



조립식 프리캐스트

콘크리트 중공 슬래브 교량 시스템

**PPC 교량 시스템 : Prefabricated Precast
Prestressed Concrete Hollow Slab Bridge System**

(주) 삼 표 / 삼표이앤씨 (주)

(주) 건 화 / 김 장 호

Content



Introduction



Technical Improvements



심사기준의 검토사항



기술적 파급 효과



신기술 지정시 권고 사항에 대한 이행여부

1. 신기술 제 464호 PPC Bridge System의 개요

1.1 건설 신기술 464호 (PPC Bridge System)의 개요

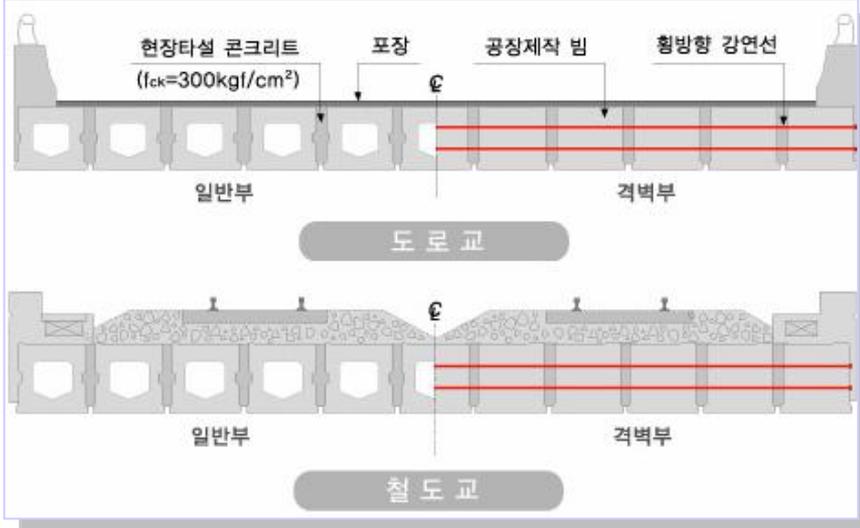
중공박스형태의 Multi-Girder System

횡방향 프리스트레싱으로 각각의 거더간 일체화

거더의 표준화를 통해 공장 제작 가능

고강도 콘크리트 사용으로 효율적인 단면 활용

구조성능 및 사용성능이 우수한 신기술 교량형식



프리텐션 방식

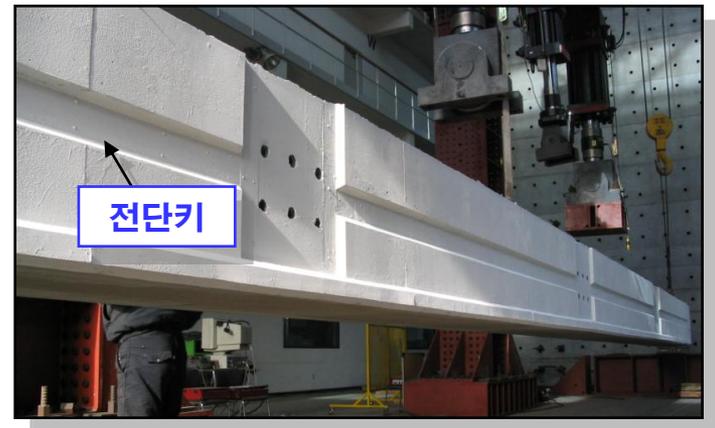
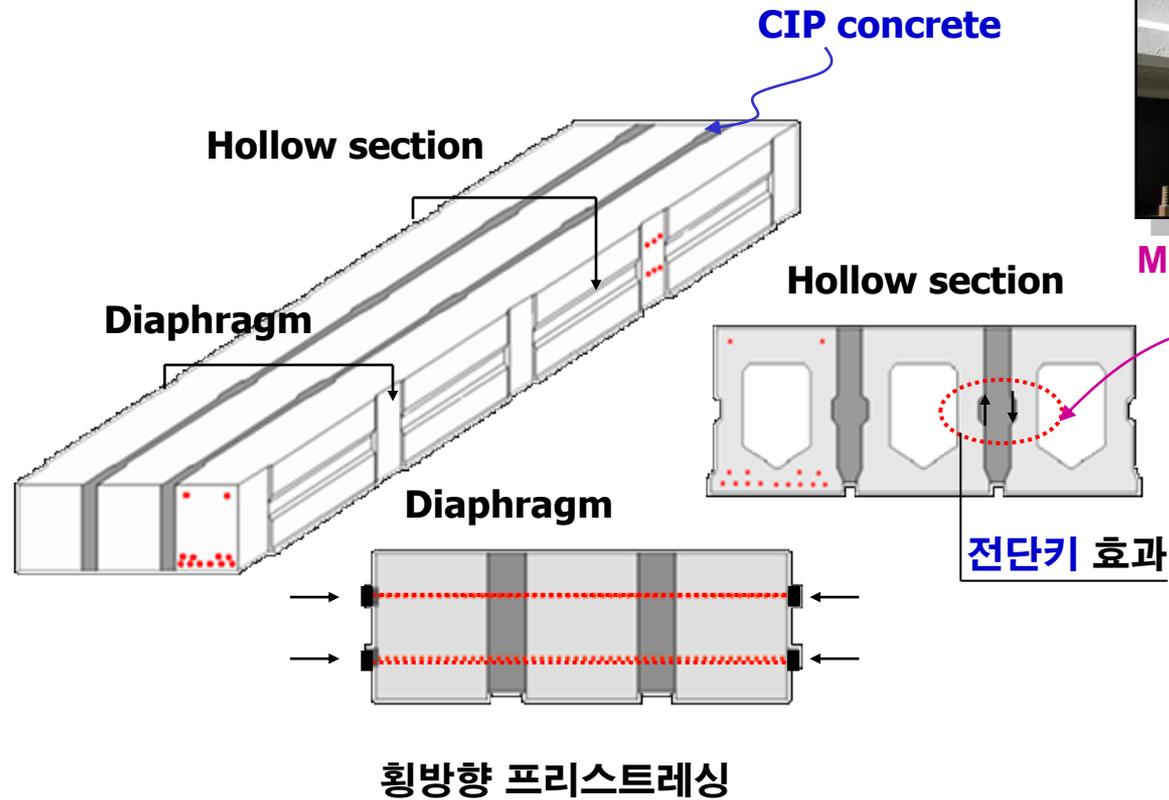
적용범위: 시간 **25M** 이하의 교량

포스트텐션 방식

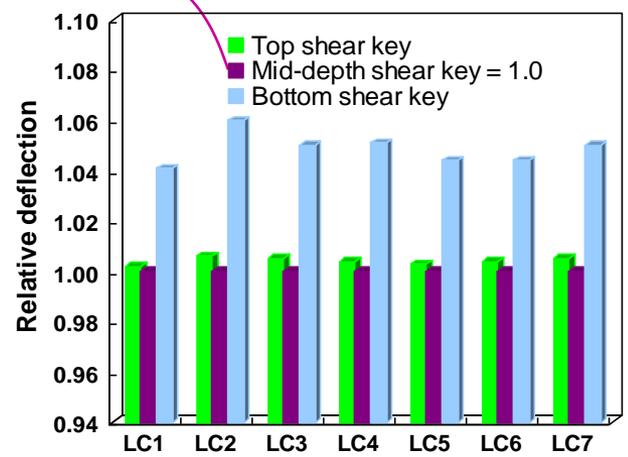
적용범위: 시간 **25~35M** 이하의 교량

1.1 건설 신기술 464호 (PPC Bridge System)의 개요

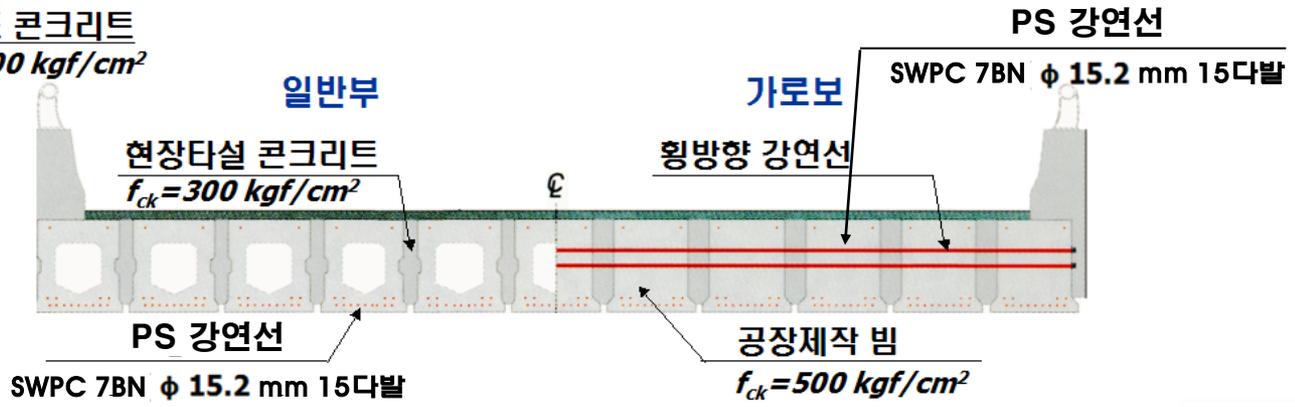
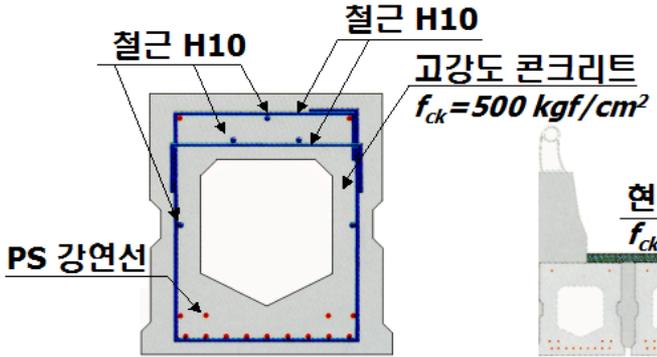
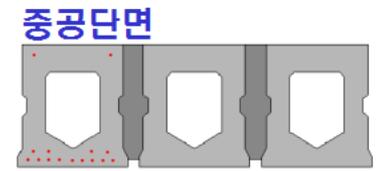
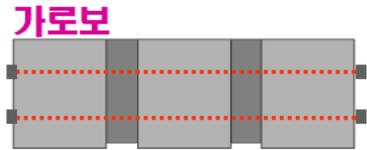
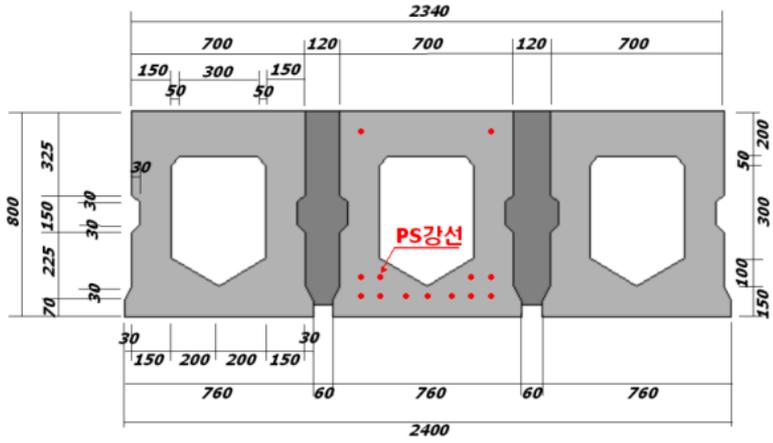
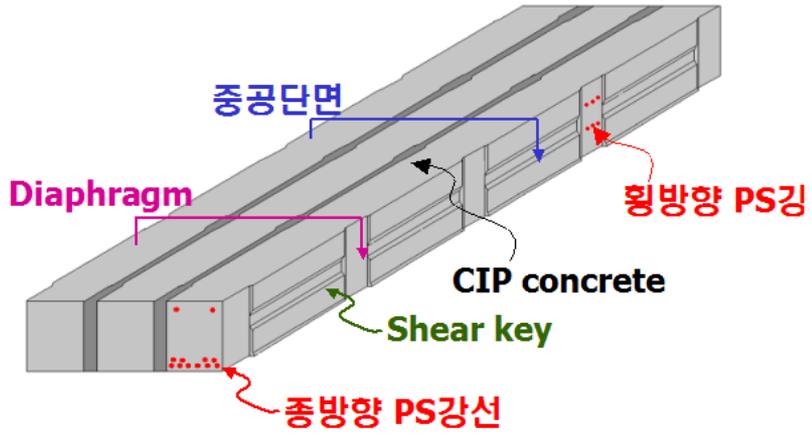
① 전단키와 횡방향 프리스트레싱을 적용한 PPC 교량의 **거동 일체화** 공법



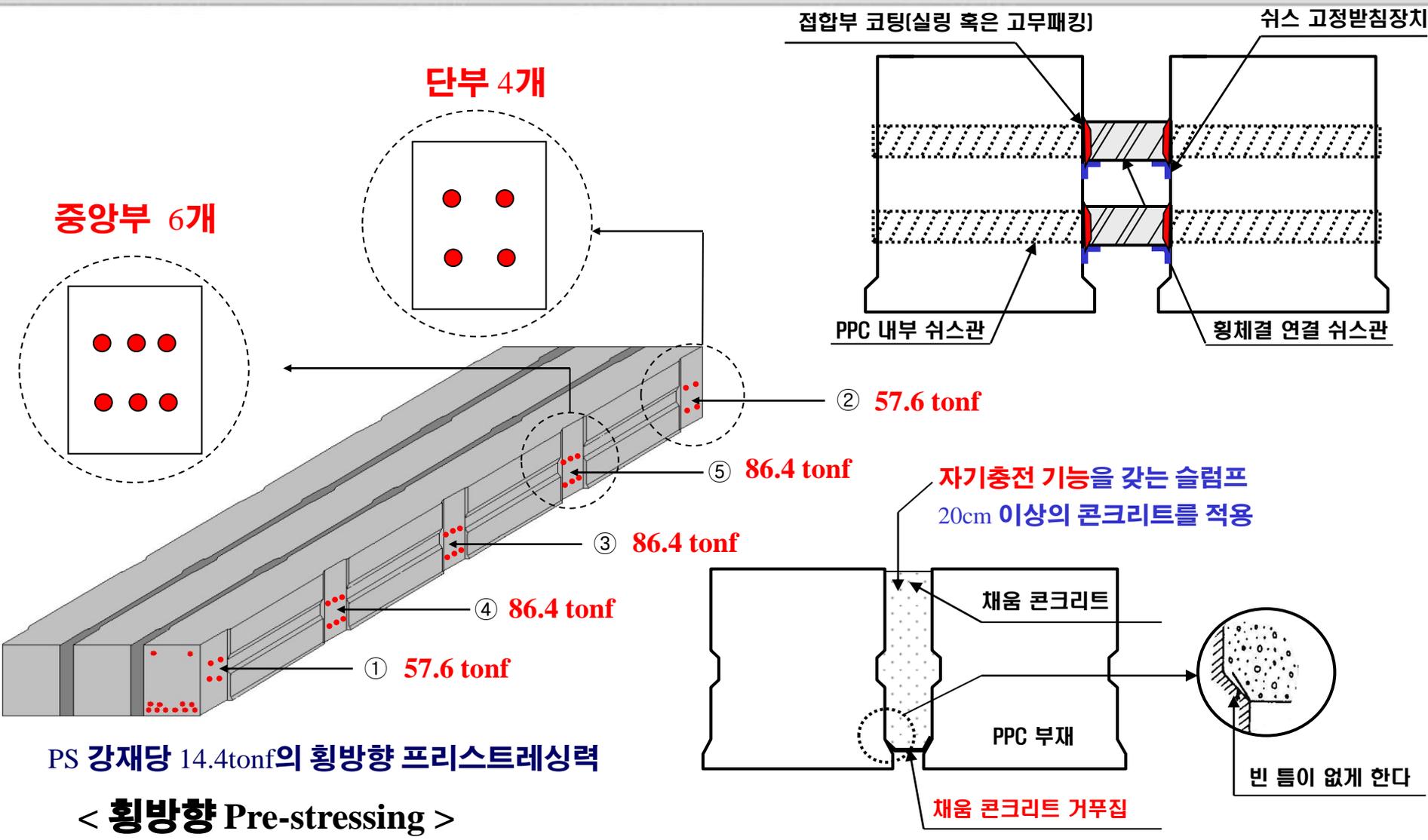
Mid-depth shear key



PPC Bridge System



1.1 건설 신기술 464호 (PPC Bridge System)의 개요

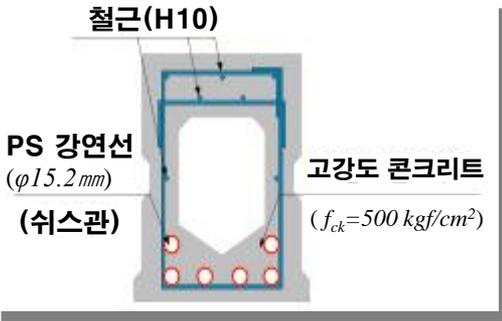
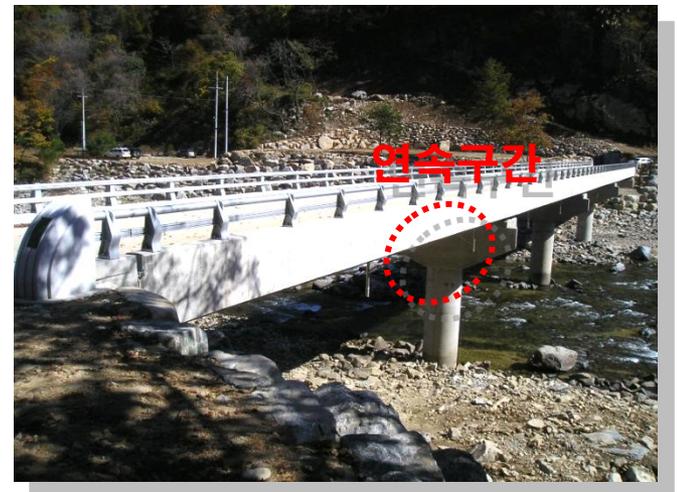
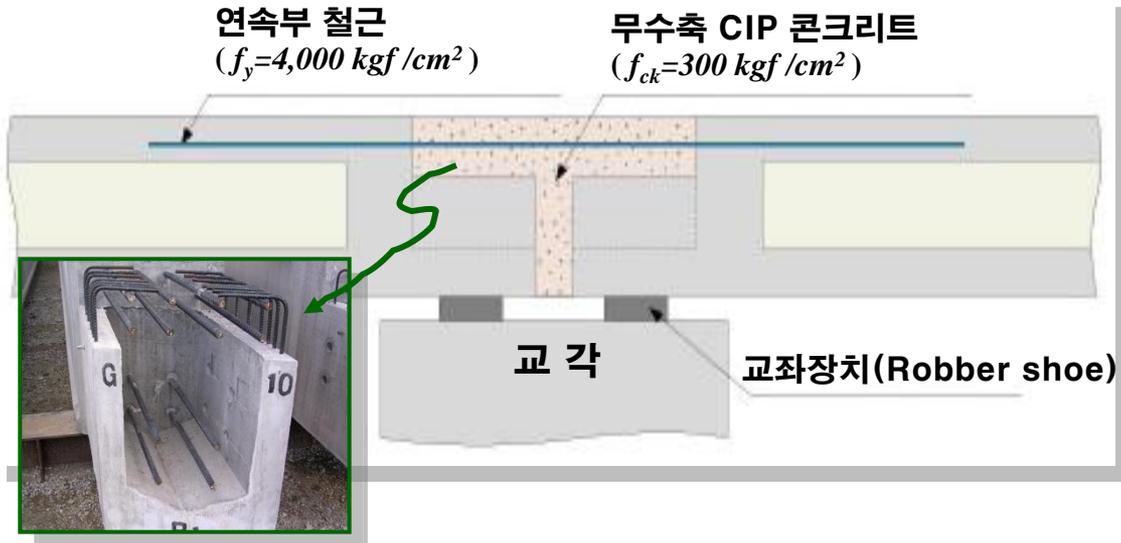


