

PSC Beam 전도 방지대책

신현술 부산지방국토관리청도로시설국

1. 서론

도로의 일부분으로서의 교량은 우리나라의 경제 발전과 더불어 설계, 시공 및 유지관리 기술이 나날이 급속하게 발전하여 왔으며 그 결과 최근에는 감히 엄두도 못냈던 장대교(서해대교, 광안대교 등) 대규모 교량의 가설도 우리 기술로 거뜬하게 건설하고 있어 토목인의 긍지를 드높이고 있다. 특히 최근에는 부산지방국토관리청에서 준공한 창선-삼천포간 연육교들은 교량마다 그 구조형식을 달리한 튼튼하고 아름다운 모습으로 건설되어 그 자체가 관광명소의 하나로 각광받고 있어 도로기술자의 보람을 느끼게 하고 있다.

그러나 이러한 눈부신 기술의 발전에도 불구하고 시공도중 Beam추락사고 등이 간혹 발생하고 있는 바, 특히 프리스트레싱(Prestressing)을 이용한 PSC Beam교의 경우 높은 강성과 시

공성 및 경제성을 지닌 우수한 형식으로 인정되어 일반적으로 경간장 30m 이하의 소규모 교량은 거의 대부분 PSC Beam교로 설계·시공되고 있으나 PSC Beam의 단면이 전도되기 쉬운 형상(형상비 1:3)으로 빔가설시 특별한 주의를 기울이지 않을 경우 전도·추락사고가 발생할 수 있으며 실제 최근 전도사고가 간혹 발생하고 있어 국민의 따가운 눈총을 받고 있는 실정이다.

건설교통부에서도 이러한 점을 감안하여 PSC Beam 전도방지대책을 수립, 각 지방청의 도로 현장에 적용하고 있으나 아직도 사소한 부주의로 경복 모 현장과 같은 전도사고가 발생하고 있다는 사실은 무척 안타까운 일이다.

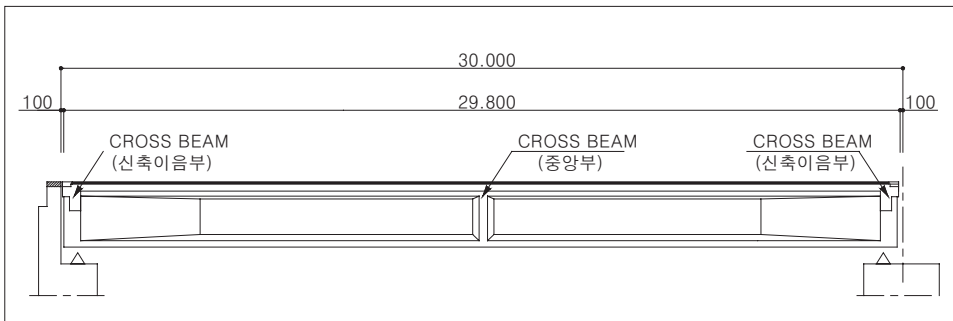
본인이 지방국토관리청에 근무하면서 평소 공사현장에서 미흡하게 느꼈던 점과 PSC Beam 전도에 대한 사고의 원인분석, 기존 PSC Beam 전도 방지대책 방안 검토를 통하여 PSC Beam 전도 방지대책(강재틀 공법)개선안을 제시함으

로서 Beam 거치시 발생될 수 있는 안전사고 및 부실시공을 미연에 방지하여 경제적으로 건설한 시공 및 품질관리 향상에 조금이나마 도움이 되었으면 한다.

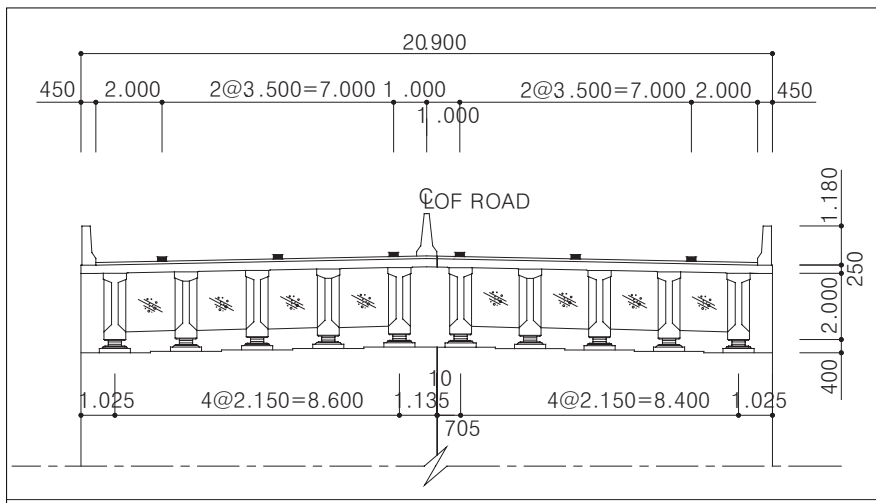
2. PSG Beam 전도사례 및 원인분석

2.1 PSC Beam교의 제원

PSC Beam교는 주로 경간장이 짧은 중소교량에 적합한 형식으로, 국내에서 일반적으로 적용되는 PSC Beam은 30.0m의 건설교통부 표준단면 프리캐스트 거더를 사용한다.



(a) PSC Beam 종단면도



(b) PSC Beam교 횡단면도

[그림 2.1 표준단면도]

2.2 PSC Beam 전도에 의한 손상사례 검토

PSC Beam은 제작 및 가설시 여러 요인에 의하여 Beam의 변형, 설치간격 부적정, 전도 및 추락 등의 제문제점이 발생된다.

