

장지간 가설교량에서 프리스트레스의 도입방법과 텐던배치에 따른 내하력의 영향

심재현¹, 박정웅^{2*}, 박길현²
¹부산지방국토관리청
²조선대학교 토목공학과

Effects of Load Carrying Capacity with Method of Application of Prestress on Long-Span Temporary Bridges

Jai-Hyun Sim¹, Jeong-Ung Park^{2*} and Kil-Hyun Park²

¹Busan Regional Construction and Management Administration

²Chosun University, Department of Civil engineering

요 약 최근 교량설계에서 외부 프리스트레스를 도입한 장지간 및 효율적인 단면활용 등과 같은 연구가 활발하게 진행되고 있다. 강구조물에 프리스트레스를 도입하면 큰 하중에서 탄성변형의 극한값이 증가하게 되어, 강재량을 줄일 수 있고, 비용의 측면에서 경제성이 있는 것으로 평가 되었다. 이러한 이유 때문에 우리나라에서도 최근 가설교량 시공시 프리스트레스를 도입하여 응력보정 및 처짐보정이 가능하고, 비교적 작은 단면으로 장지간 교량을 시공할 수 있어 통수단면을 충분히 할 수 있는 여러 가지 공법이 개발되고 있다. 따라서 본 논문에서는 가설 강교량에 프리스트레스 도입방법 및 고강도 텐던의 배치에 따른 영향, 강판과 고강도 텐던의 복합구조에 대한 효과를 기존 가설공법과 비교하여 검증 하고자 한다.

Abstract In recent bridge design, studies on application of external prestress have actively been conducted. When prestress is applied to steel structures, the limit value of elastic strain with large load increases with reduction of steels, this method is economic in cost. According to study by Brodka (1969), steel plate bridges with prestress has an effect on cost saving of about 15% compared with structures without prestress. For that reason, our country recently adopted this method in construction of temporary bridges and various engineering technologies have been developed which made stress correction, droop correction and long-span construction possible with relatively small cross sections. This study verifies the method of application of prestress in temporary steel structures, the influence of high-strength tendon arrangement and the effects of composite structures of steel plates and high-strength tendons based on existing method.

Key Words : temporary bridges, external prestress, tendon

1. 서론

최근 교량설계[1]에서 외부 프리스트레스를 도입한 장지간 및 효율적인 단면활용 등과 같은 연구가 활발하게 진행되고 있다. 외부 프리스트레스를 도입하는 콘크리트 구조물은 일반적인 프리스트레스 콘크리트 구조물보다

텐던 선형이 단순하고, 시공이 용이하며, 복부치수 등 단면제원을 줄일 수 있고, 텐던 그라우팅에 관련된 문제점이 거의 발생되지 않으며, 사용 중에 텐던 상태를 상세 조사 할 수 있는 등 많은 장점[2]을 가지고 있다. 따라서 최근 시공되고 있는 사장교, 현수교, Extrados교 등에서 고강도 강선을 이용하여 구조물을 지지하는 형태의 교량

이 논문은 2007년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

*교신저자 : 박정웅(jupark@chosun.ac.kr)

접수일 09년 05월 01일

수정일 09년 06월 12일

게재확정일 09년 06월 17일

이 늘어나는 추세이다.

강구조물에 프리스트레스[3-6]를 도입하면 큰 하중에서 탄성변형의 극한값이 증가하게 되어, 강재량을 줄일 수 있고, 비용의 측면에서 경제성이 있는 것으로 평가되었다. 1969년 Brodka의 데이터에 따르면 프리스트레스가 도입된 강판형교의 경우, 도입되지 않은 동일한 구조물과 비교하여 약 15% 정도의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 이유 때문에 우리나라에서도 최근 가설교량 시공시 프리스트레스를 도입하여 응력보정 및 처짐보정이 가능하고, 비교적 작은 단면으로 장기간 교량을 시공할 수 있어 통수단면을 충분히 할 수 있는 여러 가지 공법이 개발되고 있다. 프리스트레스를 도입한 강교량[7-11]이 일반교량에 비하여 경제적 비교 우위를 갖기 위하여 강교 상세의 합리화와 제작시의 성력화가 최근의 연구대상으로 주목 받고 있다. 또한, 강구조물에 프리스트레스 도입시 발생하는 휨거동은 일반적인 프리스트레스 콘크리트와 다르므로 이에 대한 연구도 필요하다.

