

LRFD에 의한 연속보 주부재의 조밀 및 비조밀 단면 최적화 설계

Optimal Design of I-type Girders in 2-Span Continuous Steel Bridges by LRFD

국 중 식¹⁾ · 신 영 석²⁾
Gook, Joong-Sik · Shin, Yung-Seok

요 지 : 하중-저항계수 설계법(LRFD)에 따르면, 단면 형상은 압축 요소의 폭-두께 비 및 브레이스 조건에 따라 조밀, 비조밀, slender로 나누어 설계가 되어지고 있다. 본 논문에서는 LRFD시방서의 내용을 기준으로 2경간 연속보의 주형인 I형 거더를 조밀단면과 비조밀단면으로 나누어 설계하였으며, 최적화 기법을 도입하여 단면을 설계하였다. 본 연구는 최적화 기법을 이용하여 조밀 및 비조밀 단면에서의 단면 형상의 변화를 고찰하였다.

ABSTRACT : The Load and Resistance Factor Design(LRFD) Specification defines two sets of limiting width-to-thickness ratios. On the basis of these limiting values, steel sections are subdivided into three categories: compact, noncompact, and slender sections. In this paper, I-Type girders of a 2 span continuous steel bridge are divided into compact and non-compact sections and analyzed. In the design process, an optimization formulation was adopted and ADS, a Fortran program for Automated Design Synthesis, was used. In this study, we studied about change of the section between compact and non-compact using optimization formulation.

핵심용어 : 하중-저항계수 설계법, 조밀 단면, 비조밀 단면, 최적화 기법

KEYWORDS : Load and Resistance Factor Design, compact section, non-compact section, Optimization

1. 서론

국내에서 최근에 새로이 소개되어지고 있는 설계법인 하중-저항계수 설계법(LRFD)는 통계

적 지식에 근거한 신뢰성 이론으로부터 유도된 하중계수와 저항계수를 사용함으로써 종전의 설계방식보다 합리적이고 효과적인 설계 개념으로 인식되어지고 있다. 국내에서는 1980년 대 국내 실정에 맞도록 LRFD에 사용되고 있는 계수

1) 아주대학교 건설교통공학과 석사과정
2) 정회원, 아주대학교 건설교통공학과 부교수

본 논문에 대한 토의를 2000년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

들에 관한 연구⁽¹⁾가 진행된 바 있으며, 현재까지는 주로 강구조물 분야에서 LRFD에 대한 활발한 연구⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾가 진행되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 설계 단면의 결정 시 최적화 기법을 도입하여 단면을 결정하였다. 구조물의 최적 설계는 수학적 계획법에 근거하여 구조물의 시공 경비 또는 중량 등을 최소화 할 수 있는 합리적인 방법으로, 재래의 시행 착오적 설계 방법에 비하여 매우 경제적인 설계 방법이기 때문에 트목 분야에서도 활발한 연구가 진행중이다. 국내에서는 트러스와 강교량 등에서 최적설계 기법을 적용한 연구⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾가 다수 보고되고 있다.

LRFD에 따르면, 단면 형상은 압축 요소의 폭-두께비 및 브레이스 조건에 따라 조밀, 비조밀, slender로 나누어 설계가 되어지고 있다. 조밀단면⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾은 국부좌굴이나 평-비틀림 좌굴이 발생하기 전에 완전 소성 응력 상태에 도달하고 소성 힌지 부분이 회전 할 수 있는 단면을 의미한다. 이는 단면이 완전한 소성상태에 도달할 수 있기 때문에 설계휨강도를 결정할 때 소성모멘트를 기준으로 하여 설계되는 것이다. 비조밀단면⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾은 국부좌굴이 발생하기 전에 압축부는 항복응력에 도달하지만 완전소성응력 분포상태의 변형에 따른 비탄성 국부좌굴에는 저항하지 못하는 단면을 의미한다. 즉, 단면에서 발생하는 최대 응력이 재료의 항복응력에 도달했을 때를 기준으로 설계휨강도를 결정하는 것을 말한다.

