

# P. S. C. 빔교의 연속화 공법

구 민 세

〈인하대학교 토목공학과 교수, 공학박사〉

1. 서론	2.4 2경간 P.S.C. 연속보의 설계 예
2. 본론	2.5 매개 변수 해석
2.1 P.S.C. 단순보 교량과 연속보교량의 비교	2.5.1 지간 길이에 대한 매개 변수 해석
2.2 P.S.C. 연속보 교량의 시공	2.5.2 형고에 대한 매개 변수 해석
2.3 P.S.C. 연속보 교량의 보수	3. 결론
2.3.1 바닥판 부분철거 방법	4. 참고 문헌
2.3.2 바닥판 완전철거 방법	

## 1. 서론

지금까지 시공되어온 연속형 교량 공법 중 대부분의 경우 내측 지점부에 발생하는 부모멘트에 대한 적절한 대응 없이 시공되어짐에 따라 내측 지점부의 바닥판 콘크리트에 균열을 발생시켜왔고 이로 인해 그 구조물의 강성 및 내구성을 저하시켜왔다. 특히 P.S.C. 빔교는 단순보형으로 제작된 빔을 가로보와 슬래브로 연속 처리하여 시공되는데 콘크리트의 크리프 및 건조수축에 의한 모멘트 재분배가 시간이 경과함에 따라 증가하기 때문에 부모멘트 구간의 바닥판에 균열이 발생하게 된다.

결국 이 균열은 구조 역학적으로도 불리한 거동을 하게된다. 즉, 단순보 또는 단순보에 가까운 거동을 하므로 정모멘트 구간에 큰 모멘트를 발생시킴은 물론 처짐 및 진동이 증가하게 되어 사용성과 내구성에 불리한 영향을

준다.

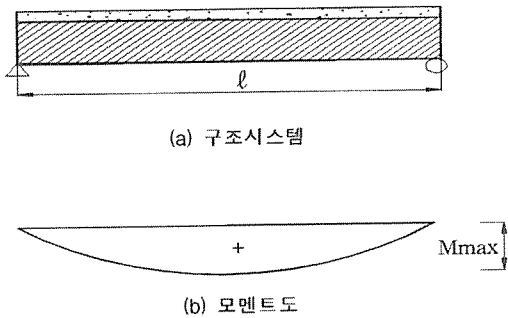
본 공법은 기존의 P.S.C. 연속보 교량 공법에서 발생할 수 있는 문제점들을 보완하고 연속보를 설계 및 시공할 수 있는 과정을 제시한다.

## 2. 본론

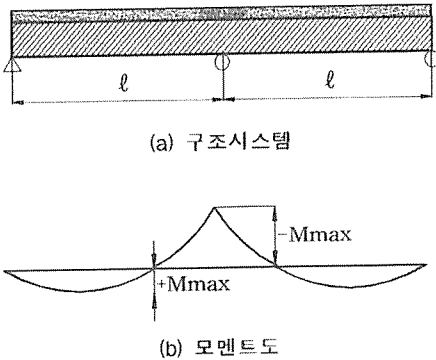
### 2.1 P.S.C. 단순보 교량과 연속보 교량의 비교

[그림 1]과 [그림 2]는 단순보와 2경간 연속보의 구조 시스템과 각각의 모멘트도를 나타내고 있다.

[그림 1]의 (a)는 단순보 구조시스템으로 비교적 간단한 구조로서 널리 시공되어온 구조이나 [그림 1]의 (b)와 같이 정(正)모멘트가 크고 처짐량이 크므로 이를 극복하기 위해서는 보의 높이가 커져야 하는 단점이 있다.



(그림 1) 단순보의 구조시스템 및 모멘트도



(그림 2) 2경간 연속보의 구조시스템 및 모멘트도

[그림 2]는 2경간 연속보 구조시스템으로 동일한 경간장인 경우 [그림 1]의 단순보 시스템에 비해 정모멘트는 등분포하중하에서 1/1.78로 감소하게 되고 처짐량은 약 1/2.5로 감소하게 된다.

