

## 스트레스 리본 보도교의 설계절차

한기장<sup>1</sup>, 최영구<sup>2</sup>, 박경룡<sup>3</sup>, 김기동<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 건설환경공학부, <sup>2</sup>(주)유일브릿지솔루션, <sup>3</sup>(주)디에스글로벌이엔씨

## Design Procedure of Stress Ribbon Pedestrian Bridges

Ki-Jang Han<sup>1</sup>, Young-Goo Choi<sup>2</sup>, Kyoung-Yong Park<sup>3</sup> and Kee-Dong Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil & Environmental Engineering, Kongju National University

<sup>2</sup>YOOIL BRIDGE SOLUTION, <sup>3</sup>DS Global ENC

**요 약** 스트레스 리본 보도교는 특정한 새그를 갖는 지지 케이블에 교량 길이에 비하여 단면 두께가 아주 작은 Deck을 설치하고 프리스트레스를 도입함으로써 발생하는 긴장된 바닥판의 축력으로 외력의 대부분을 저항하는 구조물이다. 일반 구조물 설계와 달리 스트레스 리본 보도교의 설계는 Deck 단면의 가정 이외에도 지지 및 긴장 케이블량과 긴장 케이블 긴장력을 가정하여야 하기 때문에 보다 많은 반복과정이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 반복과정을 최소한으로 줄이고자 지지 및 긴장 케이블량과 긴장력을 합리적으로 가정할 수 있는 회귀분석식이 새그비 1/30, 1/40, 그리고 1/50를 갖는 교량길이 80m에 대하여 제안되었다.

**Abstract** A stress ribbon pedestrian bridge is the structure in which the axial force of prestressed deck, which is developed by introducing prestressed force into the thin deck with the very low value of span to deck-depth ratio which is installed on bearing cables with the specified sag, resists most of external loadings. Since the design of stress ribbon pedestrian bridges should be conducted by assuming the cross-section of deck, the area of bearing cables and post-tensioning cables, and the prestressed force of post-tensioning cables, it requires much more iterative processes than the design of general bridges. In this research, to minimize such iteration processes, regression equations which can reasonably assume the area of bearing cables and post-tensioning cables, and the prestressed force of post-tensioning cables, are suggested for the bridge length of 80m with the sag-span ratios of 1/30, 1/40, and 1/50.

**Key Words** : Concrete deck, Efficient Design Procedure, Prestressed force, Regression equations, Stress Ribbon Bridges

### 1. 서론

스트레스 리본 교량이란 특정 새그를 갖는 케이블에 교량 길이에 비하여 단면 두께가 아주 작은 콘크리트 Deck를 설치하고 프리스트레스를 도입함으로써 발생하는 긴장된 바닥판의 축력으로 외력의 대부분을 저항하는 구조물을 말한다. 이 개념은 1958년 보스포루스해협 횡단교 계획에서 장경간 교량을 위해 Ulrich Finsterwalder에 의해 처음으로 도입되었다[1]. 스트레스 리본 보도교

는 일반적으로 지지 및 긴장 케이블과 콘크리트 Deck으로 구성되며 콘크리트 Deck 단면높이( $d/l=0.0016-0.008$ )[2]는 케이블해석이나 Membrane 해석이 가능할 정도로 경간 길이에 비해서 매우 작다. 일반적인 교량에 비교할 때 매우 단순한 구성을 보이는 것이 특징이지만 프리스트레스 콘크리트 구조물의 거동, Deck와 케이블의 기하학적 비선형거동, 그리고 시간의존적 거동이 설계에 반영되어야 하기 때문에 해석과 설계에 어려움이 따른다. 일반 교량 설계의 경우 단면가정만으로 구조해석이 가능하며 강

본 연구는 국토교통부 건설기술혁신사업(11기술혁신B01)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

\*Corresponding Author : Kee-Dong Kim(Kongju National Univ.)

Tel: +82-41-521-9306 email: kkim@kongju.ac.kr

Received April 22, 2013

Revised May 3, 2013

Accepted May 9, 2013

도와 사용성 한계상태에 대해 검토 한다. 반면에 스트레스 리본 보도교는 케이블 해석을 수행하여야하기 때문에 단면가정 이외에도 1,2차 케이블랑과 2차 케이블 긴장력을 가정하여야 하며 한계상태 검토 이외에도 설계하중에 대한 최종목표 새그도 검토하여야 한다. 이와 같이 스트레스 리본 보도교의 설계는 일반 구조물에 비하여 보다 많은 가정과 설계검토 항목을 포함하고 있기 때문에 많은 반복과정이 불가피하다. 스트레스 리본 교량의 기하학적 비선형 케이블 해석모델에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. 대표적으로 Jiri Strasky[3], Diego Cobo del Arco[4], PC조상관교설계시공규준[5]이 제시한 해석모델들이 있다. 그러나 다양한 설계 변수를 합리적으로 가정할 수 있는 설계절차에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 설계과정에서 발생하는 반복과정을 줄이고 효율적으로 설계를 수행할 수 있도록 설계 가이드라인을 제안하고자 하였다.

