2022

한국지반환경공학회 & 한국방재안전학회
공동학술대회 논문집

일시 | **2022. 9. 16(금)**

장소 | **제주대학교 아라컨벤션홀** (제주시 제주대학로 102)

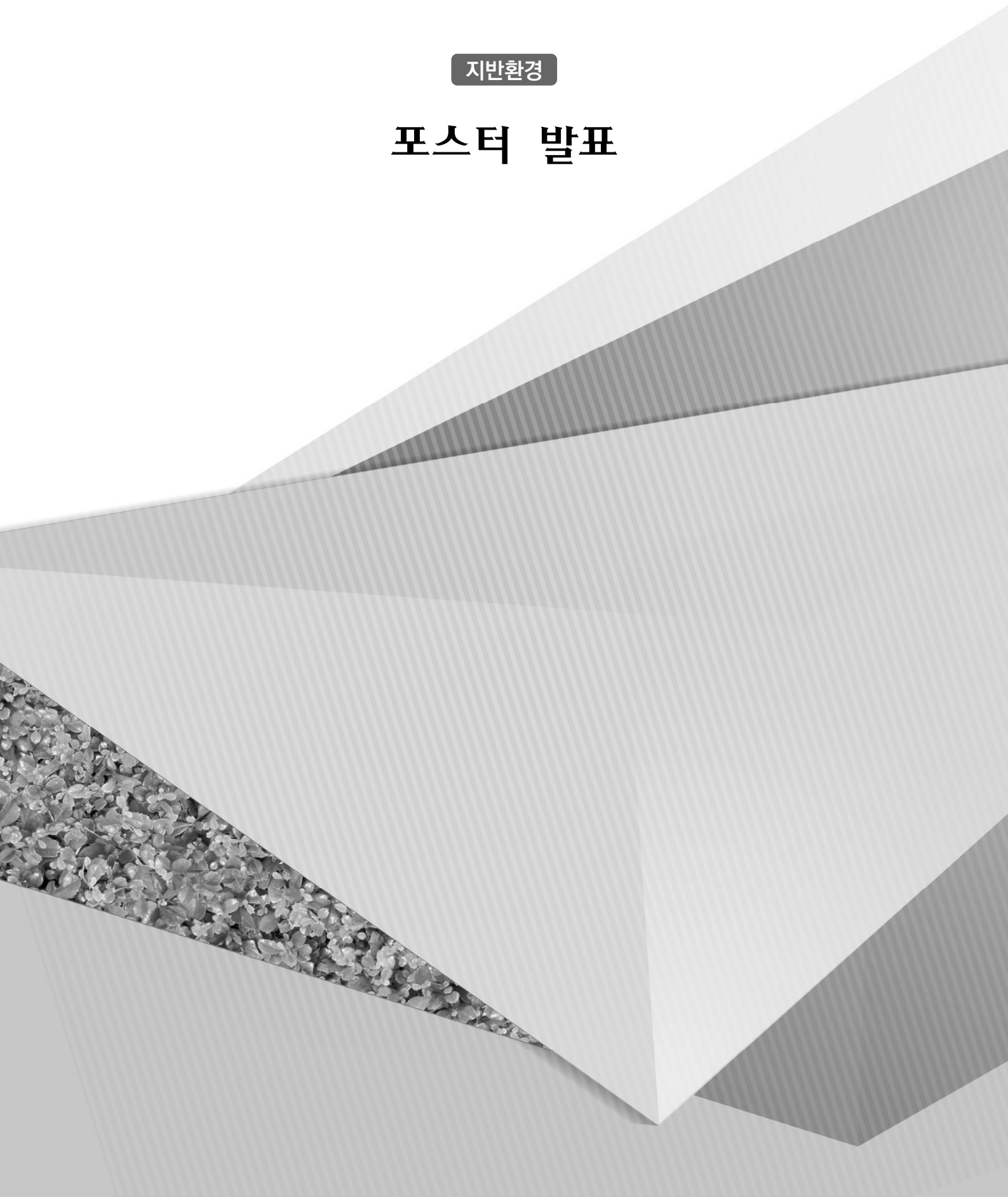
주최 | (사)한국지반환경공학회, (사)한국방재안전학회

사단법인 한국지반환경공학회 KOREAN GEOENVIRONMENTAL SOCIETY

(사)한국방재안전학회 Korean Society of Disaster & Security

지반환경

포스터 발표



굳지않은 콘크리트에 의한 지하수오염을 방지하기 위한 섬유거푸집 현장타설말뚝(ICPG)