그러나 [그림 2]의 (b)와 같이 부(負)모멘트는 정모멘트보다 1.78배 크게 작용되고 이 부모멘트는 교량의 완성시 상부 바닥판에 인장응력을 발생시킨다.

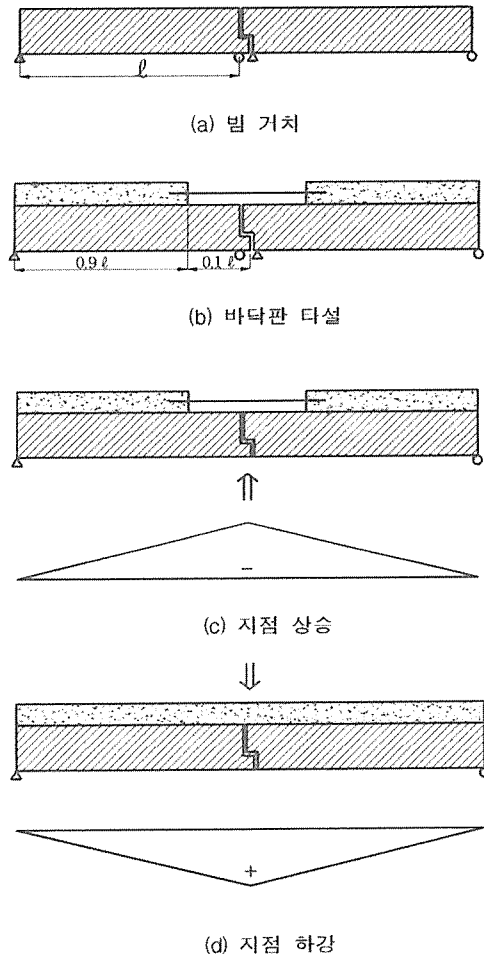
## 2.2 P.S.C. 연속보 교량의 시공

본 공법에서는 위에서 언급한 연속보 구조시스템의 장점을 살리기 위하여 지점의 상승과 하강을 이용하여 부모멘트에 대응되는 압축응력을 도입시키는 공법에 관한 것으로서

그림을 이용하여 설명하면 다음과 같다.

[그림 3]의 (a)는 P.S.C. 빔을 단순거치시킨 상태이고 [그림 3]의 (b)는 내측 지점 좌우에서 약 3m정도의 부모멘트 구간을 제외한 바닥판 콘크리트를 타설한 모습을 나타낸다.

여기서 정모멘트 구간의 바닥판에 부모멘트 구간의 인장철근을 매설하여 지점 상승시 발생하는 인장력에 대응토록 한다. 이 때, 인장철근의 긴장 상태를 높이기 위하여 철근 하부에 썸머의 원리를 이용할 수 있다. 그리고 내측 지점부의 3m는 지간길이가 30m인 연속보 교



(그림 3) 지점 상승 하강 공법의 시공시 구조시스템 및 모멘트도

량의 경우 부모멘트 구간의 길이를 변수로 매개변수 해석을 하여 결정한 값으로 가장 효율적으로 압축응력을 도입시킬 수 있는 길이이며 이 길이는 교량 등급의 종류와 콘크리트 재질에 따라 변화될 수 있다. [그림 3]의 (c)는 두 개의 보를 연결시킨 후 중앙 지점을 상승시키는 모습과 지점상승에 의한 모멘트도를 나타내는데 이 때 연결부는 지점 상승에 의한 부모멘트에 저항할 수 있도록 설계되어야 한다. 즉, 지점상승시 발생하는 부모멘트에 의한 인장력은 미리 바닥판에 매설시킨 철근이 지지해 주도록 하여야 하고 압축력은 가로보 중립축 하단부의 콘크리트가 지지해 주도록 설계하여야 한다. [그림 3]의 (d)는 부모멘트 구간의 바닥판을 타설하고 지점을 하강시킨 모습과 지점하강에 의한 모멘트도를 나타낸다. 따라서 지점 상승 상태에서 타설 및 양생된 바닥판 콘크리트에는 정모멘트 즉, 압축응력이 도입된다. 그리고 크립 및 건조수축에 의해 손실된 지점 하강량을 지점 상승량보다 적게하므로 정모멘트 구간의 압축응력을 추가로 도입시키는 효과를 얻을 수 있다. [그림 3]의(a)에서 (d)까지의 시공과정을 통해 부모멘트 구간의 바닥판에는 압축응력이 도입되어 사하중 및 사용하중에 의한 부모멘트에 저항하게 된다. 본 공법은 P.S.C. 연속보 교량뿐 아니라 플레이트형교 및 강상자형교의 부모멘트 구간의 바닥판에도 적용될 수 있는 방법이다. 물론 본 공법에 의한 시공법은 3경간 이상의 연속형 교량의 시공에도 같은 방법의 반복으로 적용할 수 있다.