특히 Beam 제작시보다 가설시 전도 및 추락 사고가 대부분 발생하고 있는 실정으로 최근 경북 모현장에서 발생한 사례를 중점으로 검토하였다.

2.2.1 PSC Beam 전도 사례

PSC Beam 12본중 11본(Beam 고정용 강연선 결속 완료)거치후 마지막 1본을 거치하면서 인양크레인의 조작미숙으로 인양상태의 Beam이 이미 거치된 Beam에 충돌되면서 Beam 고정용 P.C 강연선의 파열손상으로 PSC Beam 전체가 연쇄적으로 전도.

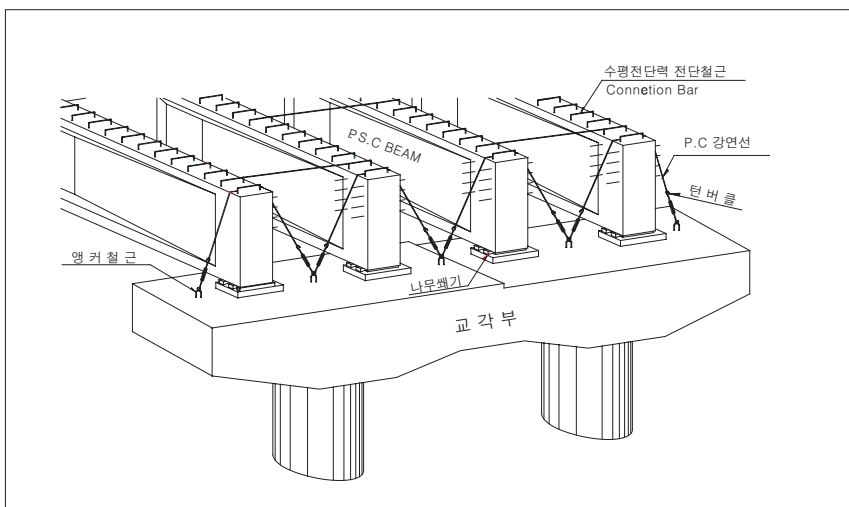
2.2.2 PSC Beam 전도의 발생 요인 분석

가. 구조적 요인

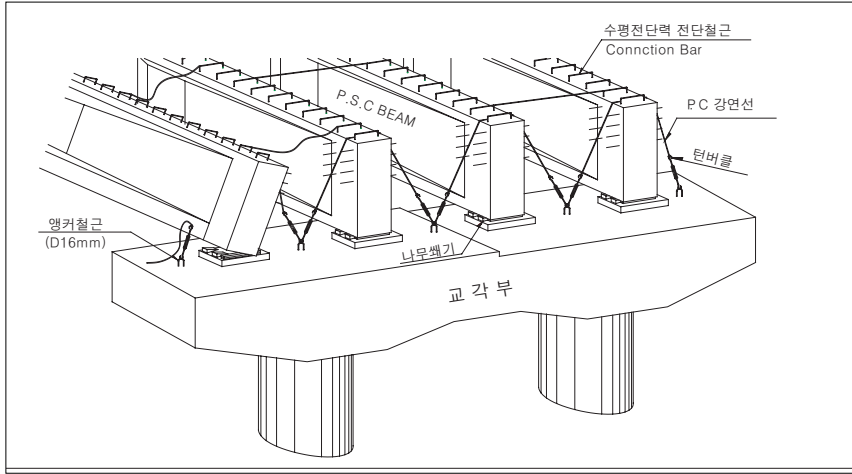
- 1) PSC Beam의 형상비가 1:3(높이 2.0m, 폭 0.7m)으로 무게중심이 받침에서 높은 위치에 있게 되어 Beam 거치시 구조적으로 불안정한 단면임.
- 2) PSC Beam 제작시 프리스트레싱에 의한 평면곡률 발생 및 이에 따른 무게 중심의 편기로 편심응력 발생 우려가 많은 구조임.

나. 가설 측면 요인

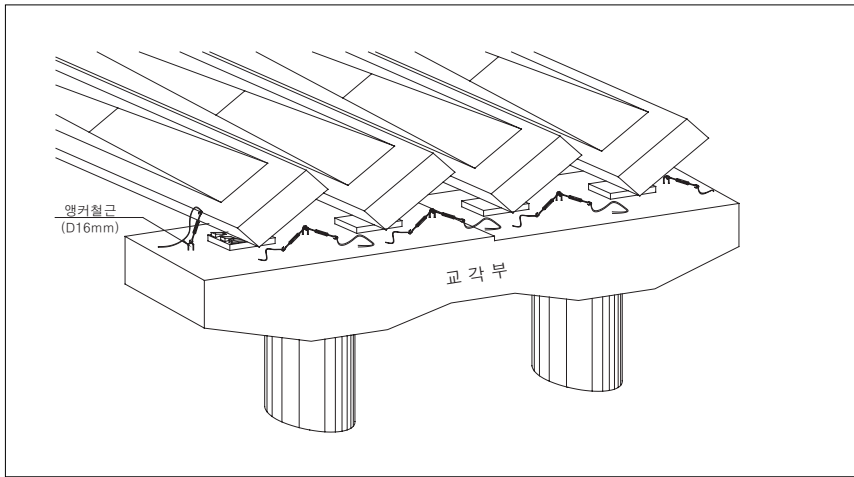
- 1) PSC Beam 거치시 시공오차에 의한 편심 응력 발생으로 풍하중, 충격하중 등의 외력에 의해 전도 및 추락사고 발생할 우려가 있음.
- 2) 현재 사용중인 전도대책공법(와이어로프, 삼각프레임, 브레이싱설치)을 적용하더라



(a) 기 제작된 PSC Beam을 교각에 거치



(b) PSC Beam교 횡단면도



(c) 전 PSC Beam 연쇄전도

[그림 2.2 PSC Beam 전도 발생 개념도]

도 전술한 전도사례와 같은 횡방향충격시
는 전도방지가 불가능함.

