

2021년도 1학기 강구조공학 수업계획서

교과목명 Course Title	(국문)	강구조공학	(영문)	Steel Structural Engineering
----------------------	------	-------	------	------------------------------

담당교수(소속) Lecturer	김승익 (건설환경공학과)	학수번호/구분/학점 (Course No. /)	010593/전공선택/3학점
전화(연구실/HP) Contact No.	연/ 3408-3607	강의시간/강의실 (Class Hour/Venue)	월, 수 13:30 ~ 15:00/ 공개토관 209
선수과목 (Course Prerequisite)	응용역학 및 연습 1	수강대상 (Target Student)	건설환경공학과 3학년
E-mail (E-mail Address)	sekim@sejong.ac.kr	연구실/Office Hour (Office/Office Hour)	총707

교과목표 (Objectives)	강구조설계의 기본이 되는 강재의 응력 변형을 관계, 강구조물의 거동 및 설계개념, 인장부재의 설계, 압축부재의 설계, 휨부재의 거동 및 설계 등을 학습함으로써 강구조물의 설계 능력을 함양한다.
이번 강의의 개선을 위한 개선계획 CQI (Continuous Quality Improvement Plan)	조금 더 많은 유형의 문제를 다루었으면 좋겠다는 의견이 있었음. 따라서 이번 강의에서는 더 많은 예제를 제공할 예정임
교 재 참고도서 (Text book & References)	강구조설계기준(2009)에 따른 강구조설계, 명현, 박종원 지음
과제도서 (Assignment book)	강구조설계기준(2009)에 따른 강구조설계, 명현, 박종원 지음
수업방법 (Lecture Methods)	<ul style="list-style-type: none"> • 강의, 질의 응답, Vedio 시청 • 온라인 수업
과제물 (Assignment)	문제 풀이/ 부재 설계
독서물 (Reading Materials)	해당사항 없음
학업성취 평가방법 (Course Grading)	[절대평가] 중간고사(%) : 25, 기말고사(%) : 30, 수시평가및과제(%) : 5, 출석(%) : 10, 설계실습 : 30,
기 타 (Etc.)	연구실 홈페이지 : http://steel.sejong.ac.kr

주별 교과내용 (교과목명 : 강구조공학)

주 (Week)	교 수 내 용 (Course Contents)	수업형태 및 활용기자재 (Etc.)	비 고
1	제 1 장 서 론	강의, 토론 및 VIDEO	
2	제 2 장 구조용 강재의 성질 제 3 장 강구조물의 설계 방법	강의, 토론 및 VIDEO	
3	제 4 장 인장부재의 설계 - 인장부재의 종류, 세장비 제한, 하중저항계수 설계 법, 인장부재의 파단, 순 단면적	강의, 토론 및 VIDEO	
4	제 4 장 인장부재의 설계 - 인장부재 예제풀이 및 설계실습 예제 풀이	강의, 토론 및 VIDEO	
5	제 4 장 인장부재의 설계 - 설계실습1	강의, 토론 및 VIDEO	
6	제 4 장 인장부재의 설계 - 설계실습1 제 5 장 압축부재의 설계 - 압축부재, 오일러 좌굴하중	강의, 토론 및 VIDEO	
7	제 5 장 압축부재의 설계 - 유효좌굴 길이, 압축부재의 세장비	강의, 토론 및 VIDEO	
8	중간고사 : 4. 19 (월) - 4. 23 (금)		

주별 교과내용 (교과목명 : 강구조공학)

주 (Week)	교 수 내 용 (Course Contents)	수업형태 및 활용기자재 (Etc.)	비 고
9	제 5 장 압축부재의 설계 - 하중저항계수 설계법, 예제 풀이, 설계실습2	강의, 토론 및 VIDEO	
10	제 5 장 압축부재의 설계 - 설계실습2	강의, 토론 및 VIDEO	
11	제 6 장 휨부재의 설계 - 수직응력과 전단응력, 항복모멘트와 소성모멘트	강의, 토론 및 VIDEO	
12	제 6 장 휨부재의 설계 - 휨부재의 국부좌굴	강의, 토론 및 VIDEO	
13	제 6 장 휨부재의 설계 - 휨부재의 횡비틀림 좌굴, 예제풀이	강의, 토론 및 VIDEO	
14	제 6 장 휨부재의 설계 - 설계실습 예제풀이 및 설계실습 3	강의, 토론 및 VIDEO	
15	제 6 장 휨부재의 설계 - 설계실습3	강의, 토론 및 VIDEO	
16	기말고사 : 6. 14 (월) - 18 (금)		

특별한 지원이 필요한 경우(장애학생 등) 학기 첫 주에 담당교수와의 면담을 통해 출석, 강의, 과제 및 시험 등에 관한 교수학습지원 사항을 요청할 수 있음
Students who require special assistance (including special needs students) may contact their professors during the first week of the semester to discuss issues related to attendance, lectures, assignments and exams and request learning assistance.

추 가
안내사항1
(Additional
Guide1)

추 가
안내사항2
(Additional
Guide2)

