

특 집

|| 수리 및 항만 콘크리트 구조물의 신기술 ||

폴리머 콘크리트를 이용한 조립식 수로 구조물의 설계

- Design of Precast Channel Structure Using Polymer Concrete -



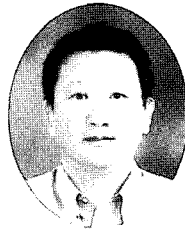
김관호*
Kim, Kwan Ho



박광수**
Park, Kwang Su



연규석***
Yeon, Kyu Seok



민병윤****
Min, Byung Yoon



이중규*****
Lee, Joong Gyo

1. 머리말

폴리머 콘크리트는 보통 콘크리트와 비교해 볼 때 양생시간이 짧고, 압축·인장·휨강도가 높으며, 화학적 저항성이 우수하다. 철근이나 시멘트 콘크리트 등 다른 재료와의 접착성이 양호하고, 충격, 침식, 동결융해에 대해 우수한 저항성을 가지고 있기 때문에 폴리머 콘크리트는 구조물용 소재로서 널리 사용되어 질 수 있다. 특히, 기존의 연구에서 대상으로 한 폴리머 콘크리트 보다 강도가 높은 압축강도 98 MPa 정도의 고강도 폴리머 콘크리트를 이용하여 농업용 수로 구조물 중 가장 많이 사용되고 있는 조립식개거를 설계·개발하는 데 있다. 이렇게 개발된 폴리머 콘크리트 조립식개거는 공장제품으로 생산함으로써 품질관리가 용이하기 때문에 품질이 균일하고, 시공시 작업공간의 최소화를 이룰 수 있으며, 공사기간의 단축으로 민원불편을 최소화 할 수 있다. 또한, 시멘트 콘크리트 제품보다 중량을 1/3 정도 감소시킬 수 있어 제품의 경량화가 가능하고 소요 규격별로 다양한 형태의 제품 제조가 가능한 장점을 가지고 있다. 따라서 개발된 폴리머 콘크리트에 대한 재료·역학적 특성과 개발된 구조물에 대한 최적의 단면설계를 하고 이에 구조실험과 분석을 통하여 이론치와 실험치의 값을 비교하여 구조검토를 하였다. 또한, 실용화와 현장 적용을 검증하기 위하여 시범시공을 실시하여 발생하는 문제점을 조사 분석하였다.

2. 사용재료

2.1 결합재

2.1.1 불포화폴리에스터 수지

불포화 폴리에스터 수지란 그 구성분자의 포화된 모노머가 에스테르 결합으로 중합된 고분자 화합물을 말한다. 이것은 취급이 쉽고 경화성이 뛰어나고 상온에서 자유롭게 경화시킬 수 있으며, 다른 열경화성 수지에 비하여 양호한 기계적, 전기적 성질 및 내약품성을 지니고 있다. 본 실험에 사용된 불포화 폴리에스터 수지는 국내 ○○사의 코발트계 경화촉진제가 첨가되어 있는 올스타입의 불포화 폴리에스터 수지로서 성분은 <표 1>과 같다.

표 1. 불포화 폴리에스터 수지 성질

Specific gravity (25 °C)	Viscosity (25 °C, MPa · s)	Acid value	Styrene content(%)
10	400	20.0	40

2.1.2 개시제

불포화 폴리에스터 수지의 경화를 위해 개시제와 촉진제가 첨가되며, 촉진제가 첨가된 것은 개시제만 첨가되면 경화반응이 일어난다. 본 연구에 사용된 불포화 폴리에스터 수지에는 공장에서 생산될 때 이미 경화촉진제가 첨가되어 있으므로 개시제만 첨가하면 경화반응을 일으키게 되어 있다.

2.1.3 수축저감제

불포화 폴리에스터 수지자체는 경화시 7 ~ 10%의 큰 경화수

* 정회원, 농업기반공사 농어촌연구원 주임연구원

** 정회원, 농업기반공사 농어촌연구원 수석연구원

*** 정회원, 강원대학교 농업공학부 지역기반공학 교수

**** (주)계림폴리콘 대표이사

***** (주)계림폴리콘 전무이사

축을 일으킨다. 이것은 경화속도에 관계없이 수지중의 스티렌 모노머의 함량에 따라 변화한다. 이와 같은 수축량을 감소시키기 위하여 본 실험에서는 열가소성인 폴리스티렌을 모노머에 용해시킨 수축저감제를 사용하였는데, 이는 폴리머 콘크리트가 구조부재로 사용할 경우 수축량에 의한 균열방지를 위해 사용되었다.

2.1.4 충전제

폴리머 콘크리트에서 미립의 충전제를 사용하는 주목적은 단위체적당 수지의 사용량을 감소시키고 점성을 증가시켜 부착력을 크게 할 목적으로 미립충진제를 사용한다. 점도를 감소시키기 위해서는 구형의 불활성 세립자가 유리하지만 증량이라는 점에서는 형상이 불규칙하여 비표면적이 큰 것일수록 유리하다. 본 연구에서는 가격이 저렴하고 구입이 용이한 입자크기가 1 ~ 30 μm, 분말도 2,500 ~ 3000 cm²/g 인 중질탄산칼슘을 충전재로 사용하였다.