PS 강재당 14.4tonf의 횡방향 프리스트레싱력

< 횡방향 Pre-stressing >

1.1 건설 신기술 464호 (PPC Bridge System)의 개요

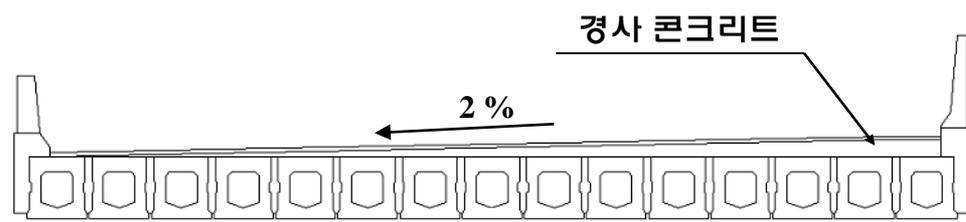
② PPC 교량의 분절 건설공법과 다경간 연속화 공법



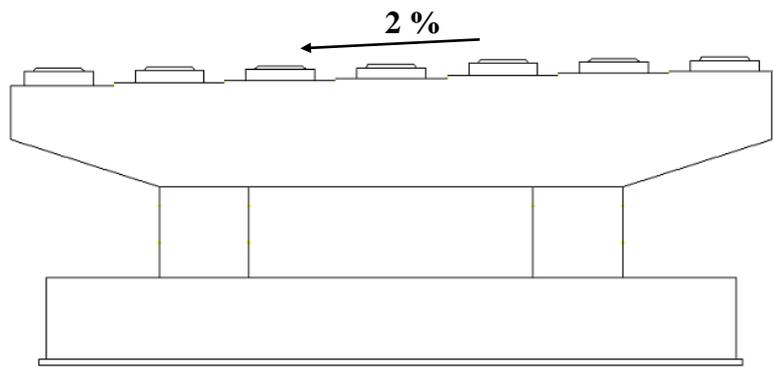
1.1 건설 신기술 464호 (PPC Bridge System)의 개요

③ 횡방향 경사의 시공방법

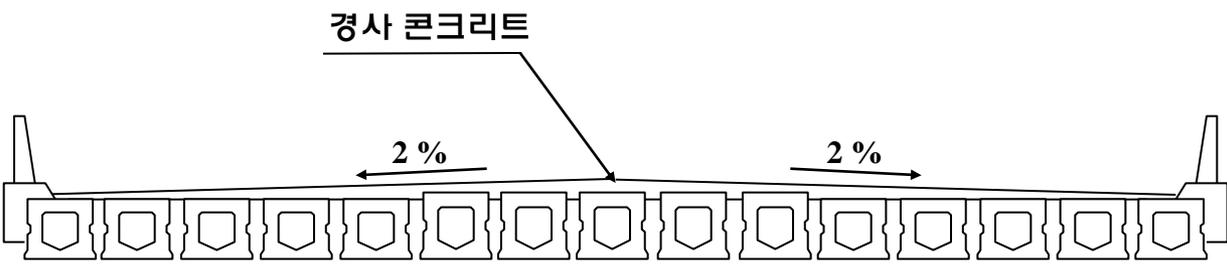
- 경사콘크리트를 이용한 횡단경사 조절



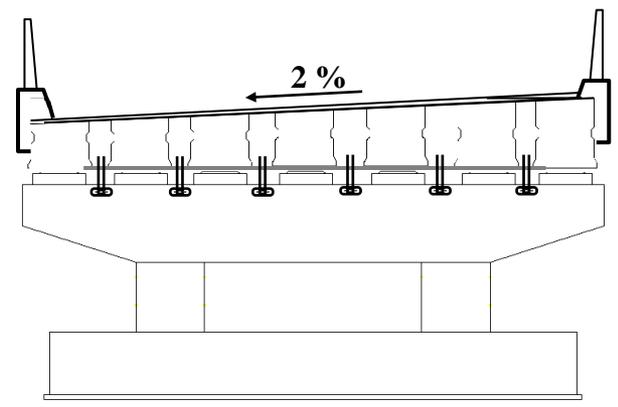
- 경사 코핑면을 이용한 횡단경사 조절



- 높이가 다른 PPC거더와 현타 콘크리트를 이용한 횡단경사 조절

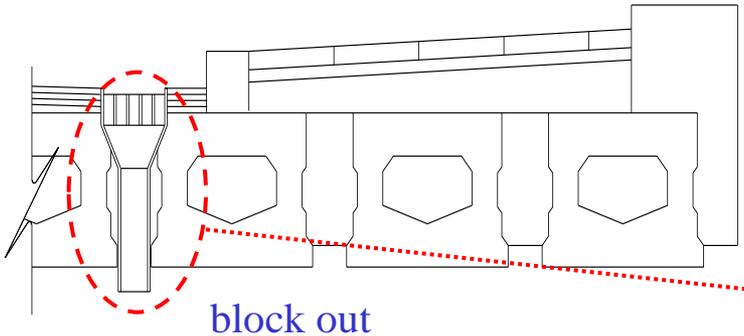


- PPC 거더 제작시 경사를 두어 횡단경사 조절

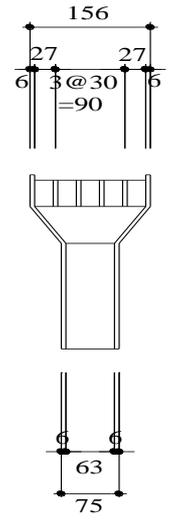


1.1 건설 신기술 464호 (PPC Bridge System)의 개요

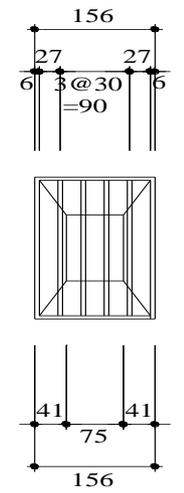
❖ 배수공



단면도

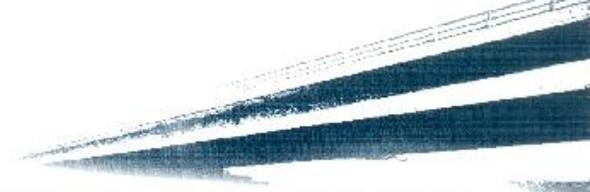


평면도



- 주행차선 외측에 놓여 차선 위에 놓이지 않음
- 전구간 전단키를 두어 일부 block out되어도 구조적인 문제가 발생하지 않음
- 부분 전단키를 도입한 외국의 유사시스템에서도 구조적 문제가 발생하지 않고 있음

1.2 건설 신기술 464호의 적용성



Pretension 방식



(1) PS 강연선 배치



(2) 고강도 콘크리트(50MPa) 타설



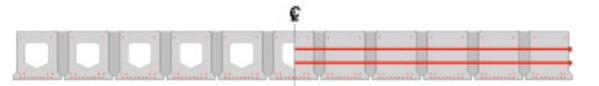
(3) 콘크리트에 압축력 도입



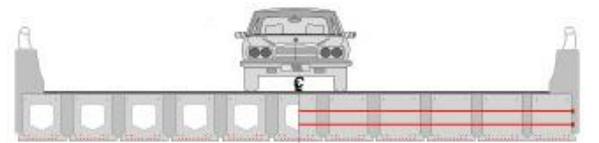
(4) PPC 거더 운반



(5) PPC 거더 현장가설



(6) 횡방향 프리스트레싱으로 PPC 거더 조립



(7) PPC 교량 시스템 완성

Post-tension 방식



(1) 쉬스관 설치 및 고강도 콘크리트(50MPa) 타설



(2) PPC 거더 운반



(3) 현장 접합 및 PS 강연선 배치



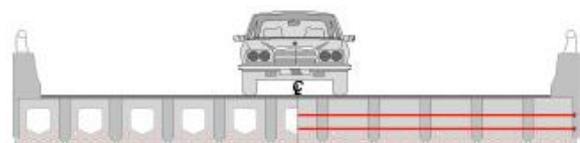
(4) 콘크리트에 압축력 도입



(5) PPC 거더 현장가설

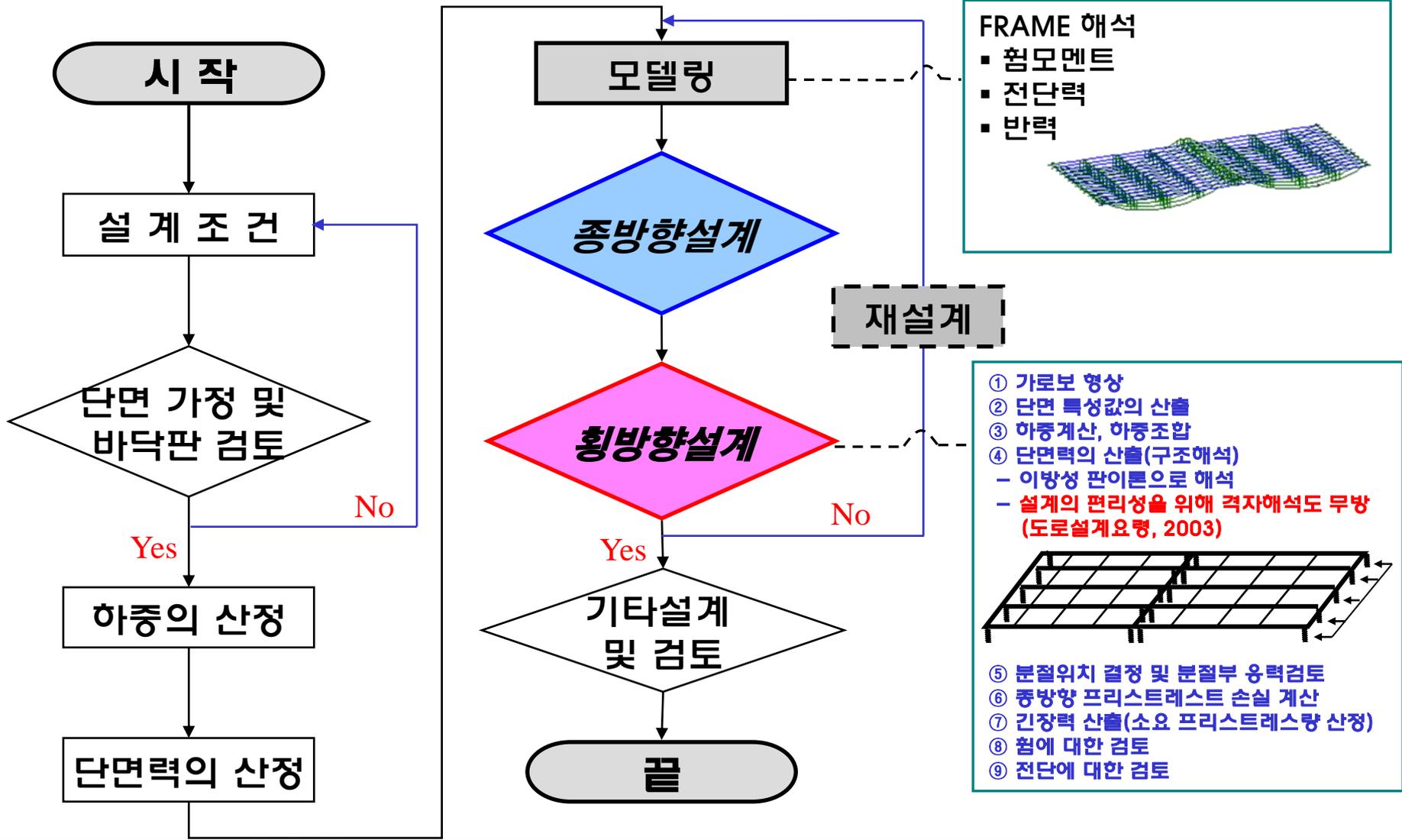


(6) 횡방향 프리스트레싱으로 PPC 거더 조립



(7) PPC 교량 시스템 완성

1.3 설계 Flow



1.4 신기술 제 464호의 구조성능 시험

❖ 신기술 신청 시 구조성능 검증시험

- ▶ 단일거더 시험
- ▶ 교량시스템 시험
 - 정적파괴시험 (4점힘파괴시험, 편심재하시험)
 - 동적피로시험
- ▶ 종방향 분절거동 시험(접합기 축소모형시험)
- ▶ 실구조물 재하실험 (아건교)

❖ 신기술 신청 후 구조성능 검증시험

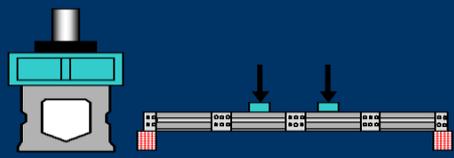
- ▶ 철도교 동적 성능 검증시험
- ▶ 실구조물 재하실험 (아건교, 새롭교)

1.5 신기술 신청시 성능검증 Test 결과

단일 거더 시험

정적구조 시험

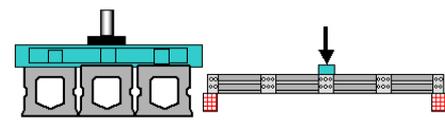
4점 휨 파괴시험



교량 시스템 시험

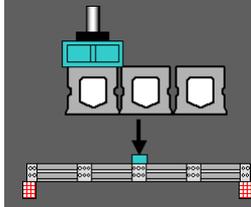
동적구조 시험

- 동적피로시험 (200만 회, 1.5Hz)
- 하중 폭 : 3 ~ 41 tonf

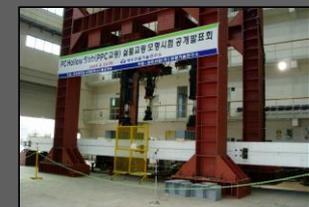
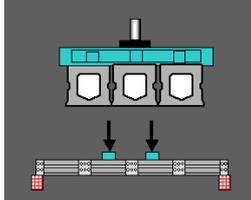