강 구조 공 학

강 의 노 트



건설환경공학과 김 승 익

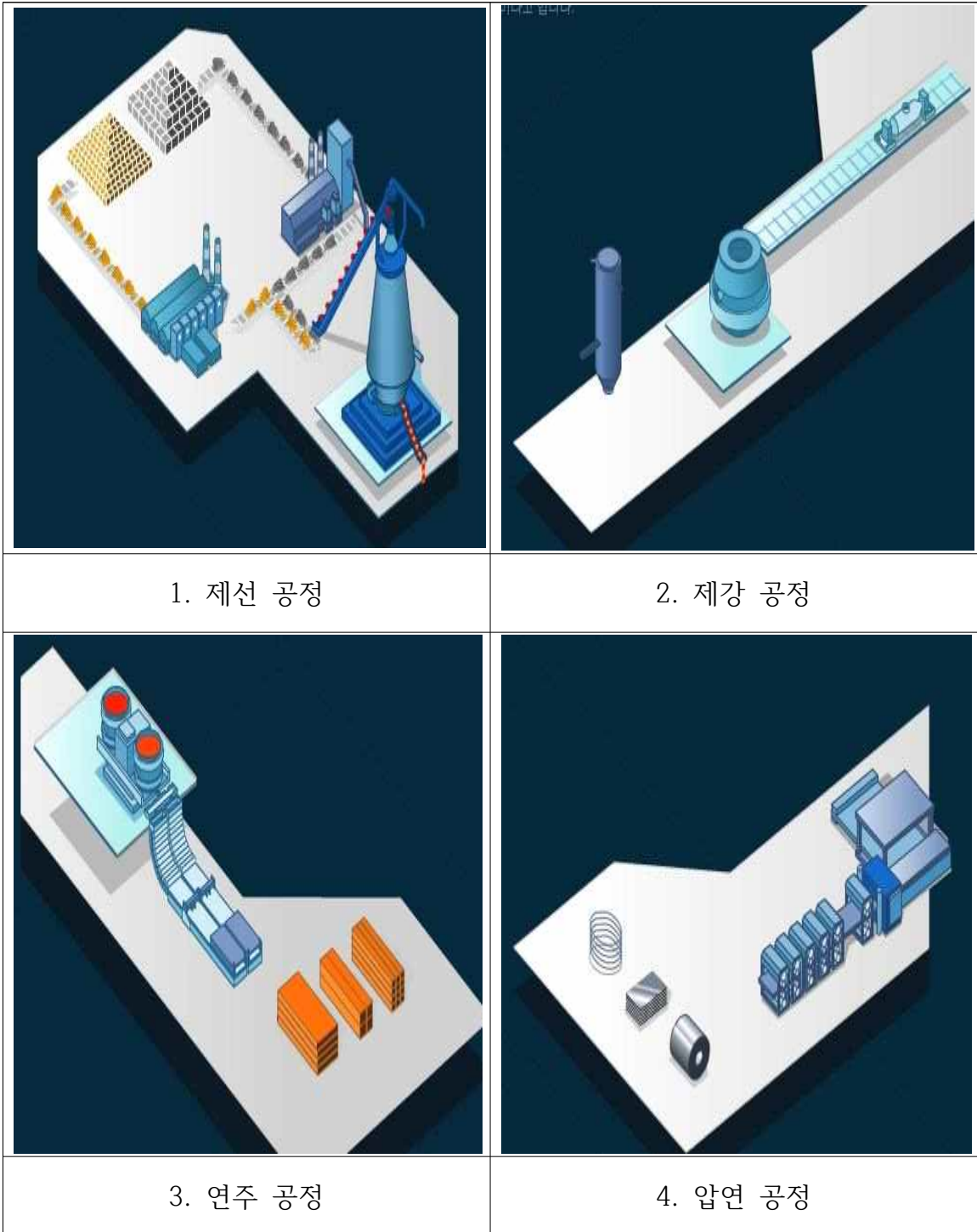


목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 구조용 강재의 성질	5
제 3 장 강구조물의 설계 방법	9
제 4 장 인장부재의 설계	15
제 5 장 압축부재의 설계	32
제 6 장 휨부재의 설계	42
부록	76

