

# 프리캐스트 터널 Liner의 리브보강 형상변화에 따른 역학적 거동 특성

이규필<sup>1</sup>, 이성원<sup>2\*</sup>, 황재홍<sup>3</sup>

## Mechanical behaviour of rib-reinforced precast tunnel liner according to variable rib-reinforcement shapes

Gyu-Phil Lee, Seong-Won Lee, Jae-Hong Hwang

**Abstract** Due to the limitation of construction efficiency and structural safety, the application of the high covering and wide width tunnels was limited prior to the introduction of precast cut and cover tunnels. Therefore, a cut and cover tunnel structure with rib reinforcement is proposed to mechanically improve the safety on condition of high covering and wide width tunnel. Therefore, a technical problem that can provide a response similar to the actual filling conditions is analyzed by the finite element analyses, moreover, the mechanical behaviour of developed rib-reinforced precast tunnel liner through a large-sized model test will be investigated. The ultimate load of the developed rib-reinforced precast tunnel liner shows a 3% reduction compared to existing rib-reinforced precast tunnel liner, especially, the section of rib-reinforcement decreased to 55% compared to it of existing. Therefore, the stability of tunnel structure can be significantly improved through the developed rib-reinforced precast segment.

**Keywords:** Cut and cover tunnel, precast segment, rib-reinforcement

**요 지** 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물의 설계 및 시공은 고성토 또는 광폭터널 조건에서는 시공성 및 구조적 안정성 등과 같은 단점 때문에 그 활용이 제한적이다. 따라서 시공성 및 품질관리 등 측면에서 유리한 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물의 시공이 가장 효과적인 대안이라 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 수치해석기법을 이용하여 기존 3분절 리브 보강형 프리캐스트 세그먼트를 이용한 터널구조물 시공기술의 문제점 분석하였으며, 대형 정적하중재하 실험을 통하여 개선된 리브 보강형 프리캐스트 세그먼트 구조물의 역학적 거동 특성을 분석하였다. 개선된 리브 보강형 프리캐스트 세그먼트 구조물의 극한하중은 기존 리브 보강 프리캐스트 세그먼트 구조물 대비 리브 보강단면은 55% 감소하였으나, 구조적 성능은 약 3% 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 리브 보강에 의한 터널구조물 내공단면 축소를 최소화 및 구조물의 하중지지 효과를 크게 향상된 것으로 나타났다.

**주요어:** 개착식 터널, 프리캐스트 세그먼트, 리브보강

### 1. 서 론

개착식 터널구조물은 시공성, 경제성 및 현장조건 등 다양한 고려사항에 의하여 결정되나, 지반굴착 후 콘크리트 라이닝 현장타설을 통한 시공법이 가장 일반적으로 적용되고 있다. 콘크리트 현장타설 구조물의 품질관리상의 문제점은 물론 철근조립, 강재 거푸집설치 및 콘크리트 타설/양생 등 다양한 공정이 요구되므로 이로 인한 시공성 및 경제성저하 등의 문제점이 대두되고 있으며, 이러한 문제

점을 개선하기 위한 가장 효과적인 대안은 프리캐스트 세그먼트를 이용한 지중구조물 시공법이라 할 수 있다.

프리캐스트 세그먼트를 이용한 지중구조물 시공법은 2000년대에 들어서 지중 전력구, 통신구 또는 공동구 등 중·소형 개착식 구조물 시공에 널리 적용되고 있다. 또한 철도 또는 도로터널 등과 같은 대형 개착식 구조물 시공 시에는 프리캐스트 세그먼트 조립에 의한 구조물의 구조적 안정성 확보 문제 등으로 인하여, 터널 갭문 연장 또는 성토고가 낮은 일부 구간 등에 제한적으로 시공되고 있다.

프리캐스트 세그먼트를 이용한 대형 개착식 터널구조물의 구조적 안정성 향상을 위하여 3분절 프리캐스트 세그먼트의 리브 보강을 통한 구조적 안정향상 관련 연구가 수행되었다(이규필 등, 2008). 본 연구에서는 기

<sup>1</sup>정희원, 한국건설기술연구원 지반연구실 연구원

<sup>2</sup>정희원, 한국건설기술연구원 지반연구실 책임연구원

<sup>3</sup>정희원, 한국건설기술연구원 지반연구실 Post-Doc.

\*교신저자: 이성원 (E-mail: swlee@kict.re.kr)

수행된 3분절 리브 보강 프리캐스트 세그먼트 제작상의 문제점 및 시공 후 외관상 문제점 등을 보완하기 위한 추가적인 연구를 수행하였으며, 이를 위하여 폭 4.8 m, 높이 3 m 아치형 대형 시험체를 제작 리브보강 단면형상 변화에 의한 프리캐스트 아치 터널구조물의 역학적 거동 특성을 분석하였다.

## 2. 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널 구조물 개요

프리캐스트를 이용한 조립식 구조물 시공법은 공장에서 프리캐스트를 제작한 후 현장에서 조립하여 완성하는 공법으로, 공기단축은 물론이고 도심지의 경우 교통흐름 방해를 최소화할 수 있으며 공장생산으로 엄격한 품질관리에 의해 균질한 제품을 생산할 수 있는 장점이 있다.

프리캐스트 구조물의 장점을 활용한 개착식 터널구조물 설계 및 시공을 위하여 프랑스 등 선진외국에서는 소

형 프리캐스트 박스 구조물 설계 및 시공기술을 발전시켜 그림 1에 나타낸 바와 같이 2개의 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물을 시공하고 있다. 또한 국내 전문건설기업에서도 그림 2에서 보이는 바와 같이 PAB(Precast Arch Bridge)공법을 개발 청원-상주간 고속도로 탄부터널 등에 적용하고 있다. 또한 국내 최초로 구연터널(밀양 소재)에 3분절 세그먼트를 활용한 개착식 터널구조물을 시공하였다(그림 3 참조)(우혁근 등, 2007).