일반적으로 기존의 설계 방법에 따르면 조밀 단면보다 비조밀 단면이 더 경제적인 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 신뢰성 있는 최적화 프로그램 중의 하나인 ADS(a FORTRAN program for Automated Design synthesis) 소프트웨어⁽¹²⁾를 사용하였다. Option으로 Strategy는 go directly to the optimizer를, optimizer는 Modified method of feasible direction을, one-Dimensional search는 the Golden Section Method를 사용하였다. 본 연구에서는 LRFD에서 분류하고 있는 단면이 LRFD 설계식

을 적용한 최적화 설계에서 어떠한 단면의 특성을 가지는지와 어떤 단면이 더 효율적인지를 알아보려고 한다.

2. 설계에 사용된 교량의 모델

설계에 사용된 교량은 2경간 연속 교량으로써 합성형 I거더를 병렬로 배치하였다. 가로보의 배치는 정모멘트 구간과 부모멘트 구간으로 나누어 등간격으로 배치하였다.

구조용 강재는 균질 단면일 경우 최소항복강도가 325Mpa인 강재를 비균질 단면일 경우 양 플랜지는 최소항복강도 325Mpa, 복부판의 최소항복강도는 235Mpa로 적용하였고, 콘크리트는 압축강도 280kg/cm^2 , 탄성계수비는 8로 가정하였다. 주형은 수평보강재가 없으며, 1등급 교량용 기준으로 설계하중을 정하였다.

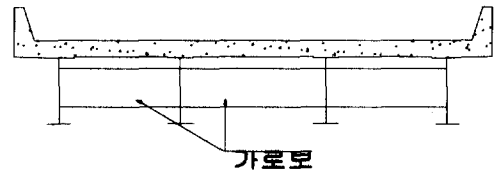


그림 1. 설계 교량의 횡단면도

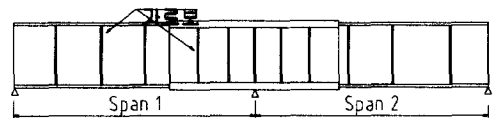


그림 2. 설계 교량의 종단면도

3. 설계 변수 및 설계 제약 조건

3.1 조밀 단면과 비조밀 단면의 LRFD 규정

다음의 표 1과 표 2는 도로교시방서(부록)⁽¹³⁾에 제시된 조밀 합성 I형 단면의 규정과 비조밀 합성 I형 단면에 대한 규정이다.

표 1. 강도한계상태 - 조밀 합성 I형 단면

	정모멘트	부모멘트
공칭 휨 강도	$M_n = M_p$ 단면은 연성조건을 만족해야 한다.	$M_n = M_p$
복부의 세장비	$\frac{2D_w}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{\sigma_x}}$	$\frac{2D_w}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{\sigma_x}}$
압축플랜지의 세장비	강도한계상태에서는 제한이 없음	$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.382 \sqrt{\frac{E}{\sigma_x}}$
압축플랜지의 휨방향지지	강도한계상태에서는 제한이 없음	$L_b \leq [0.124 - 0.0759(\frac{M_1}{M_2})][\frac{7.7E}{\sigma_x}]$

표 2. 강도한계상태 - 비조밀 합성 I형 단면

	정모멘트	부모멘트
각 플랜지에 대한 공칭 강도	$F_n = R_b R_h \sigma_{yf}$	
복부판 세장비 · 수평보강재가 없을 경우 · 수평보강재가 있을 경우	$\frac{2D_w}{t_w} \leq 6.77 \sqrt{\frac{E}{\sigma_x}}$ $\frac{2D_w}{t_w} \leq 11.83 \sqrt{\frac{E}{\sigma_x}}$	
압축플랜지 세장비	강도한계상태에서 제한이 없음	$\frac{b_f}{2t_f} \leq 1.38 \sqrt{\frac{E}{\sigma_c} \frac{2D_c}{t_w}}$
압축플랜지의 브레이싱	강도한계상태에서 제한이 없음	$L_b \leq 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{\sigma_x}}$

비조밀 단면은 위 표의 조건을 만족해야 하며, 공칭 휨강도는 용력으로 나타낸 각 플랜지의 항복강도의 함수로 $F_n = R_b R_h \sigma_{yf}$ 과 같다. 여기서 $R_b, R_h^{(10)(13)}$ 는 용력 감소계수이다.