2.1.5 골재

폴리머 콘크리트에 사용되는 골재는 일반 시멘트 콘크리트와 동일하다. 그러나 친수성인 골재가 수분을 흡수하면 폴리머 콘크리트에서는 골재를 둘러싼 결합재층과 골재 표면 사이에 수막이 형성되어 결합재와 골재간의 접착력을 약화시켜 강도가 저하되므로 함유량이 0.5% 이하가 되도록 건조시킨 것을 사용하였다.

2.1.6 배합비

배합비 결정방법으로 강도가 설계기준 강도를 만족하고 결합재량을 최소로 하는 조건으로 반복 예비시험을 통해 선정된 결합재, 수축저감제, 충전제, 잔골재, 굵은 골재를 결정하였으며, <표 2>는 폴리머 콘크리트 배합비를 나타낸 것이고, <표 3>은 폴리머 콘크리트의 역학적 성질은 나타낸 것이다

표 2 폴리머 콘크리트 배합비(단위: wt.%)

UP*	S.R.A**	Filler	Coarse agg.	Fine agg.
10	2	20	20	48

* UP : 불포화 폴리에스터 수지, ** S.R.A : 수축저감제

표 3 폴리머 콘크리트 역학적 성질

압축강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	휨강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	푸아송비
98	9.8	24.5	20	0.23

3. 단면설계

3.1 단면설계 과정

폴리머 콘크리트 조립식개거의 단면설계는 <그림 1>과 같은 순서로 단면설계를 실시하였다. 기존의 벤치플륨의 설계기준을

검토한 후 선정된 호형에 대하여 도로와의 관계, 지형조건을 고려하였다. 폴리머콘크리트 조립식개거는 기존의 플룸관과 비슷한 모양을 가지고 있으나, 고강도이어서 벽체가 얇기 때문에 측벽에 작용하는 상재하중, 토압, 지하수위를 고려하여 측벽에 돌기부를 형성한 것이 특징이다. 그리고, 구조물의 부재특성에 맞게 돌기부를 고려하여 해석모델을 선정하였다. 이러한 설계조건에 근거하여 상재하중, 토압, 지하수위 등 외부 작용하중을 수계산을 한 다음 구조해석프로그램을 사용하여 단면력과 부재의 위치별 휨응력을 산출하였다. 산출된 부재 휨응력이 안전범위에 이르기까지 단면의 치수 즉, 측벽과 저판 두께 및 리브치수를 가정하여 반복 계산하였다. 구조해석 프로그램은 유한요소 해석프로그램인 VisualFEA/GEO2.01를 사용하였다.

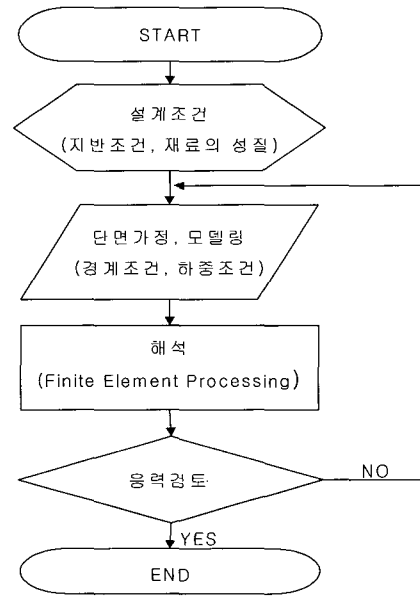


그림 1. 단면설계 흐름도

3.2 설계조건

3.2.1 설계기준

폴리머 콘크리트 조립식개거 설계는 건설교통부의 「도로교표준시방서」, 「콘크리트구조설계기준」, 농어촌진흥공사의 「수리구조물 제품개발 및 보급」 등 문헌조사를 한 후 기준으로 하였다. 해석조건으로는 재료적 성질로서 폴리머 콘크리트의 압축강도 $f_{ck} = 98 \text{ MPa}$, 휨강도 $f_r = 13 \text{ MPa}$, 탄성계수 $E = 20 \text{ GPa}$, 포화송비 $\nu = 0.25$, 단위중량 $\gamma_c = 2.4 \text{ tf/m}^3$ 이고 상재하중은 윤택중으로 DL-13.5를 적용하였다. 경계조건으로는 스프링 계수 = 지반반력계수(K) × 면적(A)이고 토질은 중위 포화사($K = 4.2 \text{ kgf/cm}^3$) 매쉬에 따라 절점에 작용하는 지베면적이 다르므로 따로 고려하였다. 지반조건으로는 흙의 전체단위중량 $\gamma_t = 1.8 \text{ tf/m}^3$, 흙의 포화단위중량 $\gamma_{sat} = 2.0 \text{ tf/m}^3$, 흙의 내부마찰각 $\phi = 30^\circ$, 주동토압계수 $k_a = 0.33$ 을 가정하였다.

