지점 재 상승·하강에 의한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 프리스트레싱 효과에 관한 연구

Study on the Prestressing Effect of 3 Span Continuous Preflex Composite Beam of Bridges by Re-Up Down of Supports

구 민 세[1] · 박 영 제[2] · 김 필 식[3]
Koo, Min Se Park, Young Je Kim, Phil Sik

요 약 : 본 논문은 지점의 재 상승 및 하강을 이용한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 기본 개념을 소개하고 매개변수의 해석으로부터 각 변수가 위험단면의 응력에 미치는 영향을 검토하였다. 또한 기존 공법에 의한 단면을 본 논문의 공법에 적용하고 비교·분석하여 프리스트레싱 효과를 제시하였다. 본 논문의 지점 재 상승 및 하강을 이용한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 제작 공법은 기존의 연속화 공법보다 경제적인 단면은 물론 동일한 단면을 사용할 경우에는 보다 안전한 응력 상태를 얻을 수 있었다.

ABSTRACT : This study presents the basic concepts of 3 span continuous preflex composite beam of bridges by re-up down of supports and analysis relationship of between variables and stress of critical section. Also, it shows the pre-compression effects of re-up down of supports method by presenting th difference of between old section and new section got from new method. This study's new method makes more economic sections to be possible and when the sections designed with the existing method are used in the new method, efficient stress state is accomplished.

핵 심 용 어 : 지점 재 상승·하강, 3경간 연속 프리플렉스 합성형, 프리스트레싱 효과
KEYWORDS : re-up down of supports, 3 span continuous preflex composite beam of bridges, prestressing effects

1. 서 론

프리플렉스 합성형은 초기 솟음량을 붙인 강형에 프리플렉션 하중을 가한 다음, 하부플랜지 주위에 고강도의 콘크리트를 쐬우고 경화 후 프리플렉션 하중을 제거하여 인장력에 취약한 콘크리트에 압축력을 도입한 구조이다.[(1)~(2)] 이러한 프리플렉스 합성형을 이용한 교량은 타형식에 비하여 낮은 형고와 피로강도 증대 및 높은 내화력 등 경제적·구조적 장점을 가지고 있어 세계 각

1) 정회원, 인하대학교 토목공학과 교수
2) 학생회원, 인하대학교 토목공학과 박사 수료
3) 인하대학교 토목공학과 공학석사

본 논문에 대한 토의를 2001년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

국에서 널리 사용되고 있다. 그러나 기존의 프리플렉스 합성형 공법은 이를 연속화시 많은 장점이 있음에도 불구하고 내측 지점부의 부모멘트 처리 문제 등의 어려움으로 인하여 단순보 형태의 교량에 머물러 왔다. 다경간의 교량을 시공할 경우 지점부의 연결부 처리는 고가의 팽창조인트를 사용하고 있으나 지속적인 보수 및 유리관리가 필요하고 주행감을 저하시키는 문제점을 안고 있다. 그러나 최근들어 연속화 시공을 위한 지속적인 연구가 진행되어 시공에 도입되고 있는 실정이다. 가까운 일본의 경우를 살펴보면 1989년에 처음으로 연속보의 시공이 이루어졌는데 그 기본개념은 다음과 같다. 연속보에서의 자중에 의하여 발생하는 휨모멘트도를 고려하여 정모멘트구간과 부모멘트구간으로 분할할 수 있다. 정모멘트구간은 단순보형 프리플렉스빔의 제작과 동일한 방법으로 제작하여 부모멘트구간은 하부플랜지 콘크리트에 프리스트레스를 도입하지 않고서 분리하여 제작한다. 분리 제작된 부재는 현장으로 운반하여 연결한 후 교각상에 거치하는 방법 또는 거치 후 연결하는 방법을 이용하여 두 부재를 연결하고 연결부위의 하부 콘크리트에 팽창시멘트를 타설한다. 이후 바닥판 및 아스팔트를 타설하여 마감하는데 바닥판 타설시 정모멘트구간을 먼저 타설한 후 연속하여 부모멘트구간을 타설한다.[3] 그러나 이렇게 제작된 연속보는 설계하중재하시 부모멘트 구간의 바닥판 콘크리트에 심각한 인장에 의한 균열이 발생할 수 있으므로 부재의 제작시 지점 상승 및 하강을 이용[4]하거나 PC 강선을 이용[5]하여 바닥판 콘크리트에 압축프리스트레스를 도입하여야 한다. 이러한 방법으로 시공된 연속보는 단순보에 비하여 경제성이 있음이 입증되었으며 지간이 길수록 그 이점이 커진다고 보고되어 있다.