## 3. 리브 보강 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물

프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물의 시공은 기존 현장타설 콘크리트 라이닝 시공법에 비하여 시공성 및 품질관리 등의 장점이 있으며, 세그먼트 연결부가 내부хин지로 작용하게 된다. 따라서 현장타설



그림 1. 프리캐스트 조립식 터널 시공전경(프랑스)

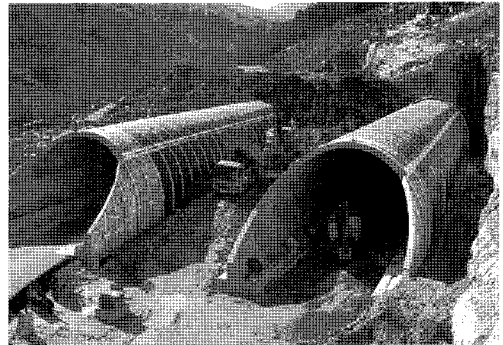


그림 3. 국내 최초 3분절 세그먼트를 이용한 터널구조물



그림 2. PAB(국내사례)

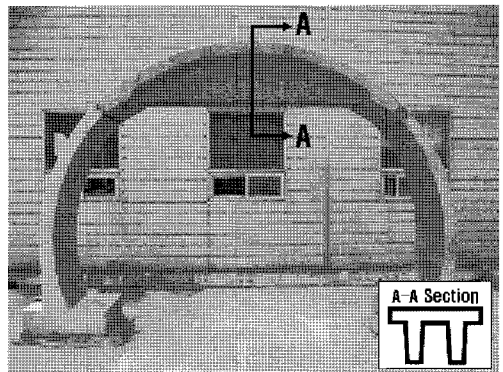


그림 4. 리브 보강 프리캐스트 세그먼트 조립 후 전경

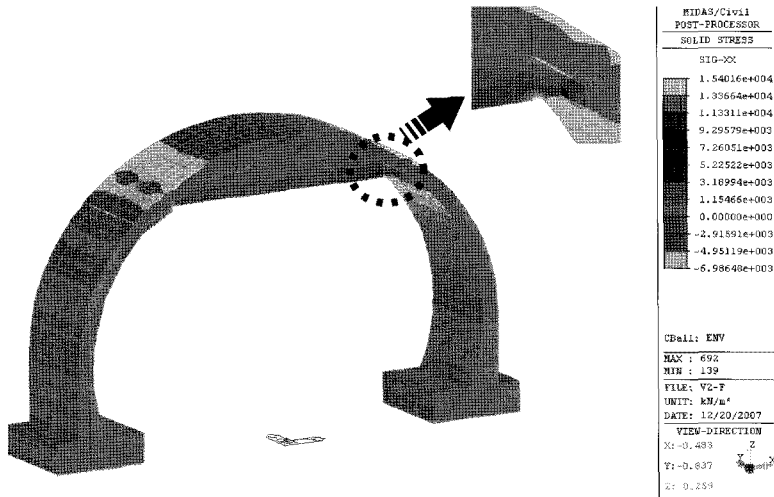


그림 5. 기존 리브 보강 프리캐스트 세그먼트 터널구조물 수치해석결과분석

콘크리트 라이닝과 같은 개착식 터널구조물 대비 동일 하중 조건에서 발생하는 휨모멘트가 감소하게 되므로 세그먼트 부재의 단면이 감소될 뿐만 아니라 부재를 경량화 할 수 있다.

그러나 고성토 조건 및 광폭터널 등에 적용하기에는 세그먼트 연결부의 전단변위 및 축력 등에 의하여 구조적 안정성 확보에 문제점을 갖고 있다(배규진 등, 2003). 상기 문제점을 해결하고 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물의 구조적 안정성 향상을 도모하고자, 그림 4에서 보이는 바와 같이 천정부에 설치되는 세그먼트 하부(터널 내공측)에 리브를 설치하여 프리캐스트 세그먼트를 이용한 터널구조물의 구조적 안정성을 3.3배(극한하중 기준) 증대시켰다(이규필, 2007).

### 3.1 기존 리브 보강 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물 문제점 분석

#### 3.1.1 리브 보강 프리캐스트 세그먼트 보안을 위한 수치해석적 검토

본 연구에서는 기존 리브 보강 세그먼트의 문제점 분석을 위하여 수치해석을 수행하였다. 프리캐스트 세그먼트의 리브 보강을 통하여 구조적 안정성은 크게 향상되었으나, 수치해석결과 리브 보강 단부에서 응력이 크게 발생하는 것으로 나타났다(그림 5 참조). 이는 천정부 세그먼트의 휨강성이 벽체부 세그먼트의 휨강성보다

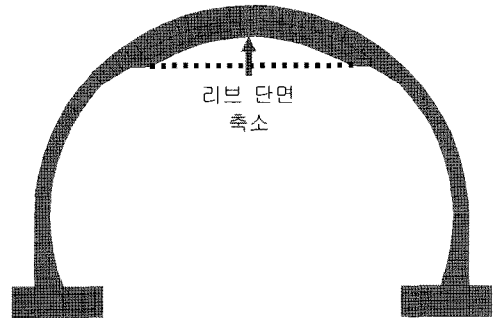


그림 6. 기존 리브 보강 단면 축소 개념도

상대적으로 크기 때문에 세그먼트 조립 후 터널구조물이 아치구조물로 거동하지 않고, 휨강성이 큰 천정부 세그먼트가 단순보와 같이 거동하는 것으로 판단된다. 따라서 세그먼트 조립 후 터널구조물이 아치구조물로 거동할 수 있도록 천정부 세그먼트의 휨강성 감소가 요구된다.

