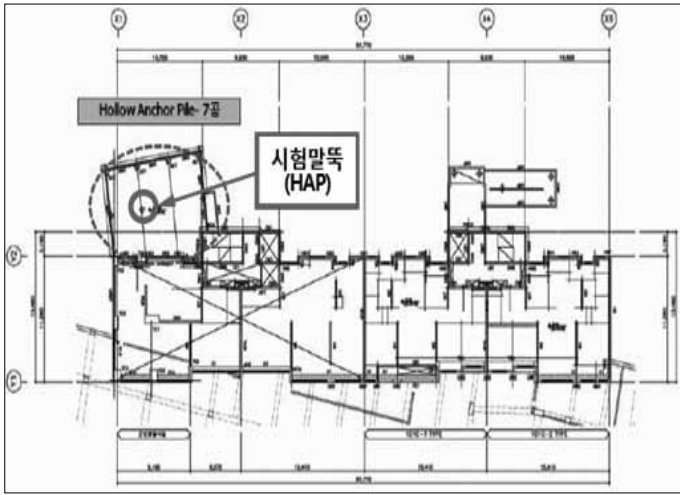


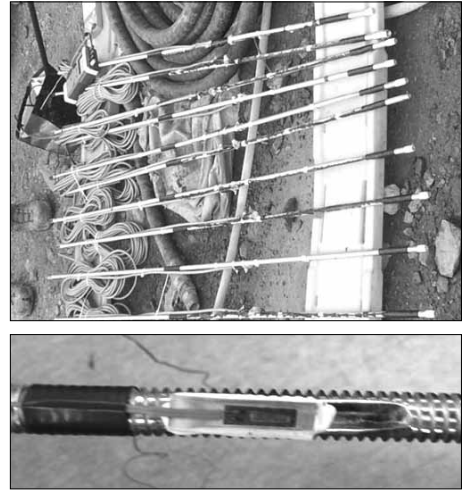
그림 7. 위례신도시 ○○아파트 시공 위치

### (2) 정재하 및 하중전이시험 개요

위례신도시 근린생활시설에 Hollow Anchor Pile을 시공한 후 파일 내부에 1m 간격으로 스트레인이게이지가 부착된 Thread Bar를 투입하여 정재하 및 하중전이시험을 실시하였다.



a. 시험말뚝 위치도

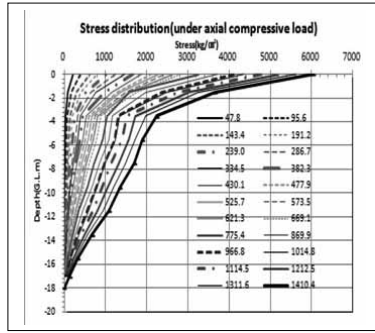


b. 스트레인게이지가 부착된 Thread Bar

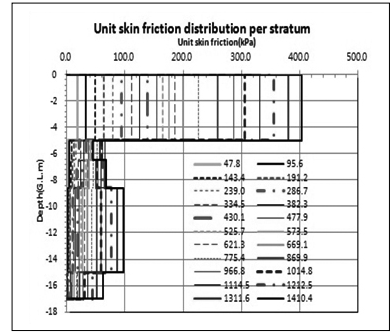
그림 8. 재하시험 및 하중전이시험



a. 정재하시험 전경



b. 하중단계별 응력분포도



c. 심도별 주면마찰력 분포도

그림 9. 재하시험결과

### (3) 시험결과분석

정재하시험결과 허용하중은 70tonf 이상으로 설계하중 60tonf을 충분히 만족하였으며 전침하량 16.47mm, 잔류침하량 3.88mm로 극한이나 항복하중을 발견할 수 없었다.

하중전이시험결과 주면마찰력은 지표면 매립지반 GL(-)5.0m 이내에서 전체 지지력의 80% 이상이 나타나 Hollow Anchor Pile 구근의 마찰력이 잘 발현된 것을 볼 수 있다.