3) 확장공사의 경우 인접한 기존교량의 통행

차량 진동에 따른 전도가 발생할 수 있음.

다. 전도사고영향

1) PSC Beam은 그 구조상 추락시는 말할

것도 없고 전도시 Beam 추락파손과 관계 없이 구조적으로 사용불가하게 됨.

- 2) 경제적인 손실은 물론 공사추진에 막대한 영향을 끼칠 뿐 아니라 사고 그자체로서 부실시공의혹 등 일반국민의 대정부 신뢰도 추락에 치명적인 영향을 미치고 사회적인 문제점을 야기시킴과 동시에 기술자 불신의 원인이 되고 있음.

3. PSG Beam 전도 방지대책 검토

3.1 필요성 및 요건

IMF이후 우리나라의 국가재정상 SOC사업, 특히 도로건설시는 더욱더 경제성이 강조될 수밖에 없고 이에따라 적은 비용으로 건설가능한 PSC Beam교가 더 널리 적용될 것으로 전망되는 바 PSC Beam교의 단점을 극복하고 안전성, 경제성, 시공성이 우수한 교량건설이 될 수 있도록 확실한 PSC Beam 전도방지대책 방안의 수립이 시급한 실정이다.

PSC Beam의 구조적인 특성이나 가설시의 여러 조건을 감안해 볼 때 PSC Beam이 크로스빔 연결시까지 어떠한 외부조건이나 영향에도 안전하게 지탱하기 위해서는 첫째, 제작 및 가설시 PSC Beam에 작용하는 여러 요인에 대하여 저항성을 가져야 하고 둘째, Beam의 변형, 설치간격, 전도 및 추락에 대해 안전하여야 할 것이다.

또한 이러한 점을 통하여 가설 작업 공정이 단순하며 품질관리 및 공사기간 단축이 가능하도록

하여야 할 것이다.

3.2 기존 PSC Beam 전도 방지대책

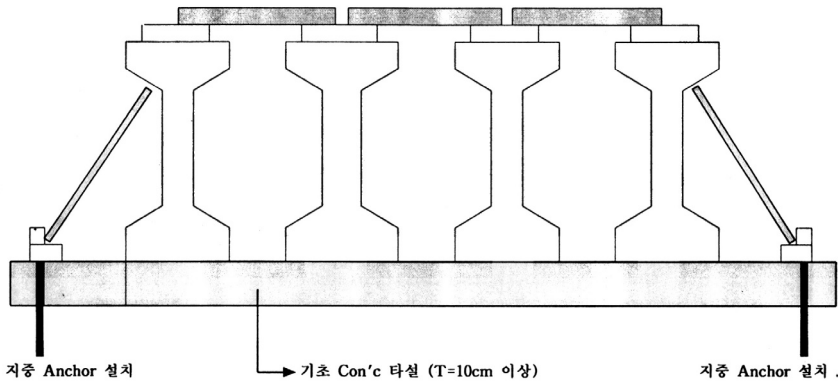
3.2.1 제작장에서의 전도방지대책과 개선 방안

가. 일반적으로 제작장에서 PSC Beam을 횡방향으로 나열하여 제작하면서 맨 우측 및 좌측 PSC Beam 바깥부위에 목재 동바리 또는 강재로 PSC Beam을 지지시키고 모든 PSC Beam 상부 전단철근부위에 Beam간 연결재로 결속하여 고정시키고 Beam간 사이는 목재동바리로 지지하는 형식이 사용되고 있다.

나. 현재까지 제작중 전도사고는 알려진 바 없으나 제작이 육상에서 이루어 지고 있고 작업공정상 사고발생시 단순사고로 엄폐 가능한 점을 고려할 때 전도사고 발생가능성이 없다고 단언하기 힘들다. 따라서 제작상에서도 철저한 사고방지 대책을 수립하여 전도사고를 미연에 방지하여야 할 것이다.

다. 제작상 개선사항

- 1) 제작상은 성토후 다짐 및 면고르기(필요시 자갈부설)정도의 부지정지만 하고 거푸집기초대판(합판 및 자재)를 설치하여 철근조립, 쉬스관 설치 및 강재거푸집을 조립하여 콘크리트 타설하고 있으나 가능한 한 다음 그림과 같이 기초콘크리트를 타설하고
- 2) 기초콘크리트면에 지지용 앵커를 설치함



제작중 횡방향으로 나열된 PSC Beam 전도방지대책

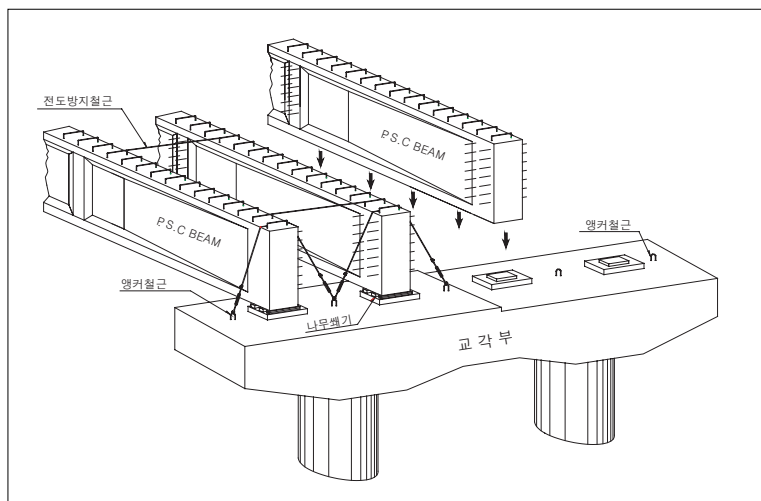
이 바람직하다.