3.2.2 유한요소해석

폴리머 콘크리트를 이용한 구조물 설계적용에 대한 명확한 규정이 아직 확립되지 않아 반복적인 모델링을 통하여 실제 구조물과 비슷한 거동을 보이도록 요소수와 절점수를 고려하여 모델링하였다. 이 해석모델에 재료상수, 경계조건, 하중조건을 입력하여 단면을 응력을 검토하였다. 이 응력값은 실험 측정된 휨인장응력을 기준으로 하여 비교 검토하였고, 이를 토대로 단면치수를 결정하였다. 폴리머 콘크리트 조립식개거와 같이 토압을 받는 구조물의 경우 구조물과 지반의 거동을 고려해야 하는데, 지반의 경우 비선형적인 거동을 하므로 이 경우는 지반의 인장력을 작게 하여 재료적 성질을 고려하거나 또는 지반의 영향을 받는 부분의 경계조건을 스프링계수를 사용하여 지반의 거동을 고려해야 한다. 여기서 사용하는 스프링계수는 지반의 지반 반력계수에 지배면적을 곱하여 그 값을 사용하였다. 지반반력계수 K(coefficient of subgrade reaction)는 지표면 또는 포장의 기층, 노반, 노상 등에서 평판재하시험을 하여 구한 계수로 이 값은 평판재하시험의 하중강도(p) · 침하량(S) 관계에 의하여 지반반력계수

는 $K = p/S$ 로 구하며, 시멘트 콘크리트 포장에서는 슬래브두께의 결정, 아스팔트포장에서는 노반 다짐관리에 이용되는데 테르 자기에 의하여 중위 포화사 $K = 4.2 \text{ kgf/cm}^3$ 를 사용하였다. 해석 방법은 3차원 고체요소를 사용한 고체해석 방법을 사용하였다. 이는 폴리머 콘크리트 개거의 특징인 돌기부를 모델링 하기 위해 실제의 구조물과 비슷한 3차원 고체해석을 하였다. <그림 2>에서 보는 바와 같이 요소는 2차원 요소의 형상함수를 가진 15절점 프리즘 요소와 20절점 육면체 요소를 사용하여 1차원 요소의 단면적이 작아지면 변위의 거동 해석결과에서 저차요소를 사용할 경우 보다 수렴성이 떨어지는 문제점을 보완하여 결과 값의 수렴성이 높은 결과를 얻을 수 있도록 하였다. 요소의 수와 절점의 수는 구조물의 특성과 반복적인 모델링을 통하여 정확하게 수렴할 수 있도록 하였다.

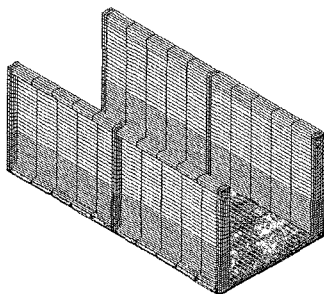
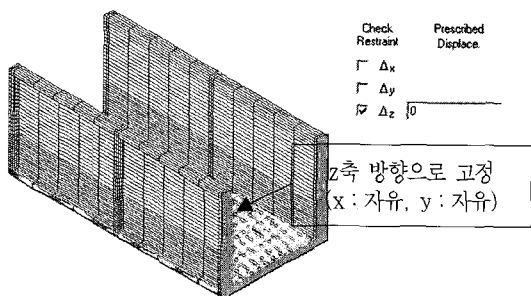
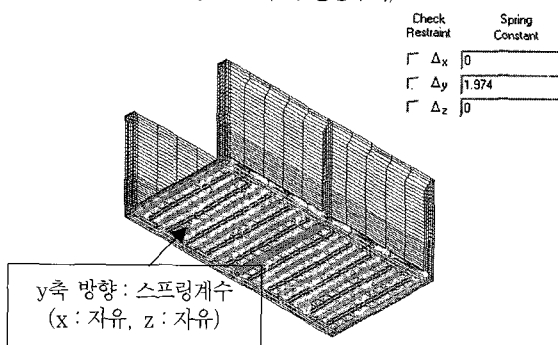


그림 2. 폴리머 콘크리트 조립식 개거 해석 모델링



a. 경계조건(z축 방향구속)



b. 경계조건(y축 방향 스프링계수적용)

그림 3. 폴리머 콘크리트 조립식개거 경계조건

폴리머 콘크리트 조립식개거의 해석에서 경계조건은 <그림 3>에서 보는 바와 같이 본당 길이 2m로 연결부분을 z축 방향으로 구속하였고 바닥부분은 바닥면의 직각방향(y축 방향)으로 스프링 계수를 사용하여 구속하였다. 상재하중조건은 윤하중 DL-13.5가 작용하는 것으로 가정한 상재하중을 적용하였고 지반에 의한 토압은 주동토압계수를 0.33으로 가정하고 지하수위는 개거 측벽 전체에 작용하는 경우로 수압을 측벽에 작용시켰다. 바닥면은 수압에 의한 부압을 작용시켜 해석하였다. 유한요소해석으로 구조 해석을 실시하였으며, 고려사항은 설계휨강도인 19.6 MPa에 강도감소계수 0.65를 적용하여 허용휨강도가 12.7 MPa로 하여 단면설계의 조합하중에 의한 응력에 저항할 수 있도록 단면두께를 반복가정하면서 구조해석을 하였다.

