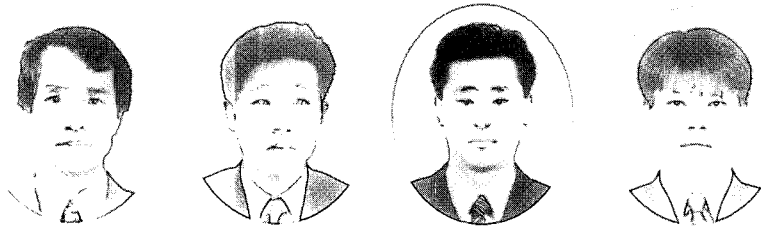


RPF공법을 이용한 장유IC 육교의 시공

- Construction of Jang-Yu IC Bridge by Represtressed Preflex Beam -



박문신* 이상홍** 김문성*** 배승진****
 Park, Moon Sin Lee, Sang Hong Kim, Moon Sung Bae, Seung Jin

1. 머리말

1.1 일반

콘크리트와 강재는 토목구조물에서 가장 널리 이용되는 재료로 각각의 재료가 가진 장점과 단점이 있다. 이를 효율적으로 이용하기 위해 제시된 강합성구조는, 인장에 약한 콘크리트와 주로 얇은 부재를 사용함으로써 발생하는 강재의 좌굴이나 부식 등의 문제를 서로 보완해주는 방향으로 다양한 형태의 구조물이 제안되고 널리 사용되어 왔다.

1954년 벨기에에서 연구 개발한 강재와 콘크리트의 합성구조인 프리플렉스 빔은 강재가 좌굴에 취약한 결점과 콘크리트가 인장에 취약한 결점을 상호 보완하는 구조이다. 그러나, 프리플렉션에 의해 하부플랜지 콘크리트에 압축응력 도입시 강재량의 사용이 많아져서 다소 비경제적인 면이 발생하게 된다.

RPF 빔은 프리플렉스 빔의 장점과

PSC I-빔의 장점을 결합하여 경제적이고 효율적으로 개발된 합성형 빔으로서, 하부플랜지 콘크리트에 적정량의 Unbonded PS Strand를 배치 정착하여 하부플랜지 콘크리트에 압축응력을 프리플렉션 외에 프리스트레스에 의해서도 도입한 구조형식이다.

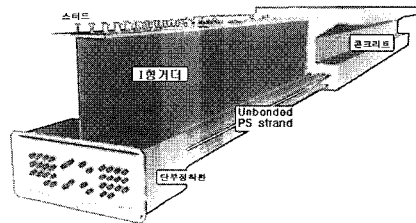
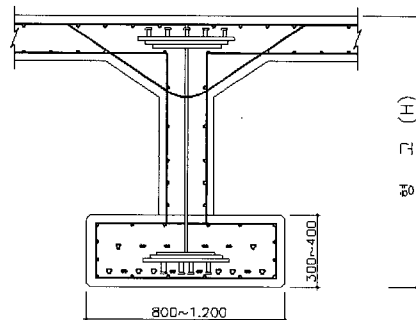


그림 1. 구조형상



| | |
|--|------------------|
| | strand(φ15.2 mm) |
| | 전단연결재 |

그림 2. 단면형상

다. 콘크리트 단면에서의 인장응력 발생을 허용치 않는 완전 프리스트레싱의 1급 PSC 구조물이며, 지금까지 공용되고 있는 프리플렉스 빔의 최대 장점인 낮은 형고를 유지하면서 경제성 및 안전성을 제고한 공법이다.

1.2 특징

RPF빔의 경우 형고가 작아 형하여유고 확보가 용이하며, 도로선형 계획시 종단선형 제약조건을 최소화시킬 수 있는 교량형식이다. 입체 교차로, 도심지 등 형고에 제약이 있는 지역에 적합하며, 종단선형을 낮게 함으로써 토공비 및 용지 보상비를 절약하여 전체적인 공사비를 절감할 수 있는 교량형식이다. 이외에도 공용시 인장응력의 발생을 허용치 않는 1급 PSC 구조물로서 완전 프리스트레싱(full prestressing)에 의한 설계 및 제작시공을 통해 공용중 높은 안전성 확보 및 구조물 사용수명 증가가 예측 기대되며, 유지관리의 효율성 증대로 인한 총생애주기비용(total life cycle cost)의 절감을 극대화시킬 수 있는 교량 구조 형식이다.