국내의 경우는 프리플렉스 합성형을 연속화하면서 발생할 수 있는 문제점인 내측지점부에서의 부모멘트로 인한 바닥판 콘크리트의 인장력을 해당 지점을 상승 및 하강하여 프리스트레스트 압축응력을 도입하는 공법이 있다.[6]~[8] 이 공법은 교량의 연속화를 통한 단면절감과 고가의 팽창조인트를 제거할 수 있는 경제적인 시공법이다. 그러나 3경간 이상의 교량에서는 연속되는 내측지점부의 상승·하강시 선행된 내측지점부 하부콘크리트의 균열 발생에 대한 제약으로 말미암아 더욱 효과적인 응력상태나 경제적인 단면을 얻기는 어려웠다.

따라서, 본 논문은 기존의 프리플렉스 합성형의 연속화 공법에서의 제약 조건을 파악하고 이를 개선 및 보완하는 방법과 원리를 소개하고자 한다. 또한 보완 방법인 지점의 재 상승·하강을 통한 효과적인 단면과 시공과정에서의 상승량과 하강량의 변화가 위험단면에 미치는 영향을 제시함으로써 설계의 기초자료를 제시하고 기존 단면과 비교 검토하여 그 효과를 분석하고자 한다.

2. 프리플렉스 합성형의 연속화 방법

2.1 지점 상승·하강에 의한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 개요

프리플렉스 합성형을 연속화시키는데 있어서 가장 큰 문제가 되는 점은 내측지점부의 바닥판 콘크리트에서 발생하는 부모멘트 즉, 인장력에 대한 처리 방안이다. 단경간에 국한되어 사용되던 프리플렉스 합성형의 연속화에 대한 연구는 선진각국에서 연구되어 왔다. 또한, 국내의 경우 는 인하대학교 토목공학과 구민세 교수에 의해 내측 지점의 상승·하강 공정을 통한 내측 지점부 바닥판 콘크리트에 압축응력을 도입시키는 방법[6]~[8]이 연구 개발되었다.(1993)

이러한 내측 지점의 상승·하강을 이용한 연속화 공법은 연속보의 모멘트도 형상대로 제작된 프리플렉스빔을 내측지점에서 서로 연결시키고 내측지점을 상승한 후, 바닥판 콘크리트를 타설·양생시킨 다음 상승시킨 지점을 하강시킨다. 이로써 최종상태에서 발생하는 사하중 및 활하중에

의한 부모멘트에 대응하는 압축응력을 내측지점부 바닥판 콘크리트에 도입시켜 응력의 상쇄효과를 얻고자 하는 방법이다. 이러한 지점 상승·하강 공법은 내측지점이 1개소만 존재하는 2경간 연속교의 경우, 상당한 응력도입 효과와 이로인한 경제적인 단면 산출 효과를 얻을 수 있다.[6)~8)] 그러나 내측지점이 2개소 존재하는 3경간 연속교의 경우는 2경간 연속교에 비하여 구조적으로 더 유리한 단면과 경제적인 효과를 얻을 수 있음에도 불구하고 시공단계에 따른 부분적인 응력 제한으로 말미암아 그러하지 못하였다.[7)~8)]

이러한 제한은 지점의 상승·하강 공정이 완료된 선행 내측 지점부의 하부콘크리트에서 발생된다.(표 1 참조)

3경간 연속교에서 내측지점의 상승·하강이 순차적으로 이루어질 때 제 2 내측지점의 상승 공정은 이미 제 1 내측지점의 상승·하강 공정이 완료된 상태에서 이루어진다. 이때 제 2 내측지점의 상승은 제 1 내측지점부에 정모멘트를 발생시켜 하부콘크리트에 인장응력을 일으키고 이는 곧 제 2 내측지점의 상승량을 제한시키게 된다. 제한된 상승량은 지점부에 도입되는 프리스트레스량에 직접적인 영향을 미치므로 더 경제적인 단면을 얻거나 효과적인 응력상태를 얻는데 제약사항으로 작용한다.