- 하중조건으로는 폴리머 콘크리트 조립식개거 자중
- 상재하중에 의한 하중 $\sigma_{ha1} = qk_a$
- 토압 $\sigma_{ha2} = (\gamma_{sat} - \gamma_w)k_a H$
- 지하수위에 의한 수압 $\sigma_{ha3} = (\gamma_{sat} - \gamma_w)H$
- 바닥에 작용하는 수압 $\sigma_{ha4} = (\gamma_{sat} - \gamma_w)H$

<그림 4>는 상재하중조건으로 폴리머 콘크리트 조립식개거에 작용하는 하중을 해석하기 위하여 나타낸 것으로 벽체 양쪽에 등분포 하중이 작용시켰다. <그림 5>는 토압하중조건을 보여주는 것으로 랭킨 법칙에 의한 토압이론에 근거하여 토압을 산정하여 구조물에 적용시켰으며, 높이에 따라 작용하는 하중을 나타낸 것이다. <그림 6>은 수압하중조건으로 폴리머 콘크리트 조립식개거의 높이(H)에 따라 지하수위(H)가 도달한 것으로 보아 해석하였으며, 이때의 수압하중 조건을 나타낸 것이다.

3.3 결과분석 및 고찰

폴리머 콘크리트 조립식개거에 대하여 설계한 예로 $B \times H =$

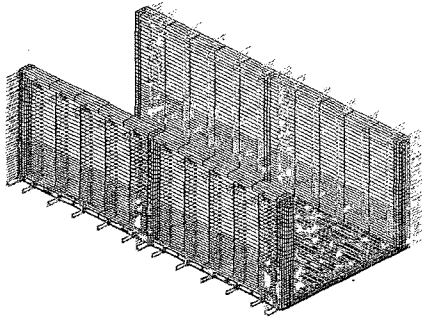


그림 4. 상재하중조건

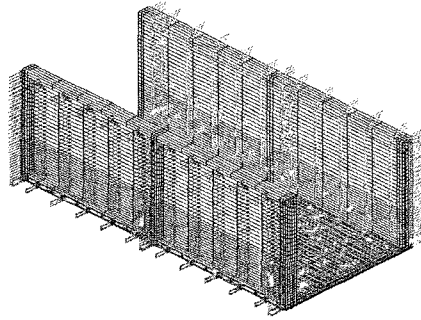


그림 5. 토압하중조건

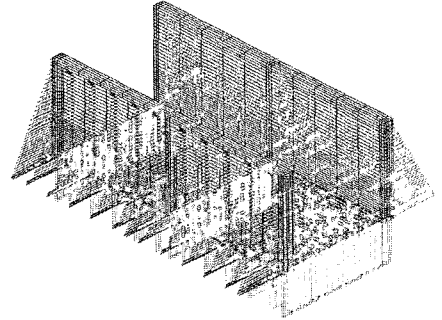


그림 6. 수압하중조건

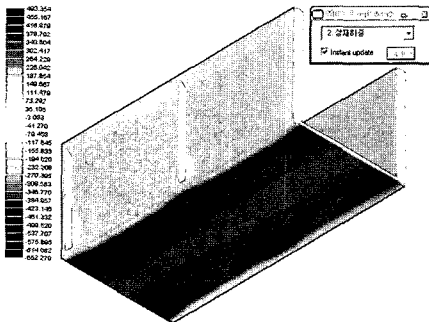


그림 7. 상재하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도

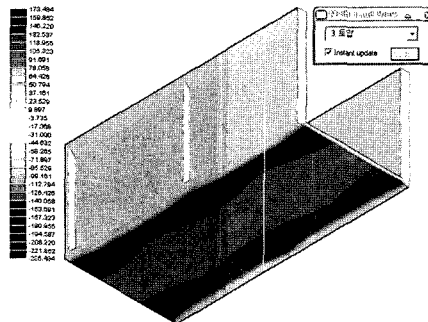


그림 8. 토압하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도

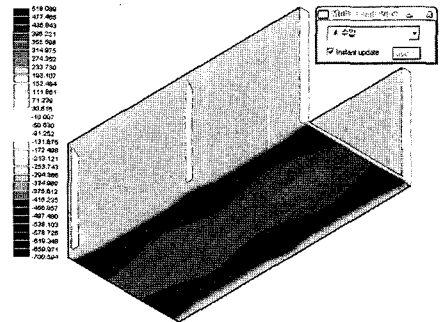


그림 9. 수압하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도

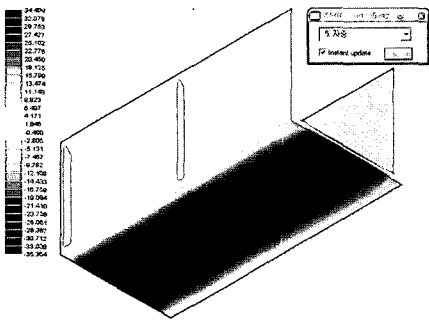


그림 10. 자중작용시 바닥판에 작용하는 응력도

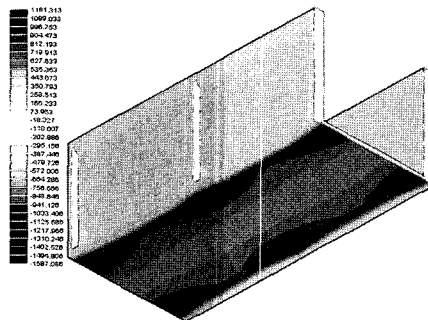


그림 11. 조합하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도

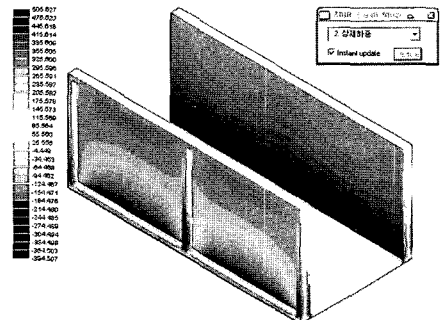


그림 12. 상재하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도

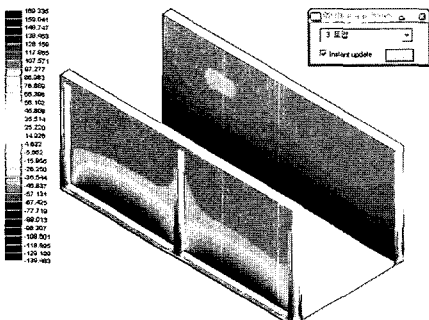


그림 13. 토압하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도