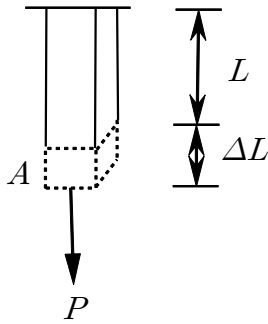
제 1 장 서론

1.1 철강의 제조



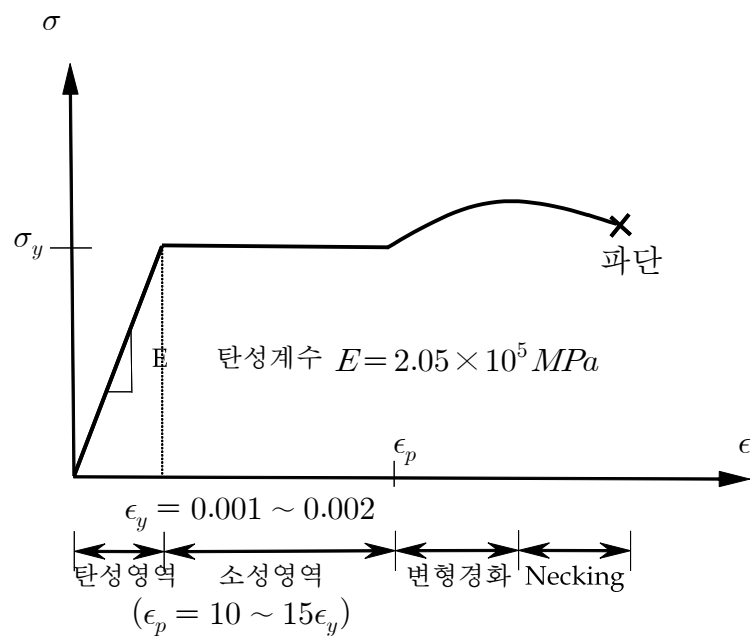
1.2 강재와 콘크리트의 응력-변형률 비교

1) 강재 인장시험



$$\text{응력 } \sigma = \frac{P}{A}$$

$$\text{변형율 } \epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$



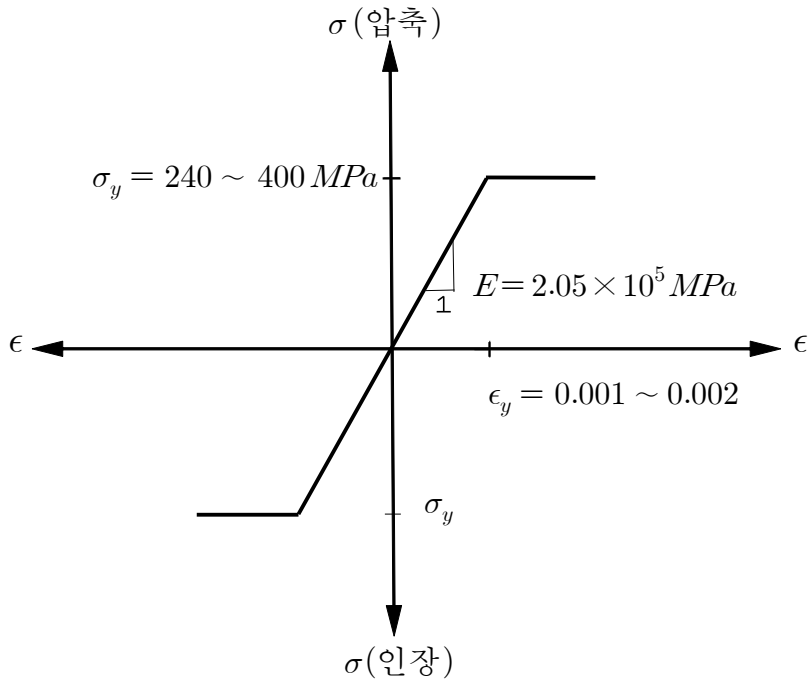
◦ 강재 인장시험

<http://www.youtube.com/watch?v=5QaqwmZ7Sic&feature=related>

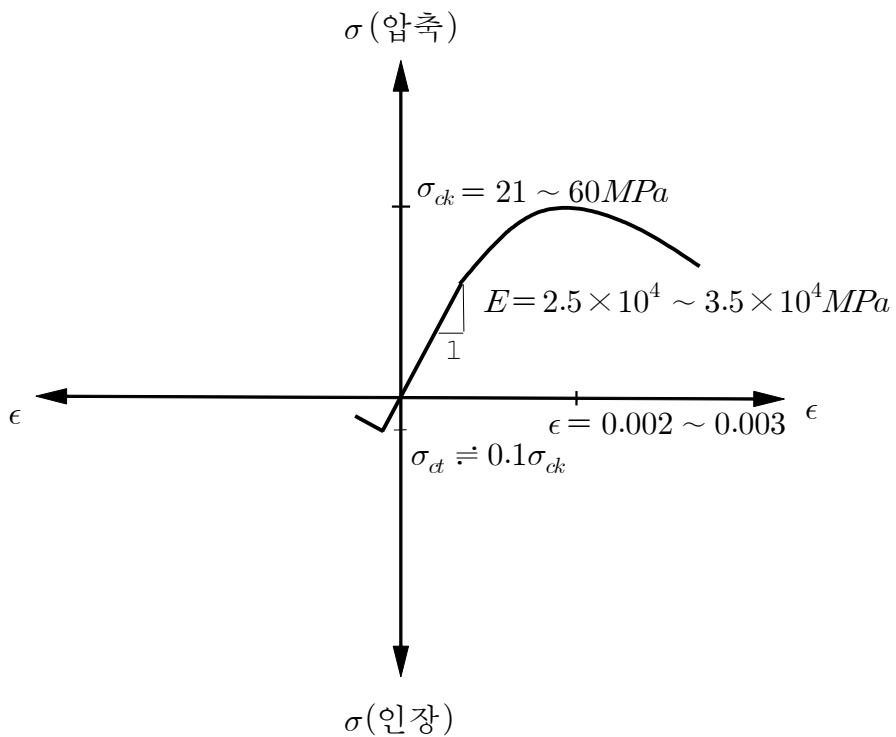


2) 강재와 콘크리트 응력 - 변형률 비교

◦ 강재



◦ 콘크리트





1.3 강재의 장점

- 1) 단위 체적 당 강도와 강성이 큼
- 2) 단위 강도 당 중량이 가벼움
 - $\gamma_s = 7.8t/m^3$ $\gamma_c = 2.5t/m^3$: 단위 중량은 약 3배
 - $\sigma_y = 240 \sim 400MPa$ $\sigma_{ck} = 21 \sim 40MPa$: 강도는 약 10배
- 3) 재료의 균질성 우수 : 공장생산, 품질확보, 구조거동 예측 용이
- 4) 선형 및 탄성거동 구간 : 거동 예측 및 해석 용이
- 5) 연성재료 : 처짐을 동반한 파괴로서 사전 대비 가능
- 6) 구조변경 용이 : 용접이나 볼트를 사용 연결
- 7) 공장제작 현장조립 가능 : 건설공기 단축
- 8) 장기변형(Creep, Shrinkage)이 없음
- 9) 재활용 가능 : 구조재 혹은 고철

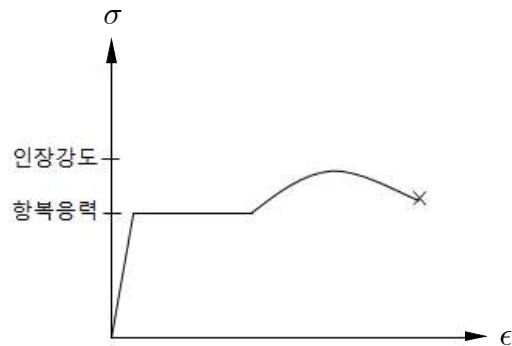
1.4 강재의 단점

- 1) 부식 : 도장필요
- 2) 내화성 약함 : 고열시 강도가 급격히 감소
- 3) 좌굴 : 세장 및 박판재료
- 4) 반복하중에 의한 피로파괴



제 2 장 구조용 강재의 성질

2.1 강재의 종류



1) 일반 구조용강

SS400, SS490, SS540

└─ 인장강도 400MPa 이상, 항복응력=인장강도×60%

2) 용접 구조용강 : S와 P제한, C, Si, Mn 규정

SM400, SM490, SM520, SM570

└─ 인장강도 400MPa 이상

3) 용접 구조용 내후성강 : 4~8배의 내식성 : Cu, Cr, P, Ni 소량첨가

SMA400, SMA490, SMA570

└─ 인장강도 400MPa 이상

4) 교량 구조용 강

HSB520, HSB600



[표 2.3.2-1] 구조용 강재의 재료강도(MPa)

강도	강재 기호	SS400	SS490	SM490	SN490	SHN490	SM520	SS540	SM570
	판두께	SN400 SM400 SMA400		SMA490			SM490Y		SMA570
F_y	40mm 이하	235	275	315	325	325	355	390	450
	40mm 초과 75mm 이하	215	255 ¹⁾	295	295	325	335	-	430
	75mm 초과 100mm이하	215	-	295	295	-	325	-	420
F_u	100mm이하	400	490	490	490	490	520 490 ²⁾	540	570

주1) SS490의 적용 두께는 60mm 이내

주2) SM490Y의 인장강도는 490 MPa

[표 2.3.2-2] 구조용 강재의 재료강도(MPa)

강도	강재 기호	SM490C-TMC ¹⁾	SM520C-TMC ¹⁾	SM570TMC ¹⁾	HSB500	HSB600
	판두께					
F_y	100mm이하	315	355	450	380	450
F_u	100mm이하	490	520	570	500	600

주1) 건축물강구조에 적용되는 TMC 강재의 적용두께는 80mm 이하

[표 2.3.2-3] 강관용 강재의 재료강도(MPa)

강도	강재 기호	STK400	SPSR400	SPAR295	STK490	SPSR490	STK500	STKT540	STKT590
		SKK400			SKK490	STKN490B		STKN540B	
F_y		235	245	295	315	325	355	390	440
					(325, 295) ¹⁾				
F_u		400	400	400	490	490	500	540	590

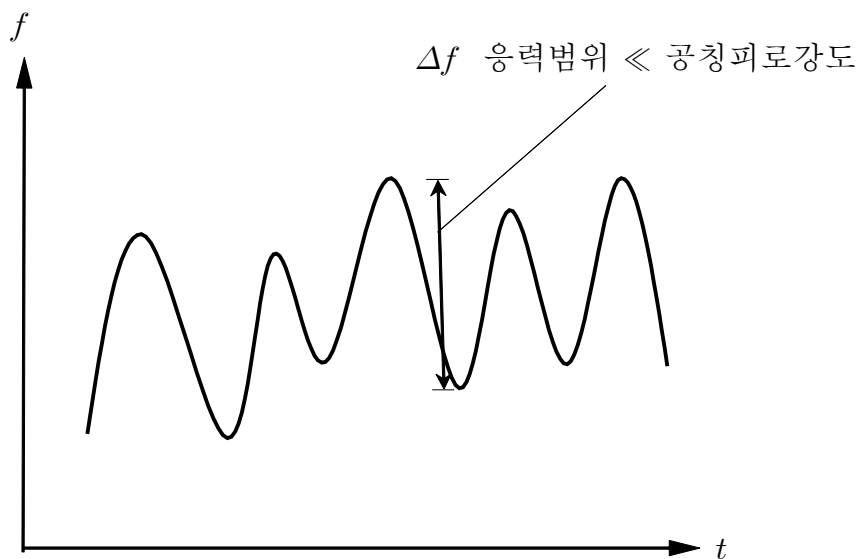
주1) SCW490-CF는 판두께 40mm이하일 때 항복강도 325 MPa 이상, 40mm 초과 60mm 이하일 때 항복강도는 295 MPa 이상



2.2 강재의 취성 파괴

- 1) 고강도 강재의 사용
- 2) 강재 두께의 증가
- 3) 사용온도의 저하
- 4) 응력집중 가능성을 증가시키는 부재들의 복잡한 배열
- 5) 볼트나 용접부

2.3 피로 파괴



작은 응력의 지속적 반복에 의한 균열 발생



2.4 강재의 내화성

- | | |
|----------------|------------|
| 1) 200~300°C | 상온 강도보다 증가 |
| 2) 500°C | 상온 강도의 50% |
| 3) 600°C | 상온 강도의 30% |
| 4) 1000°C | 상온 강도의 0% |
| 5) 1400~1500°C | 용해 |

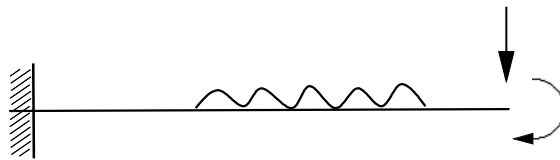
◦ 열팽창계수 : $1\sim 1.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$: 콘크리트와 유사