## 8. 맺음말

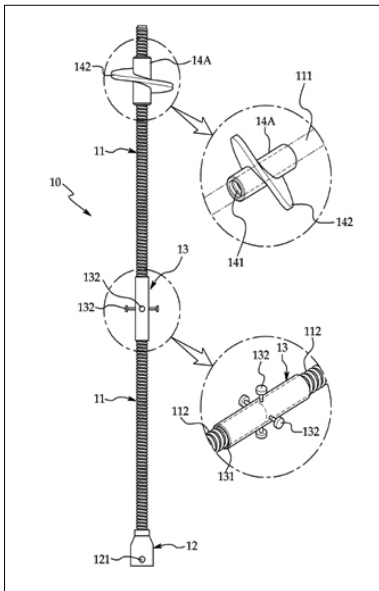
본 지면을 통하여 소개한 “Hollow Anchor Pile”은 소구경 파일로서 시장 규모는 연간 1,000억원 정도로 추정되며 이러한 소구경 파일시장이 확대되는 추세이다. 협소한 공간, 기존 구조물 내, 시공조건이 까다로운 장소에서의 작업, 소규모의 장비조합으로 근접시공이 요구되는 곳에서의 신축 및 증축 공사에서 널리 활용될 것으로 기대하고 있다. 또한, 기존 마이크로파

일에 비해 외부케이싱이 필요없고 시공속도가 빠르며 토사층에서의 마찰력 극대화도 파일 길이를 약 20% 절감시킬 수 있어 경제성 면에서도 우수한 공법이다.

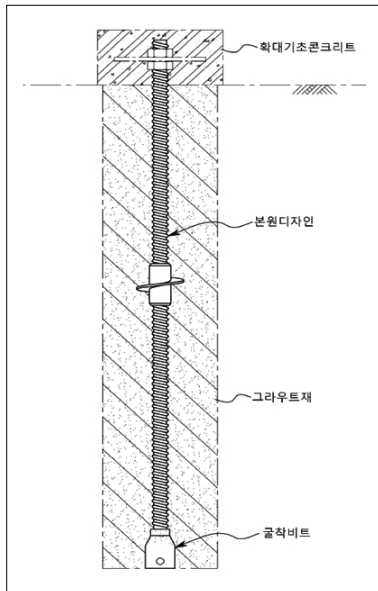
끝으로 당사의 신기술을 소개할 수 있도록 지면을 할애해 주신 한국지반공학회 관계자 여러분께 감사의 인사를 드립니다.

※ Hollow Anchor Pile 특허 및 디자인

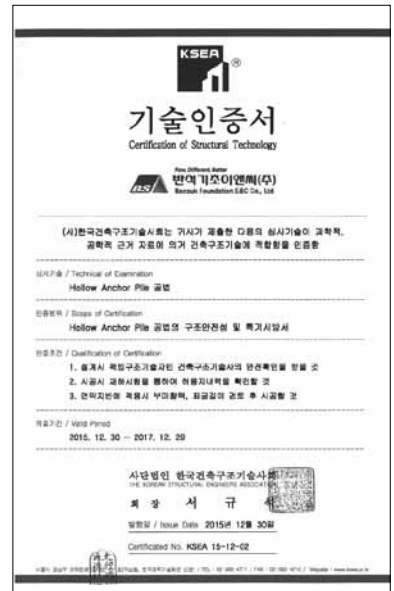
- 특허 제10-1499341 "할로우 바를 이용한 소구경 말뚝 및 그 시공방법"(삼성물산, 다산이엔지 공동)
- 디자인등록 30-0757793 : "기초말뚝"(반석기초이앤씨(주))
- (사)한국건축구조기술사회 인증: "Hollow Anchor Pile 공법"(반석기초이앤씨(주))



a. 특허 제10-1499341



b. 디자인등록 30-0757793



c. (사)한국건축구조기술사회인증