따라서 본 논문에서는 가설 강교량에 프리스트레스 도입방법 및 고강도 텐던의 배치에 따른 영향, 강판과 고강도 텐던의 복합구조에 대한 효과를 기존 가설공법과 비교하여 검증 하고자 한다.

2. 가설교량공법

가설교량은 주로 기존교량을 개축시 우회도로용 교량으로 가설되는 경우가 있고, 본 교량의 작업성을 원활하게 하기 위한 공사용 교량으로 가설되는 경우가 있다. 프리스트레스를 도입한 가설교량은 크게 4가지로 나타나고 있으며, 하단인장과 사장케이블을 이용한 절곡인장, 단단계 정착인장, 겹침보 프리스트레스 도입 방법 등이 있다. 이외에도 가설교량공법은 여러 가지가 있으나 프리스트레스를 도입하는 공법은 위의 열거된 공법이 주종을 이루고 있으며, 본 연구에서는 4가지 공법(E.P.M.A공법, ATOM공법, 겹침보공법, 사장케이블공법)을 중심으로 일반공법과 비교하고자 한다. 4가지 공법에 대해 개략적인 특징과 개요를 기술하면 다음과 같다.

E.P.M.A 공법(Temporary Bridge by External Prestressing method using Multiple Anchorage system)은 주형의 단부 및 중간부에 정착장치를 설치 후 PS강연선을 Post-tensioning하여 주형에 효율적으로 압축응력을 도입하는 방법으로, 장기간에 적용 가능한 역학적인 가설교량 공법으로서 구조적 성능 우수성 및 강재의 절감이 가능한 경제적인 가설교량 증설 공법이다. 단부 정착장치에서 1회의 인장작업에 의해 총 인장력의 약 60% 정도를

정착시키고, 중간부 정착장치에서 총 인장력의 약 40% 정도를 정착시켜서 기존의 단부 정착장치에 과도한 압축력이 발생하지 않도록 설계되어져 있다.

ATOM 공법은 일반 구조용 H-BEAM에 수직 및 수평 보강재와, H-BEAM하부 중앙에 편향부를 부착하고, 양 끝단에 정착구를 설치한 후 고강도 강봉을 사용하여 프리스트레싱 시킴으로서, 장시간을 가능하게 한 가설교량의 설계 및 제작 기술이다.

겹침보공법은 공장에서 생산되는 H형 압연강재보의 단면을 보강하면서 우력모멘트를 발생시켜 내하력을 증가시키는 공법으로 압연강재 2개를 겹쳐 동시에 하중을 재하하여 미리 휨 응력을 발생시키고 휨 응력을 해제하지 않은 상태에서 볼트(용접)로 접합시켜 일체화 시킨 후, 하중을 제거하여 압연강재에 사용하중과 반대되는 잔류응력(프리스트레스)을 발생시킴으로서 단면증가에 의한 강성증가로 내하력이 증가하고 사용하중 응력과 반대되는 잔류응력에 의한 사용하중 응력 상쇄로 빔 강도 및 내하력을 증가시키는 제작기술이다.

사장케이블 공법은 지간 중앙부의 가로보를 보강하여 가로보와 교각의 주탑을 사장케이블로 연결하여 인장하는 공법으로 정, 부모멘트의 분배를 통하여 모멘트를 감소시켜 장지장화 시킬 수 있는 기술이다.

3. 유한요소법에 의한 구조해석 및 고찰

가설교량에서 설계되어 지고 있는 공법 중 4가지를 선정하여 프리스트레스 도입량의 크기에 따른 사용 중 응력, 처짐, 시공성, 경제성 등을 검토 하였다. 대상 교량은 2경간 연속교로서, 지간장 2@ 25m로 하며 해석은 범용 유한요소해석 프로그램인 MIDAS/CIVIL을 사용하여 해석하였다.