시간장은 경제성, 시공성 및 현장제작성

* 정회원, 동양RPF산업(주), 대표이사
 ** 동양RPF산업(주), 부장
 *** 동양RPF산업(주), 차장
 **** 동양RPF산업(주), 과장

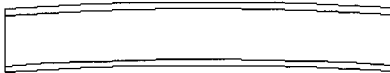
등을 고려할 때, 20 m ~ 50 m 정도의 지간에 적용이 바람직하며, 형고의 경우 지간, 주형간격에 따른 종속형이나, 바닥판 슬래브를 포함하였을 때 지간의 1/30 ~ 1/33 정도까지 적용이 가능하다.

1.3 제작방법

RPF 합성형의 경우 프리플렉션에 의해 하부플랜지 콘크리트에 1차 압축프리스트레스를 도입후, 미리 배치된 Unbonded PS strand 긴장력 도입에 의해 하부플랜지 콘크리트에 2차 압축프리스트레스를 도입하는 구조체로서, 개략적인 제작방법은 다음과 같다

(1) 거더제작

- 하부 플랜지 철근 조립 설치
- Unbonded PS strand 조립 설치

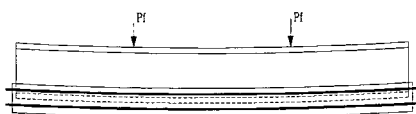


(2) 프리플렉션

- I형 거더에 프리플렉스 하중(P_f) 재하



(3) 하부플랜지 콘크리트 타설 및 양생



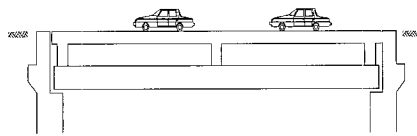
(4) Release 및 Prestressing

- 프리플렉스 하중의 제거(release) 및 Unbonded PS strand의 긴장 정착에 의하여 콘크리트에 압축응력을 도입



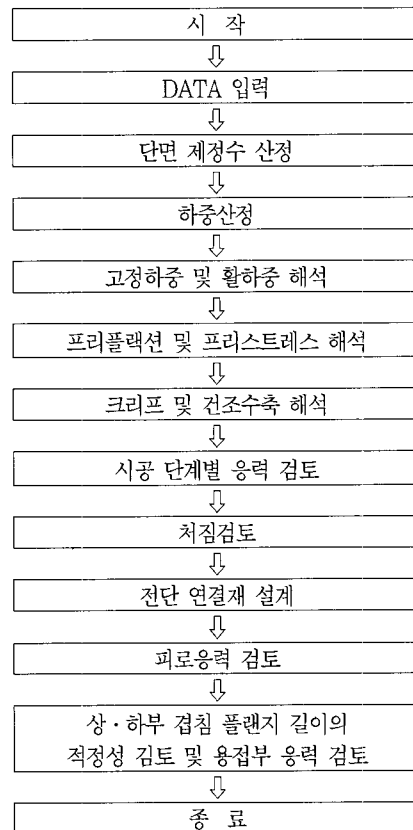
(5) 거더거치 후 바닥판 시공

- 복부, 가로보, 슬래브 콘크리트 타설
- 교면 포장 및 마무리



2. 설 계

RPF 합성형은 콘크리트의 크리프, 건조수축 변형이 강형에 의해 구속되기 때문에 단면 내에서 응력이 재분배되어 보에 변형이 발생한다. 따라서, 시간 의존적인 변형인 크리프와 건조수축을 고려한 시공단계별 계산이 요구된다. RPF 합성형의 설계는 한국건설기술연구원에서 개발한 뼈대구조요소의 유한요소 해석 프로그램인 DARF 2000(Design and Analysis of Repressed Preflex Beam)을 사용하여 수행하며, 전반적인 설계흐름은 다음과 같다.