본 공법에 의한 또 다른 특징은 단순보 교량과는 달리 빔을 연속화시키고 지점의 상승 및 하강량을 서로 다르게 조절하여 정모멘트 구간의 크립 및 건조수축에 의해 손실된 압축응력을 보충시키므로 단순보 교량에 비해 빔의 높이를 20~30% 감소시킬 수 있고 처짐 및

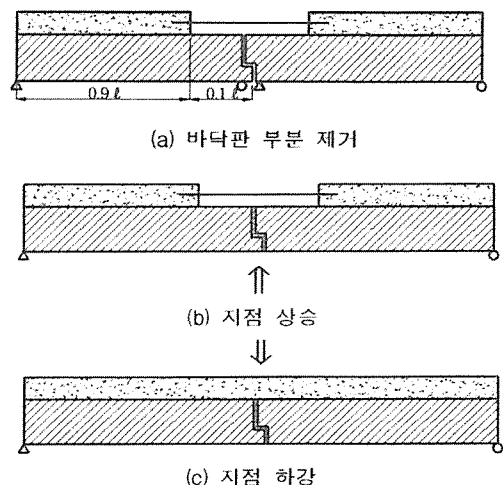
진동에 월등히 유리하게 할 수 있다.

만일 빔의 높이를 고정한다면 기존의 단순보 빔에 비해 재료비가 약 20%정도 감소된다. 이 방법은 연속보 교량의 보수시에도 동일하게 적용될 수 있다.

