

프리스트레스트 콘크리트 박스거더 교량의 해석 및 설계

이 환 우* 최 호 근**

1. 개요

프리스트레스트 콘크리트(prestressed concrete) 교량의 건설은 재료의 경제성과 역학적 장점들로 인하여 유럽의 전후 복구사업 이래로 급속한 발전을 거듭해 현재에 이르러서는 경간이 300M가 넘는 많은 교량들이 P.S 콘크리트 교량으로 시공되고 있다. 특히 박스거더는 구조적인 측면외에 미적으로도 우수하여 현재 건설되는 대부분의 교량들이 박스형 단면을 선택하고 있다. 국내에서는 1981년 대형 교량으로는 처음으로 원효대교가 P.S 콘크리트 박스거더 교량으로 현장타설 Free Cantilever 공법에 의해 시공된 이후 최근의 대부분 장대교량들이 박스 단면을 사용한 P.S 콘크리트 교량으로 시공되고 있는 추세이다. 앞으로 도시고속화도로용 교량, 서해대교, 고속전철등의 건설계획에 따라 동형식의 교량건설은 더욱 증가될 전망이다. 본 고에서는 이와같은 P.S 콘크리트 교량의 건설추세에 발맞추어 P.S 콘크리트 박스거더 교량의 설계와 해석방법에 대하여 소개하고자 한다.

2. 설계

2.1 설계일반

P.C 박스거더 교량의 해석 및 설계는 용도에 따

라 각국의 도로교, 철도교 시방서를 기본으로 관련 시방서(콘크리트 등)들을 참조로 하여 수행된다. P.C 박스거더 교량에서 특별히 고려할 사항들은 시공중과 완성구조계에서의 응력 및 처짐변화와 크리이프(creep) 등과 같은 시간의존적 성질에 의한 모멘트 재분배, Shear lag, 온도효과, 횡방향 거동등이 있으며 프리스트레싱 텐던(prestressing tendon) 그리고 정착부등을 설계해야 한다. 특히, P.C 박스거더 교량의 설계에서는 가설공법에 좌우되는 설계인자들에 주의해야 한다.

2.2 상부구조

2.2.1 종방향 설계

P.C 박스거더 교량에 대한 경간 배열은 하부구조, 상부단면, 가설공법등 교량건설 전 과정에 영향을 주기도 하고 또 받기도 하는 요소로서 교량설계시에 가장 우선되어진다. <표 1>은 시공방법에 따른 경간, 교장 분류의 한 예이다. 한편, 구조적인 관점에서 외측 경간과 내측 경간비(l_E/l_I)는 약 0.75정도가 되어야 하며 0.4보다는 작지 않아야 한다.

교량 단면을 변단면으로 할 것인지, 또는 일정한 단면으로 할 것인지 결정하는 것과 그리고 이에 따른 경간/높이 비(l/d)의 결정은 경간 배열과 함께 교량설계시에 가장 기본이 되며 우선되어야 할 사항으로서 한마디로 단언하기에는 많은 어려움이 있겠으나 경간길이 90m까지는 일정한 깊이의 단면이 가능하다. 단, 50m 이상 부터는 하부 슬래브의 두께를 증가시켜야 하며 60m 부터

* 정희원, 삼성종합건설 기술연구소, 선임연구원, 공학박사
** 삼성종합건설 기술연구소, 주임연구원

〈표 1〉 시공방법에 따른 경간, 교장, 공정의 분류³⁾

CONSTRUCTION METHOD	SPAN LENGTH									BRIDGE LENGTH					CONSTRUCTION PROGRESS					
	20	40	60	80	100	120	140	160	180m	200	400	600	800	1000m	10	20	30	40	50	60m/week
CANTILEVER																				
classical																				
aux. cables																				
launching gantry																				
launching girder																				
segmental																				
PRECAST ELEMENTS																				
LAUNCHING GIRDER																				
INCREMENTAL LAUNCHING																				