그림 6에서 보이는 바와 같이 리브 보강 단면을 점차 감소시켜 수치해석을 수행하였다. 수치해석결과 단면 2차모멘트가 약 75% 감소될 경우 리브에 발생하는 최대 인장응력은 기존 단면과 유사하게 발생할 뿐만 아니라, 기존 리브 보강 단부의 응력집중 현상이 발생되지 않았다(그림 7 참조). 또한 천정부 세그먼트 아치부에서 발생하는 최대 인장응력 및 압축응력은 기존 단면보다 크

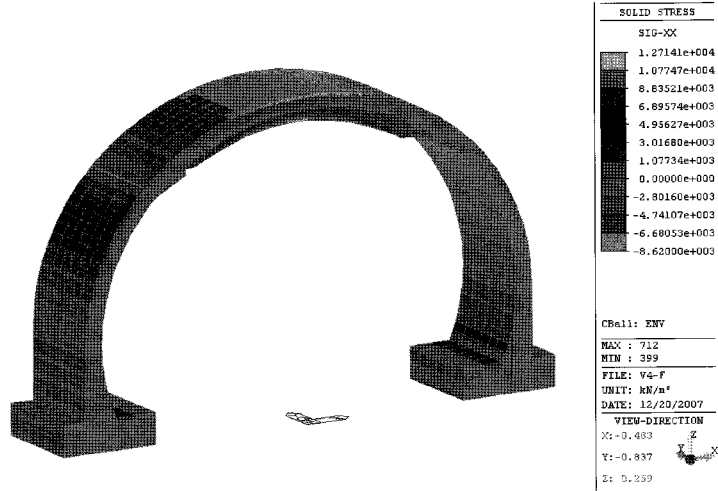


그림 7. 리브 보강 단면 축소 조건 수치해석 결과

표 1. 리브 형상 변화에 따른 응력비교

구 분		기존 리브 보강 단면	변경 리브 보강 단면	비고
천정부 세그먼트 아치부	상연	-0.74 MPa	-6.77 MPa	
	하연	0.17 MPa	10.94 MPa	
천정부 세그먼트 리브 하부		15.40 MPa	15.40 MPa	

게 발생하나 구조적 안정성을 확보가 가능한 범위이며, 이는 하중재하시 천정부 세그먼트의 휨저항 효과가 증가될 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.1.2 터널구조물 내공단면 축소

프리캐스트 세그먼트 조립 후 구조적 안정성 향상을

위하여 3분절로 구성된 프리캐스트 세그먼트 가운데 천정부에 설치되는 세그먼트의 터널 내공측에 리브를 설치하였으나, 그림 8에서 보이는 바와 같이 터널 갭문 연장시 리브보강 단면에서 본선 터널구간 대비 약 10%정도 내공단면이 감소된다(그림 9 참조). 내공단면의 감소는 운전자에게 심적 부담감을 제공하게 되며, 리브 보강

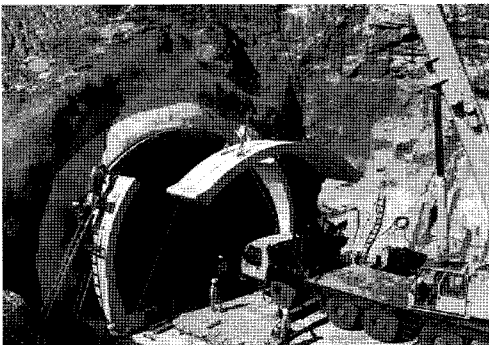


그림 8. 터널 갭문시공을 위한 프리캐스트 세그먼트 조립 전경



그림 9. 리브 보강에 의한 터널 내공단면 변화

형 프리캐스트 세그먼트의 현장 적용성 확대를 위해서는 리브 보강효과를 최대한 유지함과 동시에 내공단면 축소를 최소화하여야 한다. 이는 3.1.1의 수치해석결과를 토대로 변경된 리브 단면으로 검토시 내공단면 감소는 기존 리브 보강 단면보다 약 50% 감소시킬 수 있다.

### 3.1.3 프리캐스트 세그먼트 생산성 향상

본 연구에서는 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물의 구조적 안정성 향상을 도모하고자 리브 보강형 프리캐스트 세그먼트에 대한 연구를 수행하였다. 또한 15m이상의 고성토 또는 4차선 도로터널 등과 같은 광폭 터널 현장조건에서 활용 가능하도록, 프리캐스트 세그먼트의 내하력을 추가적으로 증대시키기 위하여, 그림 10에서 보이는 바와 같이 2열의 프리스트레스 도입을 위하여 리브 단면형상 또한 2열로 제작하였다(그림 11(a) 참조).

그러나, 2열 리브 보강 프리캐스트 세그먼트(이하 A형 리브) 제작시 각 리브에 대한 철근조립이 별도로 요구되고 콘크리트 타설시 작업성 저하 등의 문제점이 발생하였다. 따라서 프리캐스트 세그먼트의 생산성 향상을 위하여 2열의 리브를 1개의 리브로(이하 B형 리브) 변경하여 T형 단면으로 변경하였다(그림 11(b) 참조).

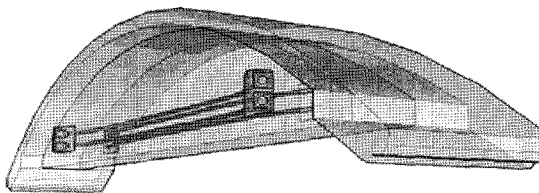
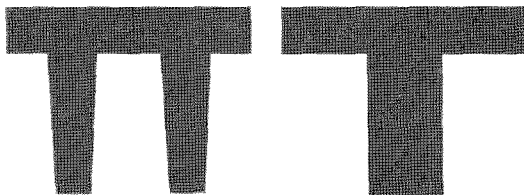


그림 10. 프리스트레스 도입 개념도



(a) 변경 전(A형 리브)      (b) 변경 후(B형 리브)

그림 11. 리브 보강 단면 변화 개념도

## 4. 대형재하실험

### 4.1 대형재하실험 개요

#### 4.1.1 실험체 제작

축소모형 실험을 통하여 실구조물의 거동을 재현하기 위해서는 기하학적 상사율, 재료적 상사율과 하중 상사율과 같은 상사조건이 충족되어야 한다. 축소모형 실험에 사용되는 실험체에 대한 기하학적 상사율은 구조물의 모든 제원을 상사율에 맞추어 축소시킴으로써 충족된다. 그러나 철근은 실구조물에 사용된 제품에 대해 상사율을 고려할 때 이를 충족시키는 기성제품이 제작되지 않고 있으므로 이에 최대한 근접한 직경의 기성제품 철근을 사용하였다. 따라서 철근비는 거의 동일하지만 사용철근의 개수가 작아지므로 철근의 배근간격이 넓어지게 된다. 이와 같은 방법으로 제작된 실험체는 균열 형태에 차이를 나타낼 수 있으나 실구조물의 전반적인 거동을 재현하기에는 충분한 것으로 판단된다(이규필 등, 2008).