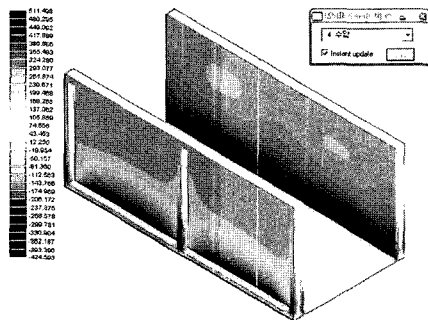


그림 14. 수압하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도

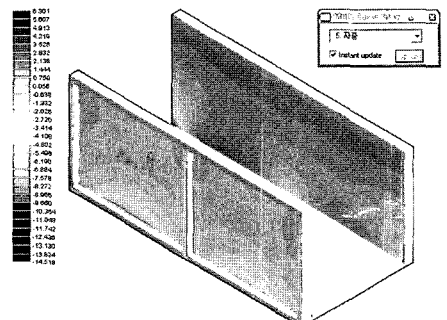


그림 15. 자중 작용시 벽체에 작용하는 응력도

0.8m×0.8m 에 대한 구조해석 결과를 분석해 보면 응력도에서 보는 바와 같이 최대 힘 응력이 발생하는 위치는 측벽 하단 및 측벽의 하단과 저판이 접하는 헌치 부분에서 응력이 많이 발생하고 있으며 리브가 응력의 집중을 감소 시켜 주고 있음을 알 수 있다.

〈그림 7〉은 상재하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도를 나

타낸 것으로 (+)방향은 인장, (-)방향이 압축인 경우로 구분하였다. 결과에서 보여주는 바와 같이 인장은 4.8MPa였고, 압축은 5.4MPa 정도로 나타났다.

〈그림 8〉은 토압하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도를 나타낸 것이고, 〈그림 9〉은 수압하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도이다. 〈그림 10〉은 자중작용시 바닥판에 작용하는 응력도 나

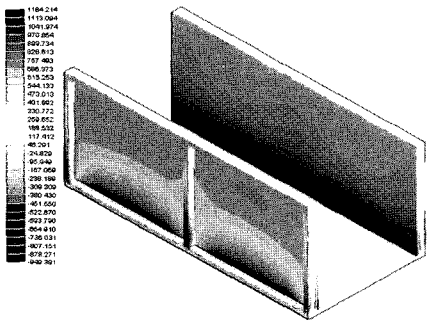


그림 16. 조합하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도

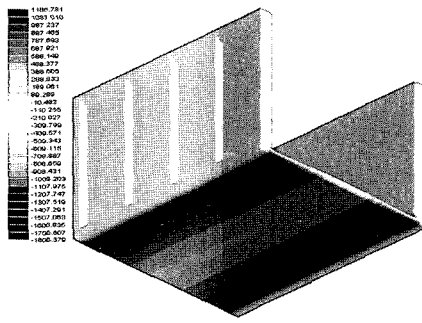


그림 17. 조합하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도

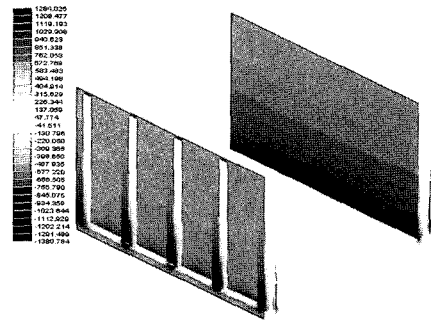


그림 18. 조합하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도

타낸 것이다. 이러한 하중을 조합하여 폴리머 콘크리트 조립식개거 바닥판에 작용하는 응력을 나타낸 것이 <그림 11>로서 조합하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력도를 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 인장응력이 11.5MPa로 나타났으며 바닥판 현치부에서 최대 응력이 발행함을 알 수 있다.

<그림 12>은 상재하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도를 나타낸 것으로 벽체 하단에서 인장응력이 4.9MPa로 제일 크게 나타남을 알 수 있었고, <그림 13>는 토압하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도이다.