3.1 구조해석 모델링

가설 교량의 모델링은 프레임 요소를 사용하여 주부재와 부부재를 모델링 하였다. MIDAS/CIVIL에 사용된 프레임 요소는 동일 평면상에 위치한 2개의 절점에 의해 정의되는 프레임 요소로서 인장/압축거동, 전단거동, 휨거동 등을 고려할 수 있다. 경계조건은 힌지와 롤러로 묘사하였으며, 고정하중은 빔자중과 복공판하중을 고려하였고, 해석의 편의를 위하여 온도하중 및 설하중 등은 고려하지 않았으며, 활하중은 DB-24하중만 적용하였다. 프리스트레스 도입력은 압축력 및 모멘트 하중으로 적용하였다. 표 1은 구조해석 대상의 교량제원을 보여주고 있

다. 비교를 위해 기존 공법도 해석대상에 포함했다.

[표 1] 구조해석 대상에 대한 교량 단면제원

| | | EPMA 공법 | ATOM 공법 | 겹침보 공법 | 사장케이블 공법 | 일반 공법 |
|---------------|-----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| 교량연장 | | 2@25m = 50m | | | | |
| 교 량 폭 | | 8m (거더간격 2m) | | | | |
| 활하중 및 충격계수 | | DB-24 (충격계수 15/ (40+L) = 0.231) | | | | |
| 주빔제원 | | 70*30*1.3*2.4(cm) | | | | |
| 단부보강빔 | | 30*30*1.0*1.5(cm) | | | | |
| 보강빔 길이 | 교대부 | 3m | 3m | 8.4m | 3m | 8.4m |
| | 교각부 | 4m | 4m | 12.5m | 4m | 12.5m |
| 복 공 판 | | 199*75*20(cm) | | | | |
| 크로스빔 | | 30*9* 0.9/13 | 30*9* 0.9/13 | 30*9* 0.9/13 | 30*9*0.9/13 (일반부) | 30*9* 0.9/13 |
| | | | | | 48.8*30*11* 18 (시간중앙부) | |
| 하부구조물 띠장 | | 30*9* 0.9/13 | 30*9* 0.9/13 | 30*9* 0.9/13 | 30*9*0.9/13 | 30*9* 0.9/13 |
| 하부구조물 길이 | | 30*30*1.0*1.5(cm) - 10m | | | | |
| 강 재 | | SS400 | | | | |

3.2 구조해석 결과 및 고찰

3.2.1 고정하중에 의한 모멘트

공법별 고정하중(빔자중+복공판자중)에 의한 모멘트 선도는 그림.1에, 이를 정리한 것을 표 2에 보여주고 있다. 고정하중에 의한 모멘트는 큰 차이 없이 정모멘트 구간은 약 11.1 tonf·m에서 12.28tonf·m까지 값이 나왔고, 부모멘트 구간은 약 23.04m에서 25.8m까지 값이 나왔다. EPMA 공법과 ATOM 공법은 같은 지간에 같은 단면을 사용하였으므로, 같은 값이 나왔으며, 사장케이블공법이 가로보가 미비하지만 고정점의 역할을 하여, 가장 작은 값을 나타내고 있다. 사장케이블의 값은 주탑의 높이가 1m일 경우이고, ()안의 값은 주탑의 높이가 2m일 경우의 값이다. 주탑의 높이 변화 및 케이블의 직경이 모멘트의 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3.2.2 활하중에 의한 모멘트

공법별 활하중에 의한 모멘트 선도는 그림.2에, 이를 정리한 것을 표 3에 보여주고 있다. 사장케이블의 값은 주탑의 높이가 1m일 경우이고, ()안의 값은 주탑의 높이가 2m일 경우의 값이다. 주탑의 높이 변화가 모멘트의