3.2.2 가설시의 PSC Beam 전도 방지 대책 검토

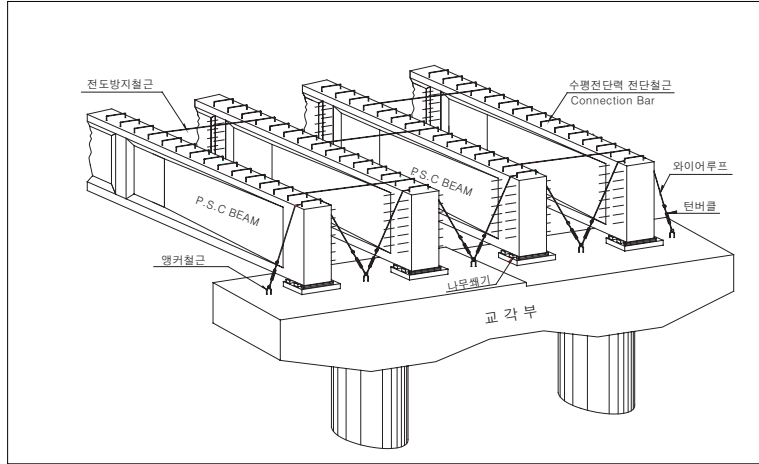
가. 와이어로프 설치법

- 1) PSC Beam 거치 후 교각 코핑부 상단에 매립된 고리와 PSC Beam을 둘러싸는강

- 연선(틴버클 부착)을 긴장 고정하고, PSC Beam 상부의 전단철근에 전도방지철근을 지그재그로 용접하여 고정시키는 방법으로 삼각프레임법의 단점을 보완하여 건교부 도로관리과에서 제안하여 현재 건교부 내 전 PSC Beam교에 적용하고 있음.
- 2) 횡방향충격시 강연선의 파손으로 Beam



PSC Beam 거치단계(와이어로프 설치법)



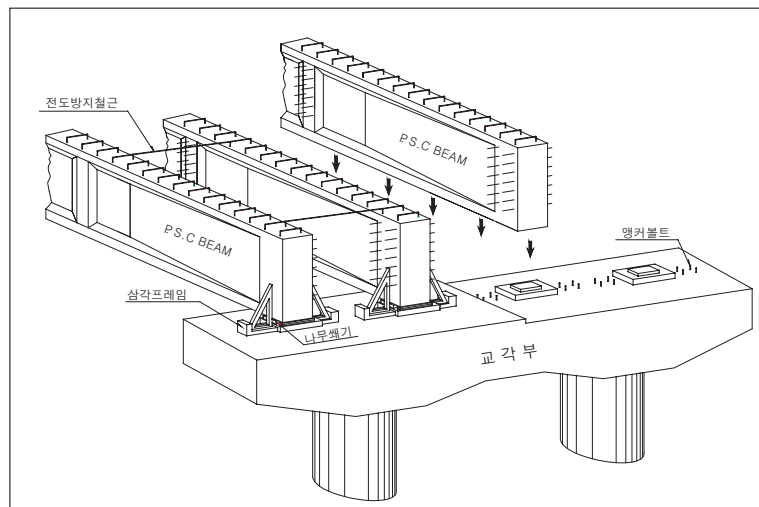
PSC Beam 거치 완성단계(와이어로프 설치법)

의 연쇄 전도 및 추락사고 발생한 사례가 있어 개선대책이 요망되는 실정임.

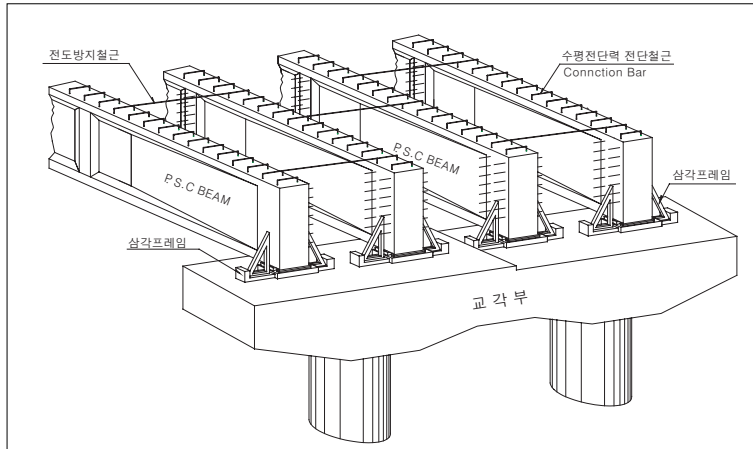
나. 삼각프레임 설치법

1) PSC Beam 거치 후 코핑 상단에 매립된 앵

커볼트에 별도로 제작된 삼각프레임을 각각의 Beam에 설치하여 고정하고, 상부의 수평전단력 전단철근에 전도방지철근을 지그재로 용접하여 고정시키는 방법으로 1995년



PSC Beam 거치단계(삼각프레임 설치법)



PSC Beam 거치 완성단계(삼각프레임 설치법)

