

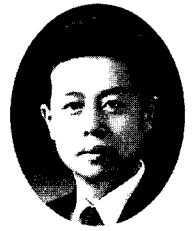
프리캐스트 암거를 이용한 전력구 시설 공사 - Eye Bolt 접합형 조립식 P.C 암거 공법 적용 -



이석태*



이정우**



김영진***

1. 서 언

그 동안 국내에서는 하수도, 전력구, 통신구 또는 공동구 등의 시설을 지하에 건설할 경우 주로 현장 타설식 공법을 적용하여 왔으나 최근 들어서는 공기 단축 및 경제적 시공을 위해 공장에서 미리 제작한 제품을 현장에서 조립, 시공하는 방법이 점차 확산되고 있는 추세에 있다.

조립식 프리캐스트(이하 P.C) 암거는 조립 속도가 빠르며 시공 후 즉시 되메우기를 할 수 있어 공사할 때 야기되는 시민 불편 사항, 교통 흐름의 방해, 불필요한 시간 낭비 등의 문제를 해소할 수 있어 복잡한 도심지 공사에 매우 효과적이며, 철저한 품질 관리에 의해 공장에서 생산되므로 품질이 균일하며, 340 kg/cm² 이상의 고강도 콘크리트를 사용하므로 구조체의 수밀성과 내구

성을 증진시킬 수 있는 등의 장점을 가지고 있다.

그러나 조립식 P.C 암거의 접합부는 제품 생산 및 시공시 불가피하게 발생하는 오차에 의해 접합부 틈새가 많이 생겨 누수의 원인이 되며, 제품 상호간 일체성이 부족하여 연약한 기초에 시공시 쉽게 변형을 일으키는 문제점이 있어 일반 하수 박스등 극히 제한된 분야와 현장에서 적용되어 왔다. 따라서 당 현장에서는 전술한 조립식 P.C 암거의 접합 부위에서 발생하는 문제점을 해소하여 건설교통부 신기술 제151호로 지정된 "Eye-Bolt 접합형 조립식 P.C 암거 공법"을 적용, 고도의 수밀성을 요구하는 전력구 공사에 있어서 시공성과 안정성을 확보할 수 있었다. 본고에서는 조립식 전력구 시공 사례 및 적용된 신기술에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 공사 개요

(1) 공사명 : 울전 배전전력구 건설 공사

* (주)토암산업 대표이사

** (주)토암산업 설계팀

*** 정회원, 대우건설기술연구소 책임연구원

- (2) 위치 : 경기도 수원시 장안구 울전동
(천천2지구)
- (3) 공사 목적 : 복수원권 개발에 따른 전력 공급
을 확충하기 위해 현재시공
중인 154kv 울전 Sub-station
에서 전력을 안정적으로 인출
하는 전력구를 건설
- (4) 공사 규모
 - 연장 : 654 m
 - 규격 : 2.2(내폭) × 2.1(내고)
- (5) 공사 기간 : 1999. 9 ~ 1999. 12(3개월)
- (6) 발주처 : 한국전력공사 경기지사
- (7) 시공사 : (주)토암산업