2.2 지점 재 상승·하강을 이용한 연속화 방법과 원리

2.2.1 지점 재 상승·하강을 이용한 연속화의 원리

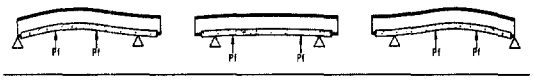
3경간 이상의 연속 프리플렉스 합성형의 시공에 있어서 바닥판 콘크리트에 압축응력을 도입하고자 실시하는 1개소의 내측지점 상승은 인접한 다른 내측지점부에 정모멘트를 발생시키므로 인접 내측지점부의 하부케이싱 콘크리트에 인장응력이 작용하게 된다. 그림 1.(가)에서 이러한 모멘트의 영향을 살펴보면 외측과 내측지간의 길이

표 1. 지점 상승·하강에 의한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 시공법

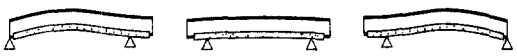
1. 솟음을 붙인 강형의 거치

2. 프리플렉션 하중의 재하

3. 하부콘크리트 타설 후 릴리즈

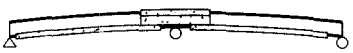


4. 제1,2,3경간 프리플렉스빔의 제작 완료



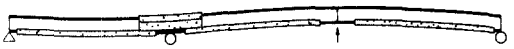
5. 제작된 제1,2경간 프리플렉스빔의 연결 후 제1내측지점 상승

6. 제1내측지점부 바닥판, 복부 및 헌치 콘크리트 타설



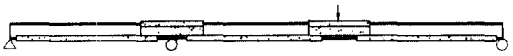
7. 제1내측지점 하강

8. 제3경간 프리플렉스빔의 연결 후 제2내측지점 상승

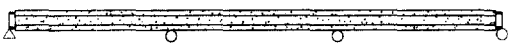


9. 제2내측지점부 바닥판, 복부 및 헌치 콘크리트 타설

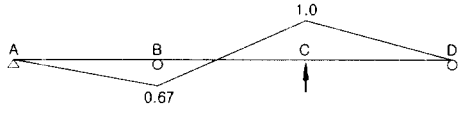
10. 제2내측지점 하강



11. 완성



가 동일한 3경간 연속 시스템에서는 C지점의 상승에 의해 B지점에서는 C지점에 발생하는 부모멘트의 약 67%의 정모멘트가 발생하며, 이 때문에 빔의 제작시 압축응력이 도입되지 않은 B지점부의 하부케이싱 콘크리트에는 인장응력이 발생하게 된다. 그림 1.(나)는 B지점부 하부케이싱 콘크리트의 인장응력을 상쇄시키기 위하여 C지점의 상승 이전에 B지점을 다시 상승시켜 C지점의 상승으로 B지점에서 발생하는 정모멘트만큼의 부모멘트를 발생시킨다. 그림 1.(다)는 이로 인해 결과적으로 B지점에 발생하는 모멘트는 0이 되며, 하부케이싱 콘크리트에는 인장응력이 발생하지 않게 됨을 알 수 있다.



(가) 제 2 내측지점의 상승

(나) 제 1 내측지점의 상승

(다) (가)와 (나)의 합성

그림 1. 본 논문의 공법의 시공 원리

본 논문은 이러한 모멘트 영향의 상쇄효과를 이용하여 기존 공법보다 경제적인 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 단면을 얻고자 하는 것이다.

2.2.2 지점 재 상승·하강을 이용한 연속화의 방법

지점 재 상승·하강을 통한 연속화 방법은 앞서 언급한 제한 사항을 해결 보완하여 보다 경제적이고 유리한 단면을 얻을 수 있게 한다.