## 2.3 P.S.C. 연속보 교량의 보수

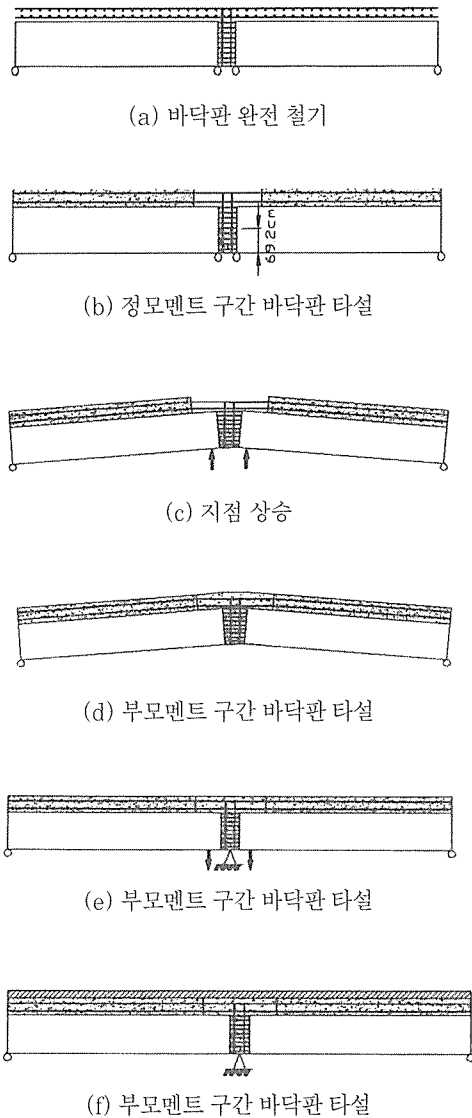
### 2.3.1 바닥판 부분 철거 방법

[그림 4]의 (a)에서 (c)는 지점의 상승 및 하강을 이용한 P.S.C. 연속보 교량의 보수 방법을 예시하고 있다. [그림 4]의 (a)는 균열이 발생한 부모멘트 구간의 바닥판을 제한된 상태를 나타내며 [그림 4]의 (b)는 가로보를 보수하고 지점을 상승시키고 있는 모습을 나타낸다. 여기서 상승량은 부모멘트 구간 바닥판에 배근된 인장 철근량과 보수된 가로보가 저항할 수 있는 모멘트를 계산하여 결정한다. 이때, 인장철근의 긴장상태를 높이기 위하여 철근하부에 췌기의 원리를 이용할 수 있다. [그림 4]의 (c)는 부모멘트 구간의 바닥판을 타설하고 지점을 하강시킨 모습을 나타낸다. [그림 4]의 (a)부터 (c)까지의 시공과정을 통해 부



[그림 4] 바닥판 부분 철거 보수 과정

모멘트 구간의 바닥판에는 압축응력이 도입되어 활하중에 의해 발생하는 부모멘트에 저항하게 된다. 본 보수 방법은 플레이트형 연속교 및 강상자형 연속교의 부모멘트 구간 바닥판의 보수공법으로 적용될 수 있다. 본 보수 공법은 3경간 이상의 연속형 교량의 보수에도 같은 방법의 반복으로 적용할 수 있다.



(그림 5) 바닥판 완전 철기 보수 과정

### 2.3.2 바닥판 완전 철거 방법

부모멘트 구간뿐 아니라 정모멘트 구간의 바닥판에 균열이 발생한 경우에는 바닥판 전체를 제거한 후 공법을 적용해야 한다. [그림 5]는 이 경우의 보수 과정을 나타내고 있다.

### 2.4 2경간 P.S.C. 연속보의 설계 예(30m)

여기서는 2경간 P.S.C. 연속보의 설계를 설계 순서에 따라 예제 형식으로 나타내었다. 계산에는 기존 단경간 30m P.S.C. 보와 동일한 단면을 사용하여 FORTRAN 언어를 이용한 프로그램이 이용되었다.

[그림 6]의 (a)는 빔 제작 후 모습으로 초기 프리스트레스력과 빔 자중에 의한 응력을 계산한다. 여기서 기준응력 (프리스트레스 도입 직후)은 허용 압축응력은  $0.55\sigma_{ci} = 176 \text{ kg/cm}^2$  (-), 허용 인장응력은  $0.75\sqrt{\sigma_{ci}} = 13.42 \text{ kg/cm}^2$  (+)이다.

[그림 6]의 (b)는 정모멘트 구간만 바닥판을 타설한 모습으로 바닥판 자중에 의한 초기 프리스트레스력 감소(크리프, 건조수축, 릴랙세이션에 의한 손실 고려)와 바닥판 자중에 의한 응력을 계산한다.

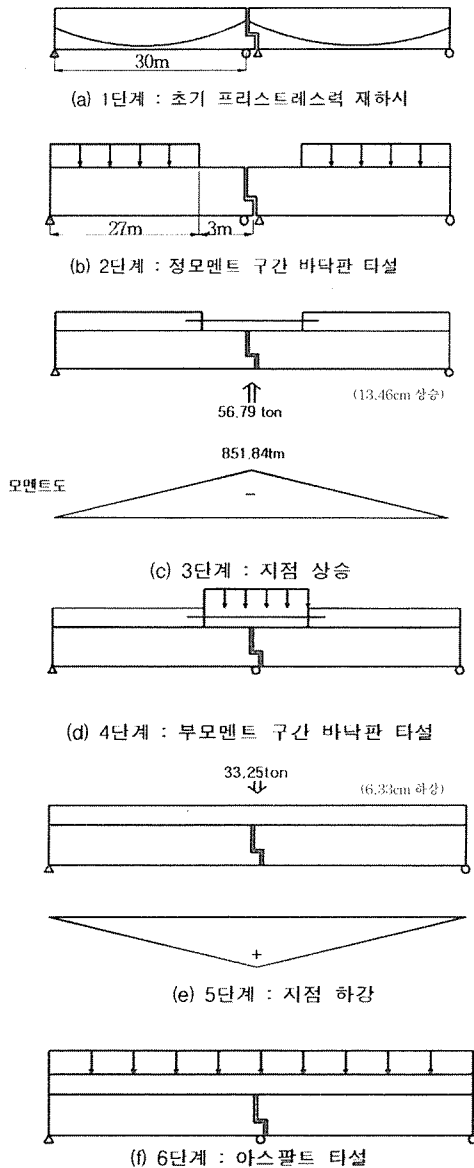
[그림 6]의 (c)는 지점 상승을 시킬 때 지점 상승량과 힘 그리고 이 때 부모멘트 바닥판 구간에 인장철근 배근 모습과 휨모멘트도이다. 여기서 부모멘트 구간에 배근된 철근이 부모멘트 구간의 인장력을 모두 받는 것으로 설계한다.