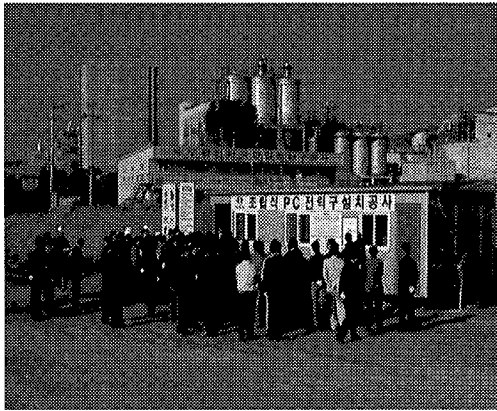


사진 1. 현장 전경

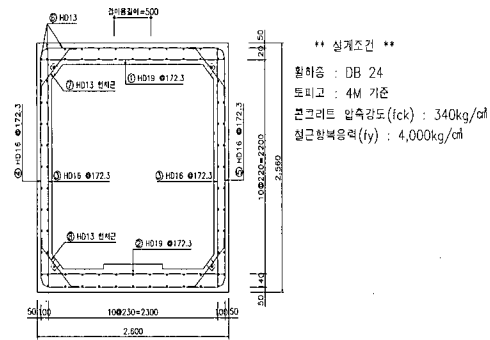


그림 1. 설계 조건 및 철근 배근도

3. Eye-Bolt 접합형 조립식 암거 공법

3.1 공법의 개요

· 신공법은 <그림 2>와 같이 조립식 P.C 암거 제품의 이음부에 전단키 모양의 모르터 홈을 형성하고 수직 홈에는 적당한 수의 연결고리(Eye-Bolt)가 인서트 홈에 고정되어 있어 PS 강선을 사용하여 제품 상호간을 밀착 시공하면 마주보는 2개의 연결고리가 겹치게 되며 이들 Eye-Bolt를 강봉으로 상호 체결한 다음 빈 공간을 고강도 무수축 모르터를 주입하여 일체화시키므로 제품 제작 및 시공 오차에 기인한 접합부 틈새를 완전히 없애 수밀성을 증대시키고 종방향 부등 침하시 발생하는 전단력과 휨인장력에 저항할 수 있도록 한 구조이다.