3. 시 공

3.1 현황

경상남도 김해시 장유면 일대 남해고속도로 지선상의 장유IC 육교는 장유IC 영

업시설 설치 및 인근 신도시 개발에 따른 교통량 처리 계획에 의하여 기존 평면도로와의 형하여유고 확보를 위하여 형고가 낮은 RPF빔교로 계획·설계·시공되었다. 본 공사는 한국도로공사에서 시험시공한 전주IC 육교와 후정1교에 대한 내하력 평가 완료 후 설계되었으며, 2000년 10월 착공하여 2001년 8월 준공되었다. 교량의 규모는 38 m 단경간 상·하행선 분리로 시공되었으며, 시공된 RPF빔의 형고는 1.4 m로써 교량하부의 형하여유고 확보에 유리하도록 계획되었다.

〈표 1〉은 장유IC 육교에 대한 현황이며, 〈그림 3〉~〈그림 6〉은 장유IC 육교에 대한 평면도 및 단면도이고, 〈사진 1〉은 장유IC 육교의 전경으로서 낮은 형고로 계획되어져야 하는 이유가 단적으로 설명되어 진다.

표 1. 장유IC 육교 현황

| | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 공사명 | 남해고속도로지선 장유IC 영업시설 설치공사 |
| 시행청 | 한국도로공사 경남지역본부 |
| 시공자 | (주)고속도로관리공단 |
| 설계사 | 경성엔지니어링 |
| 공사기간 (상부공) | 2000. 10 ~ 2001. 8 |
| 지간장 | 38 m |
| 형고 | 1.4 m(슬래브 0.25 m 포함) |
| 교폭 | 32.5 m |
| 콘크리트 강도 | RPF빔 $f_{ck} = 480 \text{ kgf/cm}^2$ 슬래브 $f_{ck} = 270 \text{ kgf/cm}^2$ |