3경간에서 제 1 내측지점의 상승·하강 공정이 완료된 후 제 2 내측지점의 상승 전에 제 1 내측지점을 다시 상승시켜 미리 제 1 내측지점부의 하부케이싱 콘크리트에 압축응력을 도입시키므로 제 2 내측지점에 충분한 상승량을 얻을 수 있다. 차후 순차적으로 제 2 내측지점을 하강하고 다시 제 1 내측지점을 하강하여 요구되는 프리스트레스를 부모멘트 구간의 바닥판 콘크리트와 정모멘트 구간의 하부콘크리트에 도입한다. 표 2는 본 논문의 지점 재 상승·하강을 이용한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 연속화 방법을 나타낸다.

표 2. 지점 재 상승·하강에 의한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 시공법

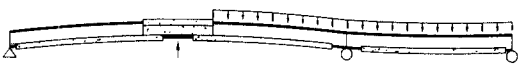
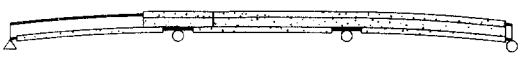
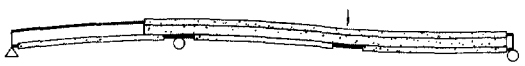
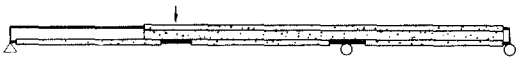
제1,2,3경간 프리플렉스빔의 제작 (표 1 참조)
5. 제작된 제1,2경간 프리플렉스빔의 연결 후 제1내측지점 상승
6. 제1내측지점부 바닥판, 복부 및 헌치 콘크리트 타설
7. 제1내측지점 하강
8. 제3경간 프리플렉스빔의 연결 후 제2,3경간 바닥판, 복부, 헌치 콘크리트 타설 및 제1내측지점 재상승

9. 제2내측지점 상승
10. 제2,3경간 콘크리트 마감 처리 및 양생


표 2(계속). 지점 재 상승·하강에 의한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 시공법

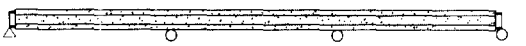
11. 제2내측지점 하강



12. 제1내측지점 재하강



13. 완성



3. 설계에 대한 고려사항

프리플렉스 합성형은 압연형강 또는 판형을 프리플렉션한 것이 특징으로 다른 형식의 콘크리트 합성부재에 비하여 연성이 있고 또한 강형에 비하여 강성이 크므로 붕괴에 대한 안전도가 높은 것으로 알려져 있다. 그러나 프리플렉스 합성형은 여러 시공단계에 따른 설계하중의 복잡성과 시간에 종속되는 콘크리트의 크리프와 건조수축 등의 복잡성으로 인해 재래적인 설계방법으로 설계조건을 만족하는 상세설계를 수행한다는 것은 매우 어렵다.

프리플렉스 합성형은, 프리플렉션 도입 후 바닥판 콘크리트 타설까지의 방치일수에 따라서 콘크리트의 크리프에 의하여 어느 정도의 응력손실이 발생하는데 Hiroshi Watanabe(1988) 등은 모형실험을 통하여 손실량의 정량적인 값을 측정하였다. 실험체로는 일본에서 최초로 건설되어 16년간 사용된 프리플렉스 합성형인 舊玉津橋의 주형을 대상으로 하였으며, 지간길이는 18.5m이다. 실험결과 강형의 하부플랜지 응력은 프리플렉션 도입 후에 받고 있던 인장응력이 방치일수가 80일(이때 크리프 계수는 1.0)인 경우 약 13.5% 정도 감소하였다. 그러나 하부콘크리트의 응력은 방치일수가 길어짐에 따라 제작과정에 도입되었던 압축 프리스트레스의 손실량이 커지며 방치일이 80일인 경우 하부콘크리트의 프리스트레스는 약 40%가 손실되었다.

상기의 실험결과에서 보듯이 본 논문의 프리플렉스 합성형은 장기 거동 특히 크리프 및 건조수축에 의한 프리스트레스의 효과가 상당히 감소함으로 이에 대한 설계상의 고려는 반드시 이루어져야 한다.

3.1 콘크리트의 크리프에 대한 기준

콘크리트 구조물의 시간에 따른 거동을 해석하기 위해서는 콘크리트 재료의 성질에 대한 많은 실험 데이터가 필요하다. 그러나, 필요한 모든 데이터를 매번 실험에 의해 구하기는 어렵기 때문에 경험공식을 많이 이용하고 있다.