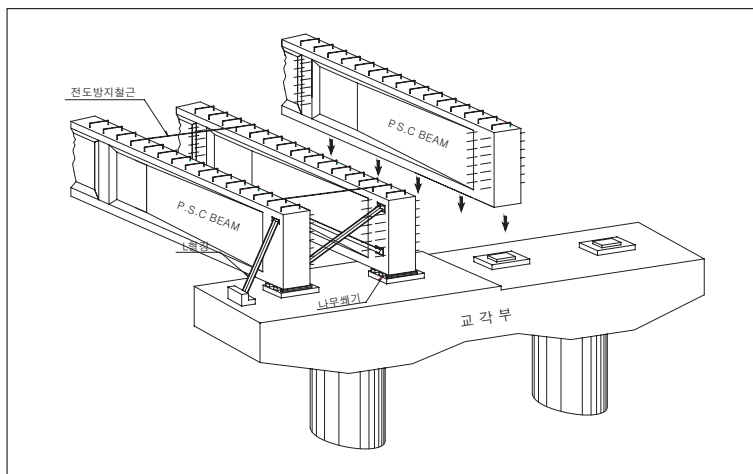
도 충남지역 모현장의 PSC Beam 추락·붕괴사고 이후 국도공사현장에 적용.

- 2) Beam 거치후 지점부 교량받침 설치시 삼각프레임의 간섭으로 시공성이 다소불리하

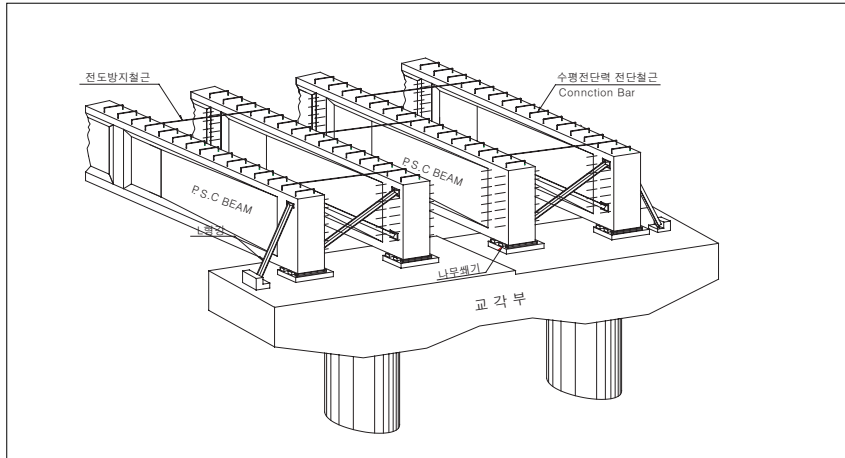
고 실제적인 전도방지대책으로는 미흡하여 와이어로프법 이후 사용하지 않음.

다. 브레이싱 설치법

- 1) PSC Beam 거치 후 강재를 이용하여



PSC Beam 거치단계(브레이싱 설치법)



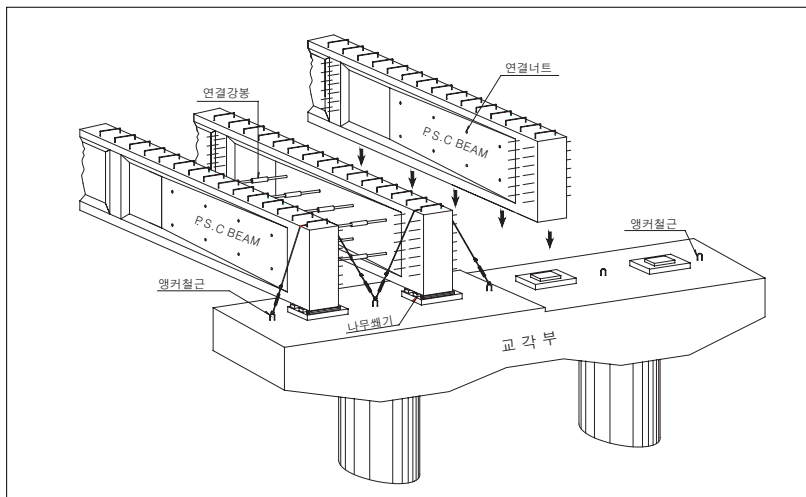
PSC Beam 거치 완성단계(브레이싱 설치법)

Beam 사이에 끼워 고정하고, 상부의수평 전단력 전달철근에 전도방지철근을 지그 재료 용접하여 고정시키는 방법.

- 2) 브레이싱 설치로 가로보 설치 지장 등 시 공성이 불리하여 잘 사용하지 않음.

라. 강봉 설치법

- 1) 전술한 와이어로프법과 같으나 상부 전단 철근 연결고정 대신 각 PSC Beam 복부에 일정한 간격의 연결너트 및 연결강봉을 체결하는 방법.