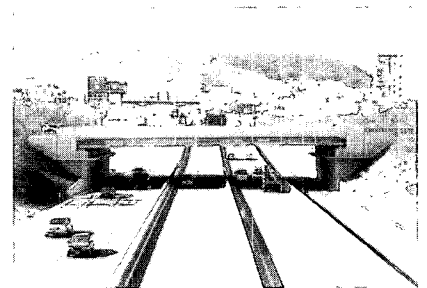


사진 1. 장유IC 육교 전경

3.2 제작 및 가설

RPF 합성형의 시공은 강관의 주문을 거쳐, 강형의 공장 제작, 제작장 조성 및 RPF 합성형 현장 제작 단계를 거쳐야 하

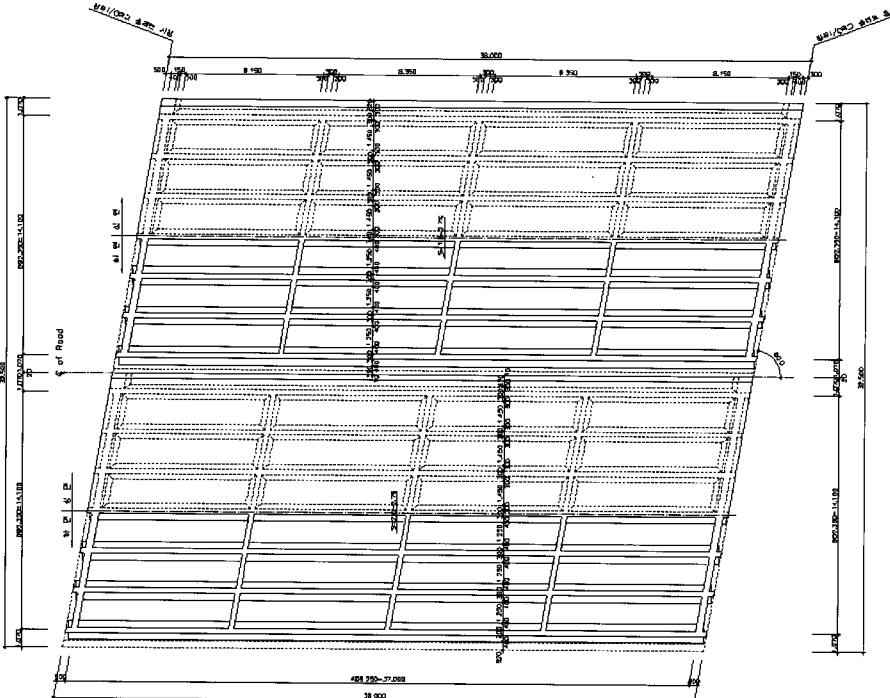


그림 3. 평면도

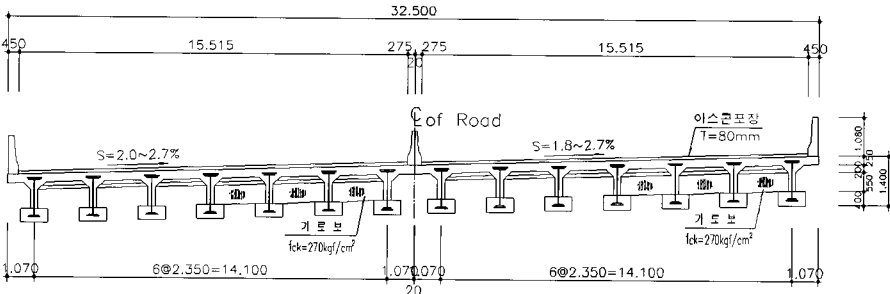


그림 4. 횡단면도

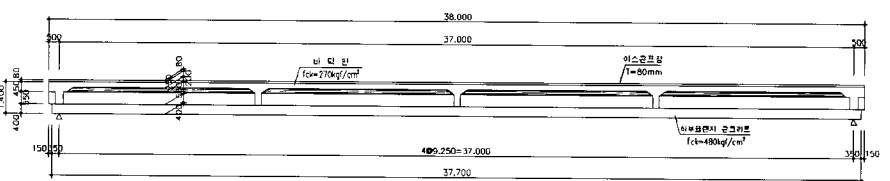


그림 5. 종단면도

며, 이후 가설하여 바닥판 슬래브 시공을 하여 교량을 완성시키는 순서로 진행된다. RPF 합성형에 대한 공사기간은 개략적으로 강판의 주문에서 강형의 공장제작 완료에 이르기까지 40여일 정도 소요되며, 이 기간 중에 2주~3주 소요되는 제작장 조성을 동시에 수행한다. 이후 제작장에서 제작대 1조당 동시에 RPF 합성형 3본에 대한 현장제작이 가능하며, 3본 제작시 약 10일 정도(최초 3본 제작은 약 12일 정

도)의 공기가 필요하다.

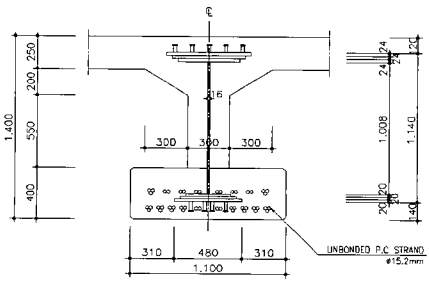


그림 6. 단면형상

3.2.1 공장제작

(1) 주문을 거쳐 공장으로 입고된 강판은 I형 거더로 만들기 위해 현도과정을 거쳐 주요부재를 절단(대부재 자동절단, 소부재 반자동 절단)한다.

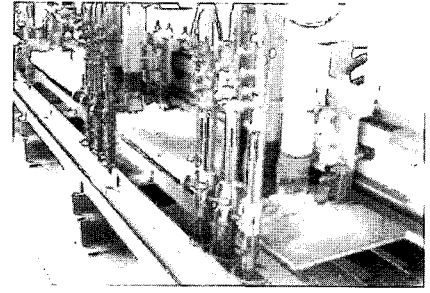


사진 2. 대부재의 자동절단

(2) 강판의 절단 완료 후 가용접으로 I형 거더를 조립하며, 이후 필렛 용접부를 자동용접 하여 I형 거더를 완성시킨다.