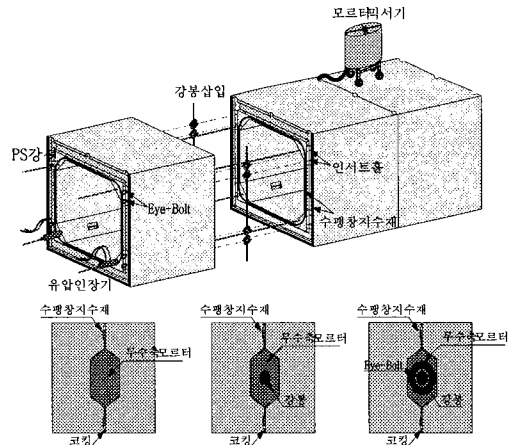


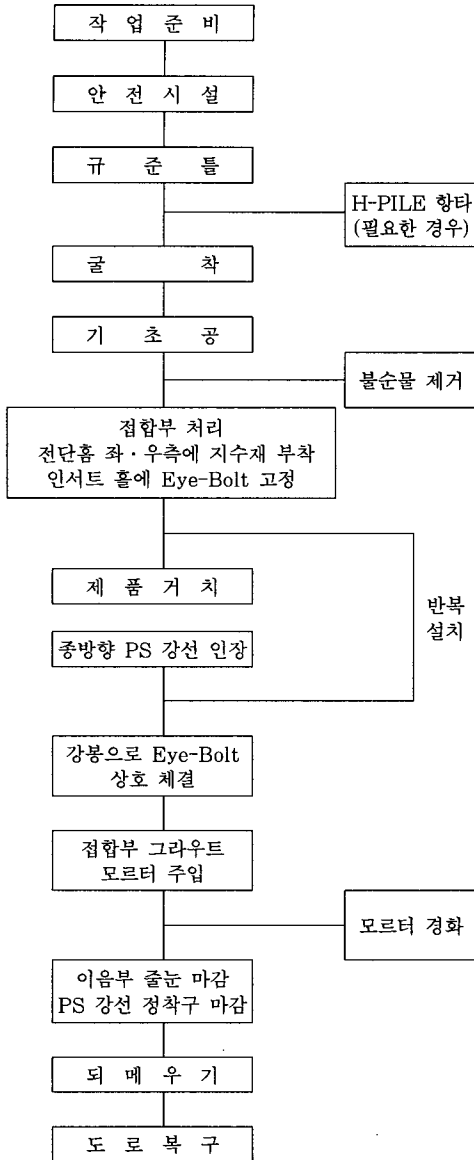
그림 2. 제품 조립 및 접합부 단면도

3.2 접합 구조의 상세

종방향 부등 침하시 발생하는 휨인장에 저항하고, 수직 접합부의 전단 내력과 변형 능력을 증대시키기 위해 Eye-Bolt와 강봉을 이용하였고, 접합부에 사용하는 채움 재료는 건조 수축을 일으키면 균열 발생의 원인이 되므로 무수축 모르터를 사용하였다. 제품 접합시 사용하는 PS 강선은 제품 상호간을 밀착시키고 채움재의 응결시 진동과 충격으로 보호하기 위한 것이다.

4. 조립식 전력구의 시공

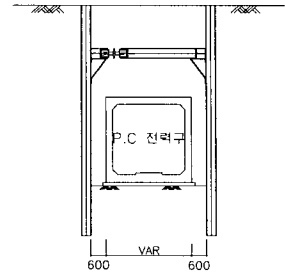
4.1 작업 흐름도



4.2 굴착

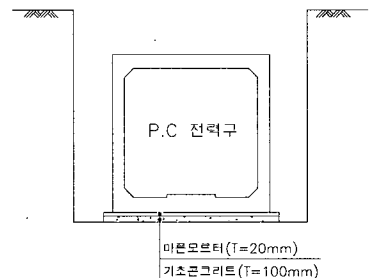
- (1) 굴착 깊이는 조립식 구조물의 치수와 기초 공의 두께에 의해서 정하며 설계도에 표시된 계획고에 따라 굴착한다.

- (2) 굴착 폭은 구조물의 크기, 토질이나 흙막이공 등을 고려하여 정한다.
- (3) 터파기 여유 폭은 600mm를 기준으로 한다.

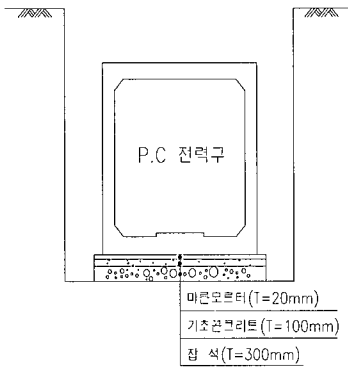


4.3 기초공

- (1) 기초 콘크리트의 타설 및 제품 조립시 항상 dry work가 확보되도록 배수에 충분한 배려가 필요하다.
- (2) 기초 콘크리트의 평탄성은 시공 난이도에 크게 영향을 주므로 정밀 시공이 요구되며 시공 오차는 1cm 이내로 한다.
- (3) 기초 콘크리트 두께는 10~20cm 정도의 콘크리트 타설을 원칙으로 하나 기초 지반이 연약할 경우 소정 두께의 잠석 치환 또는 지반 개량 등 별도의 보강 조치가 필요하다.
- (4) 기초 콘크리트가 양생되면 2cm 두께의 마른 모르터로 수평도를 조정한 후 제품을 거치한다.
- (5) 기초의 형식은 기초 지반 조건에 맞춰 다음의 기초 형식으로 한다.
 - ① 연암, 용수가 없는 견고한 토사 지반



② 용수가 심한 토사 지반, 되메우기 지반



③ 연약한 기초 지반일 경우 별도의 지반 보강 조치를 한 후 ①항의 기초 형식을 따른다.

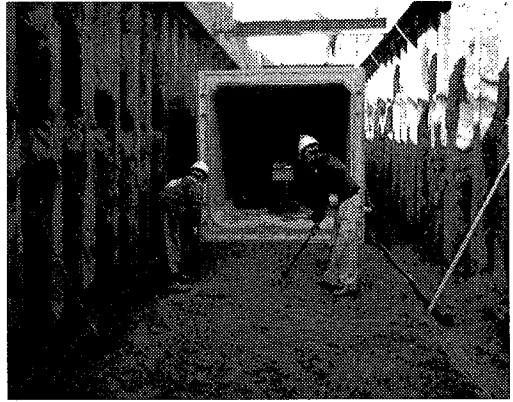


사진 3. 기초 바닥 수평 작업

- (2) 제품을 거치하기 전에 접합면의 분순물을 제거한 후 건조 상태를 유지한다.
- (3) 중기의 용량은 제품 중량의 3~5배 이상의 규격을 사용하여야 한다.