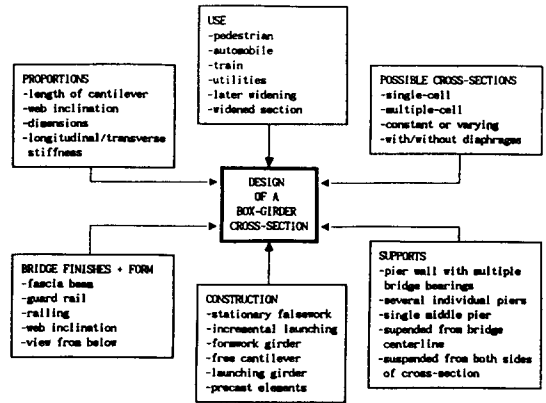
는 미적, 구조적, 경제적 측면에 비추어 변단면이 가능하며 150m 이상부터는 반드시 변단면으로 해야 한다. 경간/높이 비(l/d)는 일정단면에서는 18-20, 변단면에서는 교각부분에서 18-20, 경간 중앙부에서 40-50정도가 적당하고 보통 P.S 교량에서 단순 교량에서는 21, 연속교량에서는 25 정도가 추천된다.³⁾

교량의 종방향에 대한 Skewed 각이 15° 이상일 경우는 Skewed Bridge로 설계해야 한다. 곡선교에서는 종방향 휨 모멘트(M_B)와 동시에 비틀 모멘트(M_T)에 대한 안전성을 아울러 검토해야 하며 곡률각이 30°이하일 경우는 평면 방향으로 투영된 직선 교량에 대하여 휨 모멘트(M_B)를 구하고 곡선부 효과에 대한 M_T 를 각각 계산하여 검토해도 무난하다. 교각이나 교대에 설치되는 단면에는 큰 전단력이 걸리므로 이를 지중(bearing)에 제대로 전달하기 위해 이곳에 설치될 격벽(diaphragm)과 전단 저항을 받기 위한 수직과 수평 방향으로의 프리스트레싱에 대한 설계를 해야 한다.

2.2.2 횡방향 설계

박스형 단면은 구조적으로 유리하기 때문에 교량 구조에 많이 채택되고 있으나 상자형 단면의 제 성질을 최적으로 선택할 수 있는 것은 경험적인 측면이 강하다. 단면 형태를 결정짓는 영향 요소들은 〈그림 1〉과 같이 정리할 수 있다.

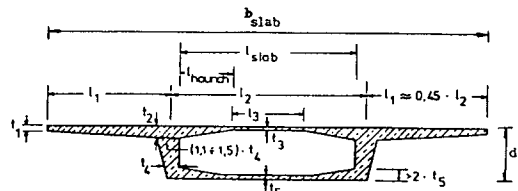
일반적으로 거더의 높이(d)가 교폭(b_{slab})의 1/6-1/5보다 크거나 또는 교폭이 13m 정도에서는 single cell 상자형 거더가 사용되고 d/b_{slab} 가 1/6보다 작거나 또는 교폭이 13m-25m 정도의 상판



〈그림 1〉 횡방향 설계시 고려인자

에서는 2 cell 또는 multi-cell이 적당하나 가능한 cell 수를 줄이는 방향으로 설계한다. 기타 단면의 상세 치수들(상부, 하부 슬래브, 웹폭, 현치 등)은 구조적인 문제와 실제 생산에 따른 여러 문제를 함께 고려하여 결정해야 한다. 본 고에서는 설계자의 단면 결정에 도움이 될만한 한 예를 single cell 대상으로 설명하고자 한다.

$$-l_{haunch} / l_{slab} \leq 0.2 \text{ (보통 0.5)}$$



〈그림 2〉 횡방향 단면 설계인자³⁾

$$-t_1/t_2=1:2-1:3$$

-슬래브 두께 $t_3 > l_3/30$ (그렇지 않을 경우, 슬래브는 $a=l_3$ 구간에 횡방향 리브를 사용하여 압축부위를 보강해야 한다. t_5 도 마찬가지로 원칙적용)