## 2. 설계변수 가이드라인

### 2.1 설계 지배 한계상태

스트레스 리본 보도교는 특정한 새그를 갖는 콘크리트 Deck에 프리스트레스를 도입함으로써 필요한 강성을 제공하나 경간( $l$ )에 비하여 단면높이( $d$ )가 매우 작기 때문에 일반교량에 비하여 유연한 거동을 보인다. 따라서 스트레스 리본 보도교에 대한 한계상태 검토는 사용성한계상태가 지배할 것으로 판단된다. 스트레스 리본 보도교는 Deck 단면에 인장응력을 허용하지 않는 PC구조(Prestressed Concrete)와 인장응력을 허용하는 PPC구조(Partially Prestressed Concrete)로 분류될 수 있다. 사용성 한계상태 검토는 사용하중에 대하여 구조해석을 통해 얻어진 콘크리트 응력을 인장응력 목표 값과 비교하여 이루어진다. Table 1과 Fig. 1에는 일반적인 단경간 스트레스 리본교량의 다양한 사용하중 조합과 그에 따른 콘크리트 상연응력이 각각 나타나있다. 설계자가 인장응력을 발생시키지 않는 PC구조로 설계를 원하는 경우에는 Fig. 1에 보이는 것 같이 사용하중조합 12에서 발생하는 최대 응력을  $\sigma_{tM2}$  이상으로 인장응력이 나타나게 않게 설계하여야 한다. 그러기 위해서는  $\sigma_{tM2}$ 에 영향을 미치는 사용하중조합 2에 의해 나타나는 초기 상연응력이  $\sigma_{tI2}$  이상의 압축응력이 되어야한다[Fig. 1].  $\sigma_{tI}$ 은 프리스트레스 도입(사용하중조합 2)에 의해 발생하는 초기 상연응력으로 PC조상관교설계시공규준에 제시된 식(1)을 이용하여 결정할 수 있다. PPC구조로 설계하는 경우에는 최대 상

연응력  $\sigma_{tLM}$ 이  $\sigma_{tLM2}$ 보다 작기 때문에  $\sigma_{tI1}$ 이  $\sigma_{tI2}$ 보다 작게 나타난다.

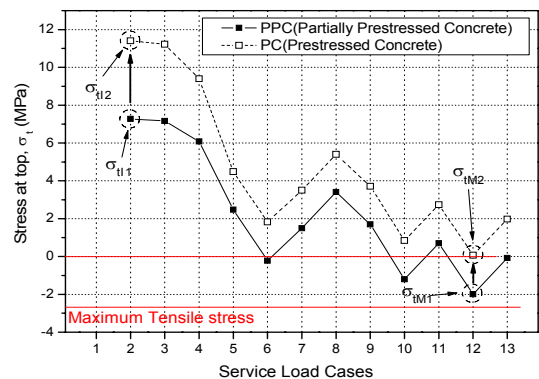
$$\sigma_{cI} = \frac{P_t}{A_{c1}} - \frac{w_{d1} \cdot L^2}{8} \times \left( \frac{1}{f_P} - \frac{1}{f_D} \right) \times \frac{1}{A_{c1}} \quad (1a)$$

$$\sigma_{tI} = \sigma_{cI} + \frac{M}{I} y_t \quad (1b)$$

여기서,  $\sigma_{cI}$ 는 초기 도심응력,  $\sigma_{tI}$ 은 초기 상연응력,  $M$ 은 모멘트,  $I$ 는 단면2차모멘트,  $y_t$ 는 도심에서 상연까지의 거리,  $P_t$ 는 손실량을 고려한 2차 케이블 긴장력,  $A_{c1}$ 은 Deck 단면과 1차 케이블의 환산단면,  $w_{d1}$ 은 Deck 자중,  $f_D$ 는 Deck 자중에 의한 새그, 그리고  $f_P$ 는 Deck 자중과 프리스트레스 도입에 의한 새그이다.  $\sigma_{tI}$ 의 크기에 영향을 미치는 변수는  $P_t$ ,  $f_D$ ,  $f_P$ , 그리고  $M$ 이며 해석과 설계과정에서 이러한 변수를 동시에 합리적으로 가정하기가 어렵기 때문에 많은 반복과정이 발생하게 된다.