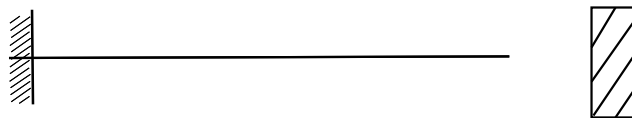
제 3 장 강구조물의 설계 방법

3.1 해석과 설계

1) 해석 : 부재력 (축력, 전단력, 모멘트) 산정



2) 설계 : 부재력에 저항할 수 있는 단면 결정





3.2 설계법의 발전

- 1) 60년대 이전 : 해석 및 설계가 경험과 수계산, 허용응력설계

- 2) 60년대 : 전산 구조 해석 태동

- 3) 70년대 : 콘크리트 강도설계법

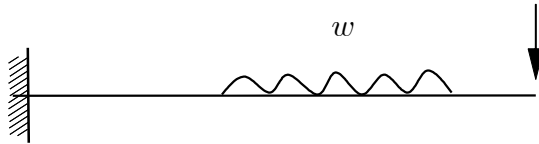
- 4) 80년대 : 한계상태설계, 하중저항계수설계

- 5) 90년대 : 설계 소프트웨어 활용, PC의 보급



3.3 허용응력 설계법

P : 사용하중



Max. Moment
최대 휨모멘트

Max. Shear
최대 전단력

최대 부재력



최대 응력 f_{max}

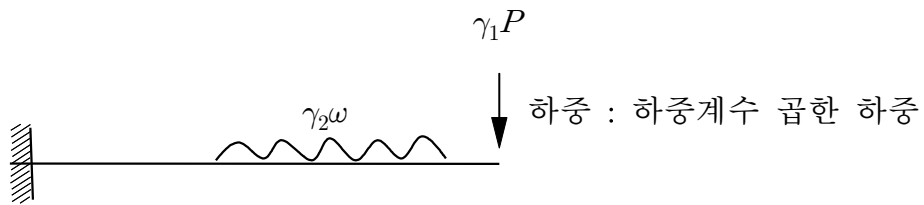
허용 응력 $f_a = \frac{f_y}{S.F}$ (f_y : 항복응력, 좌굴응력)
 ($S.F$: 안전율)

$$f_{max} < f_a$$



3.4 하중저항계수 설계법

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_{ni}$$



ϕ : 저항계수

R_n : 공칭저항

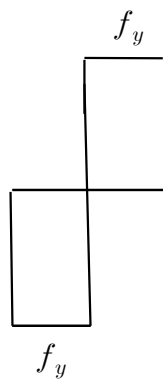
γ_i : 하중계수

Q_{ni} : 공칭 하중효과

$$\phi R_n = \phi M_p$$

$$\sum \gamma_i Q_{ni} = M_u$$

$$\phi M_p > M_u$$



3.5 설계 형식

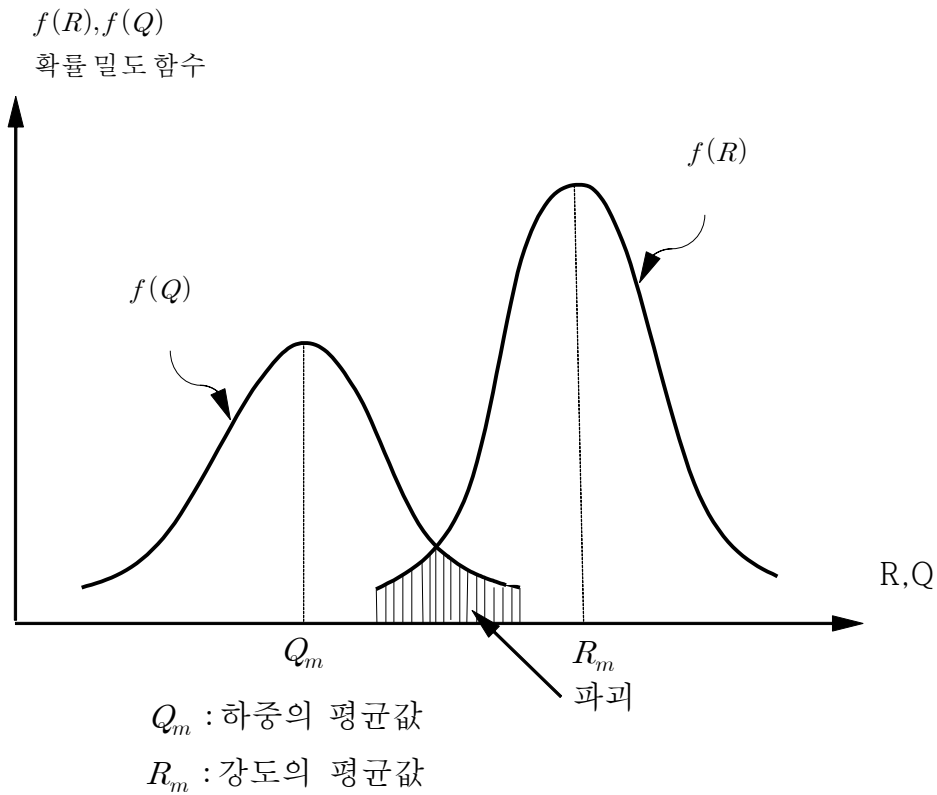
$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_{ni}$$

ϕ : 저항계수 (저항 성능 불확실성 고려, $\phi < 1.0$)

R_n : 공칭저항

γ_i : 하중계수 (하중의 변동성 반영, $\gamma_i > 1.0$)

Q_{ni} : 하중효과



< 하중 및 강도의 빈도분포곡선 >

파괴 확률이 일정수준 이하가 되도록 ϕ, γ_i 등 결정



3.6 허용응력설계의 장단점

- 1) 장점
 - 전통성
 - 친숙성
 - 단순성
 - 경험
 - 편리성

- 2) 단점
 - 신뢰도 : 단일 안전율
 - 임의성 : 경험에 의존
 - 내하력 평가 불가
 - 설계방법의 상충 : 다른 나라와 상충

3.7 하중저항계수설계의 장단점

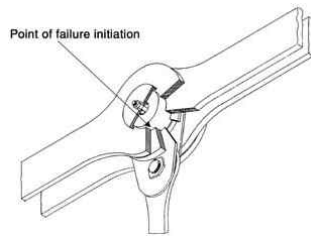
- 1) 장점
 - 신뢰도 : 구조신뢰성 방법
 - 안전율의 조정성 : 파괴모드의 중요성에 따른 목표안전수준
 - 하중 변동성 반영
 - 국제화

- 2) 단점
 - 변화 : 새로운 개념 수용
 - 자료부족 : 설계자료 부족
 - 소프트웨어 : 재개발 필요

제 4 장 인장부재의 설계

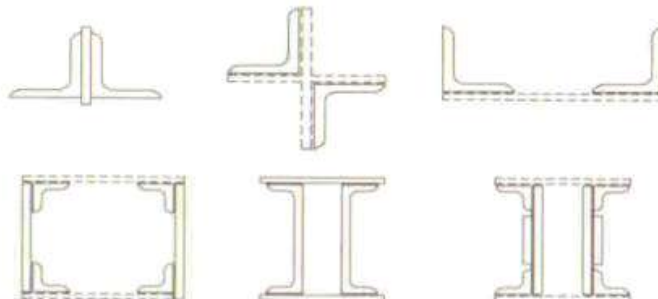
4.1 인장부재의 종류

- 1) 봉강
 - 원형, 사각형, 평강
 - 브레이싱
 - 인장부재
 - U자형 연결재나 턴버클로 연결



- 2) 형강
 - ㄱ형강(angle), ㄷ형강(channel), T형강, H형강
 - 브레이싱

- 3) 조립부재
 - 강판 또는 형강을 조립
 -





4) 케이블과 와이어

- 인장력만을 저항할 수 있는 유연한 구조부재
- 부재 길이에 거의 제한 없음
- 강도가 높은 와이어로 구성
- 현수교, 사장교, 프리스트레스 재, 가설공사용 자재
- 인장강도 1,500 ~ 1,800MPa 이상
- 로프(rope) 와 평행 스트랜드 (parallel strand)



- 케이블 단면적 $A_c = (1 - \alpha) \frac{\pi d^2}{4}$
 $\alpha = 10 \sim 42\%$ rope, $11 \sim 14\%$ 스트랜드
 (공극률)