Insite Concrete Pile Geotextile-Form(ICPG) for Preventing Underground Water Pollution by Fresh-Concrete

이용주[1] · 송태언[2] · 조한택[3] · 김준호[4] · 김승규[5] · 선종원[6]
Lee, Yong-Ju · Song, Tae-Eon · Jo, Han-Taek · Kim, Jun-Ho · Kim, Seung-Gyu · Sun, Jong-Won

1. 현장타설말뚝 개요

현장타설말뚝은 지반을 굴착 후 철근망을 근입하고 지중에 콘크리트를 타설 및 양생하여 제작하는 말뚝으로, 큰 지지력을 필요로 하는 대심도의 말뚝기초에 적용성이 우수하다. 그러나 지하수위 아래의 토사층, 절리가 발달한 풍화암층, 암반 파쇄대, 지하 공동 구간 등에서 굳지않은 콘크리트에 함유된 중금속에 의한 지하수 오염이 발생하고, 연약 점성토층에서 벌징(Bulging) 현상과 지하 대수층에서의 지하수의 흐름에 의해 콘크리트의 몰탈이 유실되어 말뚝의 품질 확보가 어려운 문제점이 있다.

최근 "평택~오송 2복선화 제5공구 건설공사(턴키)"에서 연제천, 연제저수지 구간을 통과하는 연제교 교각 기초공법으로 현장타설말뚝이 적용되었으며 말뚝의 품질확보 및 지하수 오염 방지에 유리한 섬유거푸집 현장타설말뚝 공법을 소개하고자 한다.

2. 굳지않은 콘크리트에 의한 지하수 오염 및 방지대책

현장타설말뚝에 사용하는 시멘트에는 "자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 시행규칙"에 따라 중금속을 함유한 슬래그를 의무적으로 사용하도록 규정하고 있다. 국립환경과학원에서 발표한 자료에 의하면 슬래그를 사용한 시멘트는 6가크롬, 비소, 카드뮴, 구리, 수은, 납 등의 중금속을 함유하고 있으며 이 중에 6가크롬은 1종 발암물질로서 생태계에 치명적인 해를 끼치는 물질이다.

중금속이 함유된 시멘트를 사용한 굳지않은 콘크리트는 물과 접촉하면 중금속이 용해되어 지하수 오염의 원인이 되므로 희생강관과 섬유거푸집 등을 이용하여 지하수 오염을 방지할 수 있다.

3. 지하수 오염 방지를 위한 현장타설말뚝 시공방법 개선

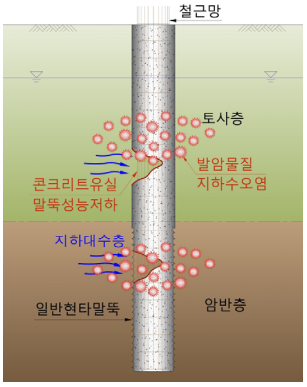
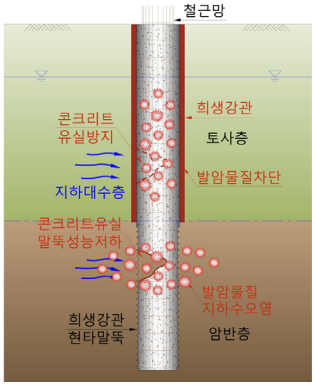
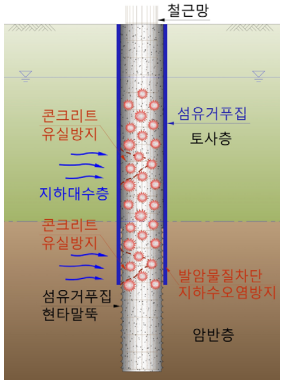
현장타설말뚝 시공 중, 중금속이 함유된 시멘트를 사용한 콘크리트를 수중에 타설할 때 굳지않은 콘크리트는 물과 접촉하면 중금속이 용해되어 지하수 오염의 원인이 된다.

지하수 오염방지를 위해 기존에는 희생강관을 적용하였으나 희생강관은 암반층 시공이 불가하여 지하수

1) 쌍용건설 토목기술팀 과장(yjlee@ssyenc.com)
2) 쌍용건설 토목기술팀 부장(songtairn@ssyenc.com)
3) 쌍용건설 토목기술팀 과장(herotaek@ssyenc.com)
4) 쌍용건설 토목기술팀 과장(jykim@ssyenc.com)
5) 쌍용건설 토목기술팀 대리(sgkim89@ssyenc.com)
6) 성운건설 부사장(bosungsun@empal.com)

오염방지 및 품질확보에 어려움이 있다. 섬유거푸집을 적용 시 암반층까지 시공이 가능하여 지하수 오염을 방지할 수 있고 우수한 말뚝품질 확보가 가능하다.