재래적인 프리플렉스 합성형의 설계법에서는 도로교설계기준(2000)[9]에서 제시한 최종 크리프계수 2.0을 사용하여 부재를 설계하고 있다. 그러나, 재래적인 설계법으로는 프리플렉스빔의 제작 후 현장가설 시점까지의 시간의 경과에 따른 초기 크리프계수의 영향으로 인한 정확한 응력을 계산하지 못한다. 콘크리트의 크리프를 예측하는 공식에는 여러 가지 제안식이 있으나 본 논문에서는 시간에 따른 크리프계수의 변화를 고려할 수 있는 제안식 중의 하나인 미국 ACI209 (American Concrete Institute) model[1982][11]을 사용하였다. ACI 모델에서는 하중 재하후 경과시간을 t(단위:days)라 할 때 크리프계수 $\phi_{(t)}$를 식(1)과 같이 표현하고 있다.

$$\phi_{(t)} = \frac{t^{0.6}}{10 + t^{0.6}} \phi_u \qquad (1)$$

위의 식(1)에서 ϕ_u는 최종 크리프계수로서 슬럼프량, 부재치수, 상대습도, 배합 및 골재의 종류, 시멘트의 품질 등에 영향을 받는다. 본 논문

의 공법에서는 식(1)의 최종 크리프계수 ϕ_u는 도로교설계기준(2000)에서 제시한 2.0으로 취하였다.

3.2 콘크리트의 건조수축에 대한 기준

현재 도로교설계기준(2000)에서는 콘크리트의 건조수축으로 인한 변형을 고려하기 위하여 DIN4227 및 콘크리트 표준시방서(2000)[10]를 참고로 하여 최종 건조수축률(ε_s)을 18×10^{-5}로 정의하여 사용하고 있다. 그러나 본 논문의 공법에서는 시간에 따른 건조수축의 변화를 고려하기 위하여 식(2)와 같은 ACI[1982]의 모델을 사용하였다.

증기양생한 재령이 t (단위:days)인 콘크리트의 건조수축률 $\varepsilon_{sh}(t)$는 다음과 같다.

$$\varepsilon_{sh}(t) = \frac{t}{55+t}(\varepsilon_{sh})_u \qquad (2.a)$$

또한 습윤양생한 경우는 다음 식에 따른다.

$$\varepsilon_{sh}(t) = \frac{t}{35+t}(\varepsilon_{sh})_u \qquad (2.b)$$

위의 수식에서 $(\varepsilon_{sh})_u$는 최종 건조수축률로서, 본 논문에서도 도로교설계기준(2000)에서 제시한 18×10^{-5}으로 하였다.

4. 매개변수 해석과 결과 분석

4.1 상승비와 하강비의 제한

상승력과 하강력에 대한 최고값의 결정은 고려되는 부분들의 허용응력까지 여유응력을 단위하중에 의한 응력으로 나누어준 값들 중 최소값을 선택함으로 이루어진다. 여기서 구하여진 상승력 혹은 하강력을 기준으로 상승비와 하강비를 결정하게 된다.

$$PF_j{}^{i}{}_{U,D} = \frac{f_{all} - \Sigma f_{i,j-1}}{f_{i,j}{}^{p=1}}$$
$$PF_{j_{U,D}} = \min[\, PF^{i}{}_{U,D}] \qquad (3)$$

$$PF = PF_{j_U} \times \text{Ratio I} \qquad (4)$$

여기서,

i = 각 부재의 절점번호

j = 시공단계

f_{all} = 각 부재의 허용응력

$f_{i,j}{}^{p=1}$ = 단위하중에 의한 응력

$\Sigma f_{i,j-1}$ = j-1단계까지 각절점의 응력 합계

$PF^{i}_{j_{U,D}}$ = j단계 i절점에서 계산된 지점 상승 및 하강력

$PF_{j_{U,D}}$ = 최종 결정된 지점 상승 및 하강력

Ratio I = I 단계별 상승비 또는 하강비

위의 식(3)과 식(4)와 같은 결정방법으로부터 상승비와 하강비의 최고값은 1.0 이 되며 최저값은 0.0 이 된다. 상승비와 하강비가 1.0 이상의 값을 갖게 되면 위험단면의 응력이 허용응력을 초과하는 결과를 가져오게 되기 때문에 1.0 이상의 값을 가질 수 없다.