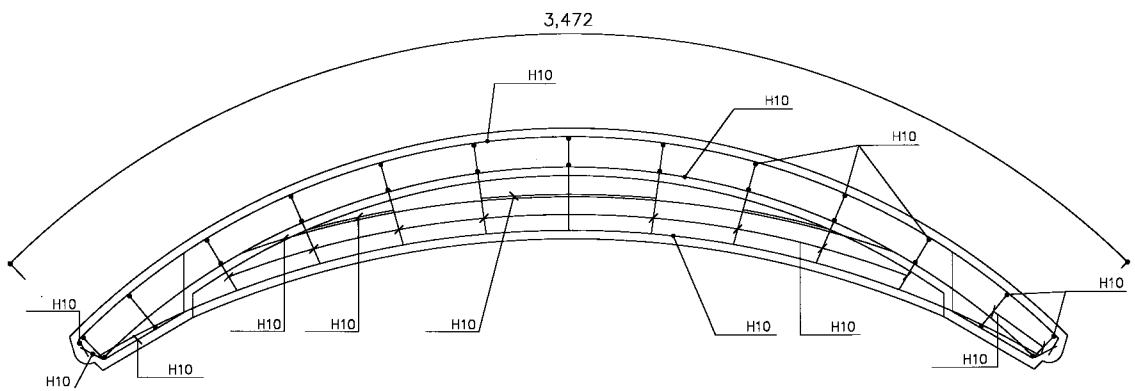
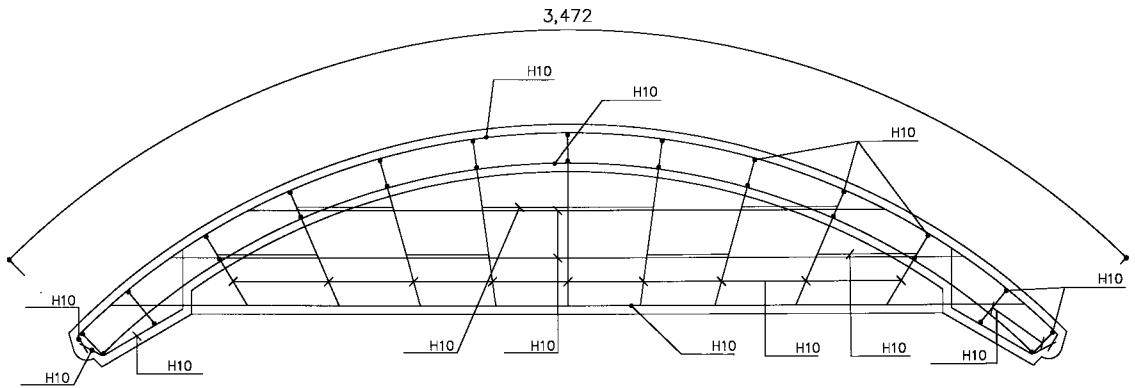
리브 보강 프리캐스트 세그먼트의 대형 재하실험용 축소모형의 제원, 철근배근 상세 및 제작 전경은 그림 12~13과 같고, 콘크리트 재령 28일 일축압축강도는 40 MPa이다.

리브 형상변화에 따른 프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물의 구조적 특성분석을 위하여, 본 연구에서는 B형 리브 보강 실험체를 제작하였다.

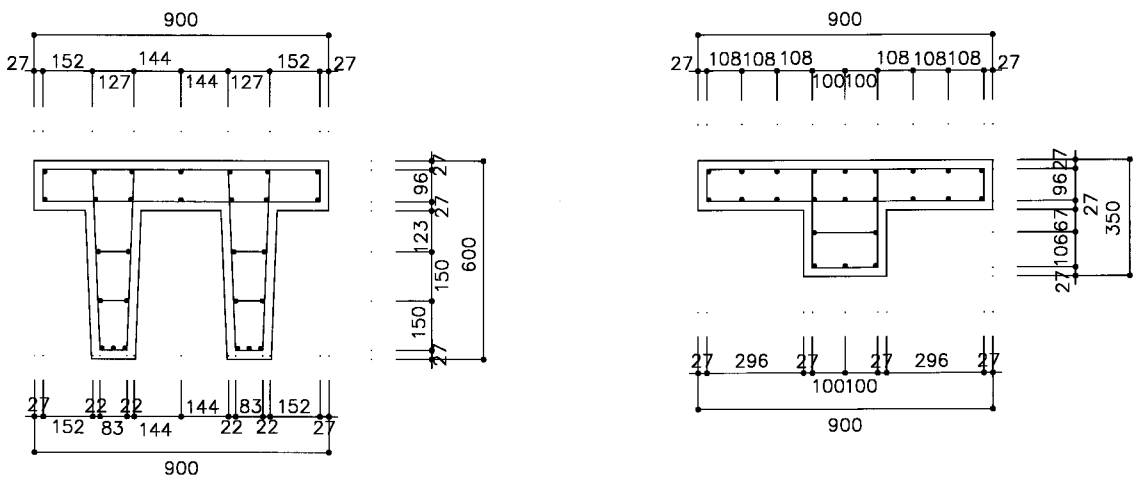
#### 4.1.2 재하실험 조건

개착식 터널구조물 시공시 성토체는 터널구조물에 연직 및 수평 토압으로 작용할 뿐만 아니라, 터널구조물의 변위를 제어하기도 한다. 리브 보강 프리캐스트 구조물의 성능 개선효과를 평가하기 위해서는 이러한 터널구조물과 성토지반과의 상호작용 등을 모사하여야 하나, 하중재하 시스템의 제한 등으로 인하여 그림 14에서 보이는 바와 같이 각 천정부 프리캐스트 세그먼트 형상별 내하력 평가를 위한 연직하중을 천단부에 재하하였다.