-최소치수: 상판 슬래브 $t_1 \geq 200\text{mm}$;

$$t_3 \geq 200\text{mm}$$

웨 브 $t_4 \geq 300\text{mm}$ 또는

$$(200+2 \cdot \phi_{\text{duct}})$$

하부 슬래브 $t_5 \geq 150\text{mm}$

$l_1:l_2$ 비는 도보하중과 차량하중에 의한 최대 편심력에 견딜 수 있도록 하는 것에 좌우되며 슬래브와 웨브의 횡방향 휨강성에 좌우된다. 보통 단면의 경우, 캔틸레버 슬래브의 고정단 모멘트의 약 80%~90%가 웨브에 전달되고 20%~10%정도가 웨브 사이의 상판슬래브에 전달된다. 적당한 캔틸레버 길이 l_1 은 2.0m와 3.5m 사이에 놓이며 l_1 은 웨브 사이의 상판 슬래브에 부모멘트가 걸리지 않도록 선택되어야 한다.

2.2.3 텐던(tendon)의 배치

1) 종방향 텐던의 종류

텐던의 배치는 다른 어느 설계인자 보다도 가설 공법에 의해 결정되는 요소가 많다. 본 고에서는 캔틸레버 공법을 대상으로 논하고자 한다. 프리캐스트 또는 현장 타설 방법 어느 것이든, 캔틸레버 교량의 종방향 텐던은 두가지 형태로 구성된다.

가. 캔틸레버 텐던; 캔틸레버로 진행하면서 점차 증가하는 세그먼트에 의한 사하중 모멘트를 지지한다.

나. 연속텐던; Key-Segment에 의한 캔틸레버 부분의 연결후 완성구조계에서의 사하중 및 활하중에 의한 휨 모멘트를 지지한다.

2) 캔틸레버 텐던의 종단

균형의 캔틸레버 보에 대한 텐던은 시공시에 발생하는 부 모멘트를 지지하며 먼저 시공된 캔틸레버 부분에 새로운 각 세그먼트를 연결하는 역할을 한다. 이 텐던의 배열형태는 복부에 경사지게 배치하는 형태(draped tendon)와 상부 플랜지에 정착하는 형태(straight tendon)로 구분된다.

3) 연속 텐던

연속 텐던은 여러 캔틸레버보 사이의 연속성을 유지하고 사하중과 활하중에 의한 각 부호의 최대 모멘트를 받도록 설계한다.

4) 횡방향 텐던

횡방향 프리스트레싱은 전단력을 일부 받게하므로써 슬래브 두께를 줄일 수 있고 종방향 균열을 막아준다. 또한 2개 이상의 cell로 가설할 경우 중간 접합부를 연결시켜주는 목적으로 횡방향 프리스트레싱을 한다.

2.2.4 철근배근

단면에 전달되는 응력을 지지하기 위한 철근배근 방법은 일반적인 R.C 구조체의 경우와 다를 바 없으나 세그먼트의 운반 및 가설중의 응력에 대한 고려와 Shear Key부분 및 텐던 정착구 부분의 배근등에 설계자의 세밀한 주의가 부가적으로 필요하다.

2.3 하부구조

2.3.1 교대(abutment)

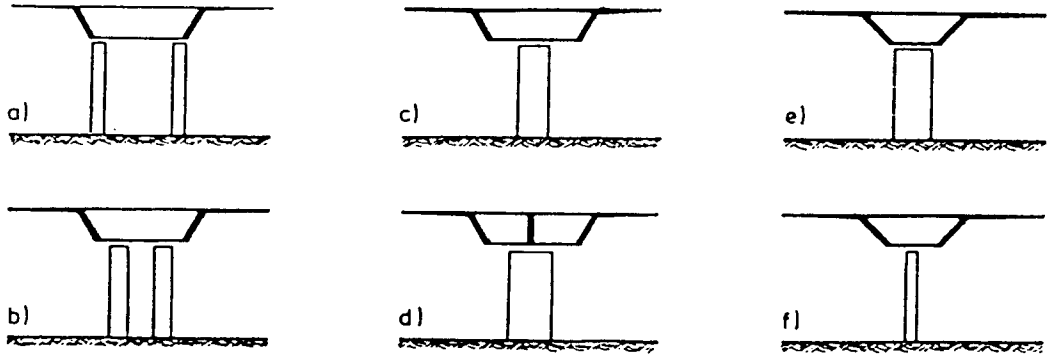
작은 교량에서는 Spillthrough Abutment로 충분하나 큰 교량에서는 보통 박스형 교대가 사용된다.