[Table 1] Service load cases

		Load Case No.	
Permanent Load	1	Deck construction	
	2	Prestressing	
	3	Relaxation	
	4	Pavement	
Service Load	5	Creep&Shrinkage	
	6	Live	
	7	Temperature(-)	
	8	Temperature(+)	
	9	Snow	
	10	Live+Temperature(-)	
	11	Live+Temperature(+)	
	12	Live+Temperature(-)+Snow	
	13	Live+Temperature(+)+Snow	



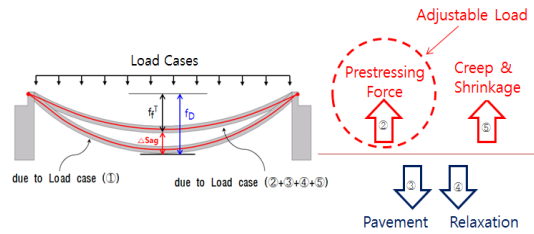
[Fig. 1] Stress at top of deck for Service load cases

설계자가 목표로 하는 최대응력  $\sigma_{cM}$ 을 발생케 하는 초기응력  $\sigma_{cI}$ 을 발생시키기 위한 최소한의 프리스트레스 도입력  $P_t$ 를 결정하기 위하여 식(1a)가 사용될 수 있다. 식(1a)를  $P_t$ 로 정리하면 식(2)과 같이 변환된다. 식(2)가 적절히 사용되기 위해서는 설계자가 목표로 하는 최대응력  $\sigma_{cM}$ 을 만족하도록 많은 반복계산을 통해 적절한  $\sigma_{cI}$ ,  $f_D$ , 그리고  $f_P$ 가 결정되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 많은 반복과정 없이 적절한  $\sigma_{cI}$ ,  $f_D$ , 그리고  $f_P$ 를 가 정할 수 있도록 합리적인 설계절차를 제시하고자 한다.

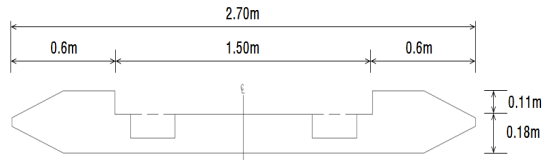
$$P_t = \sigma_{cI} \times A_{c1} + \frac{w_{dl} \cdot L^2}{8} \times \left( \frac{1}{f_P} - \frac{1}{f_D} \right) \quad (2)$$

### 2.2 설계변수 경향

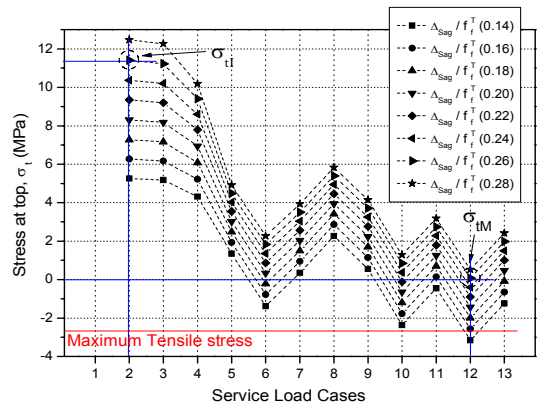
스트레스 리본 교량의 설계는 Deck 자중, 프리스트레스, 릴렉세이션, 교면하중, 그리고 크리프&건조수축과 같은 영구하중에 의해 발생하는 새그가 최종목표 새그  $f_f^T$ 와 유사하도록 Deck 단면크기, 지지 및 긴장 케이블량, 긴장력을 결정한 후에 사용 및 극한한계상태 등 다양한 한계상태를 검토하여 이루어진다. Fig. 2와 같이 Deck 자중에 의한 새그  $f_D$ 에 프리스트레스 도입, 릴렉세이션, 교면하중, 그리고 크리프&건조수축으로 인한 새그 변화량  $\Delta_{Sag}$ 이 더해져서 결정되는 최종 새그  $f_f^T$ 가 최종 목표새그  $f_f^T$ 와 유사하지 않을 경우에는 새그 변화량  $\Delta_{Sag}$ 과  $f_D$ 에 영향을 주는 변수를 재가정해야 한다. 설계 변수 중에서 설계자가 조정할 수 있는 것은 긴장 케이블량과 긴장력( $\Delta_{Sag}$ 를 변화시키는 변수), 그리고 지지 케이블량과 지지장력( $f_D$ 를 변화시키는 변수)이다. 새그 변화량  $\Delta_{Sag}$  중에서 설계자가 조정 가능한 새그 변화는 프리스트레스 도입력  $P_t$ 에 의한 새그 변화  $\Delta_{Sag}^P$ 이다.  $f_D$ 에  $\Delta_{Sag}^P$ 를 더해서 결정되는 새그가  $f_P$ 이다. 따라서  $f_f^T$ 을 만족하기 위해서는 가정하는  $f_D$ 에 적절한  $f_P$ 를 사용하여야 한다. 설계과정에서 설계자가 조정할 수 있는 설계 변수인  $f_D$ 의 변화에 따른  $f_P$  상연응력, 그리고 새그의 변화를 조사하기 위하여 Fig. 3에 나타나 있는 단면을 갖는 80m 길이의 스트레스 리본 보도교에 대한 설계를 수행하였다. 보도교에 적용된 새그비( $f/L$ )는 1/30, 1/40, 그리고 1/50이며 PC조상판교설계시공규준에 제시된 해석모델을 이용하여 설계를 수행하였다.