재하하중은 천단부에 선하중으로 재하를 하였으며 servo controller를 통한 하중제어 방식으로 하중재하속도는 19.62 kN/min 이다.



(a) 리브 A형(상) 및 리브 B형(하) 아치부 단면도(정면)

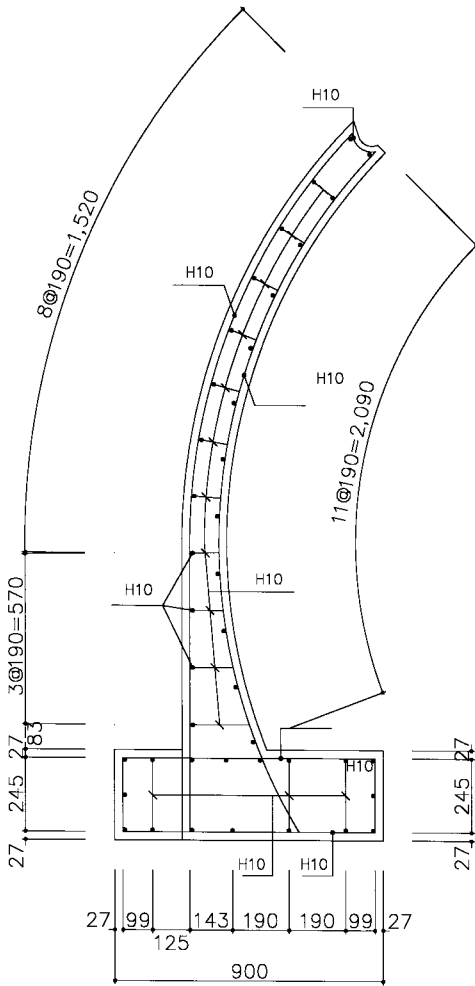


(b) 리브 A형(좌) 및 리브 B형(우) 아치부 단면도(단면)

그림 12. 프리캐스트 세그먼트 단면도(단위: mm)

4.1.3 계층

대형 재하실험시 계층은 벽체부 및 천정부 세그먼트 6개소에 스트레인 게이지를 설치하였으나, 본 논문에서는 아치 천단부의 중앙에서 측정한 계층결과를 토대로 구조적 안정성을 비교 분석하였다(그림 15~16 참조).



(c) 측벽부 단면도

그림 12. 프리캐스트 세그먼트 단면도(단위: mm)(계속)

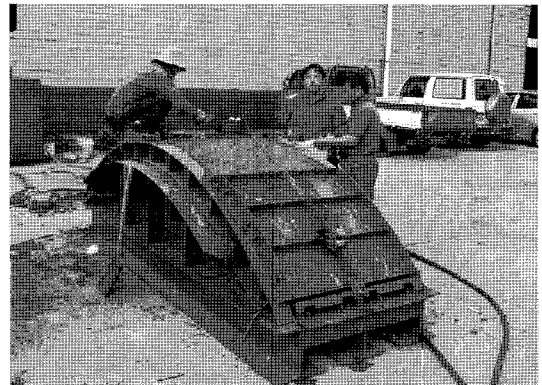
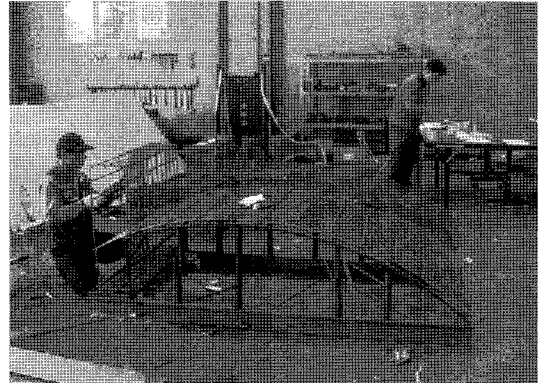