정적구조 시험

· 편심하중 재하시험

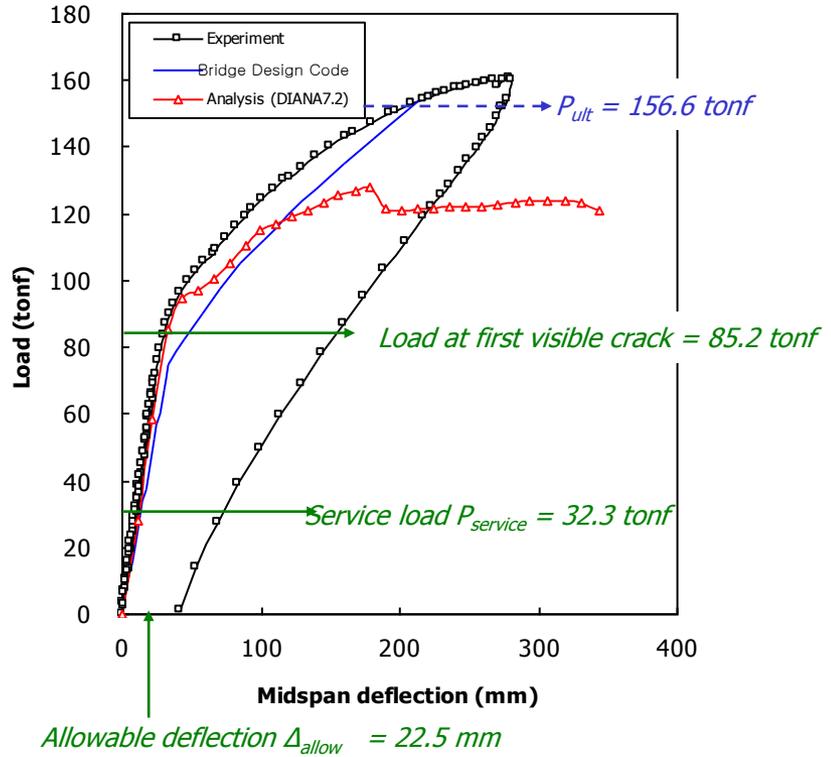


· 4점 휨 파괴시험

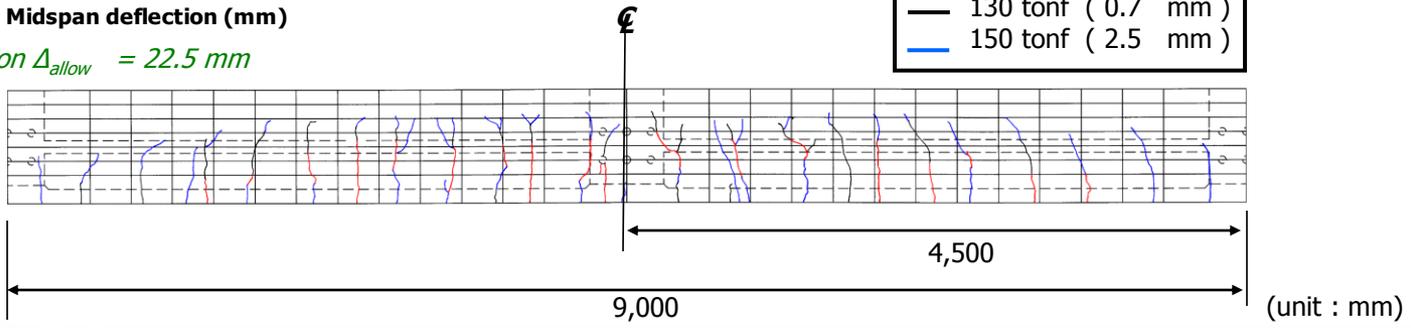


1.5 신기술 신청시 성능검증 Test 결과

1.5.1 Multi-Girder의 휨 파괴 시험

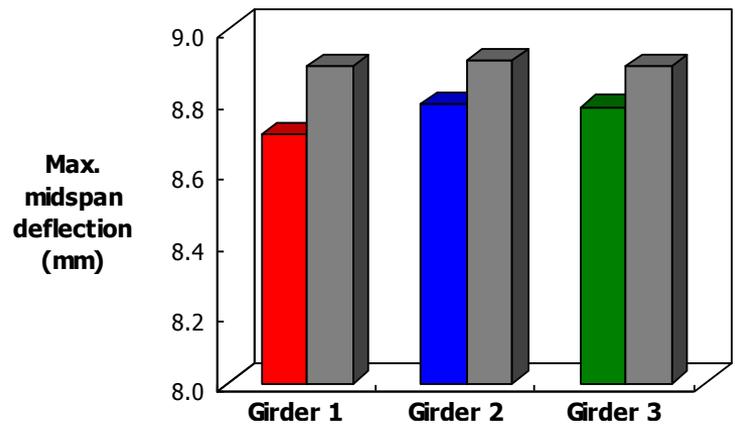
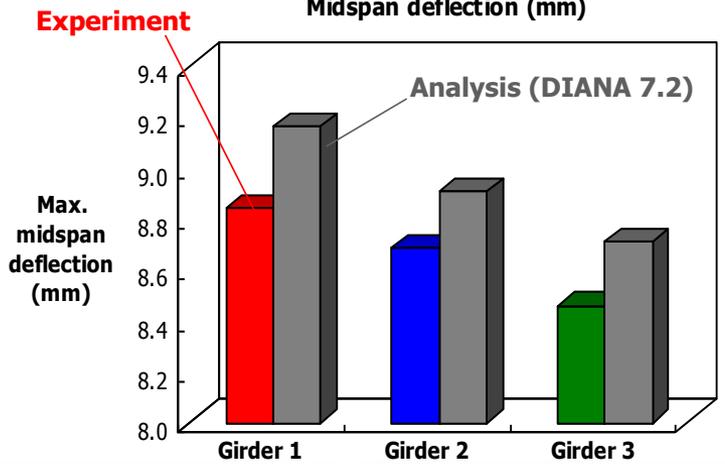
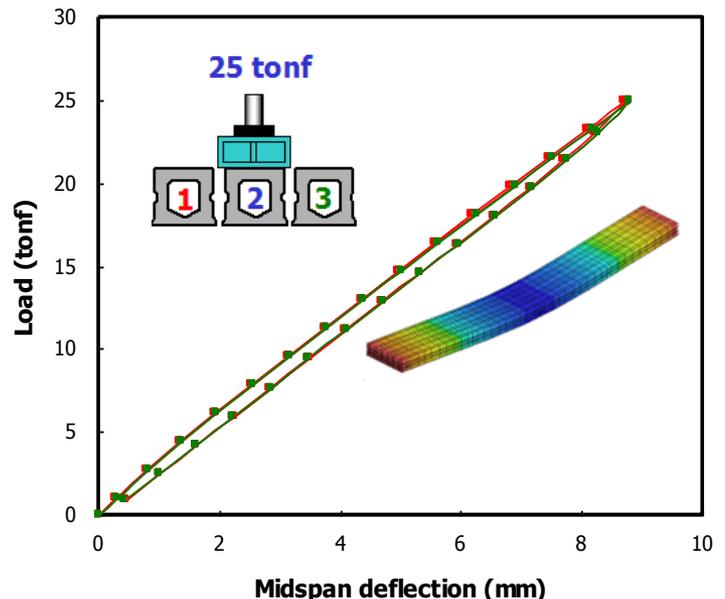
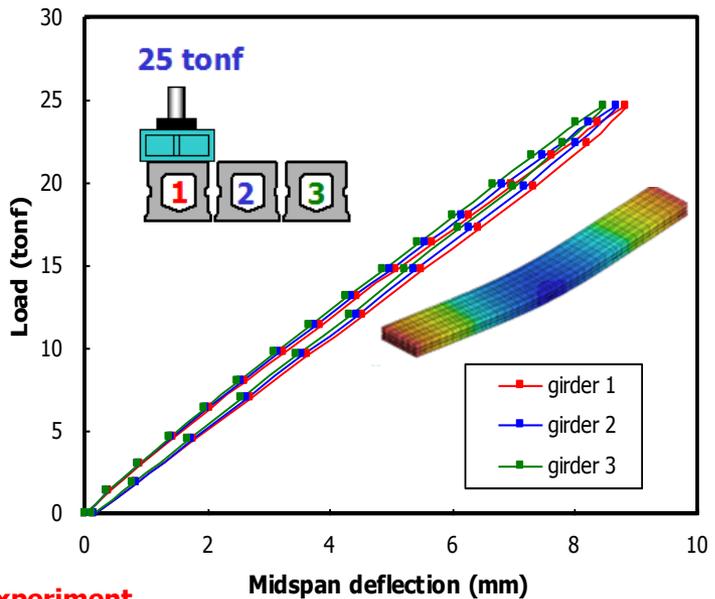


—	70 tonf (0.1 mm)
—	90 tonf (0.2 mm)
—	110 tonf (0.45 mm)
—	130 tonf (0.7 mm)
—	150 tonf (2.5 mm)



1.5 신기술 신청시 성능검증 Test 결과

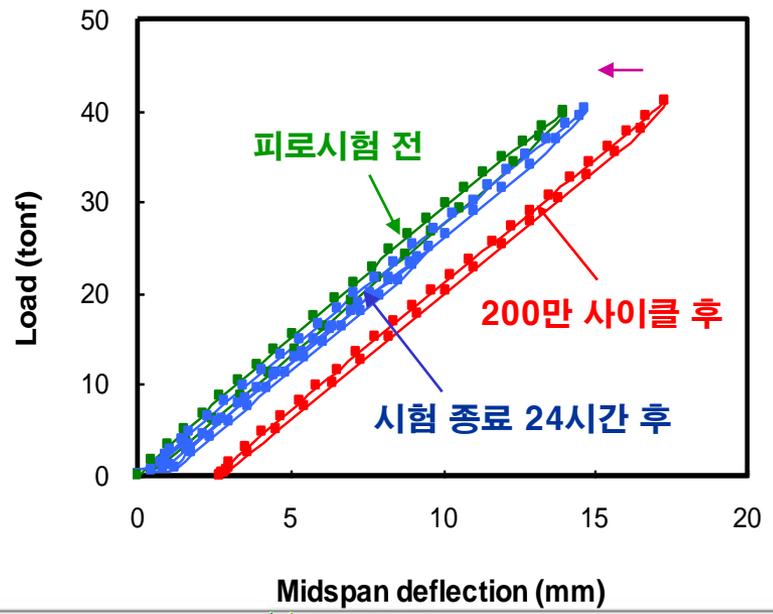
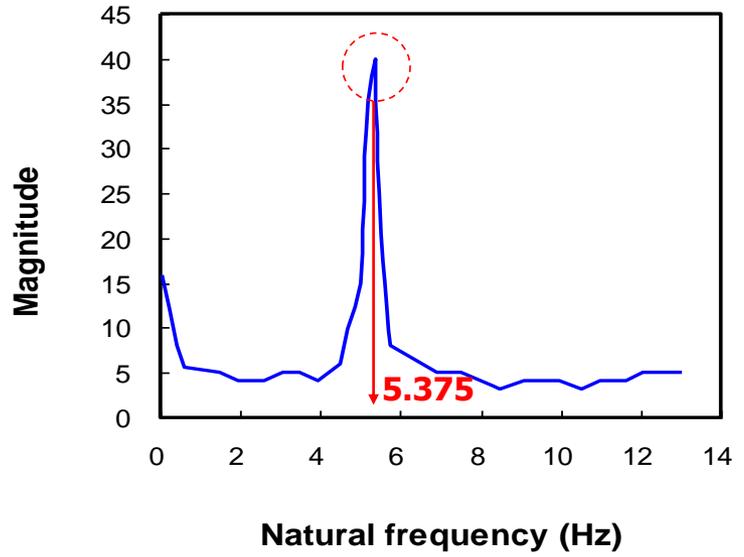
1.5.2 편심하중 재하시험



1.5 신기술 신청시 성능검증 Test 결과

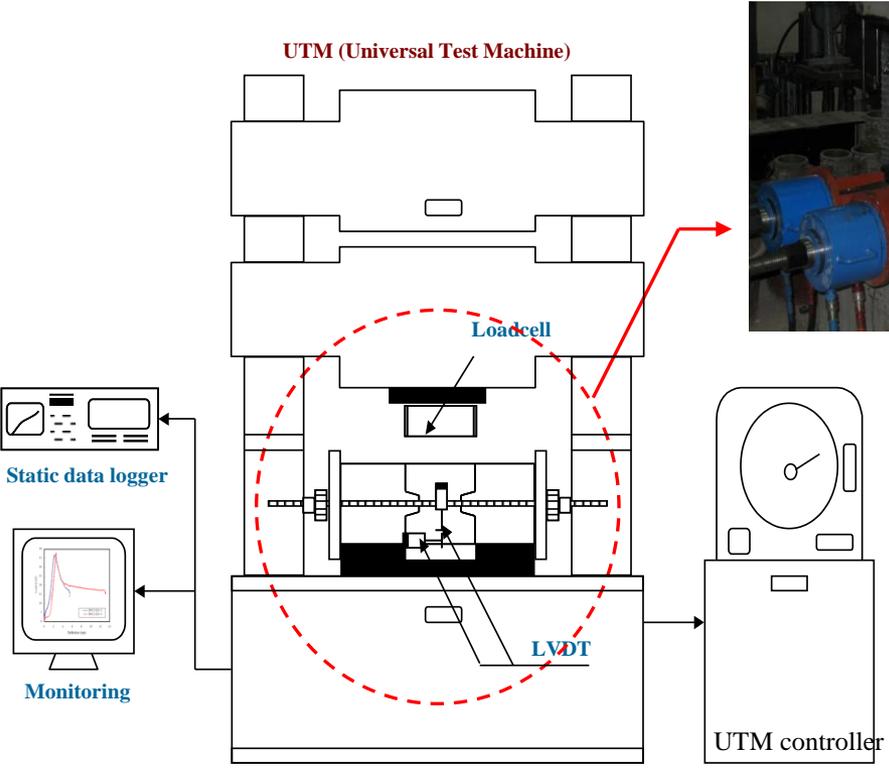
1.5.3 동적 피로시험

- 차량하중 → 일반 콘크리트 교량 (L=10~30m)
: $f = 2.5 \sim 4 \text{ Hz}$ ↔ 5.375 (OK!)
- $\Delta f(1+i) = 1,256 \text{ kgf/cm}^2$
 $< 1,400 \text{ kgf/cm}^2$
(콘크리트구조 설계기준, 2003)

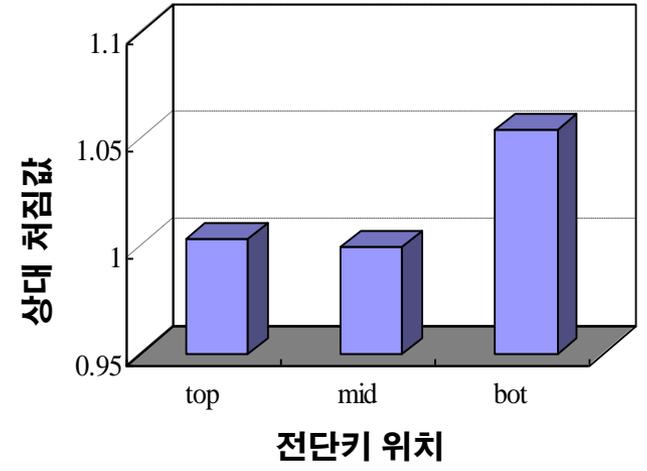
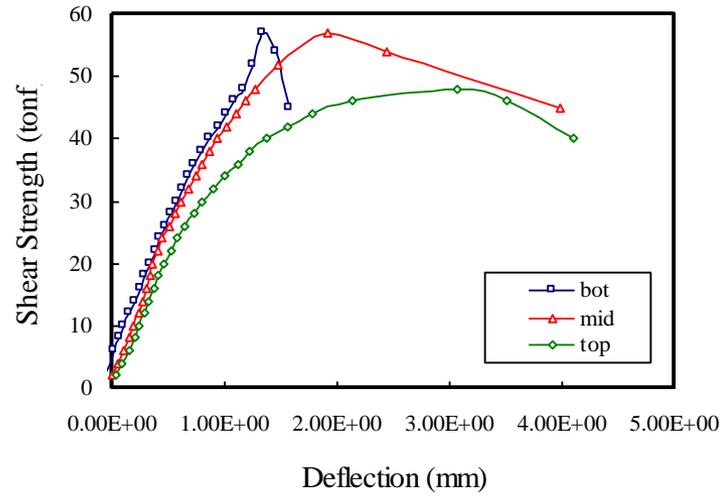


1.5 신기술 신청시 성능검증 Test 결과

1.5.4 분절거동시험

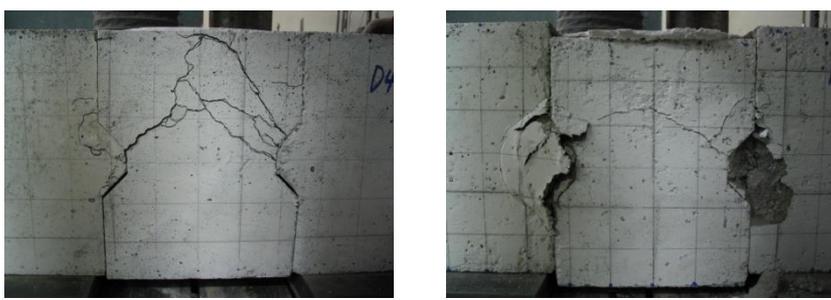


접합기 위치에 따른 전단력-변위 관계

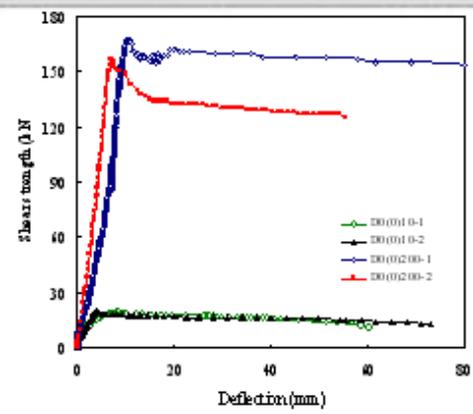


1.5 신기술 신청시 성능검증 Test 결과

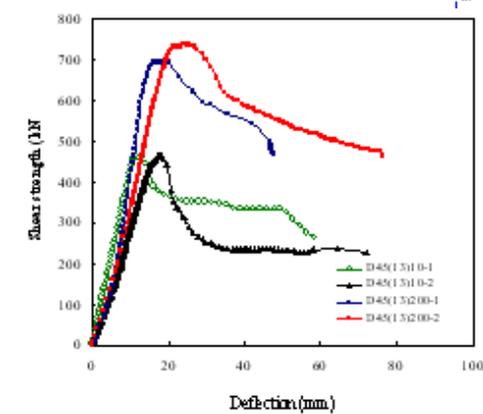
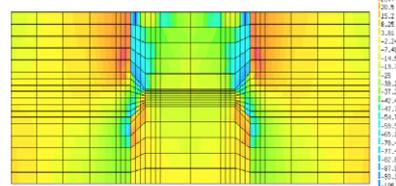
1.5.4 분절거동시험



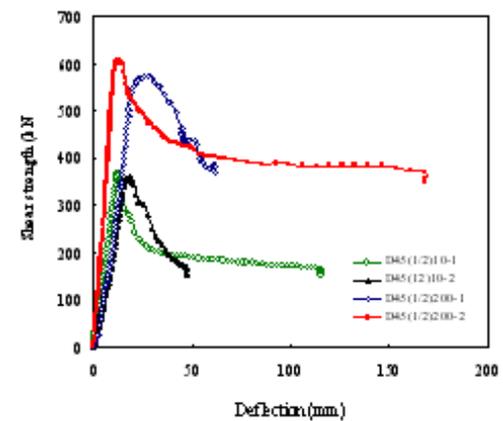
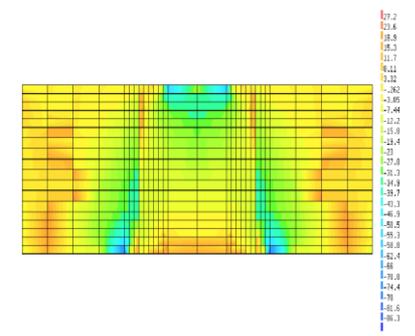
< 접합기 축소모형시험 파괴형상 >