감소계수는 조밀단면에 대해서는 적용하지 않는다. 왜냐하면, 복부판의 저강도 재료에 대한 영향은 소성모멘트 계산 시 고려되어 있기 때문이다.⁽¹³⁾ 본 논문에서는 조밀단면에 대하여 감소계수는 적용되지 않았으며, 비조밀 단면에서는 감소계수가 적용된 항복강도를 사용하였다.

3.2 설계 변수

그림 3에 나타난 바와 같이 I형 거더의 상·하부 플랜지 폭과 두께 및 복부재의 높이와 두께를 설계변수로 두었으며, 정모멘트 구간과 부모멘트 구간에서 설계 제약조건 설정은 같도록 하였다.

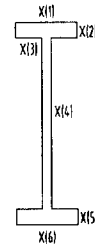


그림 3

3.3 설계 목적 함수

본 논문에서는 주형 단면 변화에 중점을 두었으며, 고찰하고자 하는 의도에 맞게 강재의 단면을 최소화 할 수 있는 설계목적함수를 사용하였다.

$$F(x) = X(1) \times X(2) + X(3) \times X(4) + X(5) \times X(6) \quad (1)$$

표 3. 부모멘트 구간 설계 제약 조건

한계 상태	제약 조건		
		조밀 단면	비조밀 단면
강도한계상태	공칭모멘트	G(1) : $M_u \leq M_r (= M_p)$	
	복부세장비	G(2) : $\frac{2D_{ca}}{X(3)} \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{\sigma_{yc}}}$	G(1) : $\frac{2D_c}{X(3)} \leq 6.77\sqrt{\frac{E}{\sigma_c}}$
	압축플랜지세장비	G(3) : $\frac{X(1)}{2X(2)} \leq 0.382\sqrt{\frac{E}{\sigma_{yc}}}$	G(2) : $\frac{X(1)}{2X(2)} \leq 1.38\sqrt{\frac{E}{\sigma_c} \frac{2D_c}{X(3)}}$
	압축플랜지브레이싱	G(4) : $L_b \leq \left[0.124 - 0.0759 \left(\frac{M_t}{M_p} \right) \right] \left[\frac{r_y E}{\sigma_{yc}} \right]$	G(3) : $L_b \leq 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{\sigma_{yc}}}$
	단면비	G(5) (G(4)) : $0.1 \leq \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.9$	
	공칭전단강도	G(6) (G(5)) : $V_u \leq V_n$	
피로 및 파괴 한계 상태	상부플랜지전단연결재 접합검토	G(7) (G(6)) : $\chi(\Delta f) \leq (\Delta F)_n$	
	인장플랜지 하중집중점 보강재 접합검토	G(8) (G(7)) : $\chi(\Delta f) \leq (\Delta F)_n$	
	중방향철근의 인장응력검토	G(9) (G(8)) : $\chi(\Delta f) \leq \sigma_f$	
	복부판에 대한 피로검토	G(10) (G(9)) : $\sigma_{cf} \leq \sigma_{yw}$	
사용성 한계상태	압축플랜지의 피로응력검토	G(11) (G(10)) : $\sigma_{LL+IM} \leq (\sigma_{LL+IM})_{max}$	
	인장플랜지의 피로응력검토	G(12) (G(11)) : $\sigma_f \leq 0.95\sigma_{yf}$	

* 비조밀단면에서의 응력은 감소계수가 고려되어있음.