2.3.2 교각(pier)

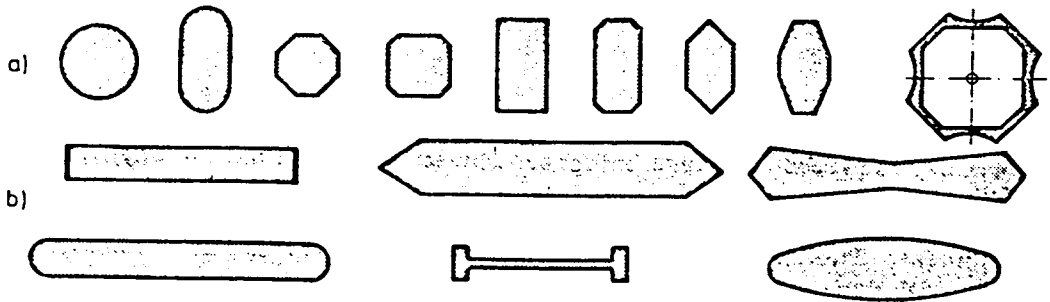
교각의 형태는 지형조건과 지반조건 그리고 심미적인 요인에 의해 결정되며 <그림 3>과 같은 예들이 있다. 하구에 설치되는 교각은 박스거더의 하부 슬래브보다 넓거나 비슷하게 설치된다. 계곡 등에 설치되는 고가교의 교각은 1-cell 또는 2-cell 박스단면으로 설계되어지고 벽 두께는 최소 200mm-300mm를 유지하도록 한다.

2.3.3 기초(foundation)

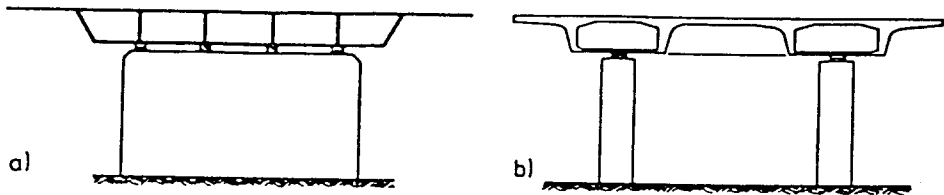
얕은 깊이에서 지반의 상태가 좋을 시에는 얕은 확대기초가 가장 간단한 형태중에 하나이며 지반 하부에 토질상태가 적절할 때는 굴착파일기초와 드릴(drill) 또는 항타 말뚝이 선택된다. 흙의 상태



〈그림 3a〉 교각단면 형태(I)



〈그림 3b〉 교각단면 형태(II)



〈그림 3c〉 다중 cell 박스거더 교량의 교각형태

가 좋지 않을 때에는 토질층이 좋을 때까지 개착하거나 케이슨 기초로 한다.

3. 해석

3.1 개요

P.C 박스거더 교량의 설계에 있어 국내에서는 선형탄성이론에 근거를 두고 해석을 하고 있는데 박스거더의 경우 종방향 해석(longitudinal analysis)은 별 어려움 없이 하고 있으나 횡방향 해석(transverse analysis)에 대해서는 아직까지 선진