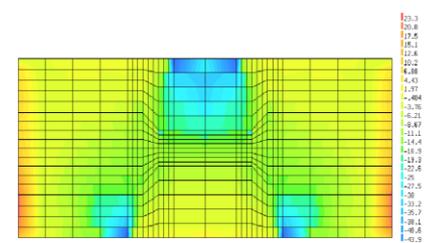
(a) 접합기가 없는 경우



(c) 돌출높이가 1/3 경우



(b) 돌출높이가 1/2 경우

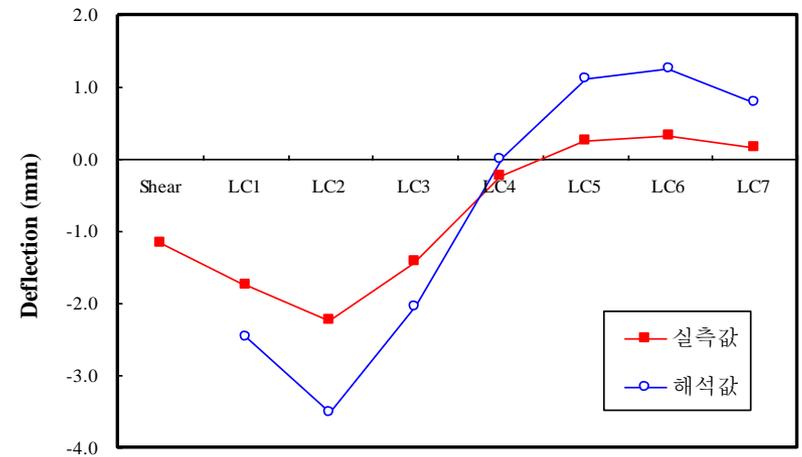
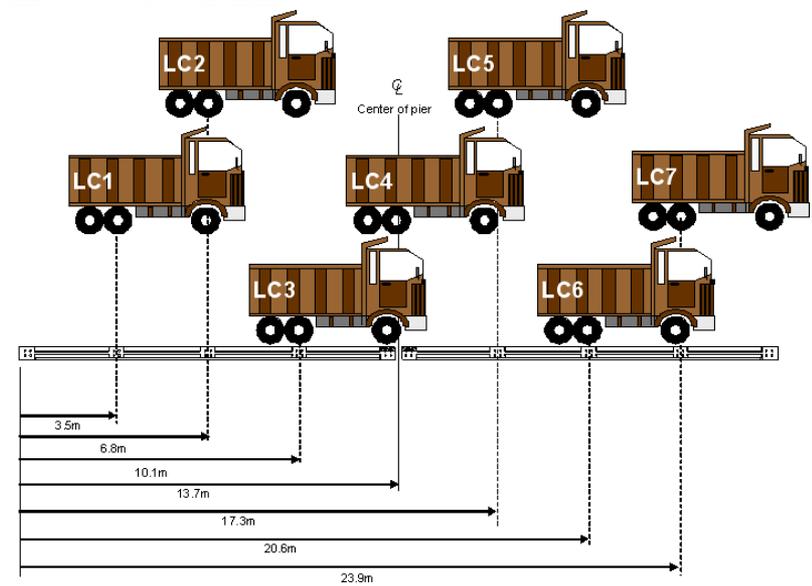


1.5 신기술 신청시 성능검증 Test 결과

1.5.5 실구조물 재하실험

분석항목		아건교 현장재하시험	
		Girder 4	Girder 7
재하하중		설계하중의 95% (총 중량: 41.0톤)	
해석처짐(mm)		-3.99	-3.62
실측처짐(mm)		-2.73	-2.59
상대처짐(mm)		-2.87	-2.72
허용처짐(mm)		l/800 = 16	
충격계수		: 0.16 <	= 0.28
WSD	기본내하력	49.92	124.08
	공용내하력	72.88	173.71
	판정	DB24이상	DB24이상
LRFD	기본내하력	60.72	148.56
	공용내하력	88.65	207.98
	판정	DB24 이상	DB24 이상

< 아건교 현장재하시험 결과 >



< 하중별 중앙부 처짐값 비교 >

2. 신기술 제 464호 PPC Bridge System의 개선사항

2.1 신기술 제 464호의 개선사항



1. 타설 콘크리트의 품질개선
2. 콘크리트 타설시 중공용 매립거푸집 고정
3. 격벽부
4. 강연선 인장
5. 철근조립

1. PPC 외측 거더상 연석과 난간의 안전성
2. 제조 및 시공시 문제점을 반영한 철근배근
3. 교좌장치
4. 횡방향 포스트텐서닝

1. 횡방향 긴장을 위한 난간형 가설재
2. 거더간 채움 콘크리트의 품질개선
3. 교면방수
4. 앵커시공
5. 횡방향 프리스트레싱

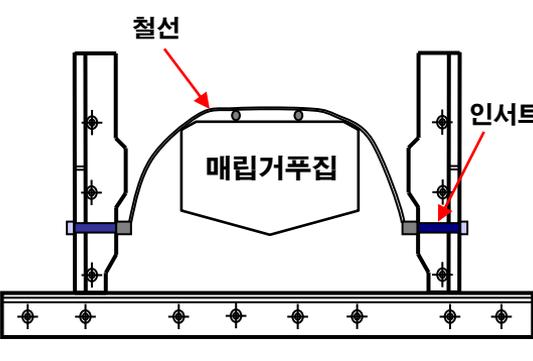
2.2 PPC 시스템의 개선방안

2.2.1 제조상 개선방안

- ◆ 1) 타설 콘크리트 품질개선
- ◆ 2) 콘크리트 타설시 증공용 매립거푸집 고정
- ◆ 3) 격벽부
- ◆ 4) 강연선 인장
- ◆ 5) 철근조립

2.2 PPC 시스템의 개선방안

제조상

	개선 전	개선 후
<p>콘크리트 품질개선</p>		
	<p>☞ 콘크리트 타설시 유동성 확보 문제 발생</p>	<p>☞ 자기충전의 기능을 갖는 슬럼프 20cm 이상의 콘크리트를 적용 ☞ 동일한 강도를 유지하면서 충분한 유동성 확보</p>
<p>콘크리트 타설시 중공용 매립 거푸집 고정</p>		
	<p>☞ 콘크리트 타설시 매립거푸집 부상문제</p>	<p>☞ 매립 거푸집을 철선으로 고정 ☞ 사이드 거푸집에 매립형 인서트를 고정</p>

2.2 PPC 시스템의 개선방안

제조상

	개선 전	개선 후
격벽부		
	<p>☞ 격벽부 모형제작시 스티로폼으로 제작하여 1회 사용후 폐기, 전체작업량 증가</p>	<p>☞ 스티로폼을 철판으로 대체하여 반복사용이 가능 ☞ 격벽부에 파이프를 용접하고 쉬스를 삽입하여 고정</p>
강연선 인장		
	<p>☞ 강연선 긴장중 1연선 파단시 해당 강연선 교체가 어려움</p>	<p>☞ 단독 프리스트레싱 장비를 이용하여 해당 강연선만 제거 및 재인장</p>

2.2 PPC 시스템의 개선방안

제조상

	개선 전	개선 후
철근조립		
	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 철근간격 유지 곤란 ☞ 작업원 2명 필요, 정밀한 작업 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 철근조립 간격제를 사용 ☞ 1인작업이 가능하여 작업시간 단축
		
	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 3분 동시 제작으로 강연선 배열이 어려움 (13M × 3분=39M) 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 강연선 연결시 커플링 사용으로 시간단축

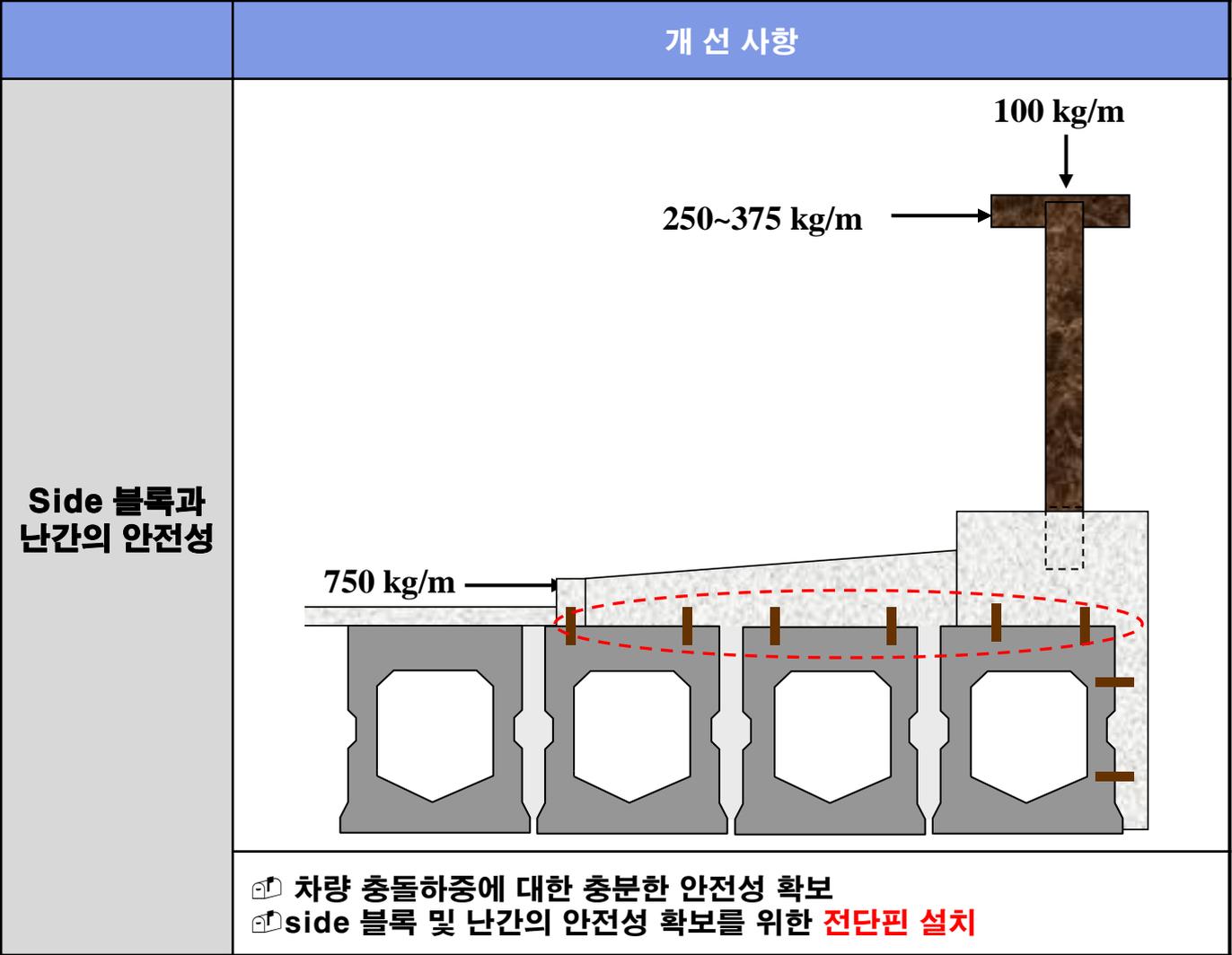
2.2 PPC 시스템의 개선방안

2.2.2 설계상 개선방안

- ◆ 1) Side 블럭과 난간의 안전성
- ◆ 2) 철근 배근의 개선
- ◆ 3) 교좌장치
- ◆ 4) 횡방향 포스트텐셔닝

2.2 PPC 시스템의 개선방안

설계상



2.2 PPC 시스템의 개선방안

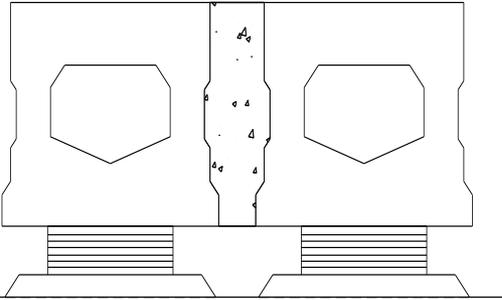
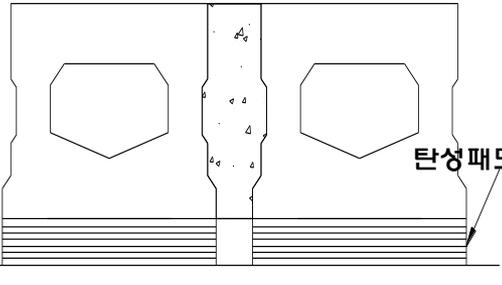
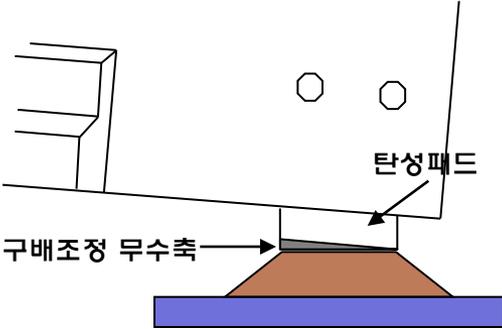
설계상

	개선 전	개선 후
철근 배근의 개선		
	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 연속부 겹이음 시공이 어려움 ☞ 철근의 간섭으로 가설이 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 연속부 겹이음을 1개소에서 2개소 겹이음으로 변경 ☞ 설계기준의 균열조정 규정에 따라 철근 지름과 철근 간격을 선택

2.2 PPC 시스템의 개선방안

설계상

교좌 장치

	개선 전	개선 후
		 <p>무수축 콘크리트</p>
	<p>가설시 빔이 횡방향 전도시 교정작업이 난해 : 작업공간 부족</p>	<p>탄성받침의 폭을 빔과 동일하게 설계 무수축 콘크리트 타설로 일체화</p>
		
	<p>탄성받침과 빔 사이에 틈 발생 : 종구배 미고려</p>	<p>탄성받침 설치전 무수축 등으로 종구배 고려 또는 빔 받침부에 구배고려</p>

2.2 PPC 시스템의 개선방안

설계상

	개선 전	개선 후
횡방향 포스트-텐서닝		
	<p>☞ 중앙부 정착판 설계시 전단키로 인해 수평유지 곤란</p>	<p>☞ 격벽부 설계시 중앙부 상부 정착판은 지점부와 동일하게 설계</p>
	<p>☞ 종곡선 교량의 경우 고정 및 이동단의 앵커 설치시 지점부의 강연선의 간섭</p>	<p>☞ 앵커 설치시 경사각을 고려 또는 쉬스 간격 조정</p>

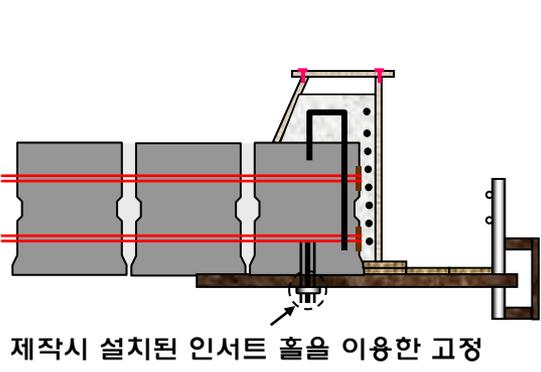
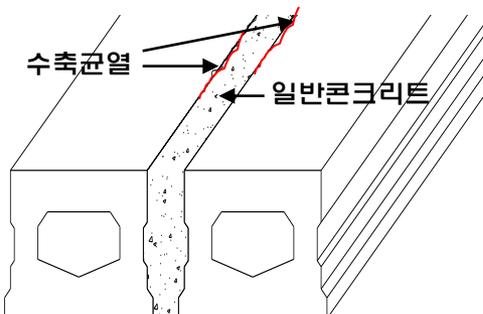
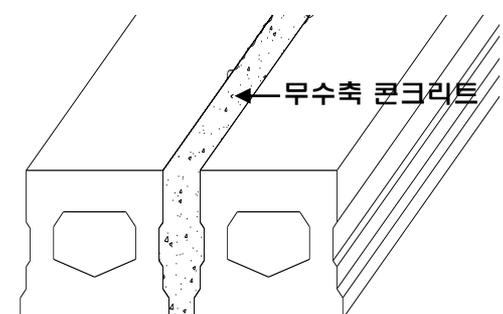
2.2 PPC 시스템의 개선방안

2.2.3 시공상 개선방안

- ◆ 1) 횡방향 긴장을 위한 난간형 가설재
- ◆ 2) 거더간 채움 콘크리트의 품질개선
- ◆ 3) 교면 방수
- ◆ 4) 앵커시공
- ◆ 5) 횡방향 프리스트레싱

2.2 PPC 시스템의 개선방안

시공상

	개선 전	개선 후
횡방향 긴장을 위한 난간형 가설재		 <p style="text-align: center;">제작시 설치된 인서트 홀을 이용한 고정</p>
	<p>☞ 난간형 가설재 장착전 임시 목재 가설대</p>	<p>☞ 최외측 거더 하면에 난간형 강재 가설재</p>
거더간 채움 콘크리트의 품질 개선	 <p style="text-align: center;">수축균열 ← 일반콘크리트</p>	 <p style="text-align: center;">← 무수축 콘크리트</p>
	<p>☞ 빔과 채움콘크리트의 타설시기 차이로 종방향 수축균열 발생</p>	<p>☞ 채움콘크리트 설계시 팽창제를 고려하여 이음부의 수축균열 억제</p>

! 개선권고사항인 균열발생 억제방안 마련

2.2 PPC 시스템의 개선방안

시공상

	개선 전	개선 후
교면 방수	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 침투식 교면방수 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 도막방수/sheet 방수 ☞ AP계열이 가장 경제적
앵커시공	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 거더 가설전에 고정 및 이동단의 앵커를 시공 ☞ 앵커 설치시 교대면 주철근을 관통 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 가설후 배치 요망 ☞ 앵커 위치 선정시 주철근의 간격을 고려
횡방향 프리스트레싱		
	<ul style="list-style-type: none"> ☞ PC 강선의 배치시 지점부의 쉬스 위치 간섭: 쉬스 간격 200mm 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 쉬스 간격을 200에서 300mm로 조정

2.2 PPC 시스템의 개선방안

시공상

	개선 전	개선 후
횡방향 프리스트레싱		
	<p>☞ 교대의 낙교방지시설이 시공시 횡인장 강연선 조립 및 긴장작업 방해</p>	<p>☞ 교대설계시 낙교방지시설 제거 또는 횡인장후 시공</p>
	<p>☞ SKEW가 있는 거더의 경우 편심발생</p>	<p>☞ 정착판 설계시 SKEW를 고려하여 제작</p>



3. 심사기준 검토사항

3.1 품질 검증

3.1.2 아건교 내하력 평가



대상교량의 특징

- 교량명 : 아건교
- 소재지 : 전라북도 장수군 장수읍
- 형 식 : 2경간 연속교
(순경간 : 13.0m, 교폭 : 12.0m)

아건교 내하력 평가 결과

계측 년도		2004.		2007.		2007.	
분석 항목		1차 현장재하시험		2차 현장재하시험		3차 현장재하시험	
		Girder 4	Girder 7	Girder 4	Girder 7	Girder 4	Girder 7
재하하중		설계하중의 81% (총 중량: 35.1톤)		설계하중의 88% (총 중량: 38.2톤)		설계하중의 88% (총 중량: 38.2톤)	
인장변형률		27.9×10^{-6}	23.1×10^{-6}	68.2×10^{-6}	66.2×10^{-6}	59.9×10^{-6}	53.0×10^{-6}
해석처짐(mm)		-3.50	-3.09	-3.52	-3.20	-3.52	-3.20
실측처짐(mm)		-2.24	-2.02	-2.55	-2.33	-2.55	-2.33
허용처짐(mm)		$l/800 = 16$					
충격계수		: 0.16 < = 0.28					
WSD	기본내하력	49.92	124.08	49.92	124.08	49.92	124.08
	공용내하력	77.88	189.84	72.88	173.71	68.89	169.99
	판정	DB24이상	DB24이상	DB24이상	DB24이상	DB24이상	DB24이상
LRFD	기본내하력	60.72	148.56	60.72	148.56	60.72	148.56
	공용내하력	94.72	227.3	88.65	207.98	83.79	203.53
	판정	DB24 이상	DB24 이상	DB24이상	DB24이상	DB24이상	DB24이상