표 4. 정모멘트 구간 설계 제약 조건

한계 상태	제약 조건		
		조밀 단면	비조밀 단면
강도한계상태	연성 규정	G(1) : $D_p \leq \frac{d + t_s + t_h}{7.5}$	
	공칭 모멘트	G(2) : $M_u \leq M_r (= M_p)$	
	복부판 세장비	G(3) : $\frac{2D_{ca}}{X(3)} \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{\sigma_{yc}}}$	G(1) : $\frac{2D_c}{X(3)} \leq 6.77\sqrt{\frac{E}{\sigma_c}}$
	단면비	G(4)~G(5) (G(2)~G(3)) : $0.1 \leq \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.9$	
	공칭 전단강도	G(6) (G(4)) : $V_u \leq V_n$	
피로 및 파괴 한계 상태	하부 플랜지 접합	G(7) (G(5)) : $\chi(\Delta f) \leq (\Delta F)_n$	
	복부판 피로 검토	G(8) (G(6)) : $\sigma_{cf} \leq \sigma_{yw}$	
사용성 한계상태	처짐 검토	G(9) (G(7)) : $\Delta_{LL+IM} \leq \frac{L}{800}$	
	인장플랜지피로응력 검토	G(10) (G(8)) : $\sigma_f \leq 0.95\sigma_{yf}$	

* 비조밀단면에서의 응력은 감소계수가 고려되어있음.

() 은 비조밀단면의 제약조건

정모멘트 단면과 부모멘트 단면의 상호 간섭을 배제한 결과를 보기 위하여 두 구간이 개별적인 설계가 되도록 두 구간으로 나누어 프로그래밍 하였으며, 목적함수의 구성은 (1)과 같다.

3.4 설계제약 조건

표 3과 표 4는 LRFD 설계식을 참조하여 구성한 정모멘트 구간과 부모멘트 구간에 대한 설계 제약조건을 보여 주고 있다.

표 3과 표 4에서 보는 바와 같이 강도한계상태에 서의 조건만 다를 뿐, 다른 한계 상태에 대해서는 같은 설계식이 사용되어졌다.

4. 조밀 및 비조밀 단면 최적 설계 결과 및 분석

4.1 지간에 따른 강재의 단면적 변화

다음의 그림 4와 그림 5는 정모멘트 구간과 부모멘트 구간에서 조밀과 비조밀 단면의 지간에 따른 단면적을 비교한 것이다.

정모멘트 구간에서 지간에 따른 단면적의 차이는 약 -0.03~0.82%로 큰 차이를 보이지 않았으나, 부모멘트 구간의 단면적은 비조밀 단면이 조밀 단면에 비해 약 11.9~12.4%의 단면적 감소가 있는 것으로 나타났다.

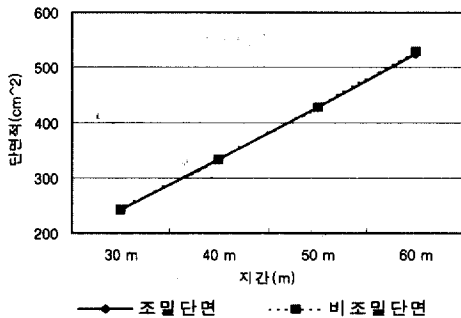


그림 4. 정모멘트 구간

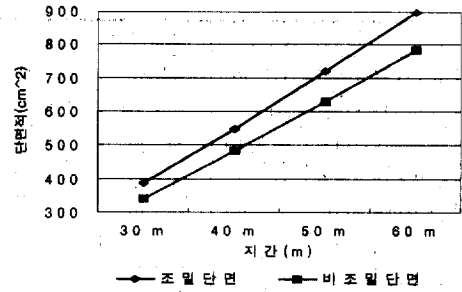


그림 5. 부모멘트 구간

4.2 지간에 따른 강재의 단면 비교

다음의 표 5와 표 6에서는 정모멘트 구간과 부모멘트 구간에서 조밀과 비조밀 단면의 지간에 따른 최적화 단면을 각 플랜지의 단면적으로 비교해 보았다.