Table 1. Comparison table

일반 현장타설말뚝	희생강관 현장타설말뚝	섬유거푸집 현장타설말뚝
· 굳지않은 콘크리트에 함유된 시멘트의 중금속, 발암물질 지하수에 융해 ➜ 지하수오염 · 지하수 흐름으로 굳지않은 콘크리트 중 자갈만 남음 ➜ 말뚝성능 저하	· 희생강관으로 토사층 문제점보완 · 토사층에 희생강관 적용 ➜ 공사기간 및 공사비 증가 · 암반층 : 희생강관 적용불가 ➜ 지하수오염, 말뚝성능저하	· 희생강관 대신 섬유거푸집을사 용하여 토사층뿐만 아니라 암반층 문제점 보완 · 섬유거푸집 적용 ➜ 공사기간 단축 및 공사비 절감 · 암반층 섬유거푸집 설치 ➜ 지하수오염방지, 말뚝품질확보
		

4. 결론

대심도 기초에서 큰 지지력을 필요로 하는 말뚝기초에 적용성이 우수한 현장타설말뚝에 섬유거푸집을 적용하여, 현장타설말뚝 시공 중 토사층뿐만 아니라 암반층에서도 굳지않은 콘크리트에 의한 지하수 오염을 방지하고, 지하 대수층에서 지하수의 흐름에 의한 콘크리트 유실을 방지하여 말뚝의 품질 확보가 가능하다.

Table 2. Application effect

말뚝구분	지하수 오염방지		말뚝품질확보		자재비
	토사층	암반층	토사층	암반층	
일반 현장타설말뚝	×	×	×	×	-
희생강관 현장타설말뚝	○	×	○	×	고가
섬유거푸집 현장타설말뚝	○	○	○	○	비용절감

또한, 교량기초 외에도 대형구조물 및 건축물, LNG저장탱크, 유류저장탱크, 풍력발전 등의 다양한 깊은기초에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 환경부령 제979호(2022.3.31.)『자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙』제2조
2. 국립환경과학원(2022.7.1.)『국내·외 시멘트 제품의 중금속·방사능 분석결과(2022.6.)』

굳지않은 콘크리트에 의한 지하수오염을 방지하기 위한 섬유거푸집 현장타설말뚝 (ICPG)

쌍용건설 토목기술팀*, 성운건설**
이용주*, 송태언*, 조한택*, 김준호*, 김승규*, 선종원**

현장타설말뚝 개요

■ 현장타설말뚝은 지반을 굴착한 후 철근망을 근입하고 지중에 콘크리트를 타설하여 지중에서 양생, 제작하는 현장타설콘크리트말뚝 임.

■ 대심도의 말뚝기초에 적용성이 우수하나, 지하수위아래의 토사층, 절리가 발달한 풍화암층, 암반파쇄대, 지하공동구간 등에서 굳지않은 콘크리트에 함유된 중금속에 의한 지하수오염이 발생하고, 연약점성토층에서 벌징(Bulging)현상과, 지하대수층의 지하수의 흐름에 의해 콘크리트의 몰탈이 유실되어 말뚝의 품질확보가 어려움. 특히, 큰지지력이 필요한 대심도 말뚝공사에 적용성 우수.

■ 평택~오송 2복선화 제5공구 건설공사(턴키)에서 하천과 저수지를 통과하는 현장타설말뚝에 지하수오염 방지대책으로 적용한 공법을 소개하고자 함.

굳지않은 콘크리트에 의한 지하수오염 및 방지대책

개 요

▶시멘트에는 “자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙”에 따라 중금속을 함유한 슬래그를 의무적으로 사용하도록 규정.

▶슬래그를 사용한 시멘트는 6가크롬, 비소, 카드뮴, 구리, 수은, 납 등의 중금속을 함유.

▶이중 6가크롬은 1종발암물질로서 생태계에 치명적인 해를 끼침.

▶굳지않은 콘크리트는 물과 접촉하면 중금속이 용해되어 지하수오염의 원인이됨.

▶섬유거푸집을 이용하여 지하수오염을 방지함.