3.1 품질 검증

3.1.3 새롭교 내하력 평가



대상교량의 특징

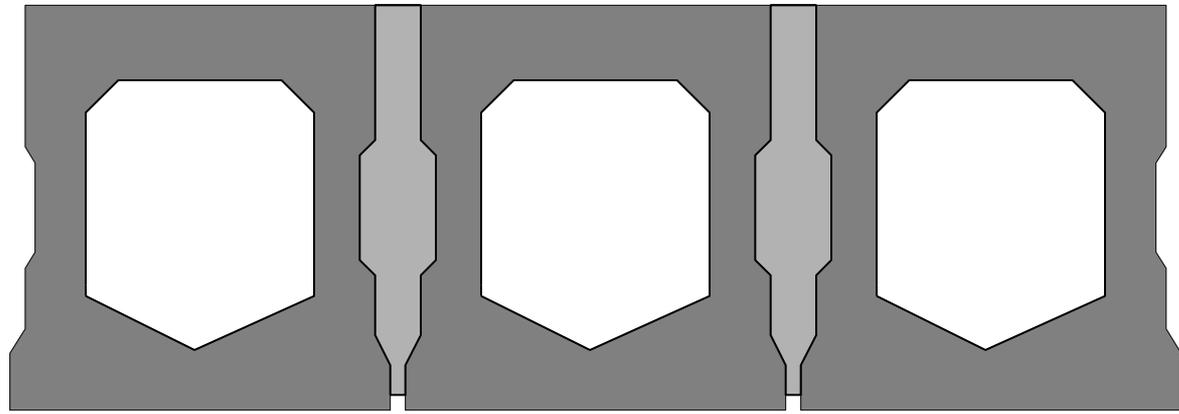
- 교량명 : 새롭교
- 소재지 : 경기도 화성시 동탄면
- 형 식 : 1경간 단순교
(순경간 : 26.0m, 교폭 : 16.4m)
분절공법 적용

새롭교 내하력 평가 결과

계측 년도		2007.		2007.	
분석항목		1차 현장재하시험		2차 현장재하시험	
		Girder 2	Girder 4	Girder 2	Girder 1
재하 하중	A	설계하중의 84% (총 중량: 36.2톤)		설계하중의 83% (총 중량: 35.8톤)	
	B	설계하중의 81% (총 중량: 35.1톤)		설계하중의 85% (총 중량: 36.9톤)	
해석처짐(mm)		-6.21	-4.86	-6.33	-4.96
실측처짐(mm)		-3.82	-3.20	-3.87	-3.23
허용처짐(mm)		l/800 = 32.5			
충격계수		= 0.21 <	= 0.23	= 0.22 <	= 0.23
WSD	기본내하력	52.32	61.44	51.84	60.72
	공용내하력	84.76	93.39	84.50	92.90
	판정	DB24이상	DB24이상	DB24이상	DB24이상
LRFD	기본내하력	56.16	53.52	55.68	53.04
	공용내하력	90.98	81.35	90.76	81.15
	판정	DB24 이상	DB24 이상	DB24이상	DB24이상

3.2 기술수준

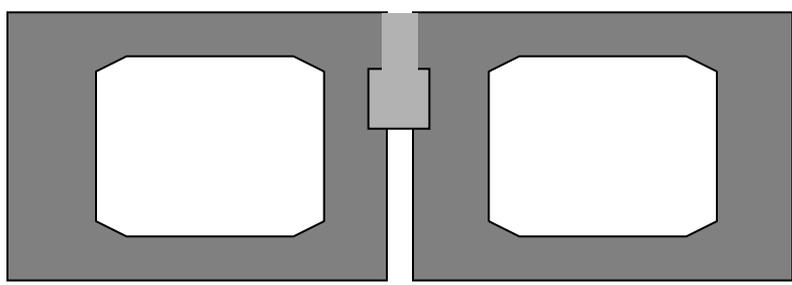
3.2.1 해외 동종 기술과의 단면형상 비교



< PPC 교량 시스템 >

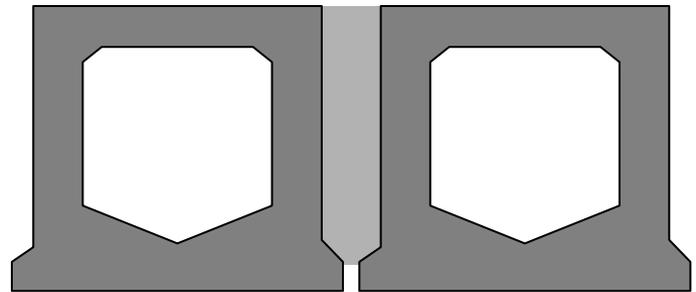
- 장점 :**
- CIP 거푸집 설치용이
 - 전단키를 통한 횡방향 일체거동
 - 하단부 경사로 충전 향상

단점 : ➢ 단면이 복잡



< AASHTO의 박스단면 >

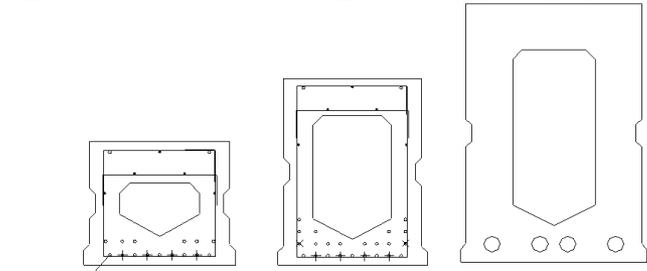
- 장점:** ➢ 제작 용이 **단점:** ➢ CIP 거푸집 설치난해
- 설계 용이 ➢ 횡방향 일체거동 취약
 - 제작시 품질저하 우려(충전불량)



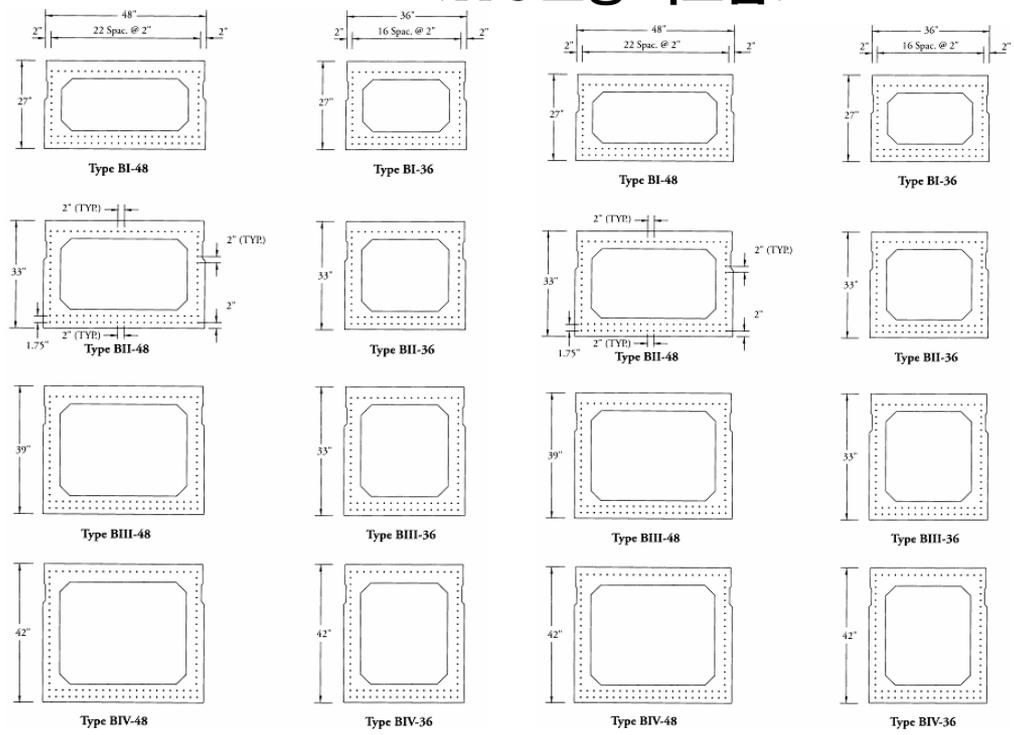
< 일본 JIS 단면 >

- 장점:** ➢ 제작 용이 **단점:** ➢ 횡방향 일체거동 취약
- 설계 용이 ➢ 제작시 품질저하 우려(충전불량)
 - CIP거푸집 설치 용이

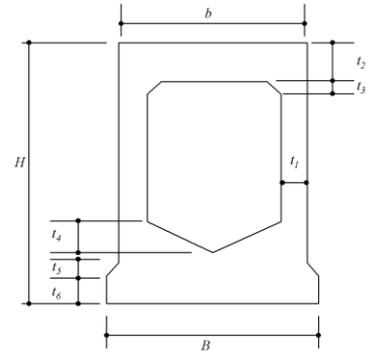
3.2 기술수준



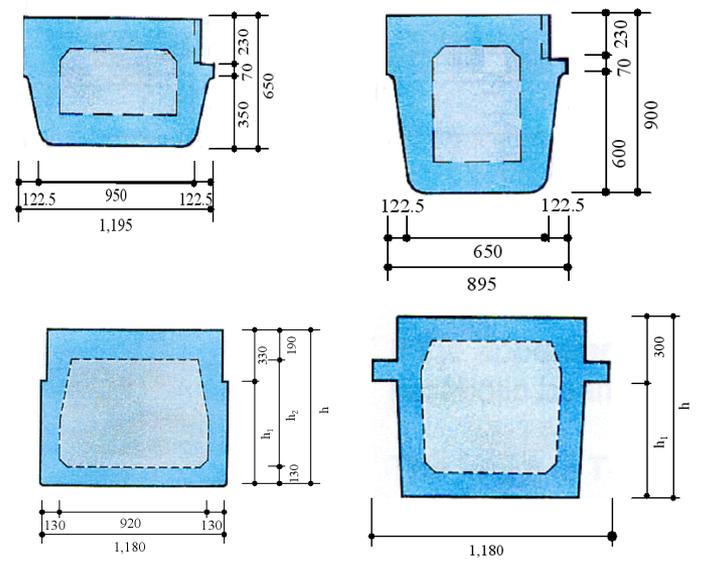
< PPC 교량 시스템 >



< AASHTO의 박스단면 >



< 일본 JIS 단면 >



< 핀란드의 ADDTEK의 박스단면 >

3.2 기술수준



3.2.2 해외 동종 기술과의 비교분석

신기술 464호
PPC 교량

- . 단면 중앙에 전구간 전단키를 도입
- . 횡방향 프리스트레싱으로 체결하여 거동 일체화
- . 채움 콘크리트를 전단면에 타설, 충분한 프리스트레스를 도입하여 하중분배, 횡방향 거동, 비틀림 및 전단저항력 향상
- . 시간과 하중의 변화에 따라 거더의 높이가 변화
- . PPC 거더 제작시 교면의 횡방향 경사 도입 가능
- . PPC 교량의 최적 전단키를 도출
- . 단면 중앙에서 상하 대칭으로 프리스트레스를 도입하여 전체 구조계의 안정성을 향상
- . PPC 교량의 분절 건설공법과 다경간 연속화 기법

미국 AASHTO
박스단면

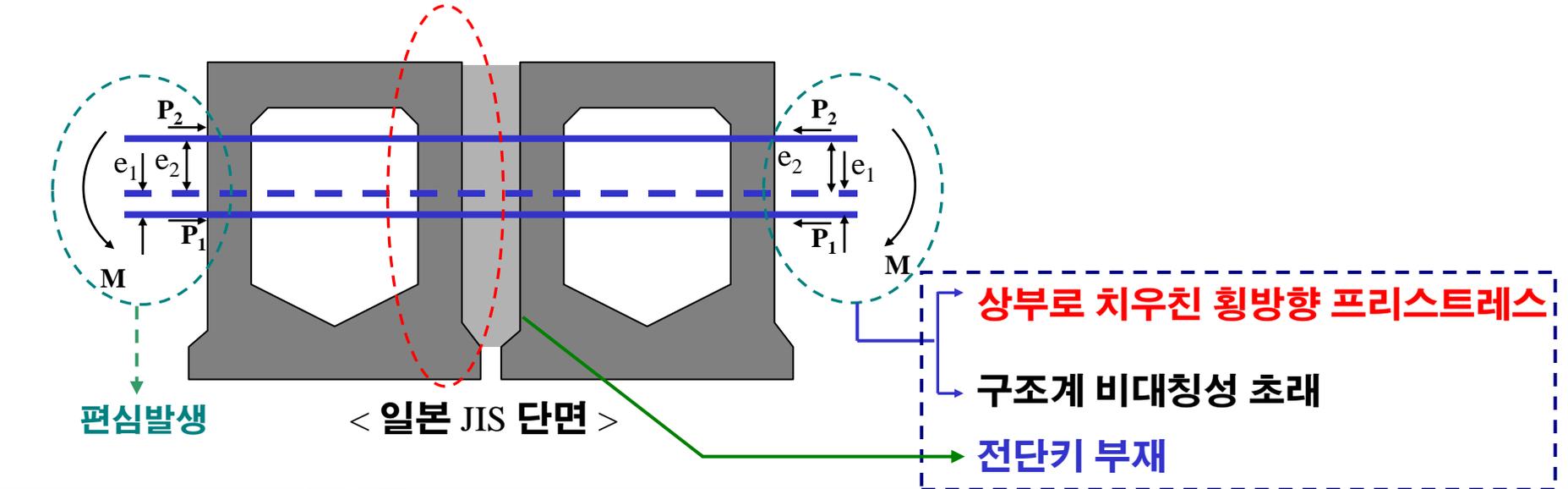
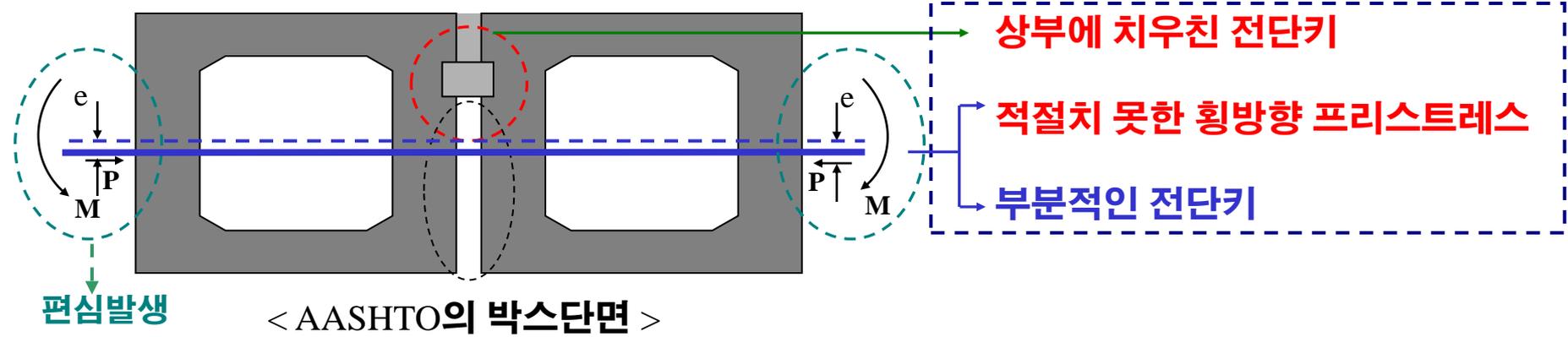
- . 적용지간 : 28~39m으로 상대적으로 긴 교량에 한정적으로 적용
- . 전체적으로 단면이 큼
- . 상부에 치우친 전단키(부분적인 전단키 도입)
- . 채움 콘크리트 타설 시 상부 전단키 까지만 타설
- . 지역별 단면과 횡방향 체결방식이 상이
- . 불량한 횡방향 체결로 상부의 종방향 균열이 발생

일본 JIS 단면

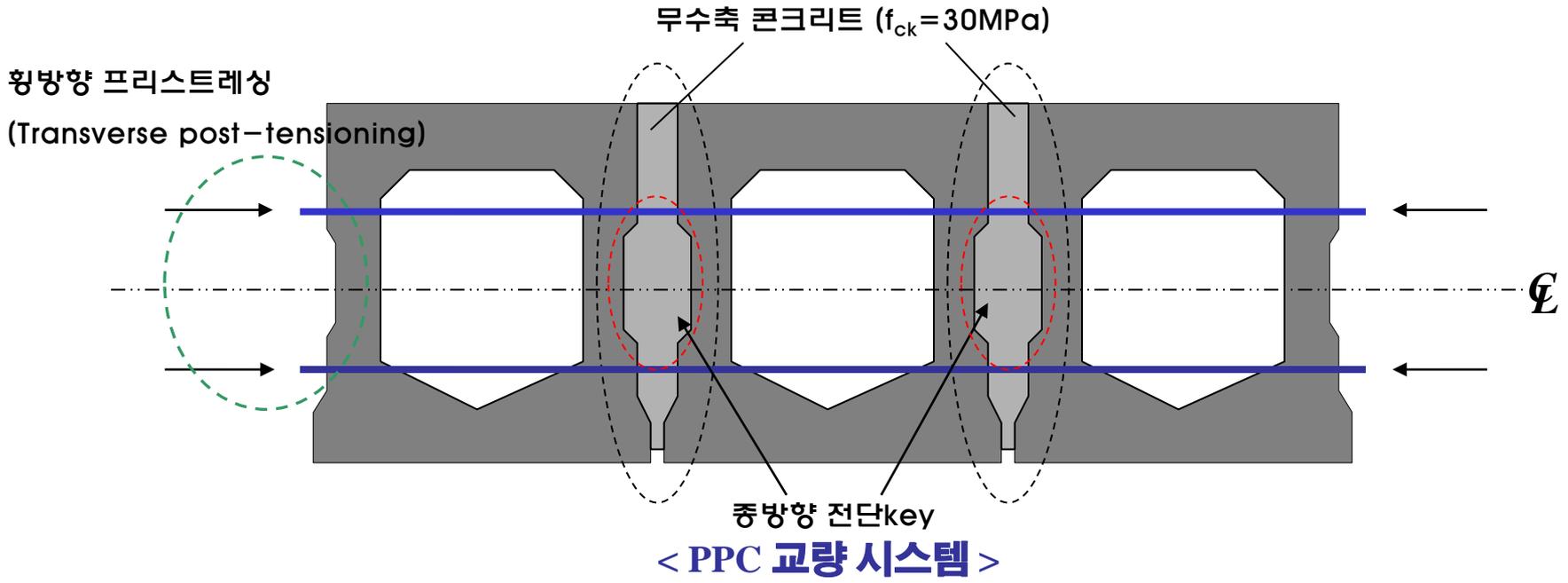
- . 적용지간 : 5~24m으로 한정되어 있음
- . 분절공법 및 연속화 방안에 대한 제시 없음
- . 단면의 높이를 변화시켜 설계
- . 전단키가 설치되어 있지 않음
- . 횡방향 프리스트레싱의 위치가 상부로 치우쳐 있어 구조계의 비대칭성 초래
- . 단면의 치수가 상이함