표 5. 정모멘트 단면 (단위:cm²)

		조밀단면	비조밀단면	증감율(%)
30m	상부플랜지면적	15.279	13.91	-8.96
	복부판의 면적	134.94	136.55	1.193
	하부플랜지면적	91.13	90.81	-0.351
40m	상부플랜지면적	19.89	17.93	-9.854
	복부판의 면적	184.50	194.01	5.1544
	하부플랜지면적	127.87	121.10	-5.294
50m	상부플랜지면적	23.30	20.75	-10.947
	복부판의 면적	243.93	248.83	2.008
	하부플랜지면적	159.48	159.07	-0.257
60m	상부플랜지면적	30.25	27.53	-8.991
	복부판의 면적	288.77	311.67	7.93
	하부플랜지면적	205.89	190.03	-7.703

정모멘트 구간에서의 상·하 플랜지 면적은 표 5 와 그림 6에서 보는 바와 같이 비조밀 단면에서 감소하는 경향을 보였고, 복부판은 복부의 높이가 조밀 단면보다 높아지면서 단면적도 증가하는 경향을 보였다. 그러나 총 단면적은 그림4에서 보는 바와 같이 상·하 플랜지의 면적 감소와 복부판의 면적 증가가 서로 상충하여 조밀 단면과 큰 차이를 보이지 않았다.

표 6. 부모멘트 단면 (단위:cm²)

	조밀단면	비조밀단면	증감율(%)	
30m	상부플랜지면적	64.58	34.87	-46.005
	복부판의 면적	209.71	226.29	7.906
	하부플랜지면적	113.49	80.27	-29.27
40m	상부플랜지면적	91.85	59.82	-34.87
	복부판의 면적	313.93	317.88	1.258
	하부플랜지면적	142.22	104.63	-26.43
50m	상부플랜지면적	150.79	94.54	-37.3
	복부판의 면적	366.04	396.62	8.354
	하부플랜지면적	202.45	138.3	-31.687
60m	상부플랜지면적	201.31	123.17	-38.816
	복부판의 면적	438.15	496.16	13.239
	하부플랜지면적	256.57	164.84	-35.75

부모멘트 구간에서는 표 6과 그림 7에서 보는 바와 같이 비조밀 단면이 조밀 단면보다 상·하 플랜지의 면적에 있어 상당한 감소를 보이고 있다. 복부판은 복부의 높이가 조밀 단면보다 높아 지면서 단면적도 증가하는데, 상·하 플랜지의 면적 감소가 더 커 그림 5에서 보는 바와 같이 전체적인 단면적 감소를 보였다.

4.3 비조밀에서 균질 단면과 비균질 단면 비교

균질 단면⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾은 최소항복강도가 325MPa인 강재를 사용하였으며, 비균질 단면⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾에서는 양 플랜지의 최소항복강도는 325MPa, 복부판의 최소항복강도는 235MPa인 강재를 사용하였다. 그

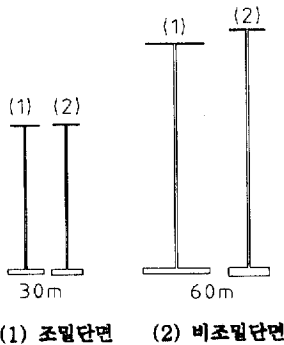


그림 6. 정모멘트 단면

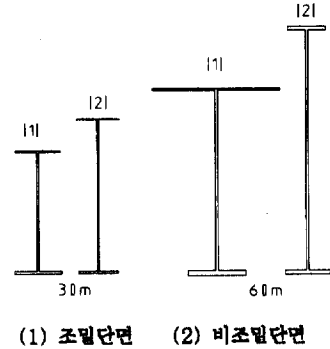


그림 7. 부모멘트 단면

림 6과 그림 7은 비조밀에 대하여 균질과 비균질 단면으로 나누어 최적화 된 단면을 비교해 본 것이다.

비조밀 정모멘트 단면에서는 비균질 단면이 균질 단면보다 약 1.89% 정도 단면적이 증가했고, 부모멘트 단면에서는 약 2.7% 정도 단면적이 증가하였다.