[그림 6]의 (d)는 부모멘트 구간에 바닥판이 타설된 모습이고 크리프 및 건조수축이 고려된 유효 프리스트레스력 재감소에 의한 응력을 계산한다.

[그림 6]의 (e)는 지점 하강을 시킬 때 지점 하강량과 힘 그리고 이로 인한 휨모멘트도이다.

[그림 6]의 (f)는 아스팔트가 타설된 모습이  
고 타설 후에 크리프 및 건조수축으로 인해 감소된 프리스트레스력에 의한 응력을 계산한다.

단계 7은 구속모멘트를 고려하는 단계로 자중과 프리스트레스력에 의한 크리프와 건조수축 차로 인해 발생하는 구속모멘트를 계산한다.



(그림 6) 2경간 P.S.C. 연속보의 설계 예

단계 8은 활하중 재하 후 바닥판 콘크리트와  
빔의 크리프와 건조 수축차로 인한 응력과 빔  
연결전의 사하중인 빔 자중과 정모멘트구간  
바닥판의 자중에 의한  $T = \infty$ 에서의 응력 재분  
배를 고려(부모멘트 증가)한 응력도이다. 기  
준응력은 (프리스트레스 도입 직후) 허용 압축  
응력은  $0.4\sigma_{ck} = 160 \text{ kg/cm}^2$  허용 인장응력은  
 $1.5\sqrt{\sigma_{ck}} = 30 \text{ kg/cm}^2$ 이다.

각 단계에 따른 응력은 [표 1]에 나타내었다.

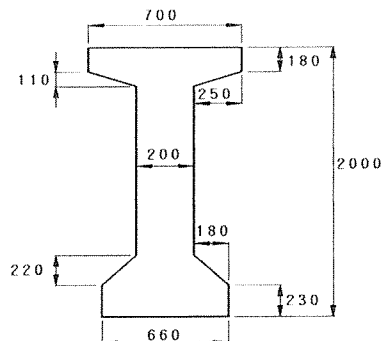
(표 1) 각 단계별 응력 (+:인장, -:압축)(단위:kg/cm<sup>2</sup>)

구분	빔 중앙부		빔 단부		바닥판(위험 단면 기준)	
	상부	하부	상부	하부	상부	하부
1단계	+3.9	-150.4	-144.0	0.0		
2단계	-64.2	-54.2	-105.1	+0.3		
3단계	-41.7	-132.0	+27.0	-195.3	0.0	+22.2
4단계	-41.8	-131.4	+30.0	-199.4	0.0	+24.6
5단계	-55.0	-85.9	+0.4	-101.5	+11.7	-45.2
6단계	-59.3	-71.6	-4.5	-110.5	+9.8	-48.7
7단계	-57.1	-79.1	+0.3	-126.5	+12.6	-46.9
8단계	-68.5	-39.8	+10.2	-159.1	-15.4	+8.4