3.2 기술수준

3.2.2 해외 동종 기술과의 비교분석



3.2 기술수준



- ❖ 단면 중앙에 상하대칭 프리스트레스트를 도입하여 구조계의 안전성을 향상
- ❖ 전구간 전단키를 도입하여 사용성, 안전성을 향상
- ❖ PCI Journal에 논문게재예정 → 우수성 입증
- ❖ PCI Journal (Transverse post-tensioning design and detailing of precast prestressed adjacent box beam bridges)에 인용 → 우수성 입증

➤ 해외 동종 기술과 동등하거나 그 이상의 기술임

3.2 기술수준



Overview and Applications of Precast, Prestressed Concrete Adjacent Box-Beam Bridges in Korea¹⁾

INTRODUCTION²⁾

A precast concrete box-beam bridge is composed of a series of pre-tensioned or post-tensioned box-shaped beams, longitudinal shear keys placed side by side or at small distances with concrete-filled joints, transverse connections concentrated in the cross beams (diaphragms) and the filling of the longitudinal shear key joints between adjoining box-beams. In the United States, the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) and PCI provide preliminary design information for precast, prestressed concrete box-beams for use in bridge construction. As a result, a number of precast, prestressed concrete box-beam bridges have been constructed for short and medium span road and railway crossings.³⁾ Cooperation between Japanese transportation authorities and the precast concrete industry produced Japanese Industrial Standards (JIS) for precast, prestressed concrete girders in highway bridges.^{4,5)} Meanwhile, Korea has conducted relatively little research on precast, prestressed concrete box-beam bridges. This study was conducted to identify the recent use and development of precast, prestressed concrete box-beam bridges in Korea.⁶⁾

Figure 1 compares the span-to-depth relationship of the precast, prestressed concrete box-beams in this study with those used in Japan and the US.⁴⁾ Figure 1 also shows that precast, prestressed concrete box-beam bridges have been used for spanning up to 35 m (115 ft). Generally, the length and weight of precast concrete beams are limited by transportation requirements, but there are many reasons why precast, prestressed concrete box-beam construction has gained popularity in Korea. Korea uses precast, prestressed concrete box-beams for lengths up to 25 m (82 ft) and precast, post-tensioned concrete box-beams consisting of three to five match-cast segments for girders longer than 25 m (82 ft). The precast, prestressed concrete box-beams have a depth to span ratio of 0.04 which is significantly lower compared to 0.07 for I-type girders predominately used in Korea. In addition, there is no need to cast and cure deck concrete, thus fast and economical construction is possible.⁶⁾

PCI Journal ←

CHECKLIST FOR SUBMITTING FINAL MANUSCRIPT AND MATERIALS

Manuscript No. 07-009, "Full-scale Structural Tests of Precast Prestressed Box-Beam Bridges," by Ho Jin Kim, Jin Won Nam, Jae Heung Kim, Sang Hyeok Nam, Sung Bae Kim, and Keun Joo Byun

Please comply as best you can with the following marked items:

- ☑ Review, carefully consider, and respond to the enclosed reviewer comments.
- ☑ Send us a Copyright Transfer Agreement with authorization(s).
- ☑ Send us an Image License Form with authorization(s).
- ☑ Send us a copy of your final manuscript on a word processing disk. The file format should be compatible with MS Word 2000. Please indicate the type of word processor and computer the text was produced on.

The general formatting guidelines for final word-processed manuscript are:

- 12 pt font
- 1.5 line spacing
- 1 in. margins
- Left justify
- Italicize all mathematical symbols
- No line numbers
- Superscript reference citation numbers in text
- Order references numerically by order appearing in text
- Dual dimension all units
- Provide unit conversions in captions for tables and figures
- Do not abbreviate the word "Figure" at the beginning of a sentence.

- ☑ Provide a separate listing of figures and tables, and be sure that all images are identified with the correct figure number. For illustrations, please send us originals or followings (also refer to the enclosed ARTWORK SUBMISSION QI)
 - ☑ For photographs, we prefer glossy prints or slides from film. If yd files, it is appreciated if these are sent along as well. If only digital should be 300 dpi minimum for a 100% sizing in the Journal.
 - ☑ For line art, send high quality laser printouts, either black & white (The judicious use of color for line art is encouraged.)
- ☑ Provide portrait-type photographs of all authors (color if possible). If work best, but we can accept passport-type photos or similar.
- ☑ Make sure that quantities given in the article are in both U.S. custom
- ☑ If you list references at the end of your article, please **double-check**
- ☑ Please furnish a synopsis of your article in 200 words or less (about suggested technical keywords).
- ☑ To expedite processing of your manuscript, please furnish us with all for you and your co-authors as possible—phone, fax, e-mail, mailing have not already done so.

Please refer to your manuscript number (No. 07-009) for all future c

PCI에 게재 예정

“Overview and Applications of Precast, Prestressed Concrete Adjacent Box-Beam Bridges in Korea”

TRANSVERSE POST-TENSIONING DESIGN AND DETAILING OF PRECAST PRESTRESSED ADJACENT BOX-BEAM BRIDGES

Kromel E. Hanna, Ph.D., Candidate, University of Nebraska-Lincoln, NE
George Morcous, Assistant Professor, University of Nebraska-Lincoln, NE
Maher K. Tadros, Professor, University of Nebraska-Lincoln, NE
 1110 South 67th St., Omaha, NE, 68182, FKI 205E

SYNOPSIS

Precast prestressed concrete adjacent box girders are widely used in short and medium span bridges. Rapid construction and low construction cost are the main attractions of this system. Also, the continuous flat soffit and relatively high span-to-depth ratio make this system aesthetically pleasing. However, reflective cracking and leakage have been reported along the longitudinal joints between adjacent boxes in a number of bridges. The cracking and leakage are mainly due to inadequate design and detailing of the transverse connection between adjacent boxes, which eventually lead to excessive differential displacement and rotation of adjacent boxes. The reflective cracking and leakage allow chloride-induced corrosion of reinforcing steel and prestressing strand and the premature deterioration of the bridge superstructure.

This paper presents a review of the various practices in the transverse design and detailing of adjacent box girder bridges. The basis for calculating the transverse post-tensioning force according to the PCI Bridge Design Manual is discussed. Design charts and equations are developed for various combinations of span length, bridge width, skew angle, and girder depth using the latest AASHTO LRFD loading. These ads may be viewed as an update to the information in Section 8.9 of the PCI BDM, which was based on an earlier version of the AASHTO Bridge Design Specifications.

KEYWORDS: adjacent boxes, shear key, longitudinal joint, transverse design, post-tensioning, bridge deterioration, rapid construction, grid analysis.

allowance specifications. Additional design charts have been proposed to account for the effect of design parameters, such as span length and skew angle, in addition to the existing parameters (i.e. bridge width and girder depth). Comparing the elaborated proposed design charts with the existing PCI BDM design chart has shown significant differences. A simplified design equation has been developed to determine the required post-tensioning force per unit length of the bridge as a function of its width and box depth. Also, the effect of span length and skew angle have been presented using correction factors that are calculated as a function of the deviation from the default value (span-to-depth ratio = 30, and skew angle = 0°). A design example is presented to demonstrate the design steps.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to acknowledge the invaluable support of the PCI subcommittee on Adjacent Member Bridges led by Kevin Eisenberg, and financial support of the PCI to the graduate student provided through the Darrel P. Jerry Fellowship.

REFERENCES

1. Hennessey, S. A., and Borten, K. A. (2002) "Value Engineering Results in Successful Precast Railroad Bridge Solution", PCI Journal, 47(4).
2. Kahl, S. (2005) "Box-Beam Concerns Found Under the Bridge," C&T Research Record, Michigan Department of Transportation Construction and Technology Division, Issue number 102.
3. Huckelbridge, A. A., El-Emawi, H., and Moses, F. (1995) "Shear Key Performance in Multi-Beam Box Girder Bridges", Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, V. 9, No. 4, pp. 271-285.
4. Naito, C., Sase, R., Hodgson, I., Pessiki, S., Desai, C. "Forensic Evaluation of Prestressed Box Beams from the Lake View Drive Bridge over I-70" ATLSS REPORT NO. 06-13, September 2006.
5. Metin, L. D., and Oshorn, A. E. N., "Connections for Modular Concrete Bridge Decks," FHWA-82/106, NTIS Document PB84-118058, Consulting Engineering Group, Inc., Glenview, IL, August 1983.
6. El-Remaily, A., and Tadros, M. K., Yamane, T., and Krause, G. (1996) "Transverse Design of Adjacent Precast Prestressed Concrete Box Girder Bridges", PCI Journal, 41(4).
7. Nam, J. W., Kim, H. J., Kim, J. H., Nam, S. H., Kim, S. B., and Byun, K. J. (2007) "Overview and Application of Precast Prestressed Box-Beam Bridges in Korea", To be published in PCI Journal in 2008.
8. PCI Bridges Committee. (1995). "Reflective Cracking in Adjacent Box Beam Bridge Superstructures." Subcommittee on Adjacent Box Beam Bridges, Second Draft, October.

PCI의 논문에 인용

“TRANSVERSE POST-TENSIONING DESIGN AND DETAILING OF PRECAST PRESTRESSED ADJACENT BOX BEAM BRIDGES”

3.2 기술수준

PCI의 논문에 인용

“TRANSVERSE POST-TENSIONING DESIGN AND DETAILING OF PRECAST PRESTRESSED ADJACENT BOX BEAM BRIDGES”

TRANSVERSE POST-TENSIONING DESIGN AND DETAILING OF PRECAST PRESTRESSED ADJACENT BOX BEAM BRIDGES

Kromel E. Hanna, Ph.D. Candidate, University of Nebraska-Lincoln, NE
George Mirosev, Assistant Professor, University of Nebraska-Lincoln, NE
Michele K. Talbot, Professor, University of Nebraska-Lincoln, NE
1110 South 67th St., Omaha, NE, 68182, PCI 201E

SYNOPSIS

Precast prestressed concrete adjacent box girders are widely used in short and medium span bridges. Rapid construction and low construction cost are the main attractions of this system. Also, the continuous, flat soffit and relatively high span-to-depth ratio make this system aesthetically pleasing. However, reflective cracking and leakage have been reported along the longitudinal joints between adjacent boxes in a number of bridges. The cracking and leakage are mainly due to inadequate design and detailing of the transverse connection between adjacent boxes, which essentially lead to excessive differential displacement and rotation of adjacent boxes. The reflective cracking and leakage allow chloride-induced corrosion of reinforcing steel and prestressing strands and the premature deterioration of the bridge superstructure.

This paper presents a review of the various practices in the transverse design and detailing of adjacent box girder bridges. The basis for calculating the transverse post-tensioning force according to the PCI Bridge Design Manual is discussed. Design charts and equations are developed for various combinations of span length, bridge width, skew angle, and girder depth using the latest AASHTO LRFD loading. These aids may be used as an update to the information in Section 8.9 of the PCI BDM, which was based on an earlier version of the AASHTO Bridge Design Specifications.

KEY WORDS: adjacent boxes, shear key, longitudinal joint, transverse design, post-tensioning, bridge deterioration, rapid construction, grid analysis.

minimum thickness of 5.9 inch is required. The transverse shear force is determined as a function of the bridge width-to-span ratio, longitudinal flexural rigidity, and longitudinal torsional rigidity. Some state DOTs, such as Michigan, combine the use of a structural concrete slab and transverse post-tensioning. This is based on the assumption that both shear and flexure forces must be transversely transferred at the joints between adjacent boxes to control both translational and rotational deformations.

In Japan, adjacent box girders are designed using similar sections and design criteria to those used in United States. However, longitudinal joints are detailed differently and transverse post-tensioning is significantly higher. Cast-in-place concrete is placed in full-depth joints that are 6.7 in wide and 22 in long. After grouting, post-tensioning is applied through several ducts located at different elevations. All boxes are covered with 2 to 3 in splash concrete wearing surface. Using the Japanese practice, longitudinal cracking and concrete deterioration has rarely been reported. For post-tensioning arrangement and joint dimensions, refer to (El-Remay, et al.).

In Korea, transverse connection is achieved by using a mid-depth shear key fully filled with cast-in-place concrete in addition to heavy transverse post-tensioning, applied similar to the Japanese practice. The choice of a mid-depth shear key was based on a detailed analysis and full-scale testing.

The State of Oregon has developed empirical transverse design and detailing procedures for adjacent box girders that have demonstrated satisfactory performance over the years. The developed system is based on using transverse flexural steel at several locations according to the span length, grouting partial-depth shear keys, and providing recesses as ¼ in chamfer at the bottom edges of the boxes to prevent spalling due to stress concentration.

The results of the conducted research by West Virginia Department of Transportation on several bridges that had joint failures and ongoing cracking revealed that vertical shear failure in the key was due to inadequate grout installation and transverse force. As a result of this study, the West Virginia DOT changed its practice as follows:

1. Full-tension and high-strength ties are used.
2. A portable epoxy is used instead of a non-shrink grout in the shear key.
3. The surface to be grouted was sand-blasted.

In New York, before 1992, depth of shear keys was around 12 in. from the tops of the precast beams. Transverse tendons with a force of 30 kip were used to induce transverse compression across the width of the bridge. Spans up to 50 ft long had no transverse tendons, but those between 50 ft and 75 ft in length had one transverse tendon at the center. For those longer than 75 ft, tendons were used only at the outer quarter-points. The bridge continuity in transverse direction was assured by providing a cast-in-place deck slab over the beam with a thickness of 6 in. and reinforced with welded wire fabric. Due to survey in 1991, it was indicated that 54% of each bridge built between 1963 and 1990 had developed longitudinal cracks over the shear keys. In 1992, two major changes were adopted in New York's design standards:

1. Shear keys were increased to almost the full-depth of the precast box beams.
 2. The number of transverse tendons was increased to three for spans less than 50 ft and to five for longer spans.
- Since adoption of the changes, more than 100 of the bridges had been built statewide. In 1996, a survey was conducted to evaluate the effectiveness of implemented design changes. The survey indicated that 23% of the bridges built between 1993 and 1996 experienced longitudinal cracks. This indicated the effectiveness of applying transverse Post-Tensioning on reducing the cracking of the deck slab.

Oregon Department of Transportation (ODOT) constructed a High Performance Concrete (HPC) adjacent box beam bridge. This bridge was constructed as replacement for a three span bridge. The bridge subject to experimental shear key at mid-depth of the cross-section. Moreover, the beams were reinforced together with transverse tendons to reduce total flexure requirement through single span at the mid and quarter points of the bridge. The shear keys were grouted after finishing the transverse bars. The area above the shear key was filled with sand and sealant before grout applied. After completing the entire bridge to allow the load on the system to be erected, load was from ODOT load trucks onto grout. The transverse design showed that if the beams were cast-in-place, the design would be less than what was observed on the bridge. It is expected that the reduction was large within the load as to use the opposite side of the bridge width.

Miller et al.¹¹ and Hanna et al.¹² studied the performance of non-shrink and epoxy in the shear keys. Non-shrink grout also helps close to the top edge of the beam, preventing cracks before any load was applied. The researchers reported that shear keys were developed by means of using epoxy instead. The use of epoxy grout made it possible to prevent cracking under either temperature or load effects, and the effectiveness of the general repair was shown to be similar to that of concrete.

Ungar et al.¹³ compared the behavior of non-shrink grout versus the presence of a magnesium mesh. The mesh was placed in the shear keys. The researchers tested two concrete beams in a similar configuration, different types of mesh such as vertical, diagonal, and horizontal steel rods. Vertical steel rods indicated to provide the most of a vertical shear load on one member and no shear load on the adjacent member. Diagonal members that attempt to resist the increase of distortion of the joint are likely due to the creep and shrinkage and also minimize the drying shrinkage that can occur in the lower part of longitudinal shear keys. By direction parallel to the direction parallel to the direction of the prestressing concrete member, shrinkage due to creep and shrinkage while the grout would not distort to the same degree. In all tests, the maximum minimum flexure grout was used as expected and was approximately 10% higher than the non-shrink grout cast-in-place treatment.

In an attempt to overcome the problems associated with the failure of the shear keys, E. Hanna¹⁴ suggested a new shear key design. The new design proposed using the shear key four in position on the top third of the gap between to be done to the mid-length of the

In Korea, transverse connection is achieved by using a mid-depth shear key fully filled with cast-in-place concrete in addition to heavy transverse post-tensioning applied similar to the Japanese practice. The choice of a mid-depth shear key was based on a detailed analysis and full-scale testing⁷.

- 전구간 중앙 전단키 도입 → 상세해석과 실물모형 실험으로 검증

1. Shear keys were increased to almost the full-depth of the precast box beams.
2. The number of transverse tendons was increased to three for spans less than 50 ft and to five for longer spans.

Since adoption of the changes, more than 100 of the bridges had been built statewide. In 1996, a survey was conducted to evaluate the effectiveness of implemented design changes. The survey indicated that 23% of the bridges built between 1993 and 1996 experienced longitudinal cracks. This indicated the effectiveness of applying transverse Post-Tensioning on reducing the cracking of the deck slab⁹.