국에서 조차도 개념정립이 되어있지 않고 있다. 텐던 정착부의 설계 경우도 정리 또는 표준화되어 있지 않으나 일반적으로 전문업체(VSL, Freyssinet 등)가 제공하고 있는 표준도면을 참조하여 수행되고 있다. 한편, 시공단계에 따른 설치곡선(casting curve) 산정을 위한 세그먼트의 Pre-Camber 계산도 해석과정에서 중요하게 수행되어야 할 항목이다. 지금까지 알려진 교량의 종방향 및 횡방향 해석을 위한 해석이론은 다음 〈표 2〉와 같이 분류될 수 있고 이중에 Method 1-8은 균일한 단면을 가진 rectangular, single cell, straight box-beams 등의 해석에 적절하며 Me-

〈표 2〉 P.C 박스거더 교량 해석방법들

Analytical method	Type of structural action considered						
	Longitudinal bending	St. Venant torsion	Distorsion (transverse bending)	Torsional warping	Distorsional warping	Shear lag	Local effects
1. Simple beam theory	✓	✓					
2. Knittel			✓				
3. Equivalent beam (Richmond)			✓		✓		
4. Kupfer			✓		✓		
5. Kollbrunner and Hajdin Heilig				✓			
6. Beam on elastic foundation analogy			✓		✓		
7. Reissner						✓	
8. Influence surfaces for plates and frame analysis for local transverse bending effects							✓
9. Grillage theory	✓	✓	✓				
10. Folded plate theory	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11. Finite strip theory	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12. Finite element theory	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13. Shell theory	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

thod 9-13은 curvature, skew, continuity, variable cross section을 가진 multi-cell 박스교량의 해석에 사용 가능하다.

3.2 종방향 해석(Longitudinal Analysis)

1) 가설 모멘트

완성구조계에서의 사하중 및 활하중에 대한 여러 응력상태에 대한 검토는 일반 구조물의 설계에서와 마찬가지로 당연히 수행되어야 하나 교량 구조물의 경우는 가설중의 응력검토가 부가적으로 요구된다. 이에 따라 가설시의 응력을 지지하기 위한 동바리 및 임시지지대 그리고 Pre-stressing Tendon등의 설계가 이루어진다. 동바리를 설치하지 않는 켄틸레버 공법의 경우는 가설하는 동안 점점 추가되는 세그먼트에 의해 부 모멘트가 점차 증가하며 이 모멘트는 세그먼트의 면이나 box단면 안쪽의 build-out에 의해 정착하는 상부 슬래브의 Pre-stressing Tendon에 의해 지지되고 교각에 전달된다.

2) 크리이프 해석

콘크리트의 크리이프 변형은 사하중 및 텐던 긴

장력등에 의한 콘크리트 비탄성 거동에 의해 발생한다. 이와같은 크리이프 변형을 고려할 수 있는 모델은 ACI 모델, CEB-FIP 모델, BP 모델등이 있으며 국내 시방서는 CEB-FIP 모델을 기준으로 하고 있다. 크리이프 변형에 의한 장기 처짐 해석시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

가. 상부구조의 사하중 및 프리스트레싱에 의한 크리이프의 영향

나. 켄틸레버 교량의 경우에 중간절점 연결시 구조계 변화에 의한 크리이프 해석

다. 지점침하로 인한 크리이프 효과

라. 건조수축이 크리이프에 미치는 영향

3) 부가 사하중과 활하중에 대한 해석

P.C 박스거더 교량상에서 발생하는 주 하중효과로는 박스거더 상부구조의 사하중과 활하중, 텐던에 의한 긴장력 및 크리이프에 의한 휨 모멘트의 재분배등이 있다.

4) 온도효과에 의한 해석

P.C 박스거더교량 상부구조상의 온도효과도 다른 형식의 교량에 대한 종방향내의 상부구조상의 온도효과와 유사하게 고려된다. AASHTO에서는 온도와 건조수축을 포함하는 하중조합조건에서는

계산된 응력을 25-40% 증가시킨 값으로 검토하도록 요구하고 있다. 온도의 종방향 효과는 교량의 길이변화를 유발하여 종방향 모멘트와 전단력을 일으키므로 박스거더의 상, 하부 슬래브의 부등온도로 인한 응력을 함께 해석시 고려해야 한다.