4.4 제품 운송

제품 운송은 카고트럭(15~24톤) 또는 트레일러를 이용한다.

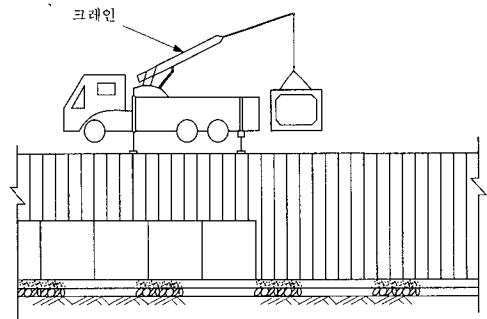


사진 2. 제품 운송 사진

4.5 제품 거치

(1) 기초공의 수평도를 확인하고 수평도가 불량할 시에는 마른 모르타로 재조정 한 후 제품을 설치한다.

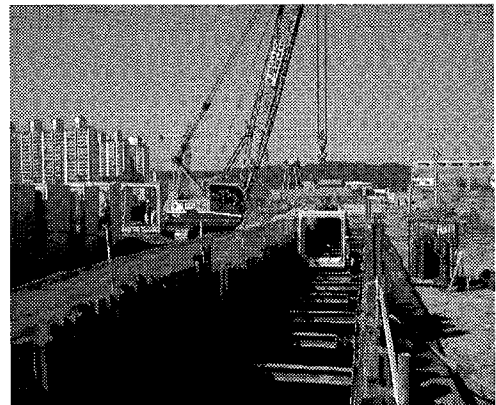


사진 4. 제품 거치

(4) 제품은 기초 지반이 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 향해서 부설하는 것을 원칙으로 한다.

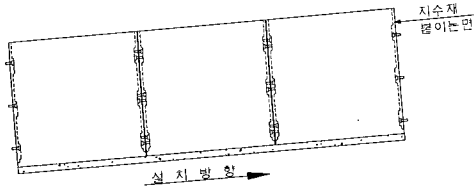


사진 5. 제품 설치

(5) 제품 거치 전에 전단 홈 내에 있는 인서트 홀에 Eye-Bolt를 고정하고, 전단 홈 좌·우측에는 수평창 고무지수재를 접착제로 견고하게 부착하여 제품 거치시 탈락되지 않아야 하며, 그라우트 모르터 주입시 액이 새어나오지 않도록 이음해야 한다.

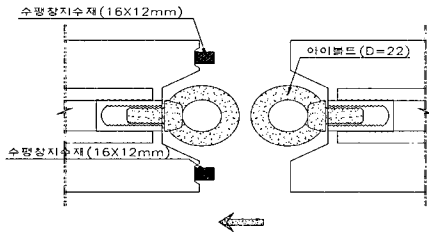


사진 6. Eye-Bolt 고정

4.6 제품 접합

- (1) 제품이 거치되면 제품 상호간을 밀착시키기 위하여 PS 강선을 사용한다. PS 강선의 인장은 제품의 강도가 설계 기준 강도의 75% 이상 도달했을 때 인장하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) PS 강선의 인장력은 다음과 같은 식에 의해 결정한다.

$$P = \frac{\mu WN}{n}$$

P = 인장력(tonf)

μ = 마찰계수(=1)

W = 제품의 중량(tonf)

