안전하고 편리한
미래교통 플랫폼 기업

| 팀 장 | 처 장 |
| --- | --- |
| 이진만 | |

| 등록번호 | 설계처 - 2136 |
| --- | --- |
| 보존기간 | 10년 |
| 결재일자 | 2022. 7. 7. |
| 공개구분 | 공 개 |

# 프리팹 부재 시공성 제고를 위한 프리캐스트 바닥판 및 PSC 거더 배치간격 검토

2022. 07.


설계계획팀장 : 이 영 천

설계기준부장 : 김 찬 중

도로설계팀장 : 박 주 영

한국도로공사

설 계 처 이태호

허동준

# 프리캐스트 바닥판 및 PSC 거더 배치간격 검토

## □ 검토배경

○ 2022년 뉴딜 50대 과제로서 프리팹 부재 적용 활성화를 위해 추진 중에 있는 바, 주요 부재인 교량 바닥판과 PSC거더의 기하학적인 연결 상세를 검토하여 프리팹 활성화에 기여하고자 함

## □ 현 실태

○ 거더와 바닥판은 상호 연결 부재이나, 다양한 거더 형상 및 배치로 인해 다수 규격의 프리캐스트 바닥판이 필요하여 공장제작 기피

> 다양한 거더 형상 → 다수의 바닥판 순간격 종류 → 다수의 **프리캐스트 바닥판 제작 몰드 필요** → **제작 효율성 저하로 단가 상승** → 토목분야 대신 규격이 정형적인 **건축 등 타 분야 프리캐스트 제작 선호**

## □ 개선 방안 검토 및 적용

○ **유사 규격**의 바닥판 순간격을 **일정 규격으로** 조정으로 **바닥판 규격 종류 최소화 가능** : 14개 → 5개

※ 바닥판 순간격 ⇒ 0.15m 간격으로 규격화

| 당 초(m) |
|---|
| 1.86, 1.88, 1.90 |
| 1.96, 2.00, 2.03, 2.05 |
| 2.08, 2.10, 2.15, 2.20 |
| 2.30 |
| 2.40, 2.45 |

| 변 경(m) |
|---|
| **1.85** |
| **2.00** |
| **2.15** |
| **2.30** |
| **2.45** |

* 현장 여건(곡선교, 방사형 빔 배치 등)에 따라 다른 규격 적용 가능

○ 설계 중 노선부터 본 방침 적용

## Ⅰ 검토 배경

□ 2022년 뉴딜 50대 과제로서 프리팹 부재 적용 활성화를 위해 추진 중에 있는 바, 주요 부재인 교량 **바닥판**과 **PSC거더**의 기하학적인 연결 상세를 검토하여 **프리팹 활성화**에 기여하고자 함

## Ⅱ 현 실태

### □ PSC 거더

○ 2003년 이후 민간의 기술 개발로 경제성, 미관 등이 우수하며 다양한 개량형 PSC 거더가 고속도로에 적용 중에 있음.

※ 최근 설계 완료한 대산-당진 고속도로에는 PSC 거더교 22개소에 11개 공법이 설계에 반영되는 등 다양한 공법이 적용 중임

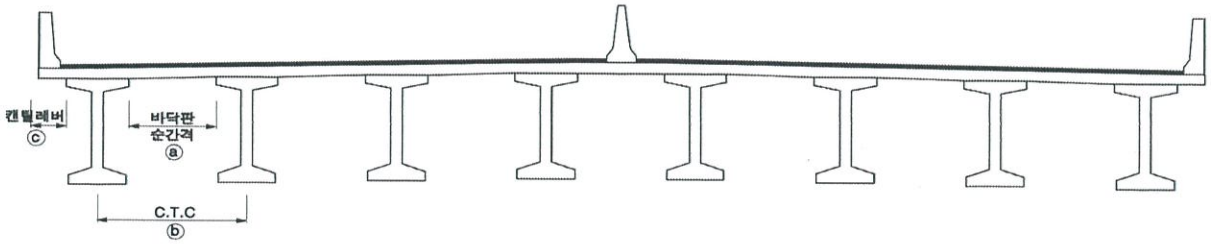
### □ 프리팹 바닥판

○ 2005년 설계처 방침[1] 이후 **부분단면 바닥판**이 적용 되었고, 2010년 부천고가교 화재 복구공사에 **전단면 바닥판**을 **사용**하였으며,

○ 최근 프리팹 활성화[2]를 위해 전 교량을 프리팹 바닥판으로 설계 중에 있음(전단면 바닥판 3개소 이상, 그 외 교량 부분단면 바닥판)

### □ PSC거더와 프리팹 바닥판 관련 **주변 여건**

○ 개요도




1) 프리캐스트 콘크리트 패널의 교량 바닥판 적용검토(설계처-1220, 2005.05.10.)
2) 건설 현장 안전사고 예방을 위한 교량 설계 추진방안 검토(설계처-3805, 2021.12.14.)