4.2 세장비 제한

- 1) 교변응력을 받는 주부재 $L/r \leq 140$
- 2) 교변응력을 받지 않는 주부재 $L/r \leq 200$
- 3) 2차 부재 $L/r \leq 240$

* 케이블은 예외

4.3 하중저항계수 설계법

1) 기본식

- $\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_{ni}$
강구조설계기준 (2009)

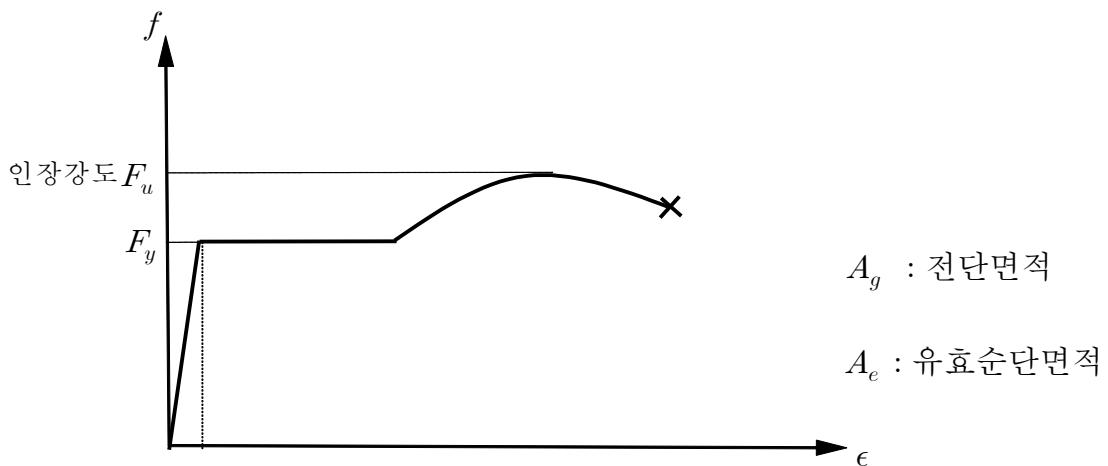
- $\phi_t R_n \geq P_u$
 ϕ_t : 인장강도에 대한 저항계수
 R_n : 인장부재의 공칭강도
 P_u : 극한인장력 ($=\sum \gamma_i Q_{ni}$)

- 전단면이 항복하는 경우

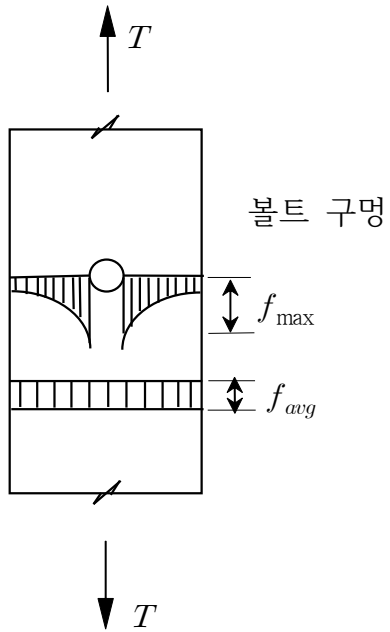
$$\phi_t R_n = \phi_t F_y A_g = 0.9 F_y A_g$$

- 순단면이 파단되는 경우

$$\phi_t R_n = \phi_t F_u A_e = 0.75 F_u A_e$$



4.4 인장부재의 파단



볼트구멍 주변의 응력집중

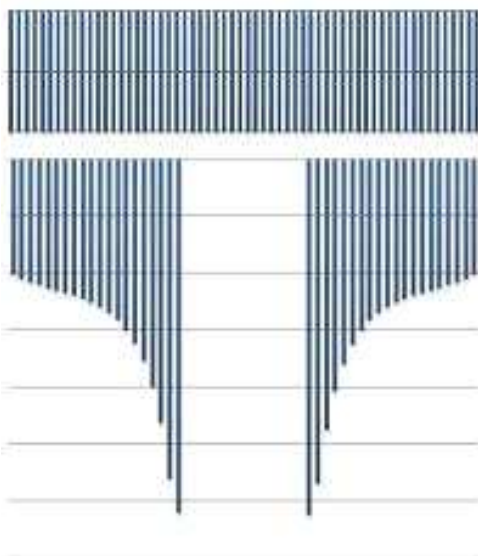
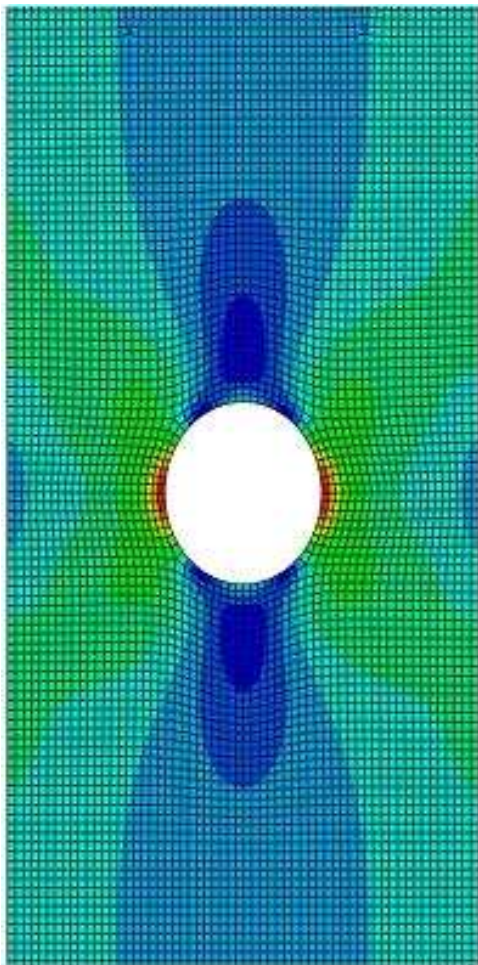
$$f_{\max} = 3f_{\text{avg}}$$



볼트 구멍 주변 응력집중 시뮬레이션

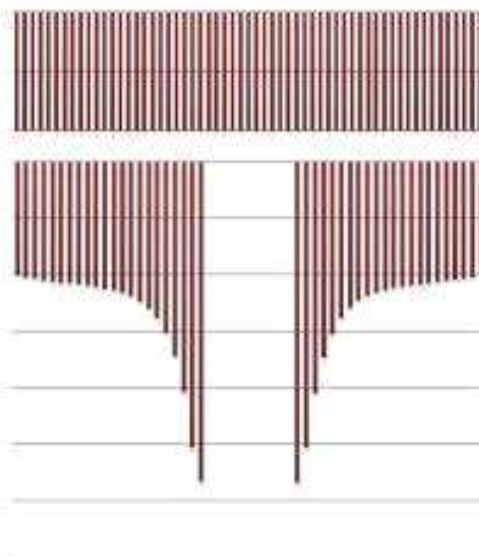
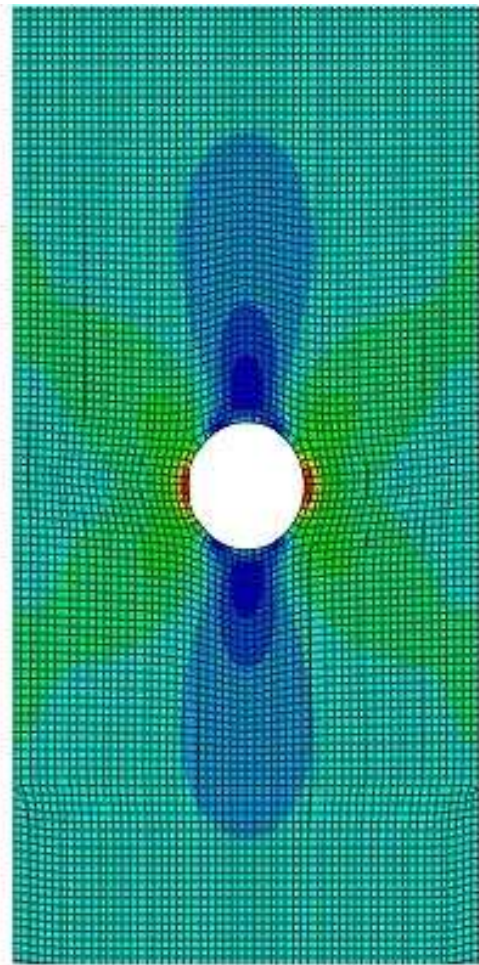
구멍 직경 : $\frac{B}{3}$