아래의 표 7과 표 8은 지간에 따른 단면의 형상을 나타내었고, 그림 10과 그림 11은 30m와 60m 지간에 대하여 단면을 비교해 보았다.

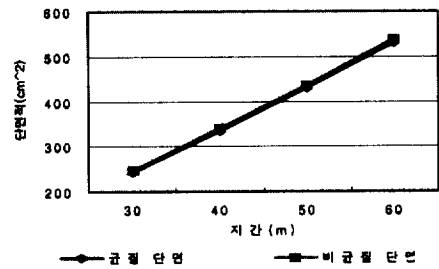


그림 8. 정모멘트 구간

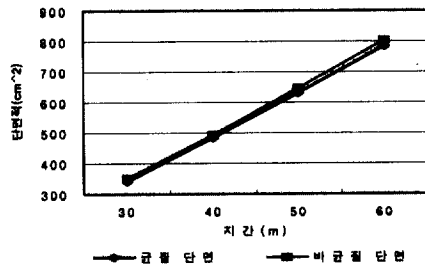
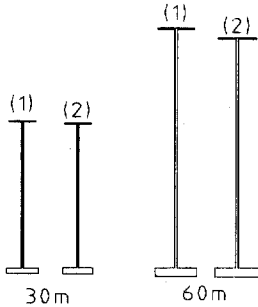


그림 9. 부모멘트 구간

표 7. 비조밀 정모멘트 구간의 단면 형상 (단위:cm²)

		비조밀 정모멘트 단면		
		균질단면	비균질단면	증감률(%)
30m	상부플랜지단면적	13.91	13.748	-1.163
	복부단면적	136.556	133.338	-2.363
	하부플랜지단면적	90.798	98.759	8.775
40m	상부플랜지단면적	17.93	16.802	-6.296
	복부단면적	194.017	192.992	-0.528
	하부플랜지단면적	121.102	129.569	6.991
50m	상부플랜지단면적	20.755	22.708	9.412
	복부단면적	248.835	237.064	-4.73
	하부플랜지단면적	159.074	177.134	11.353
60m	상부플랜지단면적	27.533	31.185	13.278
	복부단면적	311.672	294.653	-5.46
	하부플랜지단면적	190.038	212.386	11.76



(1) 균질단면 (2) 비균질단면

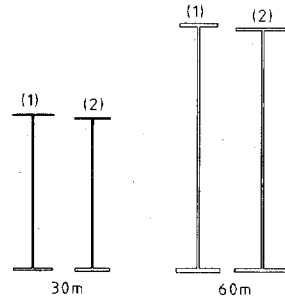
그림 10. 정모멘트 구간

정모멘트 구간에서 비균질 단면은 플랜지의 면적이 위 표 7에서 보는 바와 같이 증가되고, 그림 10에서 보는 바와 같이 복부의 높이가 감소하면서 복부의 단면적이 줄어드는 경향을 보였다. 부모멘트 구간에서 비균질 단면은 플랜지의 면적이 아래 표 8에서 보는 바와 같이 증가되고, 그림 11에서 보는 바와 같이 복부의 높이가 감소하면서 복부의 단면적이 줄어드는 경향을 보였다.

비균질 단면에서 복부판은 플랜지에 쓰인 강도보다 낮은 강도의 재료를 쓰는 것이 일반적이다. 이로 인하여 용력의 비선형화가 발생하며, 이것을 고려하여 시방서에서는 R_h (복합계수)를 사용하여

표 8. 비조밀 부모멘트 구간의 단면 형상 (단위:cm²)

		비조밀 부모멘트 단면		
		균질단면	비균질단면	증감률(%)
30m	상부플랜지단면적	34.874	42.635	22.253
	복부단면적	226.294	219.570	-2.971
	하부플랜지단면적	80.279	89.164	11.067
40m	상부플랜지단면적	59.824	71.825	20.059
	복부단면적	317.887	305.353	-3.943
	하부플랜지단면적	104.633	117.8	12.584
50m	상부플랜지단면적	94.538	103.889	9.890
	복부단면적	396.628	392.055	-1.153
	하부플랜지단면적	138.307	149.32	7.962
60m	상부플랜지단면적	123.171	136.052	10.457
	복부단면적	496.16	485.772	-2.094
	하부플랜지단면적	164.84	180.05	9.221