그림 13. 세그먼트 제작 전경

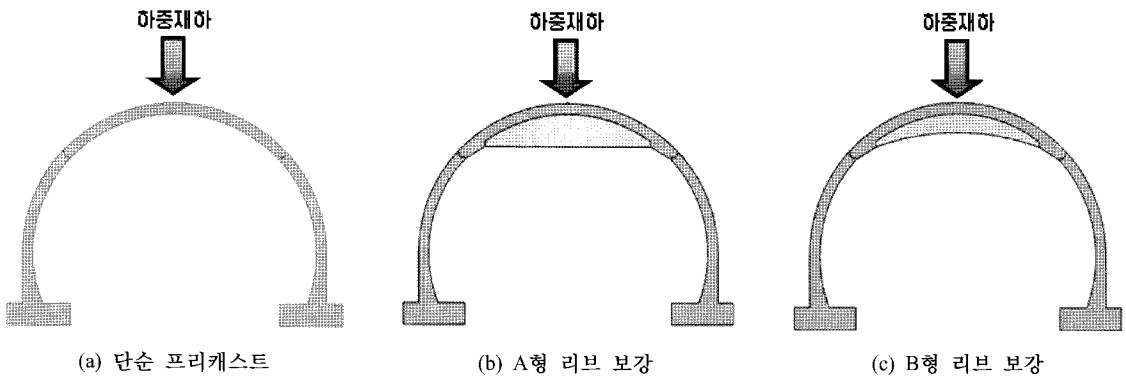


그림 14. 재하실험 개요

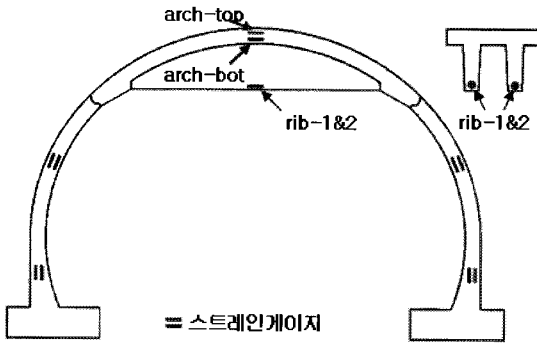


그림 15. 스트레인 게이지 설치 개요

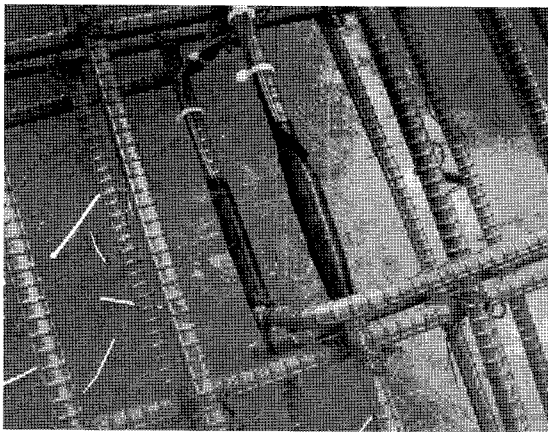


그림 16. 스트레인 게이지 설치 전경

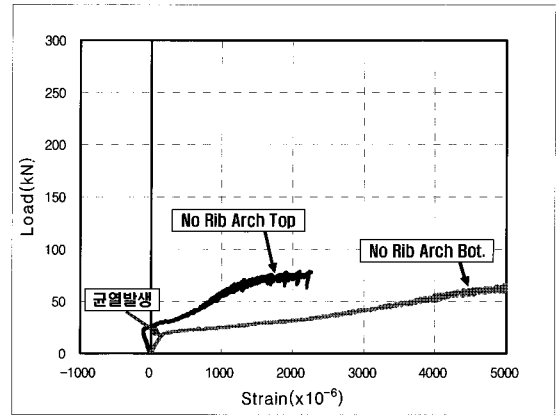


그림 17. 단순 프리캐스트 아치세그먼트 하중-변형률 관계

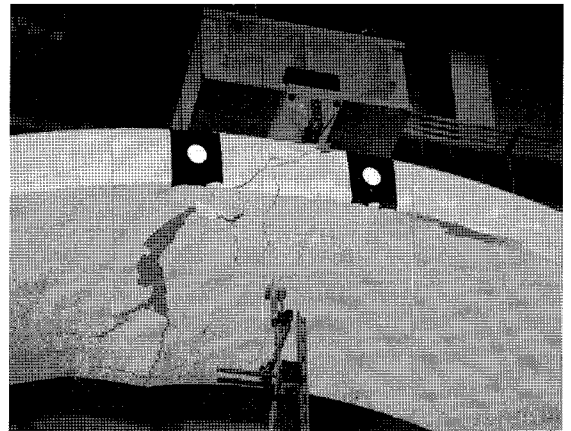


그림 18. 단순 프리캐스트 아치세그먼트 파괴 후 전경

## 4.2 대형 재하 실험결과

### 4.2.1 단순 프리캐스트 아치세그먼트

리브보강을 하지 않은 단순 프리캐스트 아치 세그먼트에 대한 실험결과, 초기 하중재하단계에서 아치 세그먼트 상부철근(arch-top)은 압축거동, 하부철근(arch-bot)은 인장거동을 보이는 전형적인 단순보 형상의 거동을 보이는 것으로 나타났다. 재하하중이 증가함에 따라 약 20 kN의 재하하중 조건에서 균열이 발생되면서 중립축이 상승하고, 재하하중이 25 kN을 넘어서면서부터 하부철근 및 상부철근에서 동시에 인장거동이 관찰되었다. 최종적으로 재하하중 약 78 kN에서 압축측 콘크리트의 압괴에 의하여 실험체 파괴가 발생되었다(그림 17~18 참조).

### 4.2.2 A형 리브 보강 프리캐스트 아치세그먼트

A형 리브 보강 프리캐스트 아치 세그먼트에 대한 실험결과 초기 하중재하단계에서 아치부 상부철근(arch-top)은 압축거동을 하는 것으로 나타났으나, 아치부 하부철근(arch-bot)에서는 변형이 발생하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 아치부 하부철근 설치위치에 중립축이 위치하는 것으로 판단된다.

재하하중 약 55 kN에서 리브 중앙하부에 균열 발생이 관찰되었으며, 재하하중 약 100 kN에서 리브 하부철근 항복과 함께 아치부 하부철근의 하중부담이 증가되어 하중-변형률 곡선의 기울기가 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