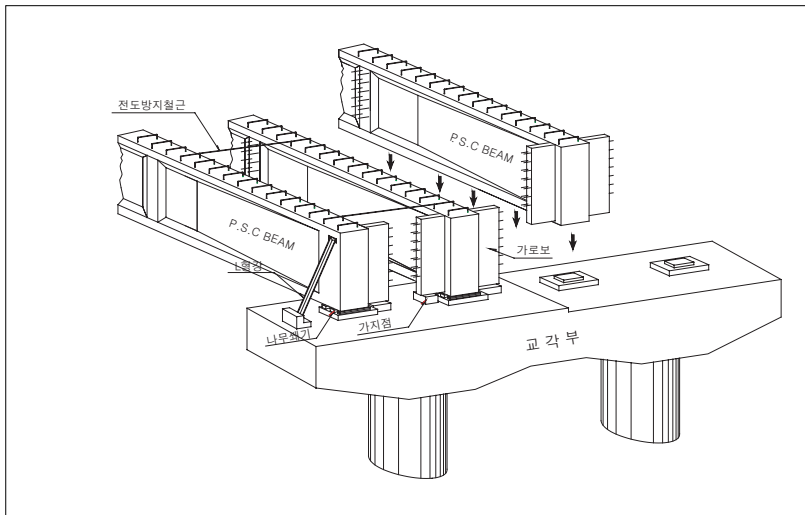
PSC Beam 거치단계(강봉 설치법)

2) 교량의 횡단경사 및 편경사에 의한 Beam의 단차로 적용성 불량하여 잘 사용 하지않음.

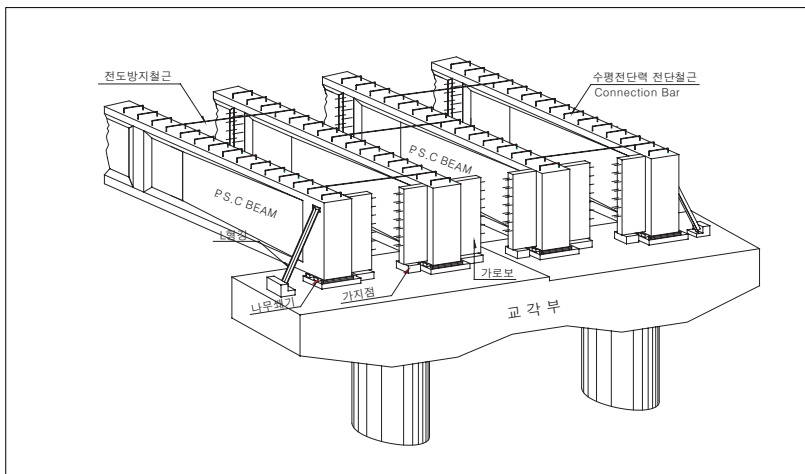
3.3 PSC Beam 전도 방지대책 개선방안

3.3.1. 가로보 연장 공법

가. PSC Beam 제작시 지점부 가로보 일부를 일체로 제작하여, PCS Beam가설시 PSC Beam과 가로보를 같이 지지하여 다른 장치없이 스스로 안정 한 거치가 가능하도록 한 후 상부의 전단철근에 전도방



PSC Beam 거치단계(가로보 연장)



PSC Beam 거치 완성단계(가로보 연장)

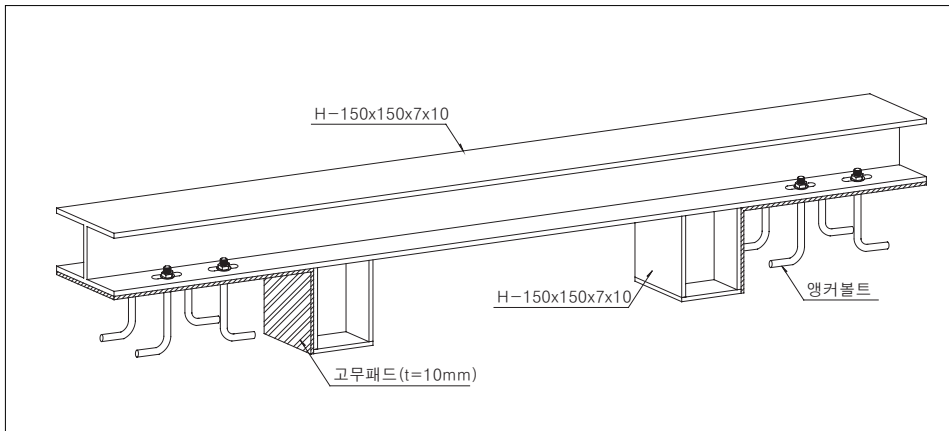
지철근을 지그재그로용접하여 고정시키는 방법.

- 나. 경복 모현장의 전도사고 이후 본인이 고안한 이론상으로는 가장 안정한 방법이나 제작시 가로보 일체시공에 따른 시공성 불량 및 거치후 가로보 연결시의 불편 과 PSC Beam간의 간격이 좁을 경우 전도에 대한 안정성 확보가 어렵다는 것이 대부분

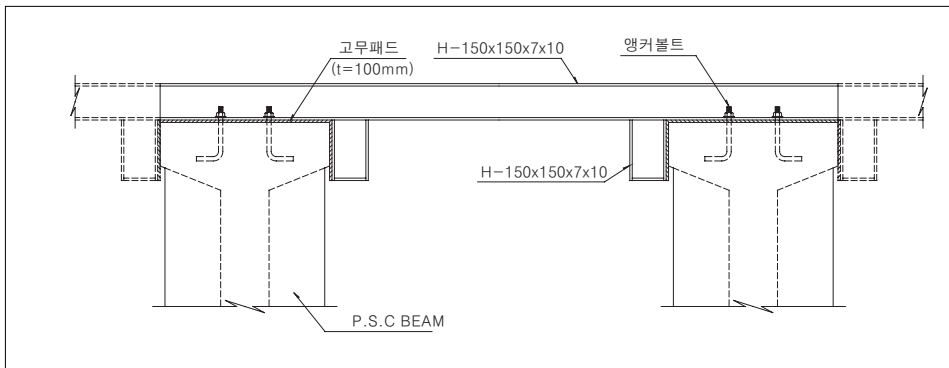
의 전문가 의견으로 실제 현장 적용한 사례는 없음.