(1) 균질단면 (2) 비균질단면

그림 11. 부모멘트 구간

전체적으로 플랜지의 최소항복강도를 낮추어 주게 된다. 균질 단면보다 낮은 항복강도를 가지게 됨으로써 용력에 저항하기 위하여 플랜지의 면적이 커지고, 복부판은 전단에 저항하기 위하여 복부의 높이를 낮추어 단면적을 줄이게 된다. 본 연구에서도 이와 같은 경향이 위 표와 그림에서 보는 바와 같이 나타나고 있음을 알 수 있다.

4.4 조밀과 비조밀 단면의 활성화 제약조건 비교

다음의 표 9는 정모멘트 구간에서 최적 설계시 활성화된 제약 조건을 나타낸 것이다.

표 9. 정모멘트 단면

조밀 단면	비조밀 단면
단면2차 모멘트비 하한값 ($0.1 \langle I_{yc}/I_y \rangle$)	단면 2차 모멘트 비 하한값 ($0.1 \langle I_{yc}/I_y \rangle$)
복부의 공칭 전단 강도	복부의 공칭 전단 강도
복부에 대한 피로 검토식	인장플랜지의 피로 검토식
인장플랜지의 피로 검토식	

표 10. 부모멘트 단면

조밀 단면	비조밀 단면
복부판의 세장비	복부의 공칭 전단 강도
압축플랜지의 세장비	피로를 고려한 복부의 세장비
압축플랜지 브레이싱	압축플랜지의 피로 용력
압축플랜지 피로 용력	인장플랜지의 피로 용력
인장플랜지 피로 용력	

정모멘트 구간에서는 그림 4에서 보는 바와 같이 단면의 차이가 크게 나지 않는 것으로 보아 소성모멘트에 의해 설계 단면이 지배되는 것이 아니고 플랜지의 용력에 의해 설계되어 졌음을 볼 수 있다. 따라서 최적화 시 거의 같은 제약 조건이 활성화되었으며, 단지 조밀에서는 장지간(60m)에서 복부의 피로에 대한 제약 조건^(G⁽⁸⁾)이 활성화된 차이가 있었다.

플랜지의 단면과 복부의 단면은 위 표5에서 보는 바와 같이 비조밀에서 플랜지의 단면이 줄어들고, 복부의 높이가 높아지며 면적이 증가하는 예상과 같은 결과를 가져왔으나, 전체적인 단면적은 비조밀에서 줄어들지는 않았다.

다음의 표 10은 부모멘트 구간에서 최적 설계 시 활성화 된 제약조건을 나타낸 것이다.

조밀 단면은 각 플랜지의 세장비와 브레이싱 그리고 피로용력에 의해 단면이 설계되었다. 위 제약 조건 중 복부판의 세장비^{G⁽²⁾(G⁽¹⁾)}, 압축플랜지의 세장비^{G⁽³⁾(G⁽²⁾)}, 압축플랜지의 브레이싱^{G⁽⁴⁾(G⁽³⁾)}은 조밀과 비조밀에서 설계식이 서로 달리 적용되고있다. 따라서 조밀에서 단면 설계에 영향을 미친 제약 조건들이 비조밀에서 적용되지

않음으로써 단면의 차이를 가져온 것이다.

비조밀 단면에서는 복부의 높이가 커짐으로 인하여 복부의 전단 강도에 대한 제약 조건이 활성화되었고, 조밀 및 비조밀 모두 양 플랜지에서 피로 용력에 저항할 수 있도록 단면이 결정지어졌다.

5. 결 론

본 연구에서는 2경간 연속보 주형에 대하여 조밀과 비조밀 단면으로 구분하고, 다시 비조밀 단면을 균질과 비균질 단면으로 구분하여 최적설계한 결과 다음과 같은 결론은 도출하였다.