재하하중 약 235 kN에서 아치부 하부철근은 항복점



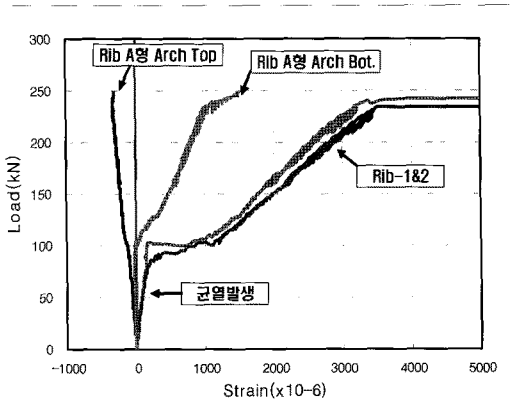


그림 19. A형 리브 보강 프리캐스트 아치세그먼트 하중-변형률 관계

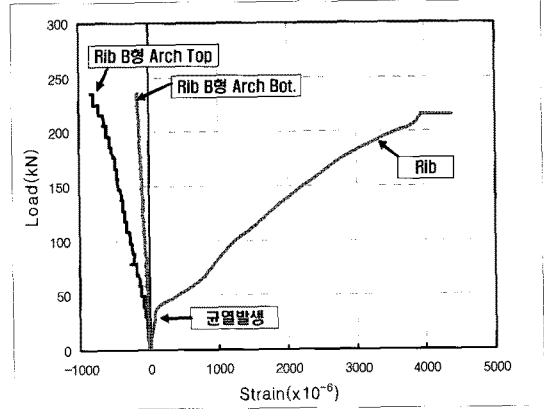


그림 21. B형 리브 보강 프리캐스트 아치세그먼트 하중-변형률 관계

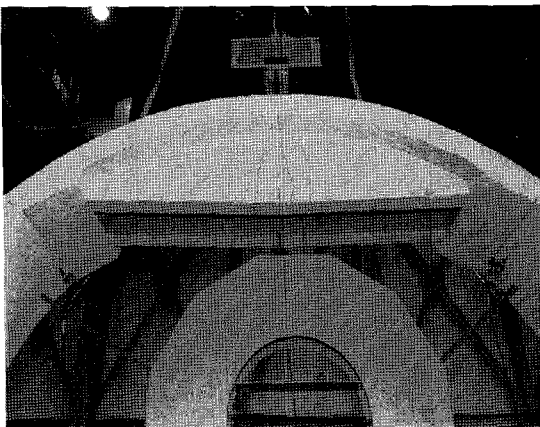


그림 20. A형 리브 보강 프리캐스트 아치세그먼트 파괴 후 전경

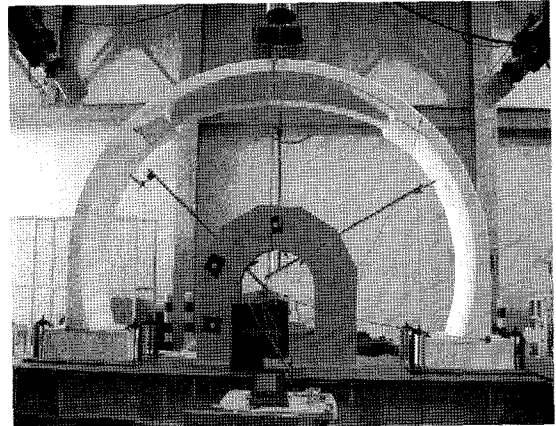


그림 22. B형 리브 보강 프리캐스트 아치세그먼트 실험 전경

에 도달하였고, 재하하중 약 249 kN에서 최종적으로 압축축 콘크리트의 압괴로 인한 실험체의 파괴가 발생되었다(그림 19~20 참조).

#### 4.2.3 B형 리브 보강 프리캐스트 아치세그먼트

B형 리브 보강 프리캐스트 아치 세그먼트에 대한 실험결과 A형 리브 보강 프리캐스트 아치 세그먼트에 대한 실험결과와는 상이하게 하중재하시 아치부 상부철근(arch-top) 및 하부철근(arch-bot) 모두 압축거동을 하는 것으로 나타났다.

재하하중 약 34 kN에서 리브 중앙하부에 균열 발생이 관찰되었으며, 리브 하부철근은 재하하중 약 40 kN을

변곡점으로 하중-변형률 곡선의 기울기가 급격히 감소하는 소성거동을 보이 것으로 나타났다. 또한 재하하중 약 235 kN에서 최종적으로 압축축 콘크리트의 압괴로 인한 실험체의 파괴가 발생되었다(그림 21~22 참조).

### 4.3 결과분석

#### 4.3.1 균열 및 극한하중 비교

프리캐스트 세그먼트를 이용한 개착식 터널구조물의 리브 보강 효과분석을 위한 정적재하실험으로부터 얻어진 각 실험체의 균열발생 하중 및 극한하중은 다음의 표 2와 같다.

표 2에서 보이는 바와 같이 프리캐스트 세그먼트의 리

표 2. 균열발생 하중 및 극한하중 비교

구 분	균열발생 하중	극한하중
단순 프리캐스트 아치	20 kN	78 kN
A형 리브 보강 프리캐스트 아치	55 kN	249 kN
B형 리브 보강 프리캐스트 아치	34 kN	235 kN

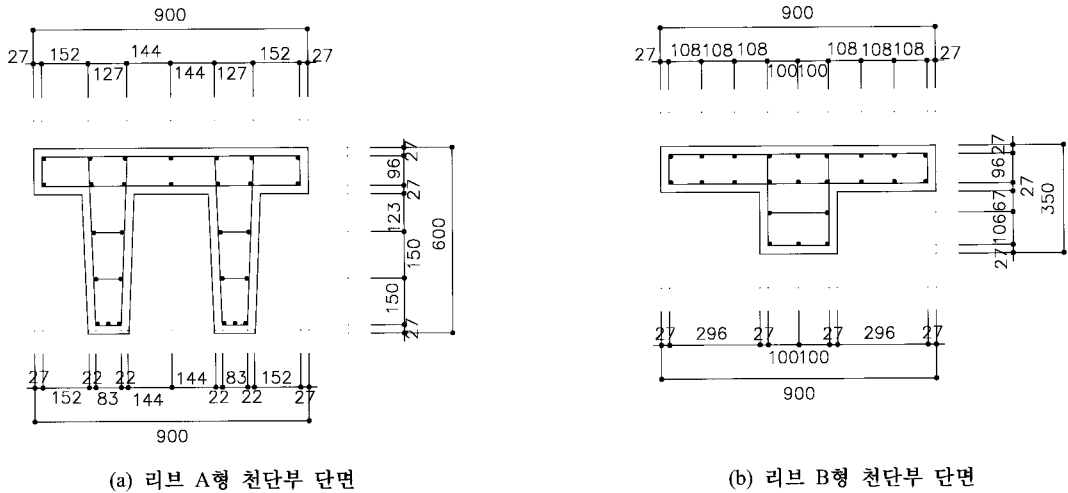


그림 23. 리브 A형 및 리브 B형 천단부 단면 비교

브 보강 효과로 A형 리브 보강 프리캐스트 아치의 경우 천단부에 균열이 발생하는 하중은 리브가 없는 단순 프리캐스트에 비해 2.75배, 구조물의 극한하중은 약 3.2배 증가하는 것으로 나타났다. 또한 B형 리브 보강 프리캐스트 아치의 경우 천단부에 균열이 발생하는 하중은 리브가 없는 단순 프리캐스트에 비해 1.7배, 구조물의 극한하중은 약 3배 증가하는 것으로 나타났다.

따라서, 단순 프리캐스트 세그먼트 구조물에 대한 리브 보강을 통하여 구조물의 구조적 안정성이 크게 향상된 것으로 나타났다.