감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 활하중의 모멘트는 사장케이블공법이 타 공법에 비하여 현저하게 작게 나오는 것으로 나타났다. 가로보의 보강 및 사장케이블의 설치로 인한 고정점의 역할이 크게 나타났다. 외부에 설치한 케이블에 의해 탄성지지가 가능함으로서 교각의 설치 없이 지간 분할 효과를 얻을 수 있으며 교각 설치시 발생하는 부모멘트가 발생치 않아 단면의 보강없이 내하력을 증가시킬 수 있는 것으로 판단되며, 활하중에 대한 보강을 목적으로 하는 경우 케이블의 경사각을 일정각도 이상으로 크게 하는 것이 보강효과를 크게 할 수 있다. EPMA 공법과 ATOM 공법은 같은 단면이기 때문에 같은 값이 나오므로, EPMA공법은 활하중을 내측 거더에 집중이 되게, ATOM공법은 외측 거더에 집중이 되게 재하를 하여 검토 하였다. 내·외측 값의 값이 비슷한 값을 나타내고 있으나, 내측 거더 재하 값이 크게 나오는 것을 알 수 있다. 따라서 다른 공법의 활하중은 모두 내측 거더 재하 값을 가지고 검토 하였다.

공법별 활하중(DB24하중)에 의한 처짐 분석 결과는 다음 표 4와 같다. 활하중에 의한 처짐은 모두 허용처짐 (25m/500 = 5cm) 이내로 들어오나, 활하중에 대한 보강 효과가 가장 큰 사장케이블공법이 3.08cm 로 가장 작은 처짐을 나타내고 있다.

[표 2] 공법별 고정하중에 의한 모멘트(tonf-m)

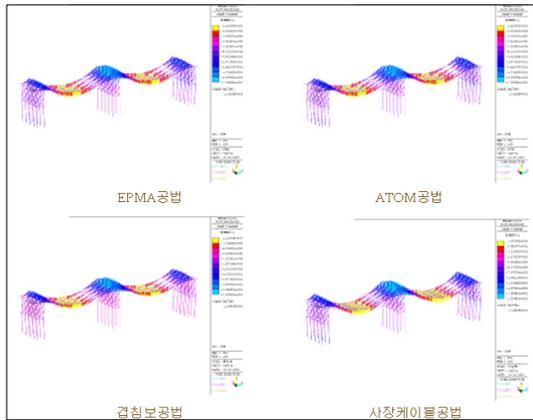
| | EPMA 공법 | ATOM 공법 | 겹침보 공법 | 사장케이블 공법 | 일반H빔 공법 |
|----------|------------|------------|-----------|---------------|------------|
| 정모 멘트 | 12.28 | 12.28 | 11.1 | 11.63(11.45) | 11.1 |
| 부모 멘트 | -23.89 | -23.89 | -25.8 | -23.04(22.78) | -25.8 |

[표 3] 공법별 활하중에 의한 모멘트(tonf-m)

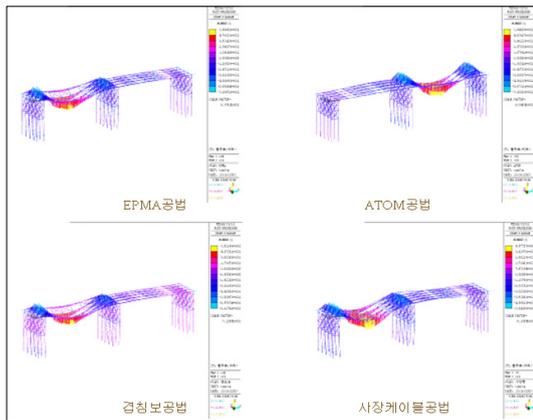
| | EPMA공법 (내측 거더재하) | ATOM공법 (외측 거더재하) | 겹침 보공법 | 사장 케이블 공법 | 일반 H빔 공법 |
|----------|------------------------|------------------------|-----------|-----------------|----------------|
| 정모 멘트 | 59.66 | 58.45 | 55.11 | 45.77(45.36) | 55.11 |
| 부모 멘트 | -72.98 | -72.65 | -81.18 | -58.45(-58.09) | -81.1 8 |