B



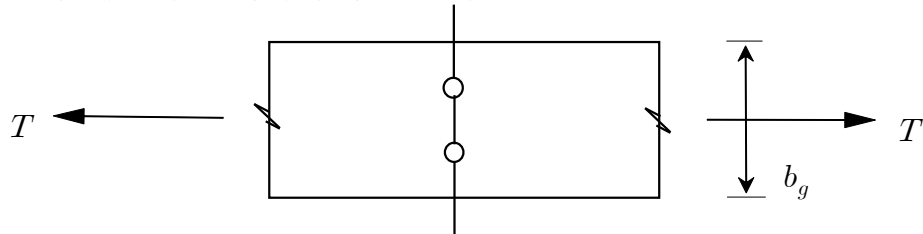
구멍 직경 : $\frac{B}{4}$

B



4.5 순 단면적

1) 볼트가 나란히 배치되어 있는 경우



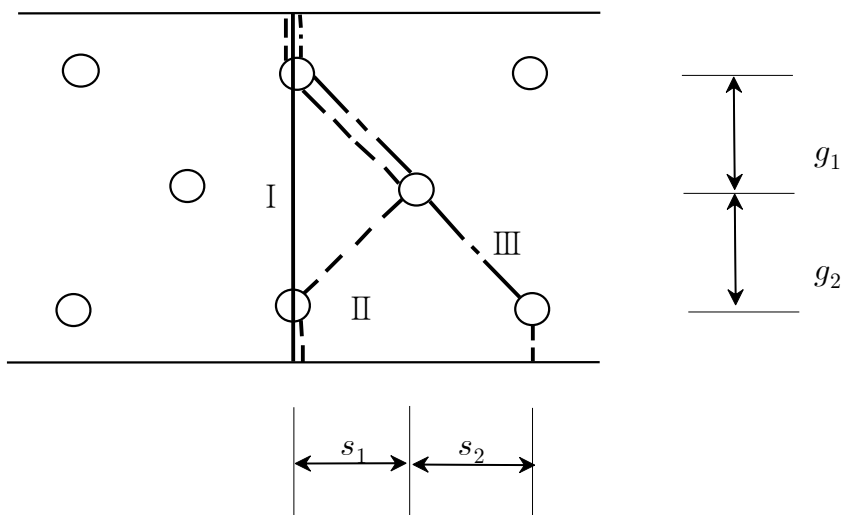
- $b_n = b_g - (n \times d)$

n : 볼트 수 d : 볼트의 구멍 직경

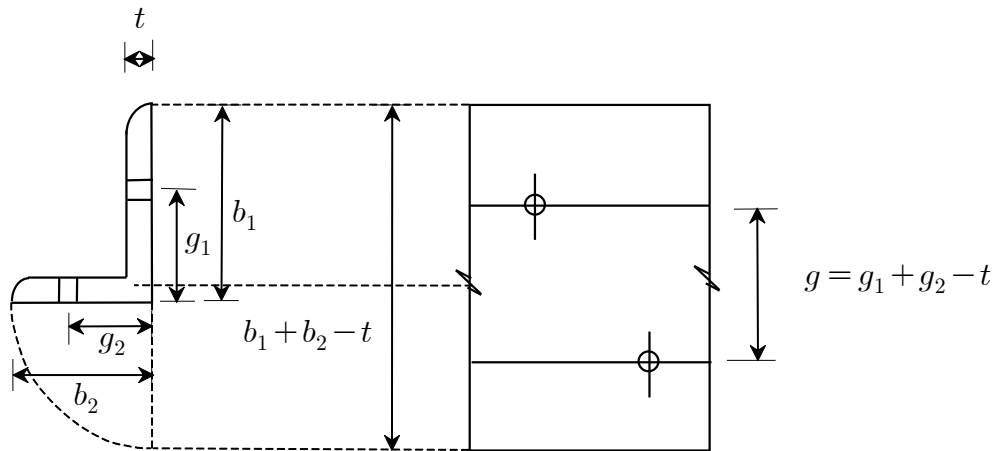
b_n : 순폭 b_g : 전폭

- $A_n = b_n \times t$

2) 볼트가 지그재그로 배치되어 있는 경우



$$b_n = b_g - n \times d + \sum \frac{s_i^2}{4g_i}$$



3) 순 단면적 및 유효 순 단면적

◦ $A_e = A_n \cdot U$

A_e : 유효 순 단면적

A_n : 순 단면적

U : 감소계수

◦ 순 단면적 A_n

$$A_n = b_n t = (b_g - n d + \sum \frac{s^2}{4g}) t$$

b_g : 전폭

b_n : 순폭

d : 볼트의 구멍 직경

표 9.1.1.10-1 고장력볼트의 구멍직경, mm, (*:건축구조물, **:토목구조물 및 강교량)

고력볼트의 직경	표준구멍의 직경	과대구멍의 직경	단슬롯	장슬롯
M16	18	20	18 × 22	18 × 40
M20	22	24	22 × 26	22 × 50
M22	24	28	24 × 30	24 × 55
M24	26**	30	26 × 33**	26 × 60**
	27*		27 × 32*	27 × 60*
M27	30	35	30 × 37	30 × 67
M30	33	38	33 × 40	33 × 75



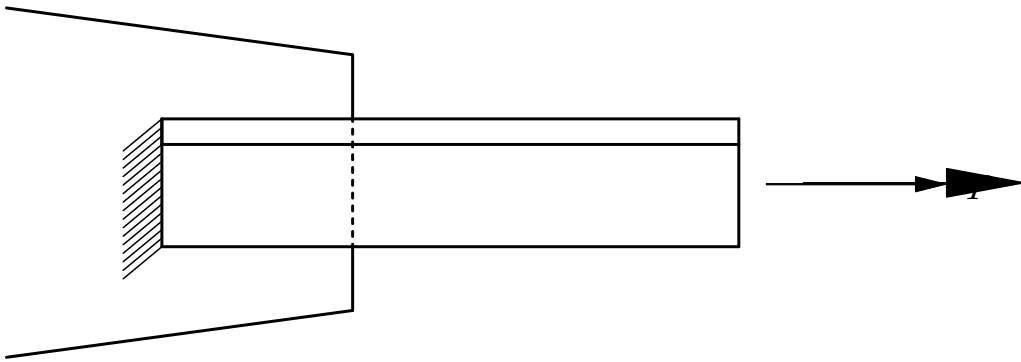
◦ 감소계수 U

i) 응력방향과 직각으로 용접되어 있는 경우 (T형 단면)