- 횡방향 포스트텐셔닝이 균열저감에 효과적임

3.3 활용실적

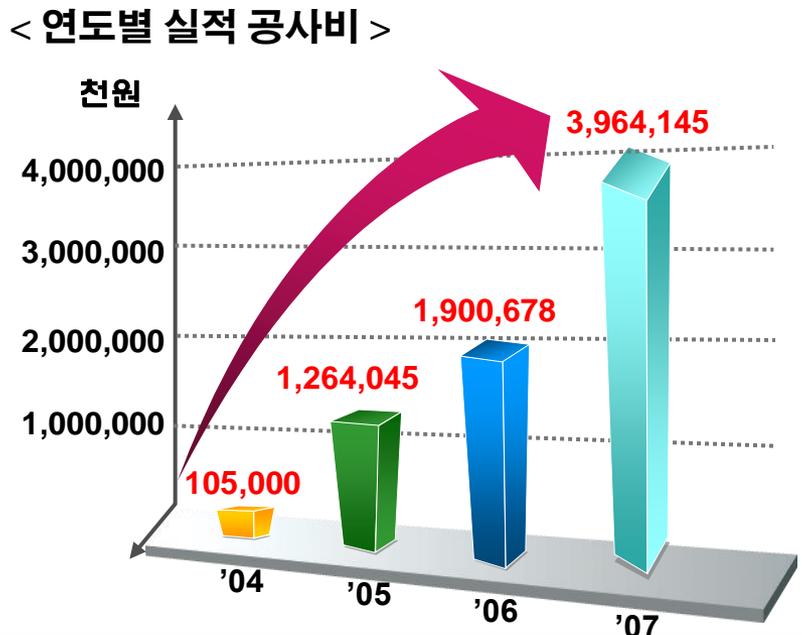
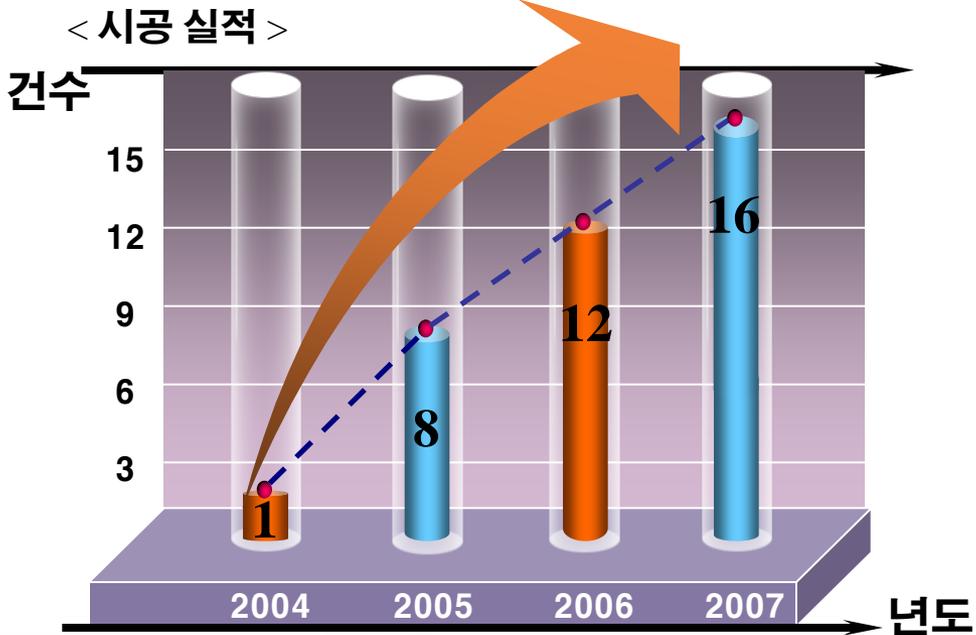
3.3.1 신기술 제 464호의 현장 활용실적

NO	공사명	교량제원		NO	공사명	교량제원	
		연장(m)	폭(m)			연장(m)	폭(m)
1	장수군 아건교 재가설공사	2@13.6	12.0	12	각리1교 교량 개체공사	1@25.0	9.0
2	장수군 삼장교 가설공사	2@14.8	12.0	13	신동천 수해상습지 개선공사	1@20.2	8.0
3	재해위험 동화지구(동화천) 백운교 가설공사	1@25.0	7.0	14	자기부상열차 설치사업	2@22.5, 24@25.0	1.4
4	송내천 수해상습지 개선사업 중 송내1교 가설공사	1@19.9	7.0	15	교현리 새마을교량 가설공사	1@20.0	8.0
5	구미교 재가설공사	2@27.3	7.5	16	화산대기교 가설공사	1@26.0	7.5
6	금산C—금산간 국지도 확포장공사	19.569	26.9	17	청도향교 진입도로공사	1@20.0	13.7
7	함평군 화동교 가설공사	3@21.8	9.0	18	인제204호(원바선)1구간 농어촌도로수해복구공사 (바깥삽재교)	1@22.0	7.0
8	홍해읍 학천2리 교량설치공사	1@25.0	9.0	19	화동군 진암교 가설공사	1@25.0	11.0
9	금봉소교량 교량 개체공사	1@20.0	6.0	20	병두골천 (소하천) 수해복구공사	1@19.0	6.0
10	호남지선 금복교 전면개량공사	2@23.5	12.6	21	광양항 서측인입철도 건설공사 (초남교)	6@17.0	10.9
11	삼성리교량 가설공사	1@18.0	8.0				

3.3 활용실적

연도	시공실적	합계	공사비(천원)	총액(천원)	설계실적
2004	1	1	105,000	105,000	13
2005	5(3)	8	741,500	1,264,045	36
2006	9(3)	12	1,171,128	1,900,678	29
2007	5(11)	16	999,000	3,964,145	-
2008 ~	1(2)	3	1,560,000	1,788,863	-
총계	21(19)	40	4,576,628	9,022,731	78

※ 연장평가 기준에 따르면 6년 이상의 연장이 가능함



3.3 활용실적

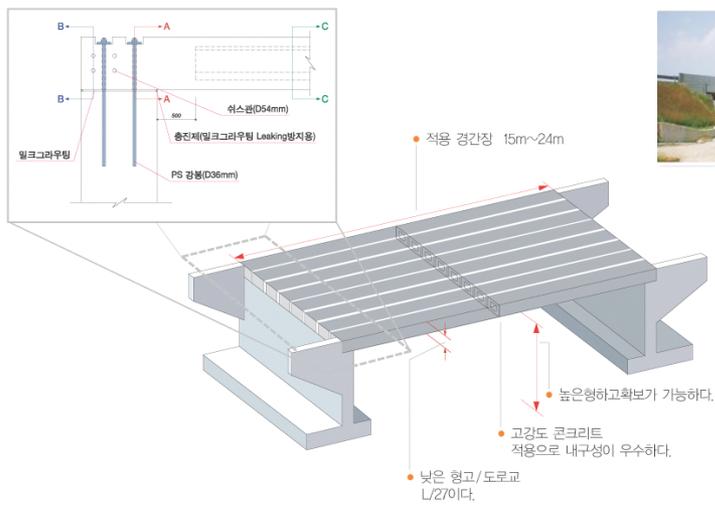


3.3.2 신기술 제 464호의 적용 확장방안

적용대상	검토내용
<p style="text-align: center;">도로교</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 고속국도 • 국도 및 지방도 상의 교량 • 과도교 • 과선교 • 홍수단면 부족한 경우(형하공간확보)
<p style="text-align: center;">철도교</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 고속철도 및 일반 철도교(초남교) • 경전철 철도교 • 자기부상열차 철도교(Expo교)
<p style="text-align: center;">기타 사회기반 시설</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 항만시설 • 수공시설물상의 교량구조
<p style="text-align: center;">PPC 구조의 응용기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Drop-in 거더를 이용하는 라멘교 • Multi-girder 시스템

3.3 활용실적

3.3.3 신기술 제 464호의 응용기술



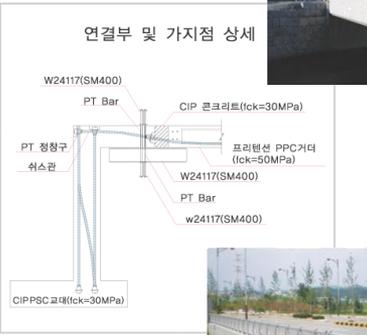
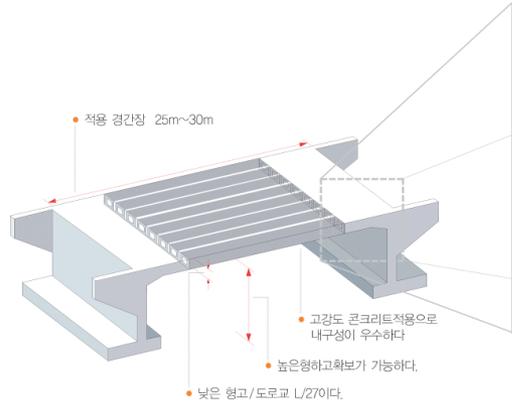
호남지선 금북교



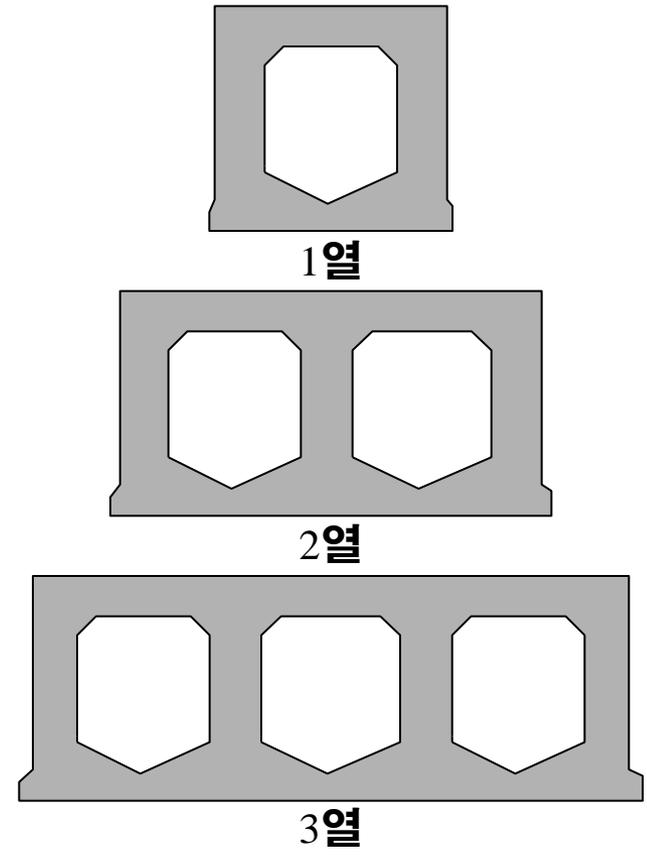
농어촌 도로 205호



동화천 월평교



새롬교



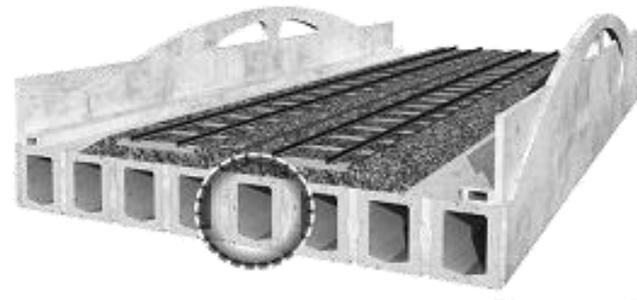
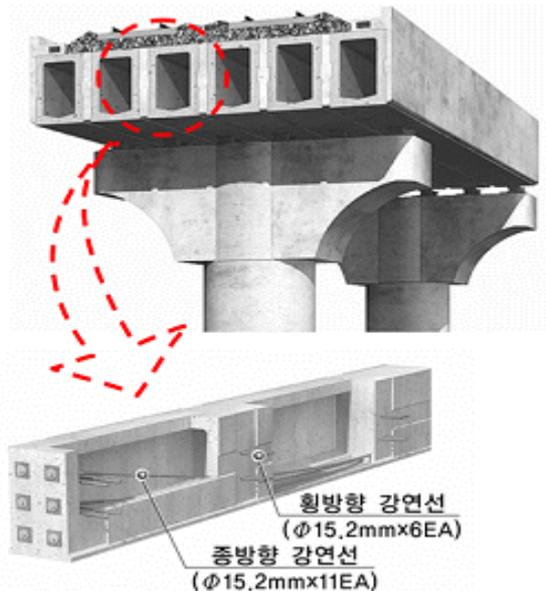
< Multi-girder system >

< Drop-in 거더를 이용한 라멘교 >

3.3 활용실적

3.3.4 신기술 제 464호의 철도교 적용성

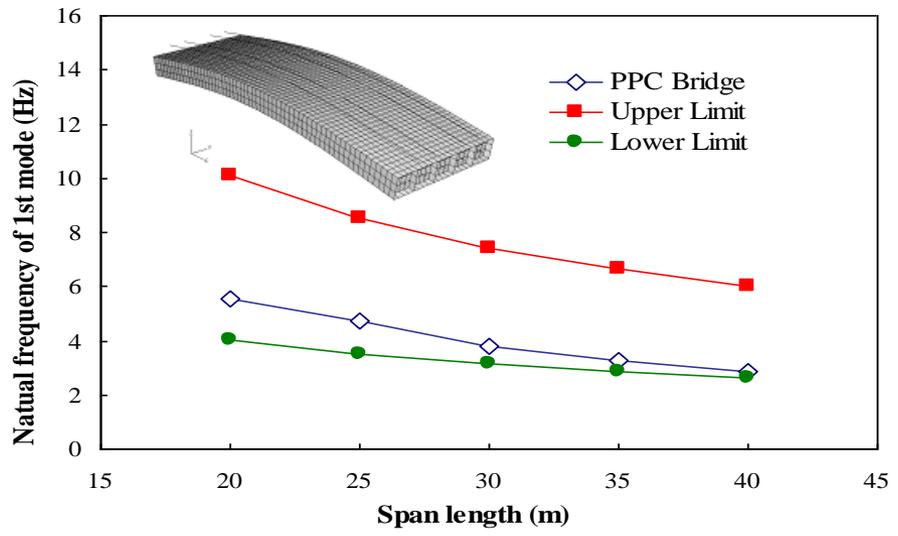
- ❖ 최근 국내외 강재 값의 폭등
 - ▶ 강교의 비용 급증으로 대체 방안 모색
- ❖ 정부의 도시철도건설 정책 변화
 - ▶ 건설비와 운영 유지비가 저렴한 경량전철로 전환



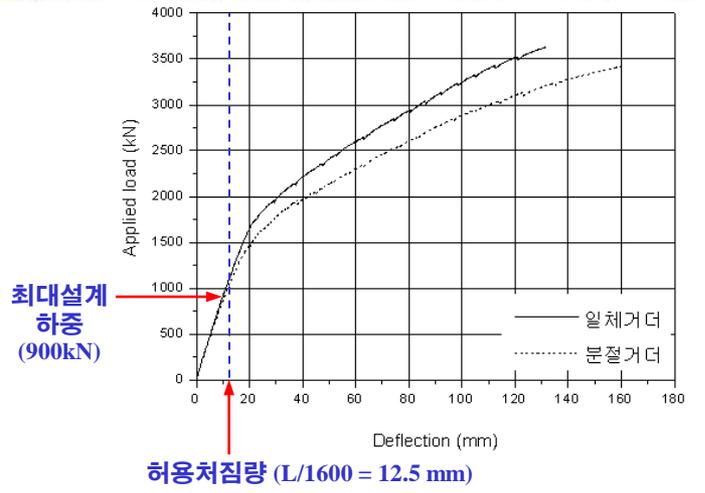
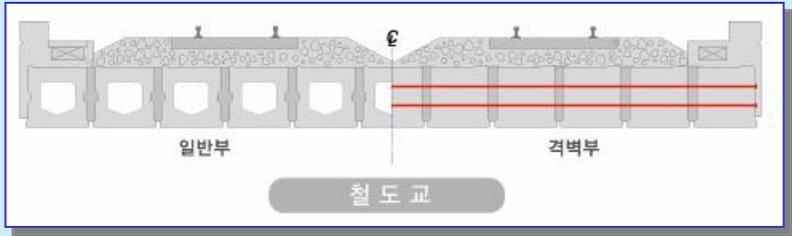
3.3 활용실적



3.3.5 신기술 제 464호의 철도교 성능검증



- 하중 횡분배 능력 우수 (vs. PSC I girder)
- 비틀림 저항성 우수 (vs. PSC I girder)



< 경간장 20m인 실물 PPC 거더 >

3.3 활용실적

항 목	20m			25m			30m			35m			40m		
	허용치	와물 엽차	새마 울호												
중앙처짐 (mm)	12.5	3.10	1.66	15.6	3.14	1.90	18.8	4.51	2.31	21.9	4.92	2.65	25.0	6.82	3.28
충격계수 (%)	36.4	11.35	20.6	33.8	9.29	29.2	32.2	11.43	27.0	31.0	9.90	23.3	30.1	28.20	28.7
고유진동수 (Hz)	4.00 ~ 10.08	5.52		3.53 ~ 8.53	4.73		3.15 ~ 7.44	3.81		2.87 ~ 6.63	3.29		2.66 ~ 6.00	2.88	
바닥판연직가속도 (g)	0.35	0.068	0.050	0.35	0.039	0.060	0.35	0.044	0.056	0.35	0.031	0.036	0.35	0.071	0.032
단부회전각 (rad)	6.5×10^{-3}	0.453×10^{-3}	0.242×10^{-3}	6.5×10^{-3}	0.386×10^{-3}	0.249×10^{-3}	6.5×10^{-3}	0.468×10^{-3}	0.251×10^{-3}	6.5×10^{-3}	0.449×10^{-3}	0.249×10^{-3}	6.5×10^{-3}	0.553×10^{-3}	0.265×10^{-3}
단부연직처짐 (mm)	2	0.16	0.10	2	0.19	0.12	2	0.23	0.12	2	0.22	0.12	2	0.27	0.13
단부교축변위 (mm)	8	0.51	0.27	8	0.50	0.43	8	0.81	0.43	8	0.69	0.51	8	0.87	0.50
바닥판연직틀림 (mm/m/3m)	3.0	0.10	0.08	3.0	0.11	0.08	3.0	0.10	0.08	3.0	0.13	0.09	3.0	0.11	0.07
고정하중연직처짐 (mm)	14.2	2.78	1.38	21.4	2.87	1.47	29.90	4.05	1.82	39.7	4.48	2.15	50.8	5.28	2.55

- ❖ 철도교 동적 성능 검증결과 → 검증항목을 모두 만족
- ❖ 2007년 철도시설공단 신기술 획득

*한국철도기술연구원(2006.10)