[표 4] 공법별 활하중에 의한 처짐 (cm)

| | EPMA 공법 | ATOM 공법 | 겹침보 공법 | 사장케이블 공법 | 일반H빔 공법 |
|----|------------|------------|-----------|-------------|------------|
| 처짐 | -3.92 | -3.92 | -3.51 | -3.08 | -3.51 |



[그림 1] 공법별 고정하중에 의한 모멘트선도



[그림 2] 공법별 활하중에 의한 모멘트선도

3.2.3 프리스트레스 보강

표 5는 프리스트레스 보강효과에 의한 단면력을 나타내었다. 공법별 프리스트레스 보강효과에 대한 분석을 해본 결과, EPMA 공법 및 ATOM 공법은 정·부모멘트 구간 모두에서 보강효과가 나왔다. EPMA 공법의 경우, 정착단을 분산시켜 도입력을 타 공법에 비하여 더 크게 할 수 있는 장점 때문에 축력에 의한 보강효과와 모멘트에 의한 보강효과를 동시에 얻을 수 있었으며, 겹침보공법은 부모멘트 구간에서는 보강효과가 탁월하나 정모멘트 구간에 대한 보강효과는 없는 것으로 나타났다. 사장케이블에 의한 공법은 활하중에 의한 처짐 제어 및 모멘트 제어에는 탁월했으나, 프리스트레스 도입에 의한 보강효과는 타 공법에 비하여 현저히 떨어지는 것으로 나타났다.

[표 5] 공법별 프리스트레스의 보강효과

| 적용 공법 | 도입 프리스트레스 | | 축력 (tonf) | 정 모멘트부 (tonf·m) | 부 모멘트부 (tonf·m) | 숫음량 (cm) |
|-----------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------------|----------|
| | 단부 정착 | 중간부 정착 | | | | |
| EPMA 공법 | 30 tonf | 40tonf | -66.26 | -18.5 | 14.1 | 0.91 |
| | 40 tonf | | -75.68 | -20.57 | 17.0 | 1.06 |
| | 45 tonf | | -80.39 | -21.59 | 18.4 | 1.13 |
| ATOM 공법 | 40tonf | | -39.37 | -9.91 | 12.79 | 0.66 |
| | 50tonf | | -49.21 | -12.39 | 15.99 | 0.83 |
| | 60tonf | | -59.06 | -14.09 | 19.19 | 1.00 |
| 겹침보 공법 | 2tonf | | - | - | 6 | - |
| | 5tonf | | - | - | 15 | - |
| | 7tonf | | - | - | 21 | - |
| | 10tonf | | - | - | 30 | - |
| 사장 케이블 공법 | 10tonf | | - | -1.61 | 1.3 | 0.08 |
| | 20tonf | | - | -3.22 | 2.6 | 0.15 |
| | 40tonf | | - | -4.83 | 3.9 | 0.26 |
| 일반 H빔 공법 | - | | - | - | - | - |

3.2.4 최대 정/부모멘트에 대한 단면력

표 6은 정모멘트 구간의 단면력을 보여주고 있으며, 정모멘트 구간의 공법별 외부프리스트레스, 고정하중, 활하중모멘트만을 고려하여 비교하여 본 결과, EPMA공법이 50.35tonf·m로 가장 작은 모멘트 값을 나타내고 있다. 겹침보공법은 정모멘트 구간에서는 보강효과가 미비하기 때문에 일반공법과 같은 66.21tonf·m의 모멘트 값을 나타내고 있고, 사장케이블을 이용한 공법은 활하중모멘트를 감소시키는 효과가 탁월해 비교적 작은 모멘트 값을 나타내고 있다. 사장케이블의 단면을 증가시키거나 주탑의 높이를 높일 경우 활하중에 대한 보강효과가 탁월하게 나타날 것으로 기대 된다. 표 7은 부모멘트 구간의 단면력을 보여주고 있으며, 부모멘트 구간의 공법별 외부프리스트레스, 고정하중, 활하중모멘트만을 고려하여 비교하여 본 결과, 프리스트레스를 도입한 공법은 거의 비슷한 보강효과를 나타내는 것으로 나타났다.