<그림 14>는 수압하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도로 수압이 개거 벽체 전체 높이에 작용하는 것으로 가정하여 구조해석을 한 것이며 이때 수압에 의한 최대 응력은 5MPa였다. <그림 15>은 자중작용시 벽체에 작용하는 응력도로 자중에 의한 벽체 응력의 값은 상당히 작은 값을 나타냈다. <그림 16>은 조합하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도를 나타낸 것으로 최대 인

장응력은 바닥판과 벽체 부분이 접하는 현치부에서 약 11.5MPa로 구조해석 결과 나타났다. 또한 그림에서 살펴볼 수 있듯이 벽체에 있는 리브에서 응력집중을 감소시키고 있음을 알 수 있었다.

<그림 17>은 조합하중 작용시 바닥판에 작용하는 응력으로서 $B \times H = 1.5m \times 1.5m$ 이다. 그림에서 분석해 볼 수 있듯이 단면이 커짐에 따라 조합하중은 증가하며 벽체에 리브가 5개로 증가하였으며 이때 최대 휨응력은 11.5MPa이었다. <그림 18>은 조합하중 작용시 벽체에 작용하는 응력도로서 $B \times H = 1.5m \times 1.5m$ 인 경우로 최대 휨응력은 12.5MPa였다. 폴리머 콘크리트 조립식개거 $B \times H = 0.8m \times 0.8m$ 인 것과 비교해 볼 때 리브에서 부담하는 응력이 상당히 크게 나타남을 알 수 있었다. 이상과 같은 구조해석을 반복하여 최적단면을 설계한 후 폴리머 콘크리트 조립식개거의 규격별 구조해석 결과를 통해 규격별 폴리머 콘크리트 조립식개거 호형도에 대한 단면설계를 하였다.