N = 정착구 사이의 제품의 수

n = 동시에 인장할 수 있는 인장기의 수



사진 7. PS 강선 삽입



사진 8. PS 강선 인장

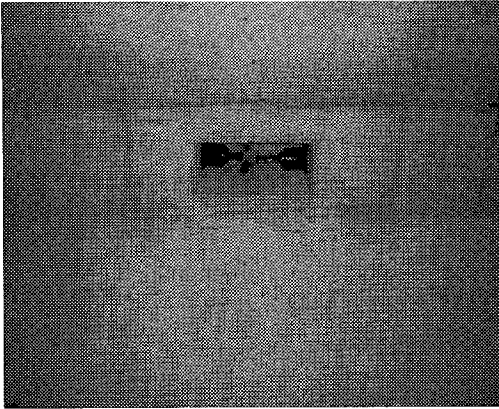
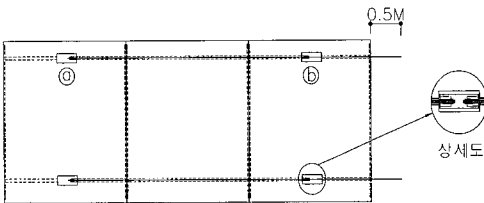


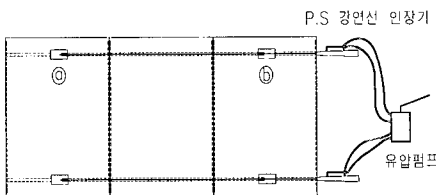
사진 9. PS 콘을 사용한 PS 강선 고정

(3) PS 강선의 종방향 연결 작업 순서는 다음과 같다.

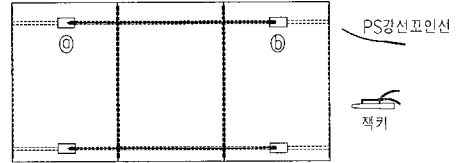
- ① 1지간 분의 제품을 거치하고, PS 강선을 삽입한 후 정착구(와셔, 슬리브, 쇠기)를 설치한다.



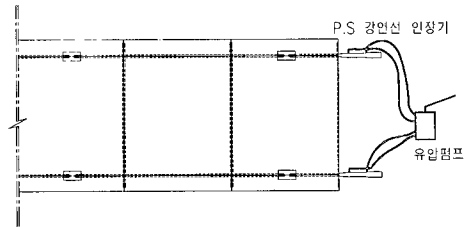
- ② 유압잭키를 설치하고 소정의 인장력으로 긴장시킨 후, 정착구 ⑥의 쇠기를 슬리브 속에 균등하게 밀어 넣어 망치등으로 고정시킨다.



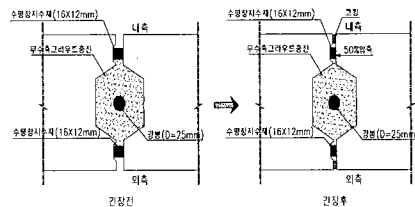
- ③ 유압잭키의 긴장력을 느슨하게 한 후에 잭키는 떼고, 정착구 ⑥의 여분 PS 강선을 절단해서 제거한다.



- ④ 다음에, ①~③의 작업을 필요한 만큼 반복한다.



- ④ PS 강선으로 제품 상호간을 긴장 접합시킬 경우 이음부의 지수재가 균등하게 압착되어 있는지를 면밀히 조사해야 한다.



- ⑤ 제품이 연이어 접합되면 마주보는 2개의 Eye-Bolt가 겹치게 되며 이들 연결 이음부를 강봉으로 체결하고 접합 공간(홈)은 그라우트 모르터를 주입하여 일체화시킨다.