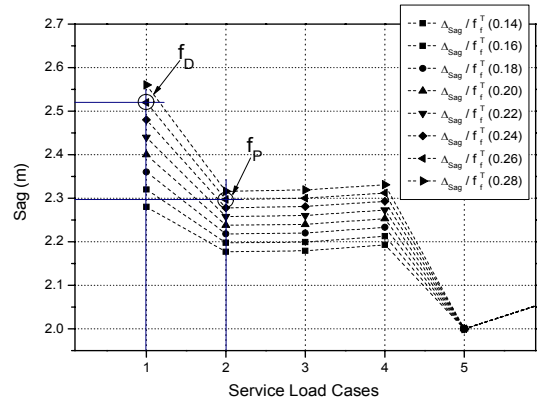
[Fig. 2] Sag changes due to permanent loads



[Fig. 3] Cross-section of Deck



[Fig. 4] Stress at top of deck for  $\Delta_{Sag} / f_f^T$  change



[Fig. 5] Sag change for  $\Delta_{Sag} / f_f^T$  change

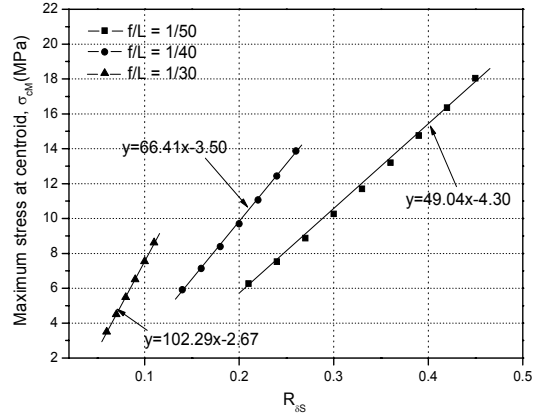
Fig. 4과 5에는  $f_D$  변화에 따른 다양한 하중조합별 상연응력과 새그 변화가 각각 나타나있다. Fig. 4과 Fig. 5는 새그비 1/40에 대한 설계 수행 결과이다.  $f_D$ 는  $f_f^T + \Delta_{Sug}$ 로 정의되기 때문에 2m의  $f_f^T$ 에  $\Delta_{Sug}$ 를 변화시켜  $f_D$ 를 결정하였다. 사용된  $\Delta_{Sug}$ 의 범위는  $\Delta_{Sug}/f_f^T = 0.14 \sim 0.28$ 이다.  $f_D$ 의 변화에 따른 상응하는  $f_P$  값은 영구하중으로 인한 최종 새그  $f_f$ 가 최종 목표새그  $f_f^T$ 가 되도록 결정되었다. Fig. 4에서 목표로 하는 최대 상연응력  $\sigma_{tM}$ 을 결정하면 상응하는 초기응력  $\sigma_{tI}$ 와  $\Delta_{Sug}/f_f^T$ 를 결정할 수 있다. 그리고 Fig. 5에서는 결정된  $\Delta_{Sug}/f_f^T$ 에 상응하는  $f_D$ 와  $f_P$ 가 결정될 수 있다. 결정된  $f_D$ 로부터 지지 케이블량과 지지장력을 산정할 수 있고 결정된  $f_D$ ,  $f_P$  그리고  $\sigma_{tI}$ 를 식(2)에 대입하면 긴장 케이블량과 긴장력을 산정할 수 있다. 이러한 절차를 체계적으로 구성하기 위해 다음 절에서 회귀분석을 수행하였다.