○ **PSC 거더**와 **프리팹 바닥판**은 교량 상부 연결 부재로서 밀접한 관계에도 불구하고 개별 기술 영역으로 발전되어 왔으며,

○ 다양한 거더 형상으로 인해 **다수 규격의 프리캐스트 바닥판**이 필요하여 프리캐스트 공장에서 제작 기피

> 다양한 거더 형상 → 다수의 바닥판 순간격 종류 → 다수의 **프리캐스트 바닥판 제작 몰드 필요** → **제작 효율성 저하로 단가 상승** → 토목분야 대신 규격이 정형적인 **건축 등 타 분야 프리캐스트 제작 선호**

○ 거더별(13개 거더) 바닥판 순간격 조사 결과

- 2차로 : 9개 종류 순간격
- 4차로 : 8개 종류 순간격

☞ 중복 고려 시 **14개 규격 필요**

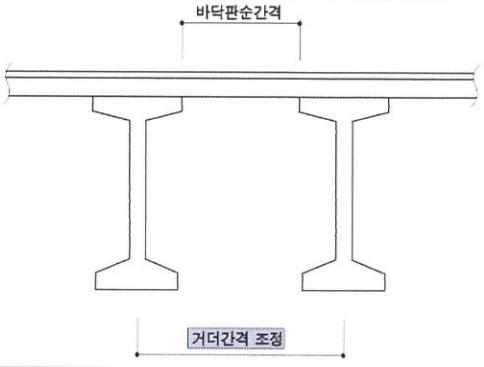
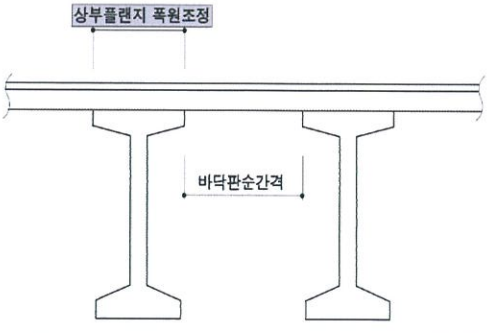
: 1.86, 1.88, 1.90, 1.96, 2.00, 2.03, 2.05, 2.08, 2.10, 2.15, 2.20, 2.30, 2.40, 2.45m

**바닥판 순간격 종류**를 **최소화** ☞
**프리팹 부재 시공 효율성 향상**을 위한 환경 여건 조성

## Ⅲ 개선 방안 검토

□ 바닥판 순간격 최소화를 위한 대안별 검토

○ 바닥판 순간격 조정(안)

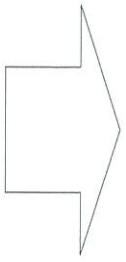
| (1안) 거더 간격 조정 | (2안) 상부플랜지 폭원 조정 |
|---|---|
|  |  |

○ 대안별 비교 검토

| 구 분 | (1안) 거더 간격 조정 | (2안) 상부플랜지 폭원 조정 |
|---|---|---|
| 설계 | 별도 검토항목의 추가 없이 **거더 안전성** 및 **바닥판** 검토를 시행하여, 구조계 변화는 미미 | 별도 검토항목의 추가 없이 **거더 안전성** 및 **바닥판** 검토를 시행하며, (1안) 대비 구조계 변화가 큼 |
| 시공 | **바닥판** 거푸집이 **변경**되므로 사양변경 비용 저렴 | **거더 강재 거푸집**이 변경되므로 사양변경 비용 고가 |
| 검토 결론 | ☞ **설계단계 변경이 미미**하고 **시공단계 비용 수반이 최소화**되는 **(1안)**으로 개선 방안 마련 | |

□ **유사 규격**의 바닥판 순간격을 **일정 규격** 조정으로 **바닥판 규격 종류 최소화 가능** : 14개 → 5개

| 당 초(m) |
|---|
| 1.86, 1.88, 1.90 |
| 1.96, 2.00, 2.03, 2.05 |
| 2.08, 2.10, 2.15, 2.20 |
| 2.30 |
| 2.40, 2.45 |



| **변 경(m)** |
|---|
| **1.85** |
| **2.00** |
| **2.15** |
| **2.30** |
| **2.45** |

※ 편의상 **0.15m 간격**으로 규격화

□ 바닥판 순간격 조정에 따른 검토

○ 거더 안전성

- 거더 간격 **증가** 시 : **내측거더 하중 증가**로 구조안전성 확인 필요
- 거더 간격 **감소** 시 : **외측거더 하중 증가**로 구조안전성 확인 필요