4. 기술적 파급효과

4.1 활용실적을 통한 파급효과

기술적

파급효과

경제적

재료 분야

- 고강도 균질콘크리트의 사용촉진

설계 분야

- 설계자동화, Precast 공법의의 적용확대
- 교하공간의 확보
- 수려한 미관
- 분절 및 연속화 공법

시공 분야

- 공기단축
- 동바리 미사용
- 교통통제
- 긴급재해복구, 건설재해의 최소화

유지관리 분야

- 고내구성
- 유지관리가 거의 필요없는 관리
- 보수가 용이

공사비 절감

- PPC 교량은 국내 5~35m 내외의 경간에 널리 사용되는 RC 슬래브교나 PSC 슬래브 교량에 비해 약 20%가량 공사비가 절감 되어 경제성이 우수하여 국가 예산을 절감

유지관리비용 절감

- 고내구성의 PPC 교량을 활용함으로써 유지관리 및 해체 폐기비용 절감
- RC 슬래브 교량에 비해 생애주기비용이 20%이상 절감효과

사회간접자본의 절감

- 공사시 교통통제를 최소화 할 수 있는 공법으로 교통통제 및 공기연장 등으로 인한 사회간접자본의 절감효과 기대
- 수해 복구 및 각종 재해 등으로 인한 교량의 긴급공사시 신속한 시공특성으로 사회간접자본의 절감 효과가 예상

수입대체 효과

해외 역수출 효과

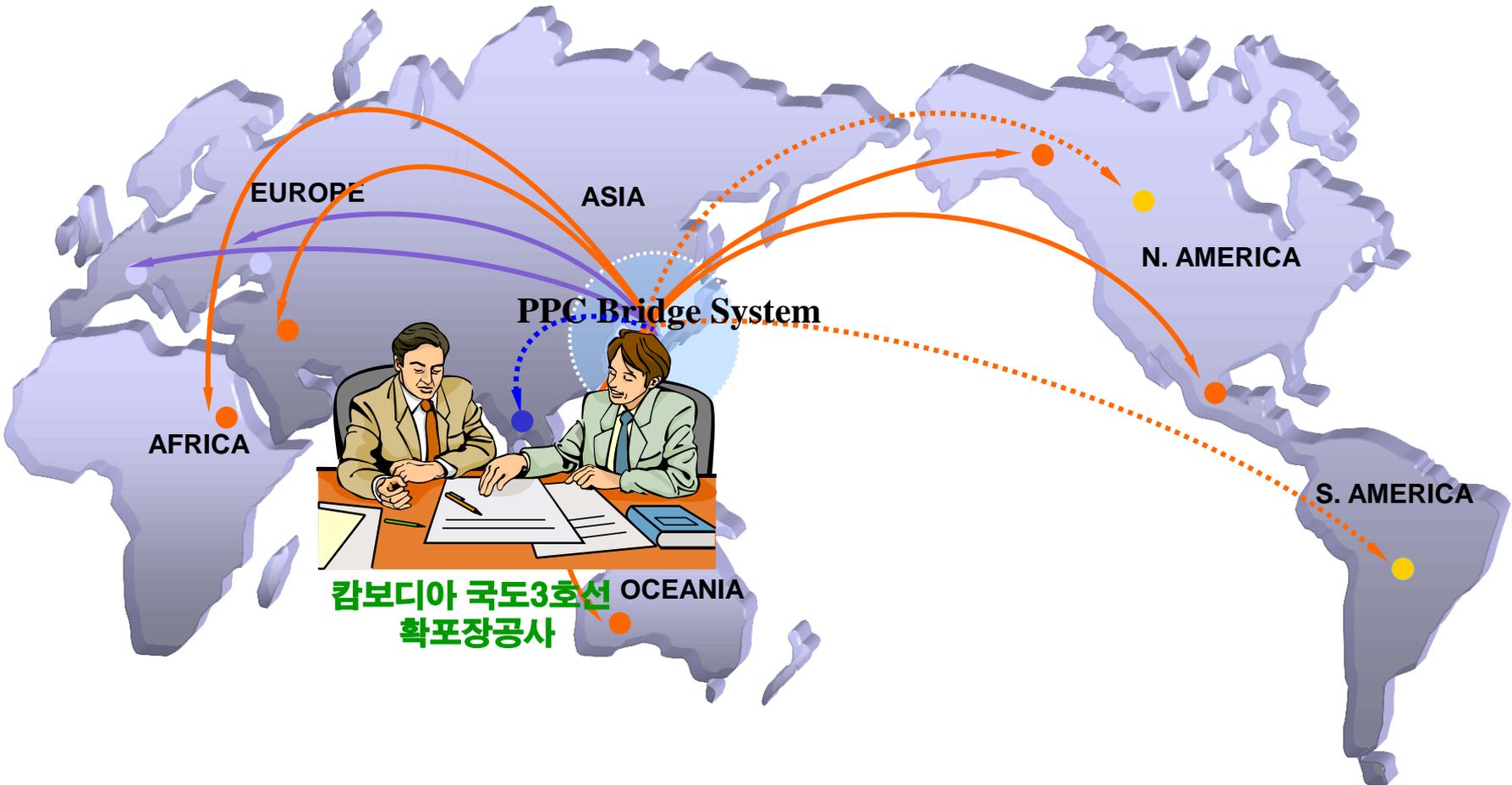
4.2 기술적 파급효과

- ① **중소경간 교량에서 획기적으로 사용가능**
- ② **전단키 및 횡방향 프리스트레싱에 따른 일체화 기술에 기여**
- ③ **교량의 분절 및 연속화 기술에 기여**
- ④ **고품질 콘크리트 사용에 따른 콘크리트 재료분야의 기술 축적**
- ⑤ **공장에서의 표준화 제작에 따른 고품질의 대량 생산 기술**
- ⑥ **표준화 제작 및 시공으로 공기단축, 경제적 건설**
- ⑦ **낮은 형고비로 형하공간 확보에 유리**
- ⑧ **제조, 설계, 시공, 유지관리 편람**

4.3 경제적 파급효과

- ① 신속한 상부구조의 공사기간 (약 11일)과 공사비의 획기적 절감
- ② 약 15% 이상의 공사비 절감으로 국가 예산 절감
- ③ 약 20%의 생애주기비용 감소로 유지관리비용 절감
- ④ 교통통제 최소 및 신속한 시공특성으로 사회간접자본 투자 절감
- ⑤ 독자적인 국내 연구를 통해 국내의 기술력 축적 및 경제적 효율 창출
- ⑥ 친환경 건설로 막대경비 절감
- ⑦ 100 년 이상의 내구수명 확보

4.4 PPC 교량의 해외 활용 전망



➤ **선진화된 외국 동종 기술을 능가하여 해외 기술수출이 가능**

4.5 시방서·유지관리지침서의 정립여부

SAMPYO

**조립식 프리캐스트 콘크리트
중공 슬래브 교량 시스템**

PPC 교량 시스템 설계편람
DESIGN MANUAL FOR PPC BRIDGE SYSTEMS

2004. 12.

주식회사 삼표
교량기술연구소

연세대학교 건설공학연구소

SAMPYO

**조립식 프리캐스트 콘크리트
중공 슬래브 교량 시스템**

PPC 거더 제조편람
MANUAL FOR MANUFACTURING PPC GIRDERS

2004. 12.

주식회사 삼표
교량기술연구소

연세대학교 건설공학연구소

SAMPYO

**조립식 프리캐스트 콘크리트
중공 슬래브 교량 시스템**

PPC 교량 시스템 시공편람
CONSTRUCTION MANUAL FOR PPC BRIDGE SYSTEMS

2004. 12.

주식회사 삼표
교량기술연구소

연세대학교 건설공학연구소

< 시방서 >

< 유지관리지침서 >

SAMPYO

**조립식 프리캐스트 콘크리트
중공 슬래브 교량 시스템**

PPC 교량 시스템 유지관리편람
MAINTENANCE MANUAL FOR PPC BRIDGE SYSTEMS

2004. 12.

주식회사 삼표
교량기술연구소

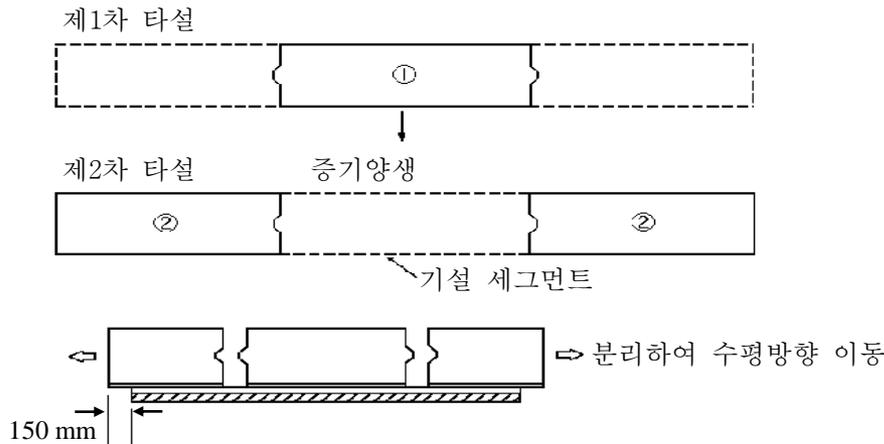
연세대학교 건설공학연구소



5. 신기술 지정시 권고 사항에 대한 이행여부

2. 거더 제작시 발생하는 오차를 줄이기 위한 시공방법의 개선

- ❖ 분절용 PPC 거더 제작시 매치 캐스트 타설방식을 이용하여 거더를 제작

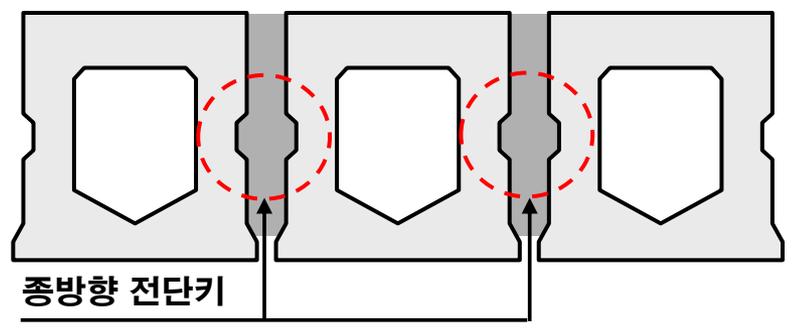
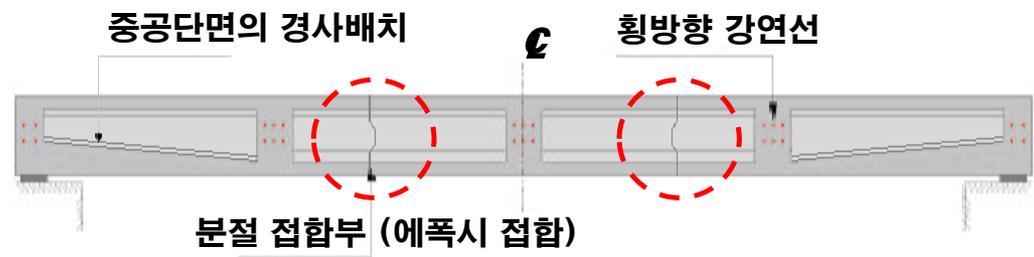
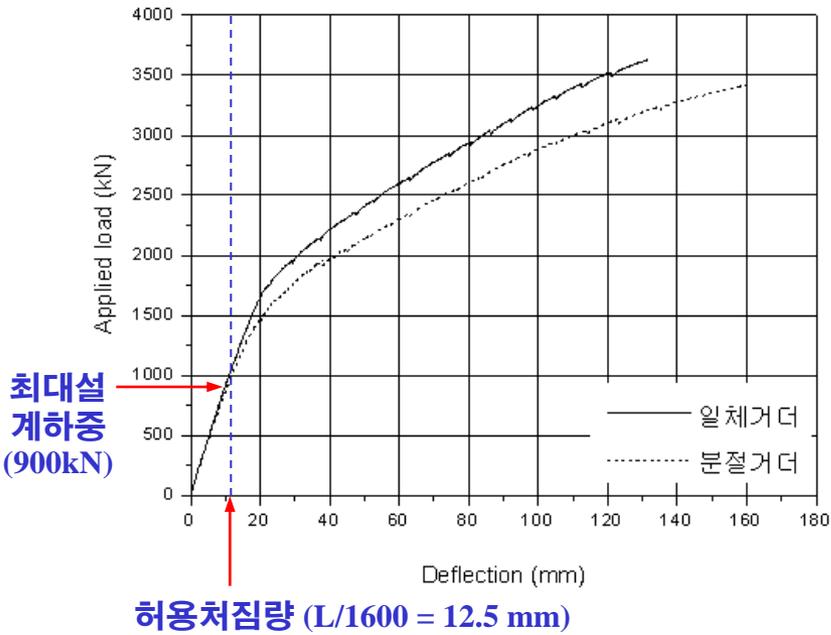


<매치 캐스트 타설 방식>

- ❖ 제조, 설계, 시공시의 오차를 줄이기 위한 개선 방안을 제시
- ❖ 앞으로도 성능향상을 위한 개선된 방안을 마련하기 위해 지속적인 연구중

3. 분절공법에 대한 시험시공 및 실용화에 대한 연구

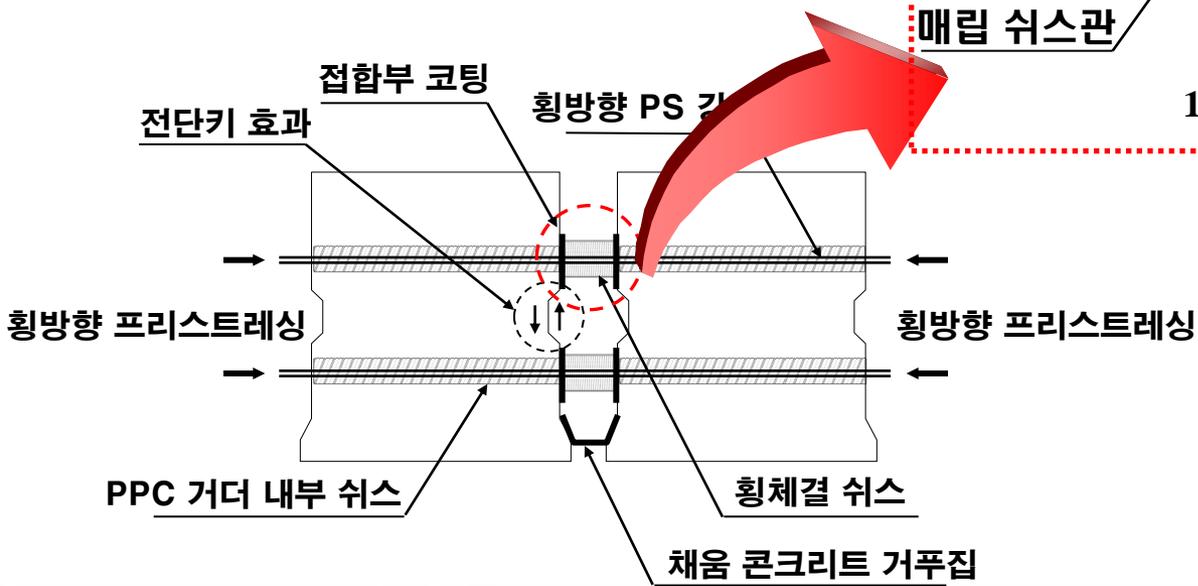
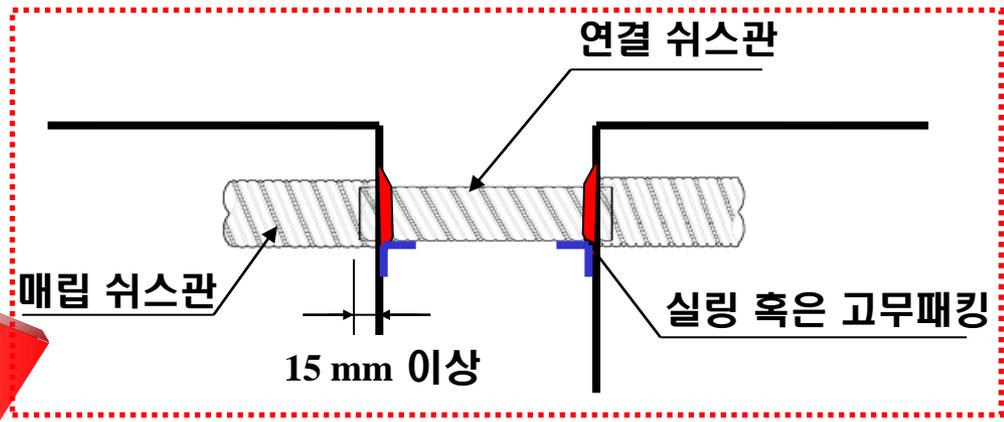
- ❖ 신기술 제464호는 전단키를 두고, 종방향 프리스트레싱을 가하여 일체화 거동
- ❖ 모형교량 실험, 구조해석 등을 통하여 구조 성능을 입증



< 경간장 20m인 실물 PPC 거더의 중앙부 하중- 처짐 >

4. 분절공법의 이음부 누수를 감안한 쉬스관의 재질 개량 필요

- ❖ 연결 쉬스관과 거더 사이에 수밀성 확보를 위한 실리콘 패킹재 사용
- ❖ 교면위에 교면방수 시공
- ❖ 횡방향 긴장 후 완벽한 그라우팅
- ❖ 에폭시를 이용한 습식 접합부를 사용



5. **채움 콘크리트** 타설 후 7일 이내 실시하는 **횡방향 프리스트레싱** 작업에서 재료적인 특성상 발생하는 **건조수축에 의한 균열 발생**에 따라 이의 확인 및 보수·보강 방안 수립

- ❖ 충분한 **횡방향 프리스트레싱**, 전구간 전단키 설치, 전구간 **채움콘크리트** 타설
- ❖ **채움콘크리트** 설계시 팽창제(혼화제)를 고려하여 이음부위의 **수축균열억제** (무수축 콘크리트 사용)
- ❖ **주기적인 모니터링을 실시**

6. 교량에 적용시 **사각이 큰 교량**이나 **곡률반경이 적은 교량**의 경우 적용성에 대한 검토가 필요함

- ❖ 사각은 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 까지 적용하도록 규정
- ❖ 곡률반경 400m이상에 적용하도록 규정
- ❖ 사각 60° 교량에 대한 적용성 검토 결과 **안전성이 충분히 확보됨**

Thank You!