### 2.3 설계변수 회귀분석

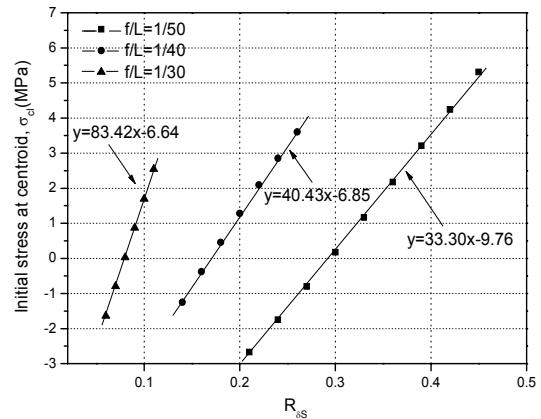
앞 절에서  $f_D$  변화에 따라  $f_f^T$ 를 만족하도록  $f_P$ 를 결정하면서  $f_D$  변화에 따른 최대 도심응력  $\sigma_{cM}$ (사용하중조합 12), 초기 도심응력  $\sigma_{cI}$ (사용하중조합 2), 그리고  $f_P$ (사용하중조합 2)의 변화를 조사하였다. 본 절에서는 앞 절에서 얻은 결과를  $\sigma_{cM}-R_{\delta S}$  관계,  $\sigma_{cI}-R_{\delta S}$  관계, 그리고  $R_{\delta SP}-R_{\delta S}$ 로 정리하고 회귀분석을 수행한 결과가 각각 Fig. 6, Fig. 7, 그리고 Fig. 8에 나타나있다.  $R_{\delta S}$ 와  $R_{\delta SP}$ 는 각각 식(3), 식(4)와 같이 정의 된다. 식(3)을 사용하여  $R_{\delta S}$ 으로부터  $f_D$ 를 결정할 수 있고 결정된  $f_D$ 와 식(4)를 사용하여  $R_{\delta SP}$ 으로부터  $f_P$ 를 결정할 수 있다. Fig. 6의 회귀분석식에 PC나 PPC구조를 만족하도록 결정된 최대 도심응력  $\sigma_{cM}$ 을 대입하면 상응하는  $R_{\delta S}$ 를 결정할 수 있고 이 값을 식(3)에 대입하면  $f_D$ 가 구해진다. Fig. 7과 Fig. 8의 회귀분석식에 위의  $R_{\delta S}$ 를 대입하면 상응하는 초기 도심응력  $\sigma_{cI}$ 과 상응하는  $R_{\delta SP}$ 를 각각 결정할 수 있다.  $R_{\delta SP}$ 와  $f_D$ 를 식(4)에 대입하면  $f_P$ 가 결정된다. 새그비 1/30, 1/40, 그리고 1/50 이외의 새그비에 대해서는 위의 새그비에 대해서 결정된 회귀분석식을 선형보간하여 사용할 수 있다.

$$R_{\delta S} = \frac{\Delta_{Sug}}{f_f^T} = \frac{f_D - f_f^T}{f_f^T} = \frac{f_D}{f_f^T} - 1 \quad (3)$$

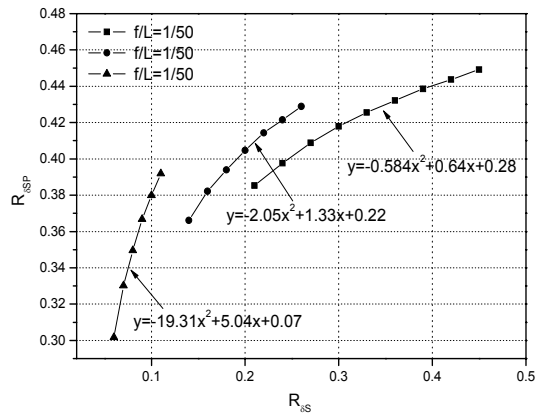
$$R_{\delta SP} = \frac{\Delta_{Sug}^P}{\Delta_{Sug}} = \frac{f_D - f_P}{\Delta_{Sug}} = \frac{\frac{f_D}{f_f^T} - \frac{f_P}{f_f^T}}{R_{\delta S}} \quad (4)$$