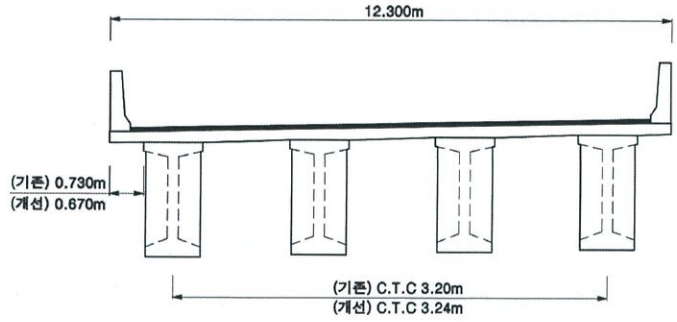
○ 바닥판 안전성

: (중앙부) 경험적 설계법 - 별도 검토 불필요

전통적 설계법 - 지간장 변화에 따른 검토필요

(캔틸레버부) 전통적 설계법 - 지간장 변화에 따른 검토필요

## □ (검토 예시) 바닥판 순간격 **증가 조정** ※ A거더(2차로, 거더 4본)




○ 거더 안전성

- 거더 간격조정에 따른 응력차이 미미(0.01~0.16MPa)

| 하중단계 \ 응력(MPa) | | 거더 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 상연 | | 하연 | |
| | | 당초 | 변경 | 당초 | 변경 |
| 사용한계 III[3] | 내측 | 14.14 | 14.23 | 2.63 | 2.52 |
| | 외측 | 14.06 | 13.99 | 2.00 | 2.15 |
| 허용응력 | | 압축 | | 인장 | |
| | | 18.0 | | -2.6 | |

- 바닥판 순간격 증가(3.20 → 3.24m) 시
  · (내측 거더 - 분담하중 증가) 상연 압축응력 증가 및 하연 압축응력 감소
  · (외측 거더 - 분담하중 감소) 상연 압축응력 감소 및 하연 압축응력 증가

○ 바닥판 안전성

- 중앙부 필요 철근량 증가, 현재 철근량이 충분하여 변경 불필요

| 구 분 | | 당 초 | 변 경 |
|---|---|---|---|
| 중앙부 | 작용모멘트(kN·m) | 61.3 | 62.2 |
| | 소요 철근량($mm^2$) | 933.2 | 948.1 |

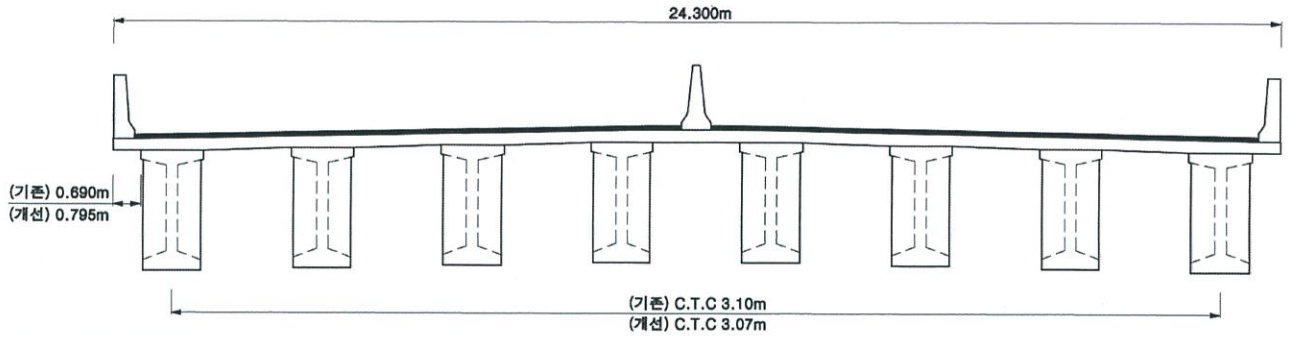
- 거더 유효지간 변화(2.46 → 2.50m)에 따른 하중 증가 약 1%
- H16@200 = 993$mm^2$ 철근 배근으로 철근량 증가 불필요

| | | | |
|---|---|---|---|
| 캔틸레버부 | 작용모멘트(kN·m) | 54.0 | 43.8 |
| | 소요 철근량($mm^2$) | 873.4 | 701.2 |

- 모멘트 팔길이 변화(0.73 → 0.67m)에 따른 하중 감소 약 19%
- H16@200 = 993$mm^2$ 철근 배근으로 철근량 증가 불필요

3) 포스트텐션 부재의 한계균열폭 0.2mm에 대응하는 설계 등급에서의 하중조합(사하중 + 0.8×활하중)