5) 전단

전단에 대한 설계는 여러 CODE가 규정하는 내용이 서로 상반되고 변화가 크기 때문에 설계자는 설계시 신중히 이를 고려해야 한다. 특히 ACI와 AASHTO시방서는 CEB-FIP 및 기타 유럽 시방서와 여러면에서 차이가 있다. 많은 국가에서는 전단력의 일부를 부재의 콘크리트가 부담하고 나머지 전단력은 전단 철근이 부담하도록 설계되고 있으나, 프랑스 시방서(CCBA)는 콘크리트 부담을 허용치 않고 모든 전단력은 횡철근으로 전달케 함으로써 상당히 과대한 설계접근방식을 채택하고 있다. 최근의 CEB-FIP시방서는 콘크리트에 의해 전달되는 전단력의 비율을 부분적으로 허용하며, ACI시방서는 콘크리트에 의해 부담되는 전단력을 큰 비율로서 허용하고 나머지는 전단철근에 의해 부담토록 하고 있다.

6) 설치곡선(Casting Curve)

장시간의 공사기간 동안에 교량은 증가되는 사하중 및 텐던 긴장력, 크리이프등의 콘크리트 시간의존적 재료특성의 영향등으로 인하여 시공단계별로 처짐곡선의 다양한 변화과정을 거쳐 완성되며 교량 완공후에도 완성구조계의 장기처짐이 계속해서 일어나게 된다. 따라서 완성구조계가 계획된 도로선형을 유지하기 위하여는 교량공사시에 시공단계별로 장기처짐까지 고려된 Pre-Canber곡선에 맞추어 공사를 진행하게 되는데 이 곡선을 설치곡선이라 한다. 설치곡선은 시공단계별로 시공상황의 구조적인 요소들을 고려한 해석을 통하여 구할 수 있게된다. 이러한 설치곡선은 동바리를 설치하지 않는 캔틸레버 공법인 경우에는 더욱 더 중요하다.

3.3 횡방향 해석

횡방향해석은 횡방향 휨모멘트와 전단력, 그리

고 축방향력을 구하기 위한 것으로, 단면축에 대해 대칭하중일때는 크게 문제가 되지 않지만, 역대칭하중(실제적으로는 비대칭 교통하중에 의한)일 경우는 만약 단면의 횡방향보강이 제대로 되어 있지 않으면 횡단면의 모서리각에 변화가 오는 것(distortion)과 같은 부가적인 변형이 생기게 된다. 뒸(warping)에 대해 구속이 있을 때에는 단면 변형에 의한 뒸응력이 종방향으로 발생한다. 또한 비틀에 대한 전단응력과 판내에 축력도 발생한다.

횡방향해석 방법은 Vlasov의 "Thin Walled Elastic Beam"이론에 바탕을 둔 PTI(Post-tensioning Institute)의 횡방향해석 방법과 Kupfer이론에 의한 횡방향 해석방법, 그리고 Steinle, Wright등이 제안한 BEF(Beam on Elastic Foundation) 유사법등이 있다.

실무에서 수행하는 일반적인 횡방향 해석절차는 먼저 박스단면의 상부슬래브 부분을 캔틸레버 부분과 내측 슬래브 부분으로 분리한 후 보(Beam)해석에 의한 휨모멘트와 영향면(Influence surface)이나 유한요소해석에 의한 슬래브의 휨모멘트를 구하여 횡분배 영향이 고려된 박스단면의 프레임 해석을 위한 하중을 계산하여 이 하중에 의한 박스단면의 횡방향 프레임해석을 수행하는 것이 보통이다.