4.2 상승비와 하강비 변화에 따른 위험단면의 응력 변화

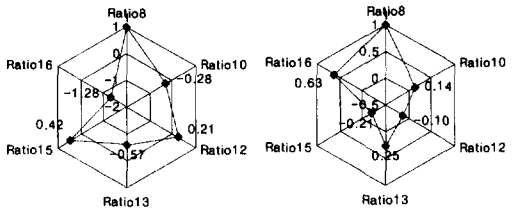
설계시 고려되는 적절한 상승비와 하강비의 결정은 많은 반복 계산을 통하여 이루어진다. 각 단계별 상승비 혹은 하강비의 변화는 다음 단계의 상승비 혹은 하강비에 영향을 줌으로 상승 및 하강비간의 확실한 연관성을 나타내기란 사실상 불가능하다. 그러나 단면의 설계에 있어서 상승비와

하강비의 변화가 각각의 위험단면에 미치는 응력의 변화를 살펴보면 그 영향의 정도가 상이하며 특정 위험단면에 대하여는 그 영향성이 크고 작음을 알 수 있다. 그림 2는 상승 및 하강비의 변화가 위험단면의 응력에 얼마정도의 영향을 미치는지 그 비중을 나타내고 있다.

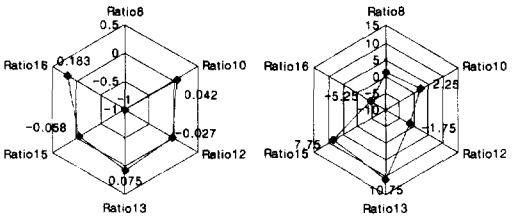
그림 2.(a)는 제 1 경간 하부케이싱 콘크리트의 위험단면에 대한 상승 및 하강비의 영향성을 나타내었다. 제 1 내측지점의 상승비인 Ratio8에 의한 응력을 1.0으로 보고 다른 상승 및 하강비의 응력을 비율로 표현하였다. 가장 큰 영향을 미치는 것은 제 1 내측지점의 2차 하강비인 Ratio16으로서, Ratio8과는 반대경향의 응력상태를 나타낸다. 그림 2.(b)는 제 1 내측지점 바닥판 콘크리트의 위험단면에 대한 상승 및 하강비의 영향을 나타내었다. 여기서는 Ratio8이 가장 큰 영향을 주며 다음으로는 Ratio16인 것으로 나타난다. 그림 2.(c)는 제 1 내측지점 강재 상부의 응력상태에 각 상승 및 하강비가 주는 영향의 정도를 나타내었다. 제 1 내측지점 강재 상부의 응력에 가장 큰 영향을 미치는 것은 Ratio8인 것으로 나타났다.

그림 2.(a), 2.(b), 2.(c)를 통하여 Ratio8이 제 1 경간 하부케이싱 콘크리트와 제 1 내측지점 바닥판 콘크리트 그리고 제 1 내측지점 강재 상부의 응력상태에 큰 영향성을 가지고 있음을 알 수 있다.

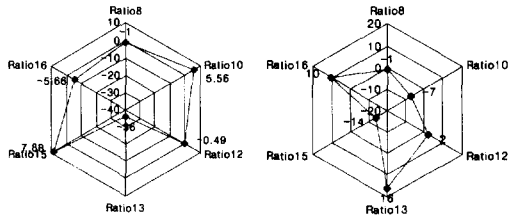
그림 2.(d)는 제 2 내측지점 바닥판 콘크리트의 위험단면에 대한 상승 및 하강비의 영향성을 나타내고 있다. Ratio13(제 2 내측지점의 상승비)이 가장 큰 영향을 주고 Ratio15(제 2 지점의 하강비)가 그 다음으로 위험단면의 응력에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 그림 2.(e)에서는 제 2 내측지점 강재 상부의 응력에 Ratio13이 다른 상승 및 하강비에 의한 영향보다 훨씬 큰 영향을 주는 것으로 나타난다. 그림 2.(f)는 제 3 경간 하부콘크리트의 위험단면에 Ratio13이 가장 큰 영향을 주고 다음으로는 Ratio15, Ratio16의 순으로 그 영향의 정도가 나타남을 알 수 있다. 이러한 상승 및 하강비와 위험단면의 응력 사이의 관계를 통하여 각 단계 또는 최종 상태의 응력상태를 조절하기 위한 상승비와 하강비의 결정이 보다 용이하게 된다.