3.3.2. H - Beam 강재틀 공법

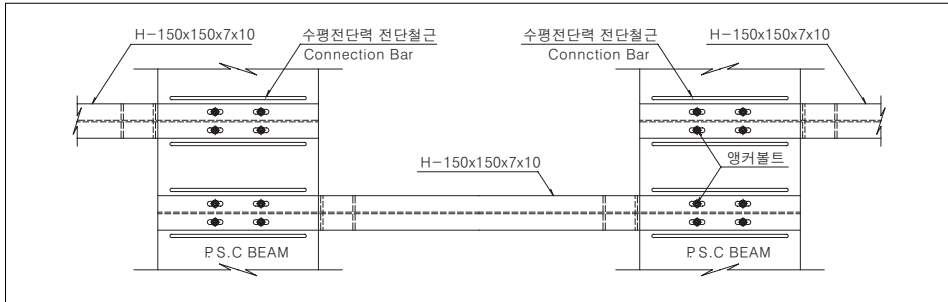
- 가. PSC Beam 제작시는 실제로 전도사고 발생사례가 거의 없는 실정으로 가설시 Beam의 변형, 설치간격의 유지, 전도 및 추락의 제문제점에 대하여 검토한 결과 효



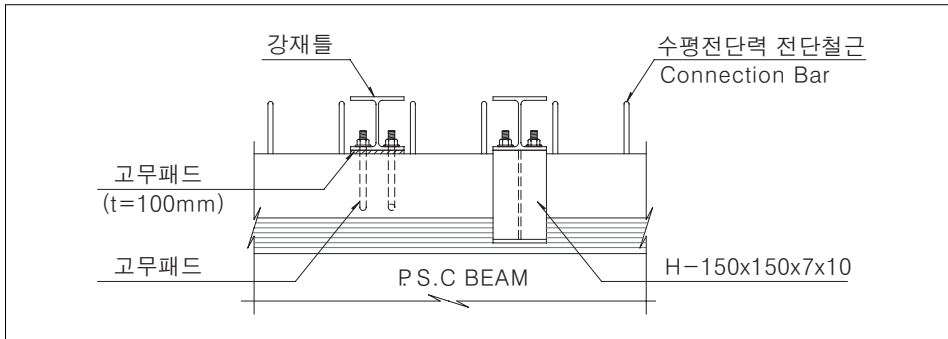
[그림 3.1 강재틀]



(b) 강재틀 정면도



(b) 강재틀 정면도



(c) 강재틀 측면도

[그림 3.1 강재틀 상세도]

과적인 전도 방지대책으로 강재틀 공법을 제안한다.

- 나. 강재틀 공법은 앵커볼트를 Beam 상단에 설치한 PSC Beam을 제작후 코핑 상단에 거치하고, H-Beam강재틀을 Beam 사이에 고정하여 Beam의 전도를 방지하는 방법으로 기존 PSC Beam 제작장에서 전도방지는 물론 가설시에도 강재틀의 거치만으로 PSC Beam간의 간격유지 및 전도방지가 가능하므로 시공성이 매우

양호하고 안전시공을 기대할 수 있다고 판단된다.

3.3.2 강재틀 공법의 개선효과

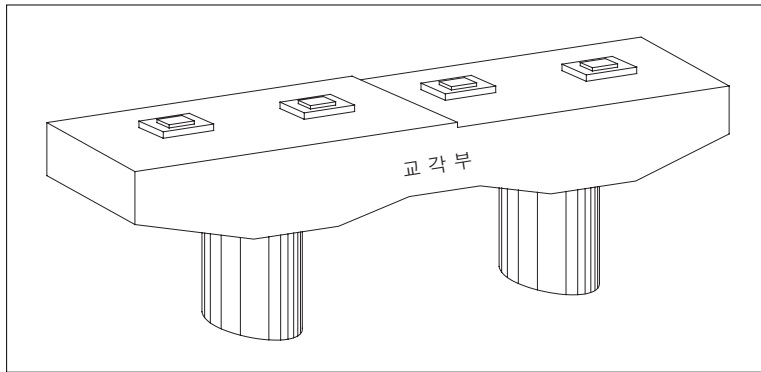
- 가. PSC Beam 가설시 불안정한 횡방향 거동 방지로 정밀 시공 가능
 - 1) Beam의 정확한 설치 간격 확보 가능
 - 2) Beam의 가설위치 변형 예방으로 구조적 안전성 도모

나. PSC Beam 가설시 Beam의 추락 및 전도 예방

- 1) 사고발생에 따른 인명 및 투자재원의 손실 사전 예방
- 2) Beam의 가설비용 보전으로 책임시공 유도

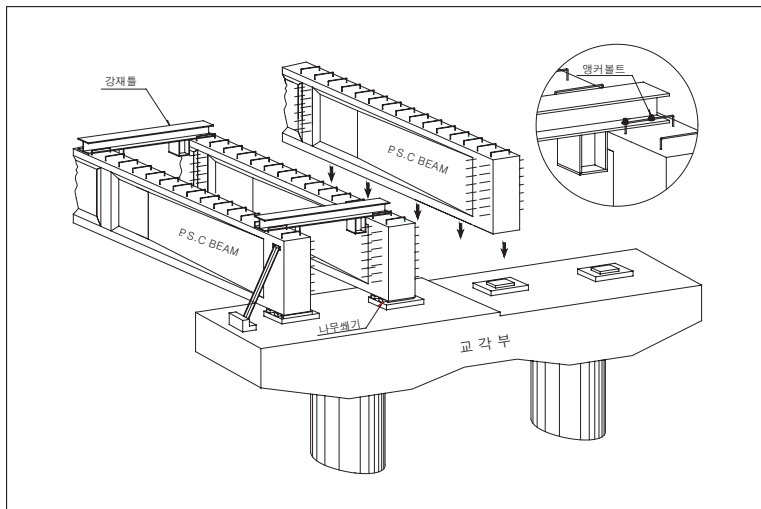
3.3.3 강재틀 공법 시공순서도

PSC Beam 전도 방지대책의 '강재틀 공법' 시공순서는 다음과 같다.