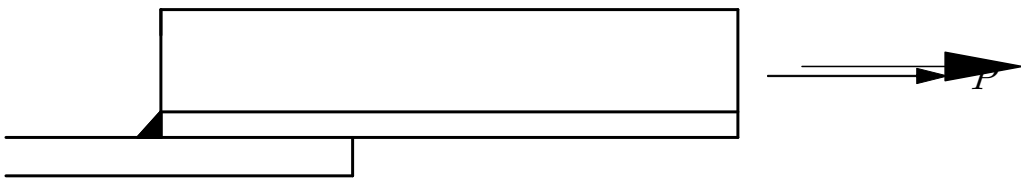
$$U = \frac{A_{ne}}{A_{gn}}$$

A_{ne} : 용접으로 연결되어 하중을 받는 면적

A_{gn} : 전단면적



< 측면도 >



< 정면도 >

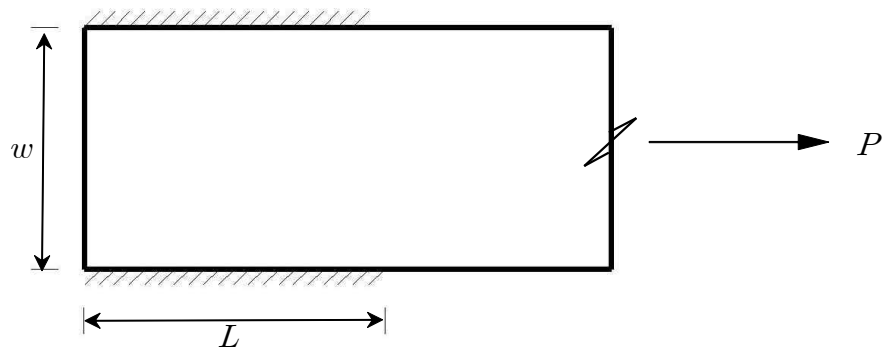


ii) 응력방향과 나란히 양쪽 단에서 용접을 한 판의 경우

$$L > 2w \quad : \quad U = 1.0$$

$$2w > L > 1.5w \quad : \quad U = 0.87$$

$$1.5w > L > w \quad : \quad U = 0.75$$

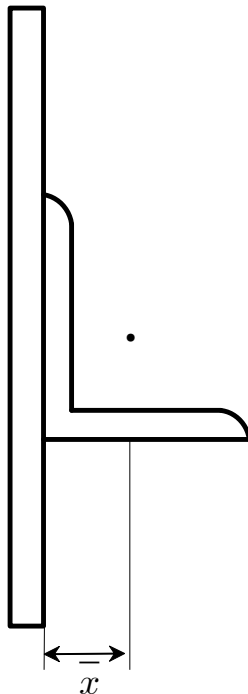


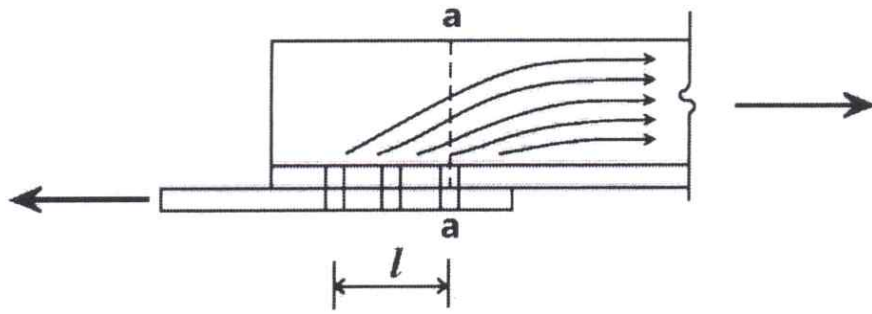
iii) 볼트 및 용접 연결

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \quad \text{과} \quad U = 0.85 \text{ 중 큰 값}$$

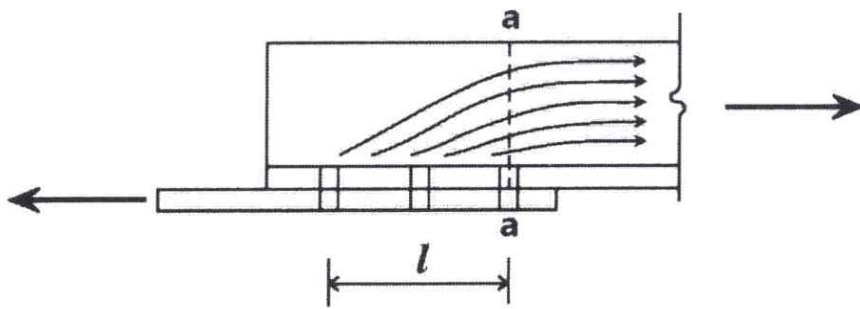
L : 용접 길이, 볼트 체결 길이

\bar{x} : 도심까지 거리



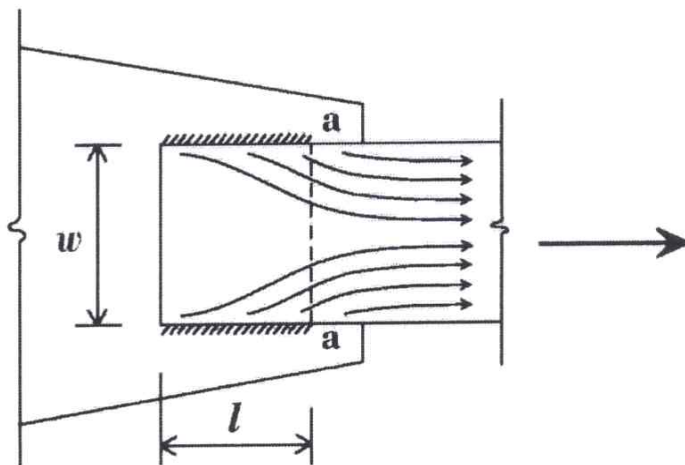


(a)



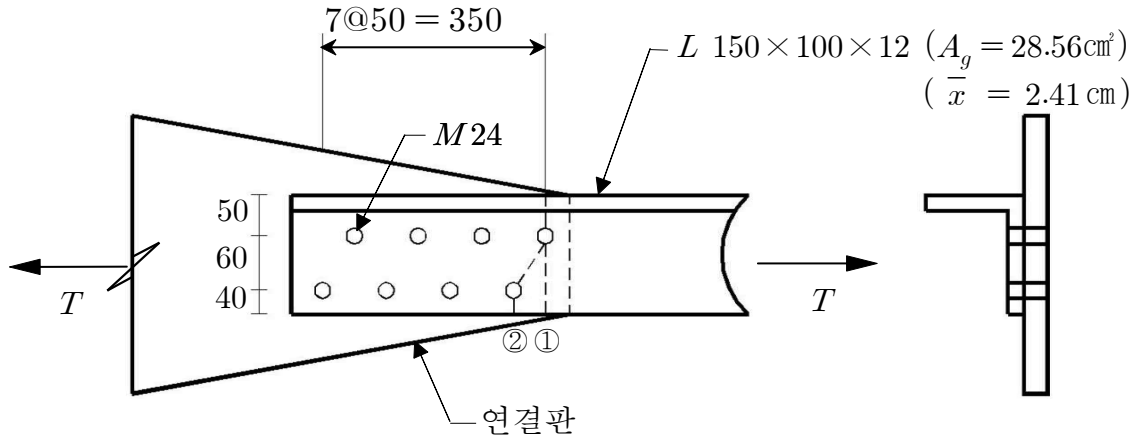
(b)

<볼트의 전단 뒤짐>



<용접접합부의 전단 뒤짐>

예제



※입체형상은 부록 참조

SM490 ($F_u = 490 \text{ MPa}$, $F_y = 315 \text{ MPa}$)

하중조합 $1.3 DL + 1.95 LL$

활하중 - 고정하중 비 3.0 으로 가정

사용 활하중 내력은?