## □ (검토 예시) 바닥판 순간격 **감소 조정** ※ B거더(4차로, 거더 8본)




○ 거더 안전성

- 거더 간격조정에 따른 응력차이 미미(0.02~0.26MPa)

| 하중단계 \ 응력(MPa) | | 거더 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 상연 | | 하연 | |
| | | 당초 | 변경 | 당초 | 변경 |
| 사용한계 Ⅲ | 내측 | 15.25 | 15.18 | 2.57 | 2.66 |
| | 외측 | 14.64 | 14.83 | 2.96 | 2.65 |
| 허용응력 | | 압축 | | 인장 | |
| | | 18.0 | | -2.6 | |

- 바닥판 순간격 감소(3.10 → 3.07m) 시
  · (내측 거더 - 분담하중 감소) 상연 압축응력 감소 및 하연 압축응력 증가
  · (외측 거더 - 분담하중 증가) 상연 압축응력 증가 및 거더 압축응력 감소

○ 바닥판 안전성

- 캔틸레버부 필요 철근량 증가, 현재 철근량이 충분하여 변경 불필요

| 구 분 | | 당 초 | 변 경 |
|---|---|---|---|
| 중앙부 | 작용모멘트(kN·m) | 59.2 | 58.5 |
| | 소요 철근량($mm^2$) | 1098.4 | 950.0 |

- 거더 유효지간 변화(2.37 → 2.34m)에 따른 하중 감소 약 1%
- S16@150 = 1,324$mm^2$ 철근 배근으로 철근량 증가 불필요

| | | | |
|---|---|---|---|
| 캔틸레버부 | 작용모멘트(kN·m) | 44.9 | 61.9 |
| | 소요 철근량($mm^2$) | 719.6 | 1007.4 |

- 모멘트 팔길이 변화(0.69 → 0.795m)에 따른 하중 증가 약 38%
- S16@150 = 1,324$mm^2$ 철근 배근으로 철근량 증가 불필요

□ 개선방안 검토

- ㅇ **거더 간격 조정**으로 바닥판 순간격을 변경하여도 **구조계 변경이 미미**하여 거더 및 바닥판 응력차가 작고, 추가 철근량 불필요
- ㅇ 프리캐스트 바닥판 거푸집 일부 변경으로 투입비용이 저렴하여 **바닥판 순간격 규격화**로 인한 설계 및 시공 변경 부담 최소화
- ㅇ 상기예시와 같이 **모든 거더**는 간격 조정에 따라 상세 설계 시 구조 **안전성 등 별도 검토 필요**

## Ⅳ 검토결론 및 적용

□ **검토결론**

- ㅇ **바닥판 순간격**은 편의상 **0.15m 간격**으로 규격화하였으며,
- ㅇ **현장 여건**(곡선교, 방사형 빔 배치 등)에 따라 **다른 규격** 적용 가능

※ 거더 간격 조정에 따른 바닥판 순간격 규격(안)

| 당 초(m) | 변 경(m) |
|---|---|
| 1.86, 1.88, 1.90 | **1.85** |
| 1.96, 2.00, 2.03, 2.05 | **2.00** |
| 2.08, 2.10, 2.15, 2.20 | **2.15** |
| 2.30 | **2.30** |
| 2.40, 2.45 | **2.45** |

□ **적 용**

- ㅇ 설계 중 노선부터 본 방침 적용

붙임 #1 교량별 거더 간격 조사 현황

#2 거더 간격 **증가**에 따른 구조계산 일부 발췌

#3 거더 간격 **감소**에 따른 구조계산 일부 발췌

## 붙임 #1 교량 상부 형식별 순간격 조사 결과

| 2차선(4본)교량 PSC거더 | | 4차선(8본)교량 PSC거더 | |
|---|---|---|---|
| IPC, PSC e-beam, AP | 1.96 | DR, IPC, PSC e-beam | 1.86 |
| TOP, DR, IT | 2.00 | C, PnP | 1.88 |
| C | 2.03 | TOP, IT | 1.90 |
| PnP | 2.08 | AP | 1.96 |
| 변단면PSC | 2.15 | 변단면PSC | 2.05 |
| SOC | 2.20 | SOC | 2.10 |
| BS-MPS | 2.30 | BS-MPS | 2.20 |
| Bicon | 2.40 | BIB, Bicon | 2.30 |
| BIB | 2.45 | - | - |
| | 9개 | | 8개 |

**붙임 #2** 거더 간격 증가에 따른 구조계산 예시

# "별도 첨부"

**붙임 #3** 거더 간격 감소에 따른 구조계산 예시

# "별도 첨부"