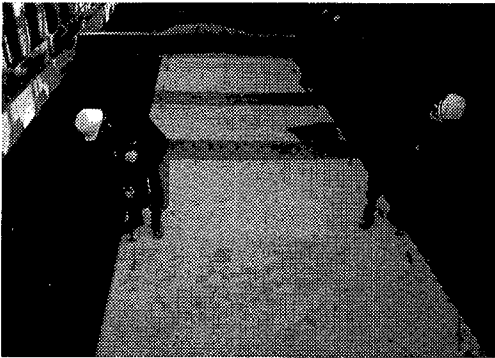
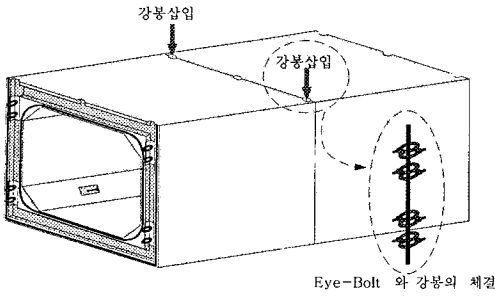


사진 10. 접합부 강봉 삽입

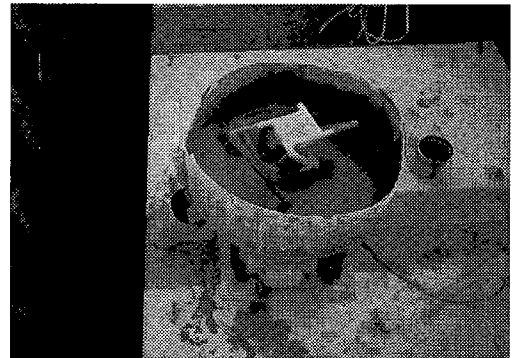
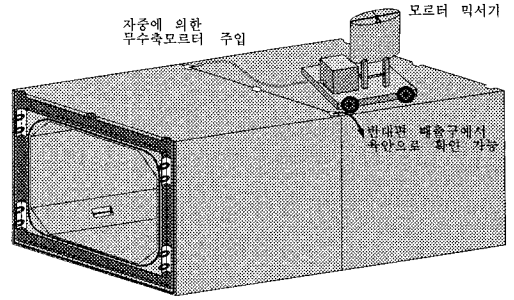


사진 11. 접합부 무수축 모르터 주입

(6) 그라우트 모르터는 반드시 소정의 물만을 사용해서 혼합하되 시공 방법 및 주의 사항은 다음과 같다.

- ① 그라우트 모르터 믹서는 적어도 한 개소에서 연속적인 주입 작업이 될 수 있는 용량이어야 한다.
- ② 믹서내 혼합수 투입 후 제품의 혼합 시간은 3~5분 정도로 한다.
- ③ 그라우트 주입은 가능한 신속하게 행하고 한쪽 주입구에서 자연압에 의해 주입하여 반대쪽 배출구로 흘러 나아갈 때까지 중단하지 말고 연속해서 주입하되, 고무호수, 깔대기 등을 주입구에 설치하고 서서히 흘러 넣고 가능한 기포가 들어가지 않도록 한다.
- ④ 타설 후 최소 3일까지는 양생포나 비닐을 덮어서 습윤 상태를 유지하고 진동, 충격 등으로부터 보호해야 한다.
- ⑤ 그라우팅 작업을 용이하게 하고 미세 간극을 치밀하게 채우기 위하여 접합 면에 물을 뿌려 습윤 상태를 유지하는 것이 좋다. 이때 과잉의 물은 제거해야 한다.

4.7 제품 마감

(1) 제품이 조립된 다음 Box 내부의 이음부는 실링재를 주입하여 마감하되 시공 방법 및 주의 사항은 다음과 같다.

- ① 시공 부위 주위에 오염 또는 훼손을 방지하기 위하여 조인트 양측에 테이핑(taping) 작업을 실시하며, 마스킹 테이프 제거시 짐착이 남지 않는 우수한 제품을 사용한다. 마스킹 테이프는 당일 작업 부분에 한하여 붙여준다.
- ② 작업 부위에 맞는 선정된 프라이머를 도포한 후 완전히 경화된 후(30분 이상) 실링 작업에 들어간다.
- ③ 카트리지 제품(일액형)은 조인트 목에 적합한 치수로 노즐을 45° 각도로 절단한다.
- ④ 일액형 제품은 규정된 혼합비에 따라 균일한 혼합이 이루어지도록 고무 고무 충분히 교반하여 혼합시 기포가 혼입되지 않도록 주의한다.
- ⑤ 조인트 바닥 깊숙이 노즐을 삽입한 후 충

분히 실링재를 짜 넣으면서 일정한 속도를 유지하여 균일하게 시공하되 기포가 조인트 내에 들어가지 않도록 주의한다.