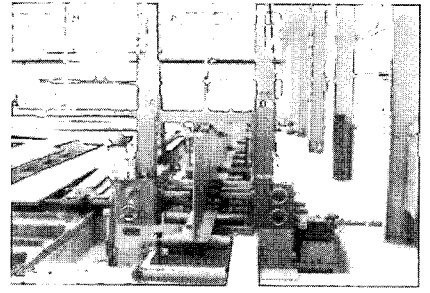


사진 3. 가용접에 의한 조립

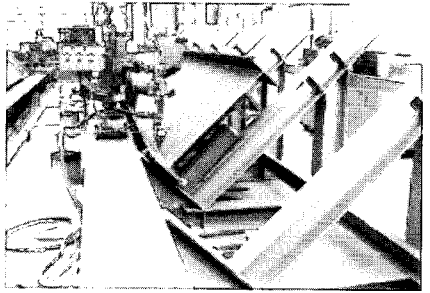


사진 4. 필렛자동용접

(3) I형 거더를 사용한 합성교의 경우, 힘을 받으면 거더와 바닥판 사이에 미끄러짐이 발생하여 서로 분리된 보로서 거동하게 되므로, 접합면에 작용하는 수평전단력을 원활하게 전달할 수 있는 방법을 사용하여 거더와 바닥판의 완전합성을 도모하여야 한다. RPF 합성교의 경우 스티드를

I형 거더 상·하부에 부착하여 바닥판과 하부 콘크리트가 I형 거더의 상·하부 플랜지와 합성단면이 되도록 고정하중, 활하중, 프리플렉스 및 프리스트레스 등의 외력에 의해 발생하는 전단력 및 건조수축, 온도차 등의 원인에 의해 야기되는 바닥판과 강형 사이의 전단력에 대처하여야 한다. 공장제작은 이와 같은 스티드를 용접 후 마감하여 완료시킨다.

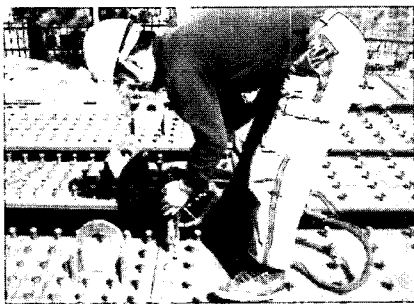


사진 5. 스티드 용접

3.2.2 제작장 조성

(1) 제작장의 부지는 완전한 평면은 아니더라도 경사 혹은 굴곡이 없도록 정리하는 것이 제작시 유리하며, 비온 뒤 부지에 물 고임이나 질척거림을 방지하기 위하여 골재를 깔고루 포장해야 한다. 주요부분은 차량의 이동로, 장비(크레인)가 정지하여



사진 6. 부지의 평탄화

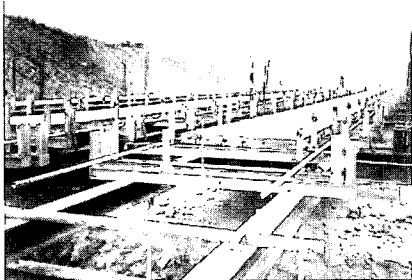


사진 7. 제작대 및 강재거푸집 설치

작업할 지면, I형 거더 조립장 등이며, 특히 I형 거더 조립장의 경우 50 ~ 80 mm의 골재를 사용하는 것이 좋다.

(2) 제작장에 RPF 합성형의 제작을 위한 제작대를 설치하고 강재거푸집 및 증기양생용 설비를 설치한다.

(3) 유압장비를 설치한다. 유압장비의 연결은 케이블로 되어 있으므로 연장거리를 가능한 짧게 하는 것이 좋으며 지면으로 노출이 안되도록 PVC 파이프로 감싸서 지중으로 매설해야 한다.