[Fig. 6] Regression equations for  $R_{\delta S}$

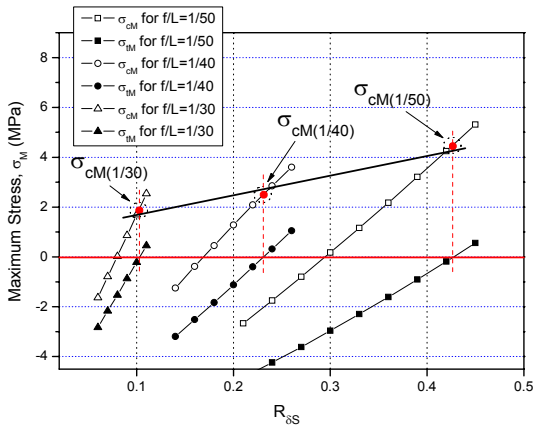


[Fig. 7] Regression equations for  $\sigma_{cI}$



[Fig. 8] Regression equations for  $R_{\delta SP}$

PC나 PPC구조를 만족하도록  $\sigma_{cM}$ 을 결정하기 위해서는 최대 상연응력  $\sigma_{tM}$ 과 최대 도심응력  $\sigma_{cM}$ 의 관계가 파악되어야 한다. Fig. 9에 사용하중조합 12에서 발생한 최대 도심응력  $\sigma_{cM}R_{\delta S}$ 관계와 최대 상연응력  $\sigma_{tM}R_{\delta S}$ 관계가 나타나있다. Fig. 9로부터 최대 상연응력  $\sigma_{tM}$ 이 0.0MPa인 PC구조의 경우에 대하여 최대 도심응력  $\sigma_{cM}$ 은 새그비 1/50, 1/40, 그리고 1/30에 대하여 각각 4.5MPa, 2.5MPa, 그리고 1.9MPa임을 알 수 있다. PPC구조에 대한  $\sigma_{tM}$ 과  $\sigma_{cM}$ 의 관계는 Fig. 9로부터 결정되거나 위의 PC구조의  $\sigma_{tM}$ 과  $\sigma_{cM}$ 의 관계를 목표 인장값만큼 평행 이동하여 결정될 수 있다.

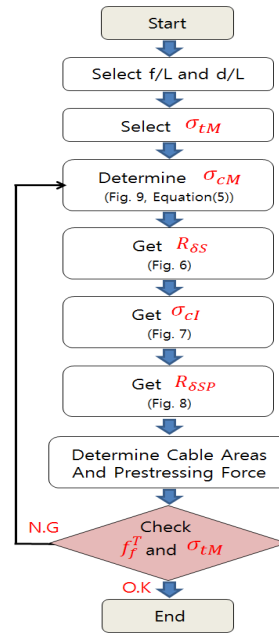


[Fig. 9] Relationship of  $\sigma_{cM}$   $\sigma_{tM}$

본 연구에 사용된 Deck 단면은 Fig. 3에 나타나 있고 이 단면은  $d$ 가 18cm인 전형적인 스트레스 리본 보도교 단면이다. 일반적으로 스트레스 리본 보도교의 단면높이  $d$ 는 교량길이에 상관없이 20cm 내외이다. 따라서 본 연구에 사용된 Deck 단면과 다른 단면을 사용하여 설계를 수행하는 경우에 단면 변화에 따른 축력의 변화가 크지 않을 것으로 판단된다.  $\sigma_{cM}$ 은  $P/A$ 로 정의되므로 단면 변화로 인한  $P$ 의 변화를 무시한다면 본 연구에 사용된 것과 다른 단면의  $\sigma_{cM}^n$ 은 Fig. 9로부터 얻어진  $\sigma_{cM}$ 에 면적비  $k_d = A_{d0}/A_{d1}$ 를 곱하여 식(5)와 같이 결정될 수 있다. 여기서  $A_{d0}$ 는 기준이 되는 Deck 단면적이고  $A_{d1}$ 은 새로운 Deck 단면적이다. 실제로 새로운 단면에 대해 식(5)을 이용하여  $\sigma_{cM}$ 을 결정하고 설계를 수행한 결과, 반복과정 없이 효율적인 설계가 가능한 것으로 확인되었다.[6] 또한 3장의 설계 예에서도 식(5)를 이용하여 효율적인 설계를 수행할 수 있었다.

$$\sigma_{cM}^n = \sigma_{cM} \times k_d \tag{5}$$

위에서 설명한 Fig. 6, Fig. 7, 그리고 Fig. 8의 회귀분 석식을 이용하여 설계변수를 결정하고 설계를 수행하는 절차를 정리하면 Fig. 10와 같다. Fig. 10의 설계 절차를 이용한 설계 예는 3장에 나타나 있다.