시멘트 중금속 분석결과

국내·외 시멘트 중금속 분석결과 (2022년 6월)

[단위 : mg/kg, Bq/g]

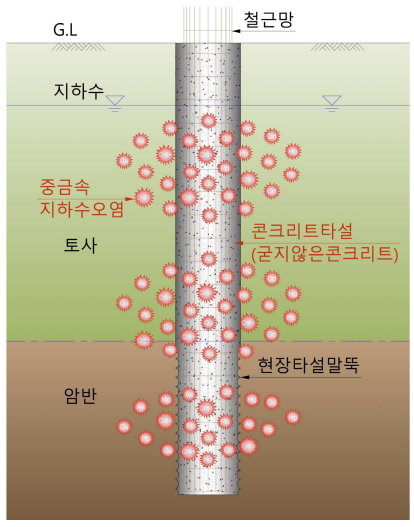
항목 / 업체	Cr(Ⅵ)	As	Cd	Cu	Hg	Pb	^{134}Cs	^{137}Cs	^{131}I	비고
현대(영월)	7.69	3.401	불검출	63.785	불검출	71.71	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	국내산
현대(단양)	7.15	3.237	불검출	73.517	불검출	47.15	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
아세아(제천)	6.00	13.837	불검출	125.893	불검출	49.79	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
삼표(삼척)	15.00	14.822	불검출	83.962	불검출	24.65	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
쌍용(동해)	6.49	10.946	불검출	124.620	불검출	53.89	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
쌍용(영월)	8.66	9.038	불검출	101.826	불검출	69.55	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
성신(단양)	7.25	3.232	불검출	44.772	불검출	53.71	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
한일(단양)	2.11	4.796	불검출	26.749	불검출	71.29	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
한라(옥계)	13.98	7.609	불검출	78.832	0.0731	45.45	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
고려(장성)	1.88	6.329	불검출	불검출	불검출	불검출	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
유니온(청주)	N.D	2.966	불검출	불검출	불검출	75.48	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	
Sumitomo Osaka	6.11	5.337	불검출	48.695	불검출	84.81	결정준위 미만	결정준위 미만	결정준위 미만	수입산 (일본)

※ Cr(Ⅵ)의 자율협약기준은 2009년부터 20 mg/kg임(일본의 시멘트업계 자율관리기준 : 20 mg/kg)
※ 정량한계 이하는 “불검출”로 표기하였음
※ 방사능(^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I)은 한국인정기구 공인시험기관에서 분석
- 결정준위 미만 : 검출되지 않을 확률이 큼

※출처 : 국립환경과학원

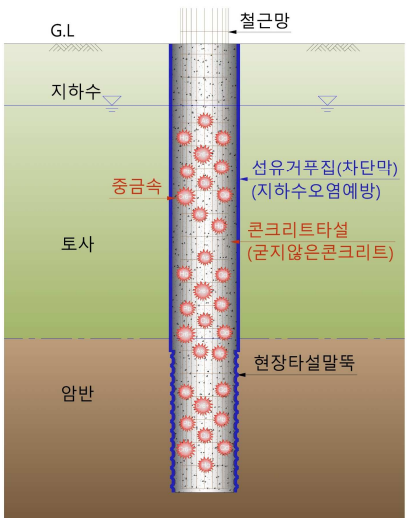
지하수오염 현상

▶굳지않은 콘크리트의 시멘트가 지하수에 용해되어 시멘트에 함유된 발암물질 및 중금속이 지하수를 오염시킴.



지하수오염 방지대책

▶섬유거푸집이 굳지않은 콘크리트와 지하수의 접촉을 차단하여 시멘트에 함유된 중금속의 지하수오염을 예방.



지하수오염방지를 위한 현장타설말뚝 시공방법개선

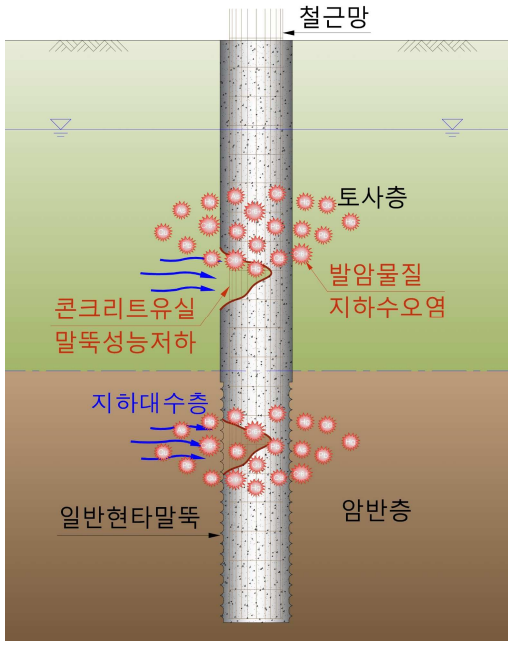
■ 수중콘크리트를 타설할 때, 중금속을 함유한 시멘트를 사용한 굳지않은 콘크리트는 물과 접촉하면 중금속이 용해되어 지하수오염의 원인이 됨.