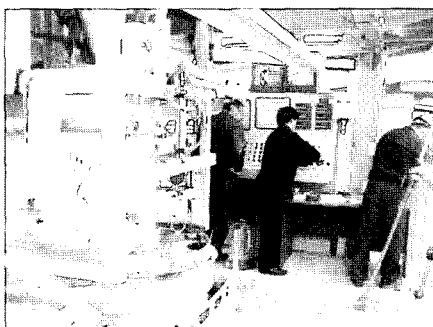


그림 19. 폴리머 콘크리트 자동배합 계량 및 장치 광경

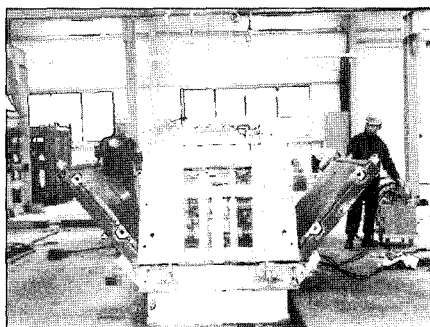


그림 20. 폴리머 콘크리트 조립식개거 거꾸집조립 광경

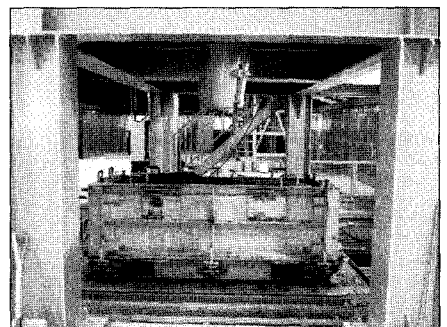


그림 21. 폴리머 콘크리트 타설 광경

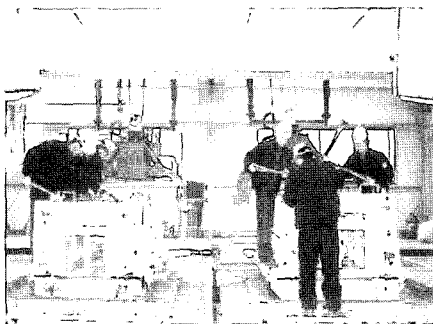


그림 22. 타설후 바닥 표면정리 광경



그림 23. 타설 완료후 양생실 이동 광경

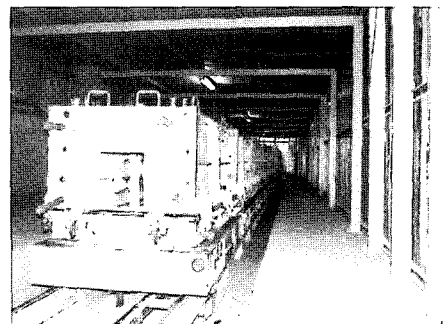


그림 24. 폴리머 콘크리트 조립식개거 양생 광경

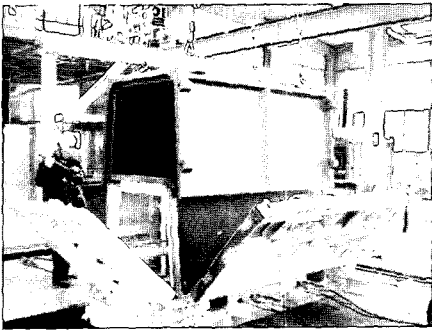


그림 25. 폴리머 콘크리트 조립식개거 양생후 탈형 광경

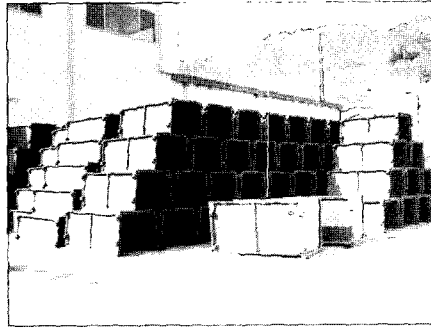


그림 26. 폴리머 콘크리트 조립식개거 야적 광경

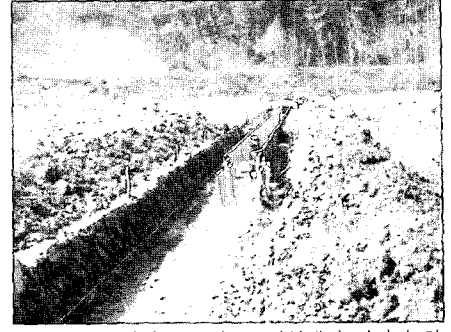


그림 27. 폴리머 콘크리트조립식개거 터파기 및 운반 광경

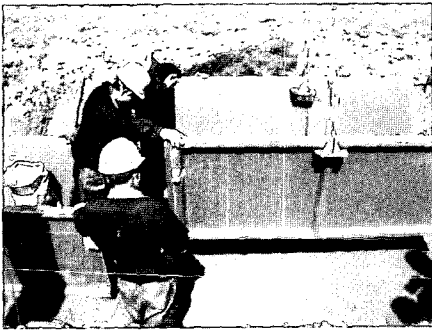


그림 28. 폴리머 콘크리트 조립식개거 설치광경

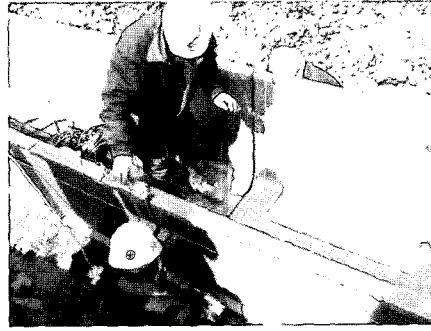


그림 29. 누수방지를 위한 수팽창고무 지수재 설치 광경

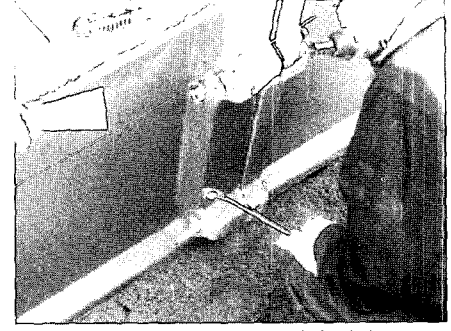


그림 30. 이음부 볼트 체결 광경

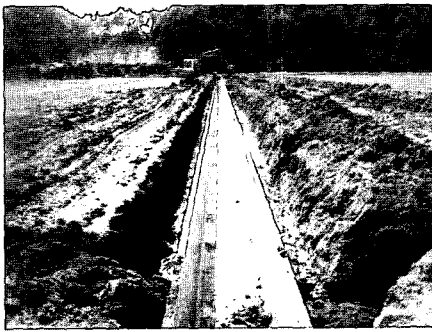


그림 31. 설치 완료후 되메우기 광경



그림 32. 산간부에서 폴리머 콘크리트 조립식개거 설치 광경

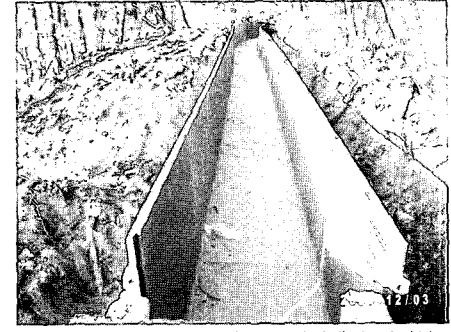


그림 33. 폴리머 콘크리트 조립식개거 곡선부 시공 광경

4. 폴리머 콘크리트 조립식개거 제작

개발된 폴리머 콘크리트 조립식개거의 제작순서를 그림순으로 간단히 설명하면 (그림 19)은 폴리머 콘크리트 자동배합 계량 및 장치광경으로서 폴리머 콘크리트의 원재료인 수지, 골재, 충전재 등을 계량하는 것으로서 자동 배치 플랜트에서 전자 시스템으로 계량된 골재를 건비빔한 후 불포화폴리에스터 수지에 가사시간을 고려한 촉매제를 첨가하여 혼합하는 과정을 보여주고 있다. (그림 20)은 폴리머 콘크리트 조립식개거 거푸집 조립 광경을 보여주고 있는 것으로서 거푸집 탈형을 용이하게 하기 위하여 거푸집에 탈형제를 바른 후 보강재를 설치하고 거푸집을 조립하는 광경을 나타낸 것이고, (그림 21)는 폴리머 콘크리트 타설 광경으로서 강제식 믹서기로 비빔을 실시한 후 조립된 거푸집에 폴리머 콘크리트를 타설하면서 진동으로 다짐을 실시하면서 타설하였다. (그림 22)은 타설후 바닥표면정리 광경으로서 개거 바닥면을 정

리하는 과정을 보여주고 있다. (그림 23)는 타설 완료후 양생실 이동 광경으로서 기건양생을 실시하기 위하여 자동이동 시스템으로 양생실로 이동하는 광경을 나타내고 있는 것이고, (그림 24)는 폴리머 콘크리트 조립식개거 양생 광경을 보여주고 있다. 이때 양생은 특별한 양생장치 없이 기건양생을 실시하였다. (그림 25)은 폴리머 콘크리트 조립식개거 양생후 탈형광경을 나타내고 있는 것으로 일정양생 시간이 지난 후에 거푸집을 해체한 후 탈형을 실시하였다. (그림 26)은 폴리머 콘크리트 조립식개거 제품 생산이 완료된 후 야적광경을 보여주고 있다.