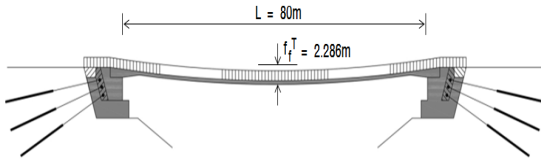


[Fig. 10] Design Procedure

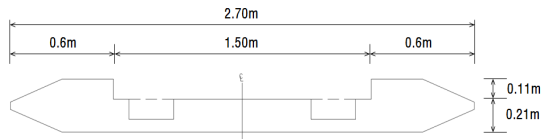
### 3. 설계 예

위의 설계절차를 이용하여 단경간 80m 스트레스 리본 보도교 설계를 수행하였다. 설계 대상 교량의 제원과 단면형상은 Fig. 11과 Fig. 12에 나타나 있으며 해석방법은 PC조상판교설계시공규준에 제시된 해석 모델을 이용하였다. 설계 새그비는 1/35이며 PC구조로 설계하기 위하여 인장응력이 발생하지 않도록 0.0MPa의 최대상연응력을 목표로 하였다. Table 2에는 Fig. 10의 설계절차를 이용하여 결정된 설계변수가 나타나 있고 Table 3에는 Table 2의 설계변수를 이용하여 산정된 1, 2차 케이블량과 긴장력이 나타나있다. 이러한 값들을 이용하여 13개의 사용하중조합에 설계를 수행하여 얻은 상연응력과 새그변화가 Fig. 13에 나타나 있다. 이 그림으로부터 제안된 설계절차를 이용하여 결정된 최종 새그가 최종 목표 새그를 만족하고 최대 상연응력도 0.42MPa로 나타나 목

표로 하는 PC구조가 달성되었음을 파악할 수 있다. 또한 극한한계상태도 충분한 안전율을 갖고 있어 반복과정 없이 효율적으로 사용한계상태와 극한한계상태를 만족하는 설계가 가능하였다.



[Fig. 11] Final target sag and length



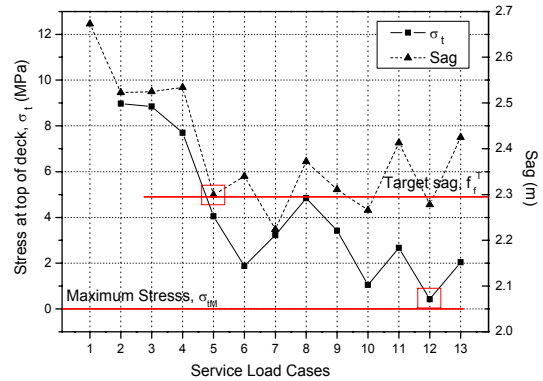
[Fig. 12] Cross-section of Design Deck

[Table 2] Design variables

	Design variables
$\sigma_{cM}$	- Select $\sigma_{tM} = 0.5MPa$ - Determine $\sigma_{cM}$ from Fig. 9 $\sigma_{cM(1/30)} = 1.9 + 0.5 = 2.4MPa$ $\sigma_{cM(1/40)} = 2.5 + 0.5 = 3.0MPa$ - Modify $\sigma_{cM}$ form Equation(5) $\therefore \sigma_{cM(1/30)} = 2.4 \times 0.867 = 2.081MPa$ $\therefore \sigma_{cM(1/40)} = 3.0 \times 0.867 = 2.601MPa$
$f_D$	- Get $R_{\delta S}$ from Fig. 6 $2.081 = 83.42x - 6.64 \Rightarrow R_{\delta S(1/30)} = 0.1045$ $2.601 = 40.43x - 6.85 \Rightarrow R_{\delta S(1/40)} = 0.2338$ Linear interpolation $\Rightarrow \therefore R_{\delta S(1/35)} = 0.1692$ - Calculate $f_D$ form Equation(3) $f_{D(1/35)} = 0.1692 \times 2.286m + 2.286m = 2.673m$
$\sigma_{cI}$	- Get $\sigma_{cI}$ from Fig. 7 $y = 102.29 \times 0.1045 - 2.67 \Rightarrow \sigma_{cI(1/30)} = 8.019MPa$ $y = 66.41 \times 0.2338 - 3.5 \Rightarrow \sigma_{cI(1/40)} = 12.027MPa$ Linear interpolation $\Rightarrow \therefore \sigma_{cI(1/35)} = 10.023MPa$
$f_P$	- Get $R_{\delta SP}$ from Fig. 8 $y = -19.31 \times 0.1045^2 + 5.042 \times 0.1045 + 0.07 \Rightarrow R_{\delta SP(1/30)} = 0.386$ $y = -2.05 \times 0.2338^2 + 1.33 \times 0.2338 + 0.22 \Rightarrow R_{\delta SP(1/40)} = 0.419$ Linear interpolation $\Rightarrow \therefore R_{\delta SP(1/35)} = 0.403$ - Calculate $f_P$ form Equation(4) $f_{P(1/35)} = 2.673 - (0.403 \times 0.1692 \times 2.286) = 2.517m$