■ 지하수오염방지를 위하여 기존에 적용하던 희생강관과 달리 암반층에서도 지하수오염 방지가 가능한 섬유거푸집을 이용하여 지하수오염을 방지함.

일반 현장타설말뚝

▶굳지않은 콘크리트에 함유된 시멘트의 중금속, 발암물질 지하수에 융해 → 지하수오염

▶지하수흐름으로 굳지않은 콘크리트 중 자갈만 남음 → 말뚝성능 저하

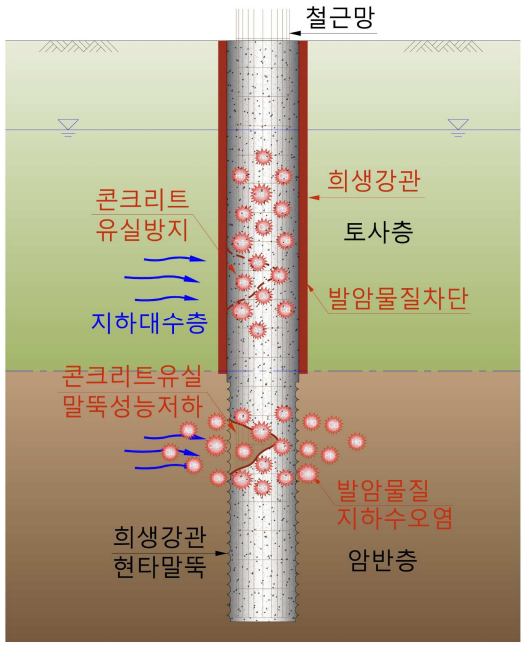


희생강관 현장타설말뚝

▶희생강관으로 토사층 문제점보완

▶토사층에 희생강관 적용 → 공사기간 및 공사비 증가

▶암반층 : 희생강관 적용불가 → 지하수오염, 말뚝성능저하

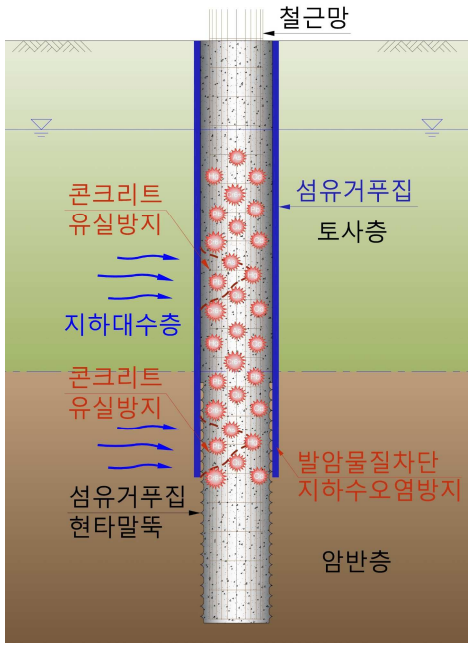


섬유거푸집 현장타설말뚝

▶희생강관 대신 섬유거푸집을 사용하여 토사층뿐만 아니라 암반층 문제점 보완

▶섬유거푸집 적용 → 공사기간 단축 및 공사비 절감

▶암반층 섬유거푸집설치 → 지하수오염방지, 말뚝품질확보



결 론

■ 대심도기초에서 큰 지지력을 필요로하는 말뚝기초에 적용성이 우수한 현장타설말뚝에 섬유거푸집을 적용.

■ 현장타설말뚝 시공중, 토사층뿐만 아니라 암반층에서도 굳지않은 콘크리트에 의한 지하수오염을 방지하고, 지하대수층의 지하수의 흐름에 의한 콘크리트유실을 방지하여 말뚝의 품질확보가 가능함.

■ 교량기초 외에도 대형구조물 및 건축물, LNG저장탱크, 유류저장탱크, 풍력발전 등의 다양한 깊은기초에 적용이 가능할 것으로 판단됨.

말뚝구분	지하수 오염방지		말뚝 품질확보		자재비
	토사층	암반층	토사층	암반층	
일반	X	X	X	X	-
희생강관	O	X	O	X	고가
섬유거푸집	O	O	O	O	비용절감

※평택~오송 2복선화 제5공구 건설공사(턴키) 연제교에 적용