(a) 제 1 경간 하부콘크리트 (b) 제 2 지점 바닥판콘크리트



(c) 제 2 지점 강재 상부 (d) 제 3 지점 바닥판 콘크리트



(e) 제 3 지점 강재 상부 (f) 제 3 경간 하부콘크리트

그림 2. 위험단면의 응력에 대한 Ratio의 영향도

여기서,

Ratio8 : 제 1 내측 지점의 1차 상승비
Ratio10 : 제 1 내측 지점의 1차 하강비
Ratio12 : 제 1 내측 지점의 2차 상승비
Ratio13 : 제 2 내측 지점의 상승비
Ratio15 : 제 2 내측 지점의 하강비
Ratio16 : 제 1 내측 지점의 2차 하강비

4.3 기존 연속화 방법에 의한 단면과의 비교

기존의 내측지점의 상승·하강 공정을 통한 연속화 방법으로 설계된 단면을 본 논문의 지점 재 상승·하강을 이용한 연속화 방법에 적용하여 지간별 응력의 감소효과를 토대로 형고와 강재량감소효과, 그리고 지간연장효과를 검토하였다. 여기서 형고감소효과의 경우는 기존 공법과 본 논문의 공법의 적용지간을 같게 한 채로 형고만을(표 3 참조), 강재량감소효과의 경우는 적용지간 및 형고를 같게 한 채로 강재량만을 감소시킨 결과이다.(표 4 참조) 또한 지간연장효과의 경우는 두 공법 공히 기존 공법의 단면을 적용시킨 결과이다.(표 5 참조)

그림 3은 지간이 길어질수록 지간연장효과, 형고감소효과 그리고 강재량감소효과가 줄어드는 것을 나타낸다. 지간 연장에 있어서 6~12%의 효과를 얻을 수 있었고 형고에 대하여는 6~10%

표 3. 지점 재 상승 및 하강을 이용한 연속화 방법에 의한 적용형고(cm) 및 형고감소효과(%)

	25m	30m	35m	40m	45m
기존 공법	104	117	130	148	167
본 공법	93	107	120	138	155
효과(%)	10.6	8.5	7.7	6.8	7.2

표 4. 지점 재 상승 및 하강을 이용한 연속화 방법에 의한 적용강재량(ton) 및 강재량감소효과(%)

	25m	30m	35m	40m	45m
기존 공법	27.3	36.9	50.5	65.2	83.5
본 공법	21.5	32.0	44.9	58.5	75.2
효과(%)	21.2	13.3	11.1	10.3	9.9

표 5. 지점 재 상승 및 하강을 이용한 연속화 방법에 의한 적용지간(m) 및 지간연장효과(%)

	25m	30m	35m	40m	45m
기존 공법	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0
본 공법	28.0	32.6	37.4	42.4	47.7
효과(%)	12.0	8.7	6.9	6.0	6.0

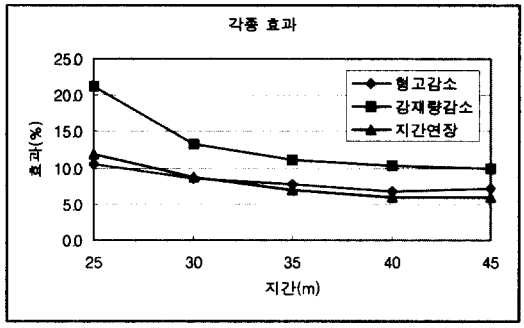


그림 3. 각종 효과

의 감소효과를 얻었다. 그리고 강재량의 경우 10~21%의 큰 감소효과를 얻는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 논문은 기존의 지점 상승 및 하강에 의한 연속화 방법에서의 제약사항을 개선한 지점 재 상승 및 하강에 의한 연속화 방법을 소개하고 자동으로 설계할 수 있는 전산프로그램을 개발하여 이를 이용한 매개변수 연구로 각 변수가 각 부재의 위험단면에 미치는 응력의 영향성과 기존 방법에 의한 단면과의 비교 검토로 프리스트레싱 효과를 제시하였다.