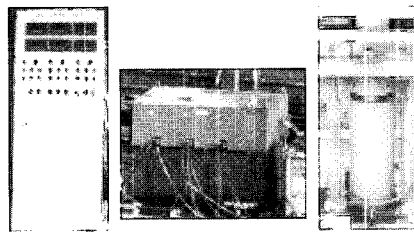


사진 8. 유압장비

(4) I형 거더 조립장을 설치한다. I형 거더 조립장은 짐하가 일어나지 않도록 지면을 잘 다진 후 기초 콘크리트 위에 H빔을 올려놓고 작업자의 발에 묻은 흙이 I형 거더의 웹(web)에 묻어나지 않도록 잡석을 깔아주는 것이 좋다.

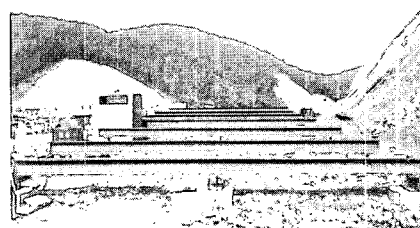


사진 9. I형 거더 조립장

3.2.3 현장제작 및 가설

(1) 공장에서 3분질로 제작된 I형 거더가 현장에 도착하면 크레인을 사용하여 I형 거더 조립장에 하차시킨 후 설계도면에 의거한 솟음량(캠버)대로 가조립 볼팅을 하여 일체화시킨다. 가조립이 완료되면, 현장이음부를 용접 등에 의해 연결시켜 I

형 거더를 완성시킨후 현장이음부에 대한 비파괴검사를 수행한다.

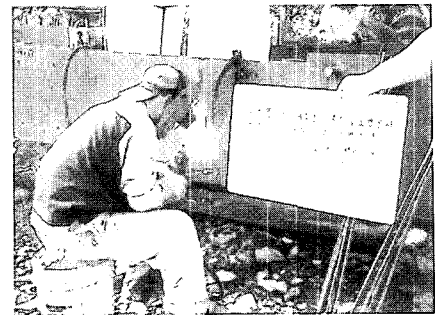


사진 10. I형 거더 현장용접

(2) I형 거더에 철근 및 PS강연선 등을 조립·설치 완료시키며, 조립이 완료된 I형 거더는 크레인을 이용하여 제작대에 거치시킨다.

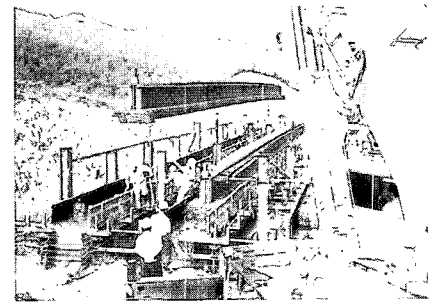


사진 11. I형 거더를 제작대에 거치

(3) 프리플렉션 하중을 재하시킨다.

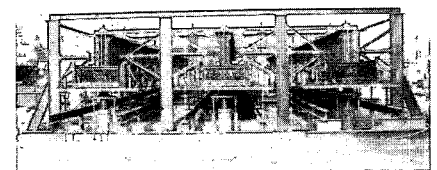


사진 12. 프리플렉션 하중재하

(4) 프리플렉션 하중이 재하되어 있는 상태에서 기설치 되어있던 거푸집을 조정하여 하부플랜지 형태를 완료시킨다. 거푸집 조정 완료 후 하부플랜지 콘크리트를 타설, 목표했던 강도에 도달할 때까지 증기양생시킨다. 이 때, 양생포는 증기가 밖으로 빠져나가지 않을 정도로 견고하게 결속하고, 보일러 가압밸브의 조정으로 내부