- 1) 정모멘트 구간의 비조밀 단면은 조밀단면에 비해 상·하 플랜지의 면적은 감소하였고, 복부판에서는 복부의 높이가 높아지면서 단면적도 증가하는 경향을 보였으나, 총 단면적은 조밀단면과 큰 차이를 보이지 않았다.
- 2) 부모멘트 구간의 비조밀 단면은 상·하 플랜지와 복부판이 정모멘트 구간과 같은 경향을 보이고 있으나, 상·하 플랜지의 면적 감소가 더 커서 총 단면적은 약 12% 정도 감소하였다.
- 3) 부모멘트 구간에서 조밀 단면은 각 플랜지의 세장비와 브레이싱 그리고 피로용력에 의해 단면이 설계되었다.
- 4) 비조밀 단면의 정모멘트 구간과 부모멘트 구간에서 비균질 단면은 플랜지의 면적이 증가되고, 복부의 높이가 감소하면서 복부의 단면적은 줄어드나 전체적인 단면적은 증가되었다.
- 5) 비조밀 단면에서는 복부의 높이가 커짐으로 인하여 복부의 전단 강도에 대한 제약 조건이 활성화 되었고, 조밀 단면 및 비조밀 단면 모두 상하부플랜지에서 피로 용력에 저항할 수 있도록 단면이 결정되었다.

따라서 부모멘트 구간에서의 차이로 인하여 비조밀 단면이 조밀 단면보다 단면의 경제성이 높은 것으로 판단되어진다.

본 연구에서는 조밀과 비조밀 단면에 영향을 주는 비지지 길이의 변화에 따른 단면의 특성은

고려되어 있지 않다. 따라서 비지지 길이의 변화에 의해서 조밀과 비조밀 단면 중 어느 단면이 더 경제적인 단면이 되는 가는 앞으로 연구되어야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- (1) 조효남, "R.C. 휨부재의 L.R.F.D. 신뢰성 설계 기준에 관한 연구", 대한토목학회논문집 1981.
- (2) 구봉근, "하중-저항계수 설계법(LRFD)에 의한 강구조물의 최적설계", 인하대 석사 논문, 1979.
- (3) 안성욱, "하중-저항계수 설계법에 의한 강교량 주부재의 최적설계 프로그램의 개발보고서", 아주대 석사 논문 1998.
- (4) 이성철, 최현, 윤동용(1997), "하중-저항 설계 방법에 의한 합성 I형 교량의 설계 자동화 프로그램 개발", 대한토목학회 학술발표회 논문집 (I), 1998.
- (5) 조효남, 정지승, 민대홍, 김현우, "LRFD에 의한 강상판형교의 시스템 최적설계", 한국전산구조공학회 봄학술발표회 논문집, 1998.
- (6) 박문호, 김시철, 김상진(1998), "신뢰성 해석에 의한 I형 합성보의 최적 설계", 대한토목학회 학술발표회 논문집 pp.425~428
- (7) 조효남, 이두화, 정지승, 김현우(1998), "최적 설계프로그램을 이용한 강상판형교의 가로보 간격 결정에 관한 연구"
- (8) 이규원, 변근주, 황학주(1980), "SUMT법에 의한 강재 트러스의 최적설계에 관한 연구," 대한토목학회 28권 제4호, pp.119~130
- (9) W.F. Chen, Seung-Eock Kim, "LRFD Steel Design using Advanced Analysis", CRC, p.279-296.
- (10) "AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS", SI Units Second Edition, pp.6-1 - B6-4, 1998.
- (11) 선용, 한봉구, 강영철, "Design of Structures", 야정문화사 p.150-152.
- (12) G. N. Vanderplaats, (1984) "ADS - a Fortran Program for Automated Design Synthesis Version 1.10", NASA CR 172460.
- (13) "도로교 표준시방서(부록) 하중-저항계수 설계편", 건설교통부 pp.1-1 - 4-172, 1996.

(접수일자 : 1999년 12월 10일)

※〈부 록〉 설계 프로그램 개요