## 2.5 매개 변수 해석

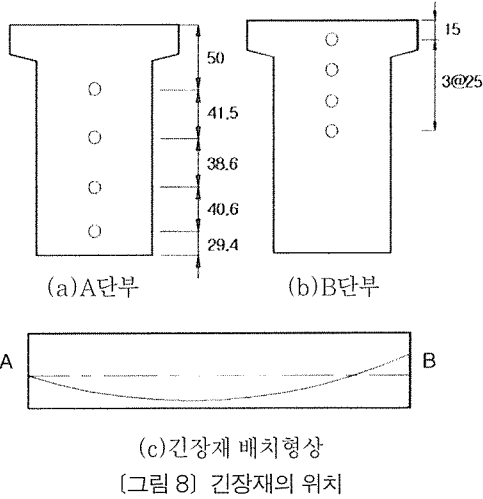
### 2.5.1 지간 길이에 대한 매개 변수 해석

30m 단경간 교량의 P.S.C.빔 표준 단면은  
다음 그림과 같다.



(그림 7) 기존 빔의 재원

[그림 7]의 P.S.C. 빔 단면 재원을 사용하고 지간 길이를 30m부터 증가시키면서 매개 변수 해석을 한 결과 지간 37m까지 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.



[그림 8]은 양쪽 단부에서의 긴장재의 위치를 나타내고 있고 [표 2]는 각 지간 길이에 대한 해석 결과이다.

### 2.5.2 형고에 대한 매개변수 해석

지간 길이를 30m로 고정시키고 표준 단면에서 형고를 200cm부터 감소시키면서 해석을 한 결과 150cm까지 감소시킬 수 있는 것으로 나타난다.

[표 3]은 형고에 대한 상승력과 하강력 및 정모멘트 구간과 부모멘트 구간의 응력 변화를 나타낸다.

[그림 9]는 정모멘트 구간과 부모멘트 구간의 응력 변화를 나타내는데 정모멘트 구간에 인장응력을 허용 응력까지 허용할 때는 형고를 150cm까지 낮출 수 있지만 인장응력을 허용하지 않을 때는 약 170cm까지 낮출 수 있다.

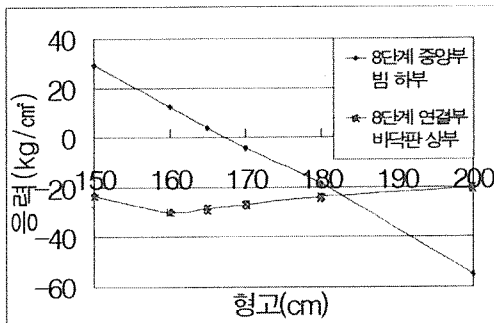
[표 2] 지간 길이에 대한 매개 변수 해석 결과

구분 지간 (m)	긴장응력 (kg/cm <sup>2</sup> )				긴장재위치 (cm) (상단에서의 위치)				상 승			하 강		
									상승력 (t)	상승 비	상승 변위 (cm)	하강력 (t)	하강 비	하강 변위 (cm)
30	12796.9	12807.2	12852.7	12926.5	150.0	108.6	70.0	29.4	56.76	0.988	13.46	33.25	0.47	6.33
					185.0	160.0	135.0	110.0						
31	12819.4	12912.5	12943.3	11300.3	150.0	108.6	70.0	29.4	55.22	0.975	14.44	34.41	0.5	7.22
					185.0	160.0	135.0	110.0						
32	12841.1	12931.5	12957.5	13009.7	150.0	108.6	70.0	29.4	53.35	0.965	15.35	34.91	0.525	8.06
					185.0	160.0	135.0	110.0						
33	12960.0	12949.9	12971.2	13090.4	150.0	108.6	70.0	29.4	51.73	0.966	16.24	36.11	0.562	9.13
					185.0	160.0	135.0	110.0						
34	12981.7	12968.0	13068.3	13100.3	150.0	108.6	70.0	29.4	50.12	0.960	17.21	36.87	0.592	10.19
					185.0	160.0	135.0	110.0						
35	13002.9	13079.5	13083.1	13110.4	150.0	108.6	70.0	29.4	48.62	0.957	18.21	37.76	0.625	11.38
					185.0	160.0	135.0	110.0						
36	13023.6	13098.3	13097.8	13199.2	150.0	108.6	70.0	29.4	47.17	0.952	19.23	38.50	0.657	12.63
					185.0	160.0	135.0	110.0						
37	13043.9	13116.7	13201.8	13210.9	150.0	108.6	70.0	29.4	41.73	0.860	18.47	34.51	0.665	12.28
					185.0	160.0	135.0	110.0						