[표 6] 정모멘트 구간의 공법별 하중에 의한 단면력의 합계(tonf-m)

| 적용 공법 | 도입프리스트레스 | | 축력 (tonf) | 외부 강선 모멘트 | 고정 하중 모멘트 | 활하 중 모멘트 | 모멘트 합계 |
|-----------|----------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|--------|
| | 단부 정착 | 중간부 정착 | | | | | |
| EPMA 공법 | 30tonf | 40tonf | -66.26 | -18.5 | 12.28 | 59.66 | 53.44 |
| | 40tonf | | -75.68 | -20.57 | | | 51.37 |
| | 45tonf | | -80.39 | -21.59 | | | 50.35 |
| ATOM 공법 | 40tonf | | -39.37 | -9.91 | 12.28 | 59.66 | 62.02 |
| | 50tonf | | -49.21 | -12.39 | | | 59.55 |
| | 60tonf | | -59.06 | -14.09 | | | 57.85 |
| 겹침보 공법 | 2tonf | | - | - | 11.1 | 55.11 | 66.21 |
| | 5tonf | | - | - | | | |
| | 7tonf | | - | - | | | |
| | 10tonf | | - | - | | | |
| 사장 케이블 공법 | 10tonf | | - | -1.61 | 11.63 | 45.77 | 55.79 |
| | 20tonf | | - | -3.22 | | | 54.18 |
| | 40tonf | | - | -4.83 | | | 52.57 |
| 일반 H빔 공법 | - | | - | - | 11.1 | 55.11 | 66.21 |

[표 7] 부모멘트 구간의 공법별 하중에 의한 단면력의 합계 (단위:tonf-m)

| 적용공법 | 도입프리스트레스 | | 축력 (tonf) | 외부 강선 모멘트 | 고정 하중 모멘트 | 활하 중 모멘트 | 모멘트 합계 |
|-----------|----------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|--------|
| | 단부 정착 | 중간부 정착 | | | | | |
| EPMA 공법 | 30tonf | 40tonf | -66.26 | 14.1 | -23.89 | -72.98 | 82.77 |
| | 40tonf | | -75.68 | 17.0 | | | 79.87 |
| | 45tonf | | -80.39 | 18.4 | | | 78.47 |
| ATOM 공법 | 40tonf | | -39.37 | 12.79 | -23.89 | -72.98 | 84.08 |
| | 50tonf | | -49.21 | 15.99 | | | 80.88 |
| | 60tonf | | -59.06 | 19.19 | | | 77.68 |
| 겹침보 공법 | 2tonf | | - | 6 | -25.8 | -81.18 | 100.98 |
| | 5tonf | | - | 15 | | | 91.98 |
| | 7tonf | | - | 21 | | | 85.98 |
| | 10tonf | | - | 30 | | | 76.98 |
| 사장 케이블 공법 | 10tonf | | - | 1.3 | -23.04 | -58.45 | 80.19 |
| | 20tonf | | - | 2.6 | | | 78.89 |
| | 40tonf | | - | 3.9 | | | 77.59 |
| 일반 H빔 공법 | - | | - | - | -25.8 | -81.18 | 106.98 |