#### 4.3.2 A형 및 B형 리브 보강 효율 분석

A형 리브 보강 프리캐스트 구조물의 극한하중이 B형 리브 보강 프리캐스트 구조물의 극한하중보다 14 kN 큰 것으로 나타났다. 그림 23 및 표 3에서 나타낸 바와 같이 A형 리브 및 B형 리브의 최대 단면적은 각각 2,729 cm<sup>2</sup>, 1,858 cm<sup>2</sup>로 수행된 A형 리브 시험체의 단면적이 약 871 cm<sup>2</sup> 크고, 시험체 제작에 소요된 철근의 개수는 A형 리브 28개, B형 리브 23개이며, 철근량은 각각

표 3. A형 리브 및 B형 리브 단면적 및 주철근량 비교

	A형 리브	B형 리브
천단부 단면적	2,729 cm <sup>2</sup>	1,858 cm <sup>2</sup>
천단부 주철근 철근량	19.97 cm <sup>2</sup>	16.41 cm <sup>2</sup>
주철근 개수	28 개	23 개

19.97 cm<sup>2</sup>, 16.41 cm<sup>2</sup>로 A형 리브의 철근량이 3.56 cm<sup>2</sup> 크다.

본 연구에서는 두 시험체의 리브 형상변화에 따른 구조적 안정성 효과를 비교분석하기 위하여, 각 시험체에 대한 환산단면적 개념을 이용하여 분석하였다.

각 시험체의 환산단면적은 A형 리브 약 2,748.3 cm<sup>2</sup>, B형 리브 약 1,873.7 cm<sup>2</sup>로 A형 리브의 단면적이 B형 리브보다 874.6 cm<sup>2</sup> 크다. 즉, 환산단면적의 경우 A형 리브가 B형 리브보다 약 47% 크나, 대형 재하실험 결과 극한하중은 A형 리브가 B형 리브보다 약 6% 큰 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서는 두 시험체의 리브 형상변화에 따른 구조적 안정성 효과를 비교분석하기 위하여, 환산

표 4. A형 리브 및 B형 리브의 내하력 효율 비교

	A형 리브	B형 리브
내하력 효율	0.091	0.125

단면적당 각 시험체의 극한하중비율을 내하력 효율이라 정의하고 상기 결과를 비교/분석하였다(식 (1) 참조).

$$\text{내하력 효율} = \frac{\text{각 시험체의 극한하중}}{\text{각 시험체의 환산단면적}} \quad (1)$$

표 4에서 보이는 바와 같이 B형 리브의 내하력 효율은 0.125로 A형 리브의 내하력 효율 0.091보다 약 37% 높은 것으로 나타났으며, B형 리브 보강 프리캐스트 구조물이 외부 하중을 보다 효과적으로 지지할 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 기존 리브 보강 프리캐스트 아치 개착식 터널구조물의 문제점을 분석 및 보완하기 위하여, 2차선 도로터널을 기초로 하여 1/2.67 scale의 대형 시험체를 제작하고 하중재하 시험을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 수치해석결과 A형 리브 프리캐스트 세그먼트 구조물은 아치구조물의 역학적 거동 보다는 단순보의 거동을 보이는 것으로 나타났으며, 이로 인하여 리브 보강 단부에 응력집중 현상 문제점이 발생하였다. 본 연구에서는 상기 문제점 해결을 통하여 보다 효율적인 프리캐스트 터널구조물 시공을 위한 B형 리브 보강 프리캐스트 세그먼트 구조물을 개발하였으며 대형 재하실험을 통하여 그 효과를 증명하였다.
2. 또한 B형 리브 프리캐스트 세그먼트 구조물은 A형 리브 프리캐스트 세그먼트 구조물의 터널구조물 내 공단면 축소현상을 약 50%의 감소시켜 공용시 개방감을 향상시킬 수 있으며, 프리캐스트 세그먼트 보강을 위한 리브 설치개수 감소를 통하여 세그먼트 생산성을 향상시켰다.

3. B형 리브 보강단면의 단면 2차모멘트는 A형 리브 보강단면 대비 75% 감소하였으나, 극한하중은 97% 수준으로 높은 구조적 안정성을 확보하는 것으로 나타났으며, 리브로 보강하지 않은 단순 프리캐스트 구조물 대비 약 3배의 구조적 안정성을 확보하는 것으로 나타났다.
4. A형 리브 보강단면과 B형 리브 보강단면의 내하력 효율은 각각 0.091, 0.125로 B형 리브 보강단면이 137% 정도 하중지지 효과가 높은 것으로 나타났으며, 이는 B형 프리캐스트 세그먼트 구조물이 A형 프리캐스트 세그먼트 구조물 보다 아치구조물 거동에 가까운 거동을 하기 때문인 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2006년도 건설핵심기술연구개발사업(과제번호: 06-건설핵심 C19, 과제명: 리브 보강형 프리캐스트 아치를 이용한 개착터널의 설계 및 시공법 개발)에 의하여 연구비가 지원되었습니다.

## 참고문헌

1. 배규진, 이규필 (2001), “개착식터널 라이닝 해석을 위한 모델링 기법에 관한 연구”, 터널기술, 한국터널공학회 논문집, Vol. 3, No. 2, pp. 13-22.
2. 배규진 등 (2003), “복개 터널구조물의 성토하중 경감 및 라이닝 설계기술 개발”, 건기연 2003-037, pp. 272-303.
3. 우혁근 등 (2007), “리브 보강형 프리캐스트 아치를 이용한 개착터널의 설계 및 시공법 개발”, R&D/06건설핵심-C19, pp. 78-96.
4. 이규필, 이성원, 김영진, 황훈희 (2007), “프리캐스트 아치 터널구조물의 리브 보강 효과”, 2007년도 대한토목학회 학술발표회, pp. 1072-1075.
5. 이규필, 이성원, 신휴성, 황재홍 (2008), “리브 보강 프리캐스트 터널 Liner의 역학적 거동 특성”, 터널기술, 한국터널공학회 논문집, Vol. 10, No. 3, pp. 1-8.

접수일(2009.7.6), 수정일(1차: 2009.7.21, 2차: 2009.7.23), 게재확정일(2009.7.23)