본 논문의 해석결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 본 논문의 지점 재 상승 및 하강을 이용한 연속화 방법은 기존의 내측지점 상승 및 하강을 통한 연속화 방법에서의 제약사항을 개선하므로 더 효과적인 설계를 가능하게 할 수 있었다.

(2) 기존의 내측지점 상승·하강을 통한 연속화 방법에 의한 단면을 이용하여 각 지간별 지간 연장 효과를 검토하였을 때 지간 25m에서 12%의 최대 지간 연장효과를 얻었고 지간 45m에서 6%의 최소 지간 연장효과를 얻었다.

(3) 기존의 내측지점 상승·하강을 통한 연속

화 방법에 의한 단면에서 형고를 제외한 다른 설계변수는 고정시켜 놓고 형고 감소 효과를 검토한 결과 지간 25m에서 10.6%의 최대 감소효과가 나타났고 지간 40m에서 6.8%의 최소 감소효과가 나타났다.

(4) 기존의 내측지점 상승·하강을 통한 연속화 방법에 의해 얻어진 단면을 지점 재 상승 및 하강 방법에 적용하였을 때 얻어진 응력의 효과를 경제적 효과로 나타내기 위해 강재량의 감소정도를 검토하였다. 응력에 가장 큰 영향을 주는 형고를 고정하고 검토한 결과 지간 25m에서는 21.2%의 상당히 큰 강재량 감소효과를 얻을 수 있었고 지간 45m에서 9.9%의 가장 작은 강재량 감소효과를 얻을 수 있었다.

(5) 분석된 내용으로부터 지점 재 상승 및 하강을 이용한 3경간 연속 프리플렉스 합성형의 제작방법은 기존의 내측지점 상승 및 하강에 의한 연속화 방법보다 더 경제적인 단면을 얻을 수 있고 동일한 단면을 사용할 경우에는 보다 안전한 응력 상태를 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

(6) 본 논문의 시공법은 기존의 내측지점 상승 및 하강에 의한 연속화 방법에 비하여 그 시공과정이 다소 복잡함으로 인해 정밀한 시공관리가 이루어져야 할 것이며 실제 시공으로 인한 그 효과의 검증이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 대한토목학회, 프리플렉스 합성형 표준시방서 및 동해설(안), 1986
2. 대한토목학회, 프리플렉스 합성형교의 설계제작 및 시공지도서, 1986
3. 松井紫之 外 2人, "プレビーム 連續合成桁の設計と施工", 日本 合成構造の 活用に關する講演論文集, 1989
4. Hiroshi Watanabe & Yukio Maeda, "Application of Preflexed Composite Beams to Continuous Bridges", Univ. of Washinton Seattle, Washinton, 1984
5. Hiroshi Watanabe & Yukio Maeda, "Application of Preflexed Composite Beams to Continuous Bridges", Univ. of Washinton Seattle, Washinton, 1989
6. 구민세 외 2인, 2경간 P.S. 연속합성보 구조물의 설계에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회 논문집(Ⅰ), 1994, pp.169-172
7. 구민세, 연속보 구조용 P.S. 합성보와 이를 이용한 P.S. 연속합성보 구조물의 시공법, 대한토목학회 학술발표회개요집(Ⅰ), 1993, pp. 71-74
8. 지점 상승·하강 공정을 이용한 단경간 및 연속 프리플렉스 합성형 교량의 시공법, 인하대학교 산업과학기술연구소, 1998
9. 건설교통부, 도로교설계기준, 2000
10. 건설교통부, 콘크리트표준시방서, 2000
11. ACI, Designing for Creep & Shrinkage in Concrete Structures, 1982

(접수일자 : 2001년 1월 17일)