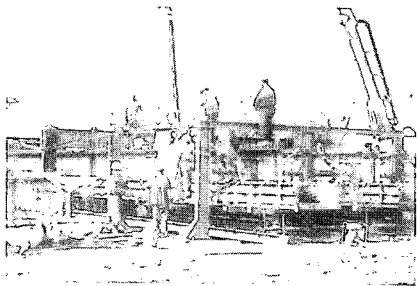


사진 13. 하부플랜지 콘크리트 타설

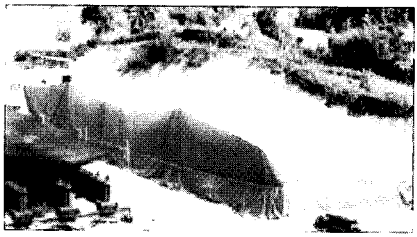


사진 14. 증기양생

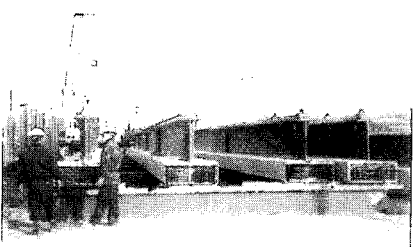


사진 15. 현장적치

온도를 승온조건표에 맞추도록 한다.

(5) 양생 후 프리플렉션 하중을 제거하여 릴리즈에 의해 하부플랜지 콘크리트에 1차 프리스트레스를 도입시킨다. 릴리즈 후 RPF 합성형을 제작대에서 적치장으로

이동시킨다.

(6) 적치장에서 하부플랜지 콘크리트의 강도가 설계강도 이상이 되면 배치되어 있던 Unbonded PS strand를 인장하여 프리스트레스에 의한 2차 프리스트레스를 도입시킨다.

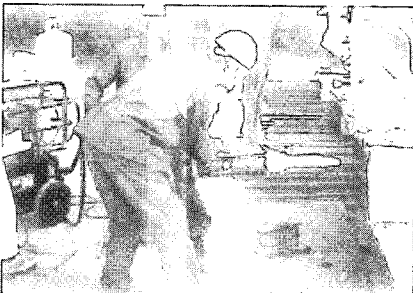


사진 16. 프리스트레싱

(7) 제작, 완료된 RPF 합성형을 설치 현장으로 운반하여 가설한다.

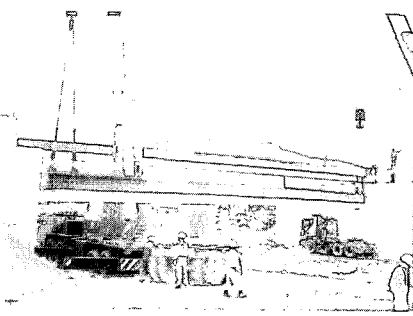


사진 17. RPF합성형 가설

(8) 가설완료된 RPF합성형에 바닥판

슬래브를 타설하고, 교면포장 등의 마무리 작업을 통하여 교량을 완성시킨다.

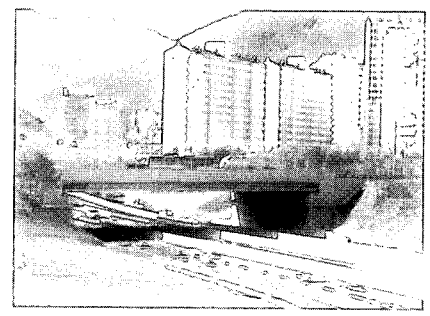


사진 18. 교량 완공 전경

4. 결 언

RPF 합성형교는 1997년 9월 건설교통부 신기술 77호로 지정된 이래 현재까지 국도, 지방도, 고속도로 및 철도교 등 200여 개 이상의 교량설계에 반영되었으며, 본 교량을 포함한 50여 개의 교량에 대한 시공이 완료되어 공용 중에 있고, 20여 개의 교량에 대해 공사가 진행 중에 있다. 완전 프리스트레싱에 의하여 유지관리의 효율성을 도모하였다는 점 및 450 kgf/cm² 이상의 고강도 콘크리트를 적용한다는 점 등 적용 당시의 설계·시공상의 인식전환 문제를 극복하고, 수 차례의 모의실험 및 실제 적용교량에 대한 내하력평가 등을 통하여 안전성을 입증한 본 공법을 통하여 교량건설기술 발전에 도움이 되기를 기대한다. □