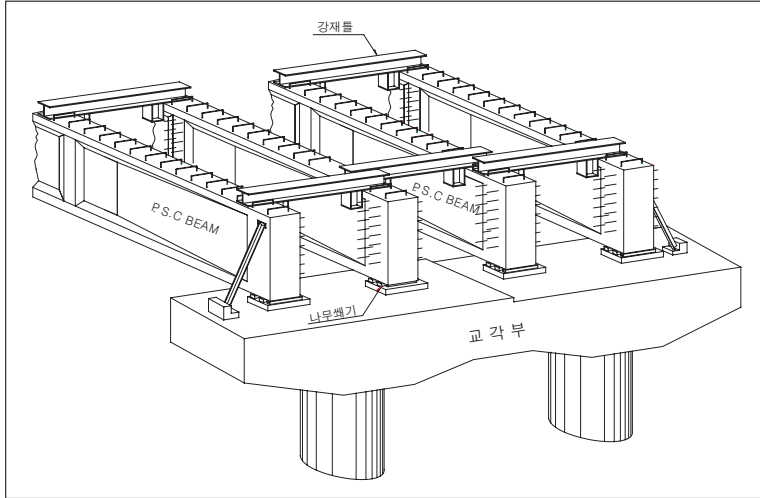
1단계 : 교각 시공 및 PSC Beam 제작

- 하부구조물 시공
- PSC Beam 제작
- 강재틀 제작



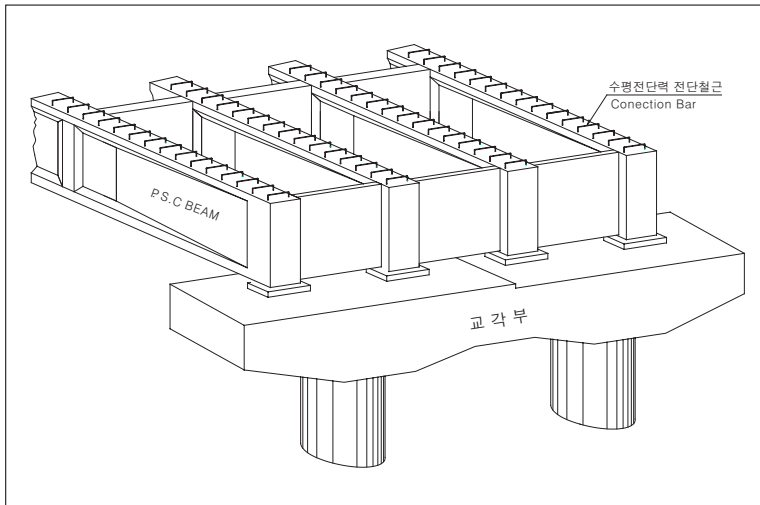
2단계 : PSC Beam 거치 및 강재틀 설치

- PSC Beam 거치
- 나무썰기 및 강재틀 설치
- 강재틀과 Beam 연결(볼트연결)



3단계 : P.S.C. Beam 거치 완료

- P.S.C Beam과 교량 받침 연결
- 가로보 철근 조립



4단계 : P.S.C. Beam 가로보 설치

- 가로보 콘크리트 타설
- 강재틀 제거
- 가로보 설치 완료

3.3.4 강재틀 공법 시공시 유의사항


가. Psc Beam 콘크리트 타설시 앵커볼트를 견고히 고정

나. 강재틀 제작시 고무패드간 간격 철저히 확인
 다. 강재틀 고정시 무리한 외력 작용없도록 철저히 유의

IV. 결론

PSC Beam교는 Beam의 형상 및 그 구조적 특성상 PSC Beam 간의 가로보 설치완료시까지의 항상 전도에 대한 사고 발생의 위험성을 내포하고 있어 조금만 주의를 소홀히 하면 전도·붕괴사고가 발생하여 국가적으로 막대한 손해 및 부실시공의혹 등 사회적 물의를 일으키곤 한다.

이러한 PSC Beam교의 재난 방지를 위하여 PSC Beam가설시 발생한 사고 사례와 기존 개선 방안을 검토하였으며, 그 개선안으로 H-Beam을 이용한 ‘강재틀 공법’을 제시함으로써 Beam 거치시 항상 내포되어 있는 안전사고 및 부실시공을 미연에 방지하여 시공 및 품질관리

향상, 공사기간 단축에 다소나마 기여할 수 있을 것으로 기대하는 바이다. 

참고문헌

1. 건설교통부 “도로업무통합지침” 2002.
1. 한국도로공사 “설계실무자료집” 1996.
2. 한국도로공사 “설계실무자료집” 2002.
3. 한국도로공사 “고속도로건설공사 표준도” 2004. 7.
4. 한국산업안전공단 “프리스트레스트 콘크리트 (PSC)거더 교량공사 표준안전작업지침”, 2004. 12.
5. <http://www.gsceng.co.kr>, “피에스시 빔 고정 방법(PSC Beam Fixing Method)”