[표 3] 형고에 대한 매개변수 해석 결과

형고(cm)	200	180	170	165	160	150
상승력(t)	57.12	50.19	46.74	45.01	43.26	35.47
상승변위(cm)	13.55	15.16	16.10	16.60	17.11	16.24
하강력(t)	32.32	32.58	32.13	31.80	31.73	26.35
하강변위(cm)	6.15	7.89	8.86	9.39	10.03	9.63
4단계거더 상부중양부 (kg/cm <sup>2</sup> )	-36	-56.3	-66	-71.4	-77.3	-92.7
4단계거더 상부내측 (kg/cm <sup>2</sup> )	18.7	28.6	28.3	28.2	27.7	13.9
8단계거더 하부중양 (kg/cm <sup>2</sup> )	-54.9	-18.8	-4.2	3.9	12.8	29.1
8단계거더 하부내측 (kg/cm <sup>2</sup> )	-157	-160	-160	-160	-160	-160
8단계 바닥판중양 (kg/cm <sup>2</sup> )	-1.4	-7.3	-11.3	-13.4	-15.8	-20.4
8단계 바닥판내측 (kg/cm <sup>2</sup> )	-20.2	-24	-27	-28.6	-30.2	-23.6

수함에 있어 정모멘트 구간과 부모멘트 구간의 모멘트가 적은 구간 즉, 빔 길이로 약 90% 정도의 바닥판 콘크리트가 타설된 상태에서 내측 지점부의 가로보 설치 및 보수후 중앙 지점을 상승시키고 부모멘트 구간의 모멘트가 큰 구간 즉, 빔 길이로 약 10%구간에 바닥판 콘크리트를 타설 및 양생한 후 지점을 하강함으로 부모멘트 구간의 바닥판에 압축응력을 도입시켜 사하중 및 활하중에 의해 발생하는 부모멘트에 저항하게 하고 균열을 방지할 수 있는 특징을 갖고 둘째로 지점하강량을 지점상승량보다 적게 하므로 정모멘트 구간의 크리프 및 건조수축에 의해 손실된 압축응력을 2차적으로 보충시키며 셋째로 부모멘트 구간의 바닥판 위치에 미리 인장철근을 배근하여 지점상승에 의한 인장력을 견뎌내



[그림 9] 정모멘트, 부모멘트 구간의 응력 변화

도록 하는 시공법이다.

이 공법의 적용성을 검토하기 위해 설계 프로그램을 개발하고 30m 2경간 연속의 설계예를 제시하였다.

그리고 연속교에 적합한 단면을 찾기위해 지간 길이와 형고에 대한 매개 변수 해석을 한 결과 지간 길이는 30m 표준 단면인 경우 37m 까지 확장시킬 수 있고 형고는 지간 길이 30m에 대하여 150cm까지 감소시킬 수 있다.

### 3. 결론

본 공법은 첫째로 연속보 교량을 시공 및 보

### 4. 참고문헌

1. 한국건설기술연구원, "프리캐스트 PS 콘 크리

- 트 교량의 설계에 관한 연구”, 1992
2. 구민세 · 이재혁, 2경간 P.S. 연속합성보 교량의 설계에 관한 연구, 한국 강구조학회 논문집, 7권 4호, 1995.12
  3. Basile G.Rabbat and Henry G.Russell, “Optimized Sections for Precast Prestressed Bridge Girders”, Journal of the Prestressed Concrete Institute, 1982, pp.88-104
  4. Joseffa V. Meir, Michael R.Cicciarelli,

- Julio A.Ramirez, Robert H. Lee, “Alternative to the Current AASHTO Standard Bridge Sections”, Journal of the Prestressed Concrete Institute, 1997, pp.56-66
5. Robert J.Peterman, Julio A.Ramirez, “Restraint Moments in Bridges with Full-Span Prestressed Concrete Form Panels”, Journal of the Prestressed Concrete Institute, 1998, pp.54-73