형 및 부식이 없어야 한다.

⑥ 수팽창 고무지수재의 성능은 <표 1> 이상이어야 한다.



사진 12. 접합부 마감 작업

(2) PS 강선을 정착하기 위한 정착구는 된반죽의 무수축 모르터를 이용하여 깨끗하게 마감한다.

(3) 제품 조립시 접합부를 상호 밀착시키고 그라우트 모르터 경화시 진동, 충격으로부터 보호하기 위하여 사용되는 PS 강선은 KSD 7002에 적합한 SWPC 7연(12.7mm) 이상을 사용하여야 한다.

(4) 그라우트 모르터

① 그라우트 모르터 재료는 프리믹스 제품의 사용을 원칙으로 하되, 무수축성, 고강도 작업이 용이하고 완벽하게 충전할 수 있도록 고유동성을 가져 한다.

② 그라우트 모르터의 성능은 <표 2> 이상이어야 한다.

4.8 시공(조립)재료의 기준

(1) Eye-Bolt 및 강봉은 설계도서에 명시한 규격 및 치수와 일치하는 SS41 이상의 구조용 재료(KS D 3503)를 사용해야 한다.

(2) 수팽창 고무지수재

① 재질은 고무탄성이 수팽창 상태에서도 충분히 유지되고 건조와 습기가 반복되어도 수팽창을 유지하며 내구성이 일반 천연고무 제품과 동등 이상이어야 한다.

② 특수 변성 고무를 주재료 하고 있어 일반 고무 제품과 동일한 탄력성이 있어야 하며 압축 변형시켜도 복원성이 있어야 한다.

③ 물에 접촉되면 자기체적이 팽창하여 구조물 접합부의 공극을 메워 침수, 누수를 방지해야 한다.

④ 내수성, 내구성, 내약품성이 우수하고 수팽창은 수질의 영향을 받지 않으며 어떠한 수용액에서도 동일한 성능을 유지해야 한다.

⑤ 시공성이 간편하고 장시간 사용하셔도 변

표 1. 수팽창 고무지수재 성능

시험 항목	단 위	성능 기준	시험 방법
경 도	Hs	35 이상	KS M 6518
인장 강도	kgf/cm ²	20 이상	
신 장 륜	%	500 이상	
체적 변화율	%	200 이상	
팽창 후 성장	-	이상 없음	

표 2. 그라우트 모르터 성능

시험 항목	단 위	성능 기준	시험 방법
흐 름 성 (FLOW CONE)	mm	220 이상	KS L 5105
팽창률(24시간)	%	0.05 이상	CRD C 621
블 리 딩	%	0	KS F 2433
응결시간	초결	03:00 이상	KS F 2436
	종결	10:00 이상	
압축강도	3일 kgf/cm ²	400 이상	KS L 5105
	28일 kgf/cm ²	600 이상	
혼합수량(W/S)	%	14.5±0.5	


(5) 이음부 마감(실링) 재료는 KS F 4910의 제품 성능 이상이며 내구성, 내화학성이 우수한 제품을 사용하되 일액형 또는 이액형을 사용할 수 있다.