3.4 정착구 설계

정착구 부분의 설계 및 해석은 Spalling 및 Bursting stress등의 영향을 고려하여 수행하게 되는데 아직 정형화된 해석 방법은 없다. 다만 이론적인 접근으로 60년대에 와서 K.T.Sundara, Raja, Lyengar는 Guyon의 대략적인 연구결과를 수정하여 이론적 해법을 제시하였고 M.Sargious는 C Beam의 지점반력의 작용거동을 발표하였다. 그 후로 Leonhardt는 Sargious나 Guyon등의 연구결과에 의거하여 정착부 인장철근 설계지침을 발표하였다. 실무에서는 선진의 전문업체들에서 자신들의 실험 및 시험을 거친 표준 정착구의 설계도면을 참고하고 각국의 시방규준에 의한 검토를 거쳐 설계된다. 국내 콘크리트 시방서에는 허용지압응력(allowable bearing stress) 규정이

ACI와 같으며 정착부 인장응력(bursting stress)의 보강을 U자형, 격자형, 또는 나선형 철근으로 해야 한다고 규정해 놓고있다.

3.5 해석 S/W

P.C가 중요한 구조재로 다양한 구조물에 적용되면서부터 P.C구조물의 복잡한 거동을 규명하기 위한 연구가 진행되어 왔다. Berkeley대학에서는 70년대초부터 Scordelis교수를 중심으로 P.C구조물에 대한 일련의 연구들을 수행해 왔으며, 연구 결과로서 PC구조물의 해석을 위한 컴퓨터 프로그램들이 개발되었다. 한편 P.C 교량은 캔틸레버 공법, 이동식 비계공법, 압출공법, 프리캐스트 세그먼트 공법등 동바리를 사용하지 않고 세그먼트별로 현장타설하거나 프리캐스트 세그먼트를 접합시켜 나가는 공법을 이용하여 시공하는 경향이 증가하고 있으며, 이와같이 세그먼트별로 순차적으로 시공되는 P.C세그먼트 교량의 경우는, 시공진행에 따른 구조계의 변화, 하중의 변화와 더불어 크리이프, 건조수축, P.C강재의 배치 및 인장력의 변화등 시간의존적 효과로 인하여 구조적 거동이 더욱 복잡해진다. 이와같이 구조계가 계속적으로 변하는 PC교량의 거동을 파악하기 위한 연구로는 60년대 중반부터 단순한 모델에 근거를 둔 설계지침들이 발표되었고 70년대 들어서는 좀더 근사적인 해석모델에 근거한 해석방법들이 제시되기 시작했다.

먼저 세그먼트별로 시공되는 PC교량의 설계에 관한 연구를 들면 Leonhardt(1980), Guyon(1974)이 캔틸레버 공법으로 시공되는 P.C교량의 크리이프 및 건조수축에 의한 응력을 계산하기 위한 설계식을 제안하였고 PCI, PTI(1978)에서도 캔틸레버공법에 의한 P.C 교량들의 설계지침을 제안하였다. 이들은 실용적인 반면 프리스트레스의 손실을 시간에 따라서 고려하지 않았고, 캔틸레버 전체를 하나의 세그먼트로 가정하는 등 다수의 가정을 도입하므로써 복잡한 공정의 캔틸레버 공법이나 사장교에 적용하는 데는 한계가 있었다. 1974년 Texas Austin대학에서 직선교량의 시공 단계를 고려한 선형해석 프로그램 SIMPLA2를

개발한 이래 현재까지 국내에서 개발한 SPCFR-AME, D7에 이르고 있다. 또한 상업용 프로그램으로 오스트리아의 TDV사와 스위스의 VSL사(1977)에서는 임의의 3차원 공간뼈대구조물의 시공중의 각 시공단계를 고려한 해석이 가능한 프로그램 RM-SPACEFRAME을 개발하였다. 이 프로그램은 기하학적인 비선형 해석이 가능하나 재료의 비선형성을 고려하지 않았고 프리스트레싱과 크리이프 및 건조수축에 의한 영향이 1축의 휨에만 고려되는 한계가 있다. 그리고 프랑스의 Freyssinet사(1977)에서는 P.C 교량의 해석을 위한 프로그램 BC를 개발했는데 시공중의 각 단계를 고려한 해석이 가능하고 텐던은 부재내에서 3차곡선의 형상을 갖는 것으로 가정하였고 다만 BC는 2차원 평면구조물 해석용으로 개발되었다. 그러나 이와같은 상업용 프로그램 조차도 프로그램의 성능 또는 그 효용성을 좌우하는 프로그램의 후처리 기능이 매우 미흡한 실정이다. 한편, 최근에 삼성종합건설에서는 3차원 프리스트레스트 콘크리트 교량 전용해석 프로그램으로 시공단계와 콘크리트의 시간의존적 재료특성등을 합리적으로 고려할 수 있으며 세그멘탈교량의 설치곡선의 자동산정이 가능한 <PSDARI>를 개발하였다. <PSDARI>는 이와 같은 일련의 시공단계 해석을 일목요연하게 그래픽 화면상에 보여줄 수 있는 강력한 후 처리 기능을 포함하고 있다. 이상과 같은 여러 프로그램들의 기능은 <표 3>과 같이 비교할 수 있다. 그러나 이들 프로그램 조차도 횡방향 해석에 있어서는 아직까지 완벽한 기능을 발휘하지는 못하고 있다.