4. 결론

본 연구는 개발되어 있는 4가지의 프리스트레스를 도입한 가설교량에 대하여, 각 공법의 특징을 분석하고, 프리스트레스를 도입한 강형에 대하여 실효성을 분석하고 자 대상교량을 선정 유한요소 해석을 통해 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 공법별 고정하중에 의한 모멘트는 정모멘트 구간이나 부모멘트 구간이 큰 차이 없이 나타났다. EPMA공법과 ATOM공법은 비슷한 값이 나왔으며, 사장케이블공법이 탄성지지 효과로 인하여 가장 작은 값을 나타냈고, 주탑의 높이 변화 및 케이블의 직경은 모멘트의 감소에 영향을 미치고 고정하중에서는 큰 효과를 나타내지 않았다.
- (2) 공법별 활하중의 모멘트는 사장케이블공법이 타 공법에 비하여 현저하게 보강효과가 큰 것으로 나타났다. 외부에 설치한 케이블에 의해 탄성지지가 가능함으로서 교각의 설치 없이 시간 분할 효과를 얻을 수 있으며 교각 설치시 발생하는 부모멘트가 발생치 않아 단면의 보강 없이 내하력을 증가시킬 수 있는 것으로 판단되며, 활하중에 대한 보강을 목적으로 하는 경우 케이블의 경사각을 일정각도 이상으로 크게 하는 것이 보강효과를 크게 함을 알 수 있었다.
- (3) 프리스트레스 보강효과는 EPMA 공법이 타 공법에 비하여 현저하게 보강효과가 큰 것으로 나타났다. 정착부를 분산하여 프리스트레스를 도입하기 때문에 타 공법에 비하여 도입력을 1.5배 이상 도입 할 수 있다는 점에서 보강효과가 크게 나타남을 알 수 있었다.
- (4) EPMA 공법과 ATOM 공법은 응력 보정면에서는 탁월하나, 활하중에 의한 처짐보정 문제로 인하여 30m 이상의 장시간을 시도할 경우 어려움이 예상되며, 겹침보공법은 정모멘트 구간의 보강효과 문제로 인하여 어려움이 예상된다. 하지만 사장형 케이블을 이용한 보강공법은 케이블의 직경 및 주탑 높이의 조절 등으로 적은 비용으로 탄성지지 효과를 이용하여 처짐 보정 및 응력보정이 가능한 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] 건설교통부, “도로교설계기준”, pp 59, 3.3 허용응력, 2005.

- [2] 건설교통부, “교량구조물의 보수보강 공법 편람”, pp.279, 1995.
- [3] 강영중 외 3인, “강상자형 교량에서 프리스트레스가 미치는 영향에 관한 연구”, 대한토목학회 학술발표대회 논문집, 2000.
- [4] 박용걸 외 2인, “외부 후 긴장 공법을 이용한 강합성보의 보강에 관한 연구”, 한국강구조학회 논문집, 제12권 5호, pp.549-558, 2000.
- [5] 김기봉 외 3인, “외부 후긴장으로 보강한 합성보에 대한 실험적 연구” 한국강구조학회 논문집, 제10권 4호, pp.701-708, 1998.
- [6] 장승필 외 3인, “외부 프리스트레스 강합성 교량의 탄소성 휨거동 해석법 개발”, 대한토목학회 학술발표대회 논문집, pp.772-775, 2002.
- [7] 김용희 외 4인, “외부 프리스트레스 보강에 의한 교량의 성능개선에 관한 연구”, 대한토목학회 학술발표대회 논문집, 2001.
- [8] 김기봉 외 3인, “외부 후긴장으로 보강한 합성보에 대한 실험적 연구”, 한국강구조학회논문집 제10권 4호, pp.701-708, 1998.
- [9] 한만엽, 백승덕, “연속교의 외부장선 보강에 관한 연구”, 대한토목학회 논문집 vol.20 No.7, pp.41-44, 2000.
- [10] 박선규 외 2인, “후긴장을 이용한 트러 스교의 보강 방법에 관한 연구”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp.91-94, 2000.
- [11] 윤영상, “외부 프리스트레싱 도입을 이용한 관형교 및 PSC거더 교량의 보강에 관한 연구”, 석사학위논문

박 정 응(Jeong-Ung Park)

[정회원]



- 1992년 2월 : 조선대학교 조선공학과 (공학사)
- 1995년 4월 : 오사카대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1997년 11월 : 오사카대학교 토목공학과 (공학박사)
- 1998년 1월 : 삼성중공업 책임연구원
- 2001년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 토목공학과 부교수

<관심분야>

토목구조, 용접강도, 피로, 용접잔류응력, 용접변형

박 길 현(Kil-Hyun Park)

[정회원]



- 1979년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학사)
- 1981년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1997년 8월 : 건국대학교 토목공학과 (공학박사)
- 1979년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

토목구조, 콘크리트공학

심 재 현(Jai-Hyun Sim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 광주대학교 토목공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1984년 12월 ~ 현재 : 국토해양부 부산지방국토관리청

<관심분야>

토목구조, 강구조공학