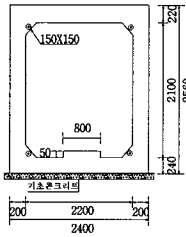
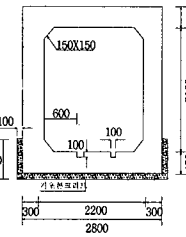
4.9 기존 현장 타설 전력구와의 비교

5. 맺음말

본 공법은 이음부의 문제점을 대폭 개선하였기 때문에 일반 하수 구조물뿐만 아니라 고도의 수밀성을 요구하는 전력구, 통신구, 공동구, 차집관거, 고속도로 통로 박스 등에도 별도의 방수 처리 없이 적용할 수 있다. 지하 매설 구조물이 대부분 교통이 혼잡한 도심지 도로상에서 시행되고 있는 실정을 감안해볼 때 시공 기간을 단축하면서도 정밀 시공이 가능하며 수밀성을 완전히 보장할 수 있는 공법이 개발되어 시급히 활용되어야 할 현실에서 향후 본 공법의 보급과 활용이 기대된다.

참고 문헌

1. 건설교통부, “프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판 개발 및 실용화”, 대우건설기술연구소, pp.46~68, 1997.
2. 김철영, “조립식 P.C BOX 압거 연결부 성능 개선에 관한 연구”, 명지대학교 산업기술연구소, 1998. 7.
3. 건설교통부, “프리캐스트 콘크리트 조립식 건축 구조 설계 기준 및 해설”, 16.3.3.(1), 1992. 4.
4. 노영숙, “프리캐스트 콘크리트 대형판 구조의 수직 접합부 전단 강도 특성에 관한 연구”, 석사 학위논문, 단국대학교 대학원, 1993. 

구분	조립식 P.C 전력구	현장 타설 전력구
공법 개요	공장에서 단위 제품으로 생산하여 현장에서 PS 강선으로 접합한 다음 접합부를 그라우트 모르타와 연결고리를 사용하여 일체화하는 공법	현장에서 거푸집 및 철근 조립을 하고 콘크리트를 타설하여 구체를 형성한 후 방수 Sheet로 외부를 마감함.
비교 단면		
사용 재료	· 콘크리트 : fck=340 kgf/cm ² · 철근 : fy=4000 kgf/cm ²	· 콘크리트 : fck=240 kgf/cm ² · 철근 : fy=3000 kgf/cm ²
공사 기간	· 조립 속도는 평균 20m/일이며, 전체 공기는 터파기 속도에 좌우됨. · 작업 속도 : 4일/30m · 총 공기 : 87일(654m, 작업조 1조 기준)	· 콘크리트 양생 기간을 포함하여, 거푸집 설치 및 해체, 철근 조립, 방수 작업 등 상당 기간 소요됨. · 작업 속도 : 24일/30m · 총 공기 : 262(654m, 작업조 2조 기준)
공사비	· 구체의 순공사비 : 1,120,761원/m(88.7%) · 토공 포함 순공사비 : 1,920,975원/m(86.9%) · 제경비 포함 총공사비 : 2,215,294원/m(81.4%)	· 구체의 순공사비 : 1,264,130원/m(100%) · 토공 포함 순공사비 : 2,210,588원/m(100%) · 제경비 포함 총공사비 : 2,721,411원/m(100%)
장점	· 공기 단축으로 복잡한 도심지 시공에 유리함. · 고강도이므로 수밀성 및 내구성 우수함. · 품질이 균질하며, 제품면이 미려함. · 공정이 단순함. · 경제적인 굴착 단면으로 도로 점유 폭이 작고 토공 및 가시설 비용이 절감됨. · 조립 직후 되메우기 및 차량 통행이 가능함.	· 설계, 시공 경험이 풍부함. · 단면 변화 및 곡선부 등 적용력이 풍부함.
단점	· 분기구등 현장 타설 접합 부분 처리에 주의를 요함. · 종단 및 선형 변화 부분에 별도의 이형 제품이 필요함. · 신공법이므로 시공 경험이 부족함.	· 건조 수축에 의한 균열이 발생하기 쉬움. · 장기간 공사로 인한 교통 체증 및 민원 발생. · 중복 공정으로 인하여 시공 및 품질 관리가 어려움. · 토공, 가시설, 공기 지연, 일기 등에 따른 부대 공사 비용이 많이 들.