5. 개발된 폴리머 콘크리트 조립식개거 시범시공

개발된 폴리머 콘크리트 조립식개거에 대한 시범시공을 단면 $B \times H = 0.8m \times 0.8m$ 및 $B \times H = 1.0m \times 1.0m$ 을 일부구간 시범시공 하였다. (그림 28)은 폴리머 콘크리트 조립식개거 터파

기 및 운반광경으로서 터파기를 완료 한 후 현장에 운반된 폴리머 콘크리트 조립식개거를 보여 주는 것이고, <그림 29>는 폴리머 콘크리트 조립식개거 설치광경을 나타낸 것으로 소운반된 개거를 장비를 이용하여 현장에 거치시키기 위해서 설치하는 전경을 보여 주고 있으며, 폴리머 콘크리트 조립식개거 운반용 지그를 특별 제작하여 설치하였다. <그림 30>은 누수방지를 위한 수팽창고무지수재 설치광경을 보여주는 것으로서 연결방식은 소켓식 이음으로 구성되어 있으며 시공방법은 소켓압수를 거치시킨 후 이음부와 이음부 사이를 조금 벌린 후 수팽창 고무지수재를 삽입 시킨 후 조립식개거 바깥쪽에 구성되어 있는 이음부에서 볼트를 체결하였다. 이때 수팽창 고무지수재는 수팽창률이 약 70%인 것을 사용하였다. <그림 31>은 이음부 볼트 체결 광경을 나타낸 것으로 임팩터를 이용하여 시공시간을 단축시킬 수 있었고 누수방지 효과가 우수하게 나타났다. <그림 32>는 설치완료후 되매우기 광경을 보여주고 있다.

<그림 33>는 산간부에서 폴리머 콘크리트 조립식개거 설치 광경으로서 레미콘 차량 등의 장비 진입이 어려운 곳에서 소형장비를 이용하여 시공할 수 있었으며, <그림 34>는 폴리머 콘크리트 조립식개거 곡선부 시공 광경을 나타낸 것으로 곡선부가 좌·우로 각각 제작된 길이 50cm인 제품을 제작하여 시공하였다.

6. 결 론

(1) 신건설재료인 폴리머 콘크리트를 이용하여 기존의 시멘트 콘크리트가 갖는 단점을 보완하여 농업용 수리구조물의 하나인 폴리머 콘크리트 조립식개거를 개발하였고 공장에서 생산되어 철저한 품질관리를 할 수 있어 품질이 양호하고, 내구성이 상당히 우수하게 나타났다.

(2) 폴리머 콘크리트 조립식개거에 작용하는 여러 하중을 조합하여 유한요소 해석을 이용하여 단면설계를 하였으며, 이론계산을 통한 저항모멘트는 제작된 폴리머 콘크리트 조립식개거의 구조실험 및 분석을 한 결과 저항 모멘트가 작용모멘트보다 크게 나타나 안전율을 확보 할 수 있는 폴리머 콘크리트 조립식개거

공장제품을 개발하였다.

(3) 개발된 폴리머 콘크리트 조립식개거는 경량이고 대형단면(벤치폴름의 1/2, 레미콘 타설 용수개거의 1/3)이며 양생불량으로 인한 품질저하 없고 내염성, 내화학성을 지닌 간척지나 하수구조물에 특히 유리하며, 경제성면에서는 현장타설개거와 공사비가 비슷하며 동질기 콘크리트 공사 보다 품질변동폭이 작은 잇점을 가지고 있다.

(4) 폴리머 콘크리트 조립식개거 연결부 이음방식은 소켓방식으로 수팽창고무지수재를 삽입하고 볼트로 체결함으로써 수밀성이 양호하여 누수가 없고, 시공성을 향상시킬 수 있었다. 또한 시범시공을 통하여 현장적용성이 우수하게 나타났다.

(5) 단면설계와 시범시공을 통하여 규격별 폴리머 콘크리트 조립식개거 표준도를 개발하였으며, 공사시방서 및 제작시방서를 제정하였다. □

참고문헌

1. Fowler, D. W., "Structural Design of Polymer Concrete," Proceedings of the 3rd Southern African Conference and ICPIC Workshop, 1997, pp.375~387.
2. Helal, M. S., "Experimental Study of Mechanical Properties and Structural Applications of Polymer Concrete," the Degree of Doctor of Philosophy, the University of Rice, 1978.
3. Hsu, H. T., "Flexural Behavior of Polymer Concrete Beams," Ph. D. Dissertation, University of Texas at Austin, 1984.
4. 농어촌진흥공사, "수리구조물제품개발 및 보급", 농어촌연구원, 1990.
5. 농어촌진흥공사, "수리시설물설계자동화 시스템개발", 1996.
6. Kobayashi, K., Ito, T., "Several Physical Properties of Reinforced Concrete," Proceedings of the First ICPIC, 1978, pp.236~240.