[Table 3] Cables and prestressing force

	Determine
1st Cable	- Horizontal force( $H_0$ ) $H_0 = \frac{wd_1 \times L^2}{8 \times f_D} = \frac{15.375 \times 80^2}{8 \times 2.673} = 4602kN$ - Required Cable Area( $\Sigma A_{P1}$ ) $\Sigma A_{P1} = \frac{H_0}{0.45 \times f_{yt}} = \frac{4602000}{0.45 \times 1860} = 5498mm^2$ - Determine Cable Grade & Area KOREA SE F200TA, $A_{P1} = 1042mm^2$ $\Sigma A_{P1} = 1042 \times 6EA = 6252mm^2 > 5498mm^2 (O.K)$
2nd Cable	- Prestressing force( $P_t$ ) $P_t = \sigma_{cI} \times A_{c1} + \frac{wd_1 \times L^2}{8} \times (\frac{1}{f_P} - \frac{1}{f_D}) = 6728kN$ - Required Cable Area( $A_{P2}$ ) $\Sigma A_{P2} = \frac{P_t}{0.6 \times f_a} = \frac{6728000}{0.6 \times 1420} = 7897mm^2$ - Determine Cable Grade & Area SWPC 7B 12 $\times$ 12.7mm, $A_{P2} = 1184.5mm^2$ $\Sigma A_{P2} = 1184.5 \times 7EA = 8292mm^2 > 7897mm^2 (O.K)$



[Fig. 13] Design results

#### 4. 결론

일반 구조물 설계와 달리 스트레스 리본 보도교의 설계는 Deck 단면의 가정 이외에도 지지 및 긴장 케이블량과 긴장 케이블 긴장력을 가정하여야 하기 때문에 보다 많은 반복과정이 발생한다. 본 연구에서는 이러한 반복과정을 최소한으로 줄이고자 지지 및 긴장 케이블량과 긴장력을 합리적으로 가정할 수 있는 회귀분석식이 새그비 1/30, 1/40, 그리고 1/50를 갖는 교량길이 80m에 대하여

결정되었고 이를 이용한 설계절차가 제시되었다. 설계 예를 통하여 제시된 설계절차가 설계변수를 합리적으로 결정하는데 효과적인 것으로 판명되었다. 교량 길이에 상관없이 합리적으로 설계변수를 결정할 수 있도록 보다 다양한 교량 길이에 대하여 설계절차를 확장하는 추가적인 연구가 수행될 예정이다.

### References

[1] Finsterwalder, U. "Festschrift Ulrich Finsterwalder 50 Jahre für dywidag", 1973.

[2] Meguru tsunomoto, Yasuo kajikawa. "Estimation of damping ratio of stress ribbon bridges and influence on serviceability", JSCE No.612/I-46, PP.337~348, 1999

[3] Strasky, J. "Stress ribbon and cable-supported pedestrian bridges", 2006.

[4] Codo del Arco, D. and Aparicio, A. C. "Preliminary design of prestressed concrete stress ribbon bridge", ASCE Journal of Bridge Engineering, Vol. 6, pp. 234-241, 2001.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0702\(2001\)6:4\(234\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0702(2001)6:4(234))

[5] Japan Prestressed Concrete Engineering Association. "Standard of Design and Construction of Stress-Ribbon Bridge", 2000.

[6] Ki-Jang Han. "Design Guideline for Stress Ribbon Pedestrian Bridges", A thesis for the degree of Master, Kongju National University, 2013.

### 한 기 장(Ki-Jang Han)

[정회원]



- 2011년 2월 : 공주대학교 건설환경공학과 (공학사)
- 2013년 2월 : 공주대학교 대학원 건설환경공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 대학원 건설환경공학과 박사과정

<관심분야>

구조공학, 교량공학

### 최 영 구(Young-Goo Choi)

[정회원]



- 1991년 2월 : 경북대학교 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 우송대학교 건설환경공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 공주대학교 건설환경공학과 (공학박사 수료)
- 1991년 3월 ~ 2001년 5월 : 동아엔지니어링(주)의 3개사
- 2001년 6월 ~ 현재 : (주)유일브릿지 솔루션 사장

<관심분야>

구조공학, 교량공학

### 박 경 룡(Kyoung-Yong Park)

[정회원]



- 1994년 2월 : 인하대학교 토목공학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 인하대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 공주대학교 건설환경공학과 (공학박사 수료)
- 2002년 1월 ~ 2006년 6월 : 공주대학교 건설환경공학과 (공학박사 수료)

- 1996년 1월 ~ 2011년 2월 : 동아엔지니어링(주)의 5개사
- 2011년 2월 ~ 현재 : (주)디에스글로벌이엔씨 대표

<관심분야>

구조공학, 교량공학

### 김 기 동(Ke-Dong Kim)

[정회원]



- 1985년 2월 : 고려대학교 토목공학과 (공학사)
- 1989년 2월 : 오클라호마 주립대 토목구조전공 (공학석사)
- 1995년 5월 : 텍사스주립대(오스틴) 토목구조전공 (공학박사)
- 1997년 10월 ~ 현재 : 공주대학교 건설환경공학부 교수

<관심분야>

구조공학, 내진공학, 교량공학