4. 결론

이상과 같이 한정된 지면에서 P.C박스거더 교량의 설계 및 해석에 관하여 간략히 소개하였다. 구조해석 및 설계등이 어떤 일정한 틀이 있어 모든 구조 Engineer들이 반드시 따라야할 정형화된 절차가 있는 것이 아니라 최소한의 규정을 갖는 설계 및 시방기준들을 근간으로 구조 Engineer들 각자의 창의력과 공학적 판단 및 근거제시를 통해 수행됨에 비추어 볼때 본 고의 내용은 하나의 예

〈표 3〉 해석 프로그램의 비교

프로그램명	3차원 해석		추가 자유도		단면형상 단면형상	시공단계 해석	기하학적 비선형 (재료의 비선형)	사 용 요 소		비 고
	직 선	곡 선	립	찌그러짐				MAIN FRAME	STAY CABLE	
SIMPLA2	0		0	0	제약없음	0		FOLDED PLATE		.
SEGAN	0	0	0	0	1 CELL BOX	0		8 d.o.f		.
SFRAME	2차원				제약없음	0		3 d.o.f		.
MAPBOX	0	0	0	0	1 CELL BOX		0(0)	8 d.o.f		.
SPCFRAME	2차원				제약없음	0	0(0)	3 d.o.f		.
R M	0	0			.	0	0	6 d.o.f	0	부분적 후처리
B C	2차원				.	0		3 d.o.f	0	부분적 후처리
PSDARI ⁶⁾	0	0	0		제약없음	0	0	7 d.o.f		시공시간 고려, 시간의존 성 재료 특성 자동처리 강 력한 후처리기능

일 뿐이다. 본 지면을 빌어 강조하고 싶은 것은 최근의 교량이 장대화되고 다양한 시공법에 의한 시공절차로 건설됨으로 인해 완성구조계가 같은 교량일지라도 완성구조계에 도달하기까지의 구조계 및 하중/응력 상태가 다양하게 변화됨에 따라 구조 Engineer는 설계시에 반드시 시공과정을 철저히 모사(simulation)하고 시공중에서도 계속해서 현장의 변화되는 사항을 Feed-Back시키므로써 최근 시공중에 자주 발생하는 장대교량의 구조적인 문제점들을 미연에 방지하는 노력을 기울여야겠다.

5. 참고문헌

- 1) 건설기술연구원, 경제적인 P.S 콘크리트 교량 건설공법에 관한 연구, 1986.
- 2) PTI, Post-Tensioned Box-Girder Bridge Manual, 1978.
- 3) Jorg SCHLAICH, Hartmut SCHEEF, "Concrete Box Girder Bridges", 1982.
- 4) B.I.Maisel, R.E Rowe and R.A.Swann, "Concrete Box-Girder Bridges", The Structural Engineer, Vol.51, No.10, pp.363-376, 1973.
- 5) 삼성중합건설, 장대교 연구보고서, 1990.
- 6) 삼성중합건설, 프리스트레스트 콘크리트 교량 전용의 거동해석 시스템(PSDARI), 1991.