- 전단면 항복 한계 상태

$$\phi_t R_n = \phi_t F_y A_g = 0.90 \times 315 \times 2,856 = 809,676 \text{ N} = 810 \text{ kN}$$

- 순 단면 파단 한계 상태

$$\phi_t R_n = \phi_t F_u A_e = \phi_t F_u U A_n$$



◦ 순 단면적 A_n

$$\begin{aligned} \textcircled{1} - \textcircled{1} \quad A_n &= A_g - n dt = 28.56 - 1 \times 2.6 \times 1.2 \\ &= 25.44 \text{cm}^2 = 2,544 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{1} - \textcircled{2} \quad A_n &= A_g - n dt + \frac{s^2}{4g} t \\ &= 28.56 - 2 \times 2.6 \times 1.2 + \frac{5^2}{4(6)} \times 1.2 \\ &= 23.57 \text{cm}^2 \\ &= 2,357 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

◦ 감소계수 U

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{2.41}{35} = 0.93$$

◦ $\phi_t R_n = \phi_t F_u U A_n = 0.75 \times 490 \times 0.93 \times 2,357 = 805,564 \text{ N} = 806 \text{ kN}$

◦ 한계상태 설계하중

$$\begin{aligned} P_u &= \sum \gamma_i Q_{ni} = 1.30 DL + 1.95 LL \\ &= 1.30 DL + 1.95 (3DL) \\ &= 7.15 DL \end{aligned}$$

$$\phi_t R_n = P_u$$

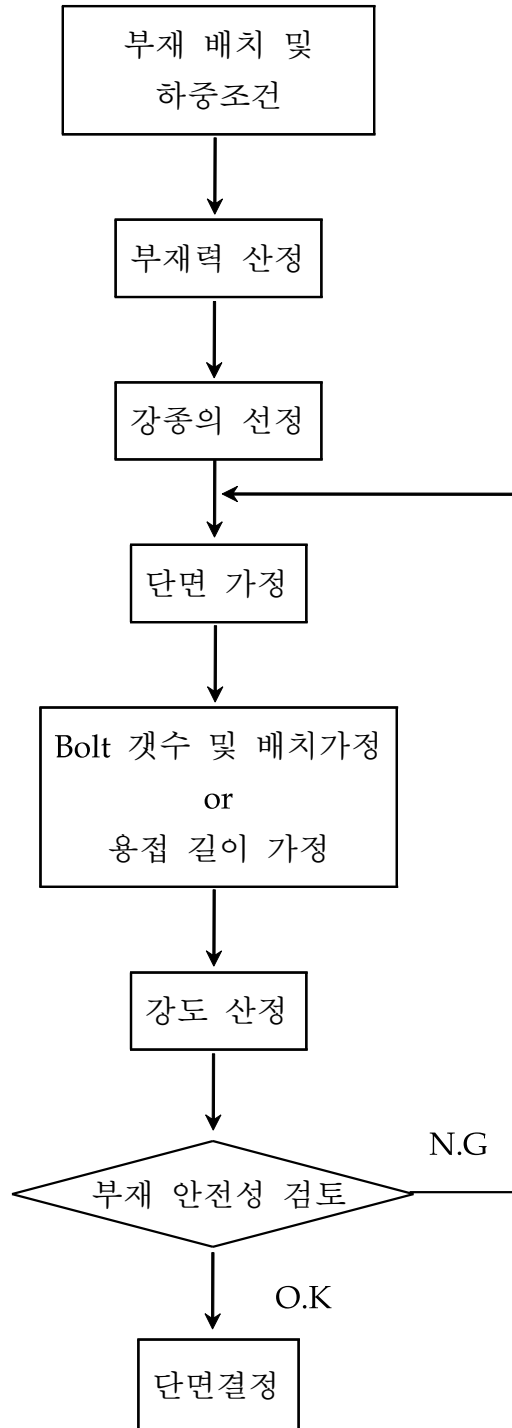
$$806 = 7.15 DL$$

$$DL = 113 \text{ kN}$$

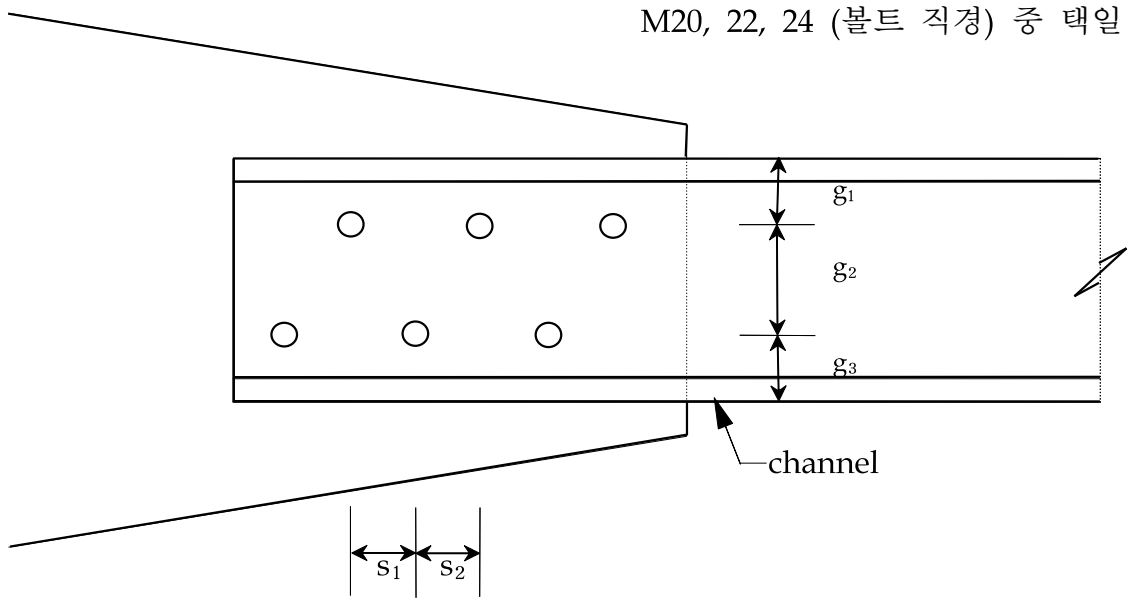
$$LL = 3 DL = 3(113) = 339 \text{ kN}$$

인장부재에 재하 가능한 활하중 $P = 339 \text{ kN}$

4.6 설계 Flow - Chart



4) Bolt 갯수 및 배치 가정



※입체형상은 부록 참조

5) 인장강도 산정

- 전단면 항복 한계 상태

$$\phi_t R_n = \phi_t F_y A_g = \dots$$

- 순단면 파단 한계 상태

$$\phi_t R_n = \phi_t F_u A_e = \phi_t F_u U A_n = \dots$$

∴ 인장강도 $\phi_t R_n = \dots \leftarrow$ 작은 값



6) 부재 안전성 검토

$$P_u =$$

$$\phi_t R_n =$$

◦ $\phi_t R_n \geq P_u$ O.K

$$\frac{P_u}{\phi_t R_n} > 0.9 \Rightarrow \text{단면적정} \quad \text{Use L} \dots \quad (\text{가정한 단면})$$

C ...

$$\frac{P_u}{\phi_t R_n} < 0.9 \Rightarrow \text{단면과대} \quad \text{3)번 단면 재가정}$$

◦ $\phi_t R_n < P_u$ N.G

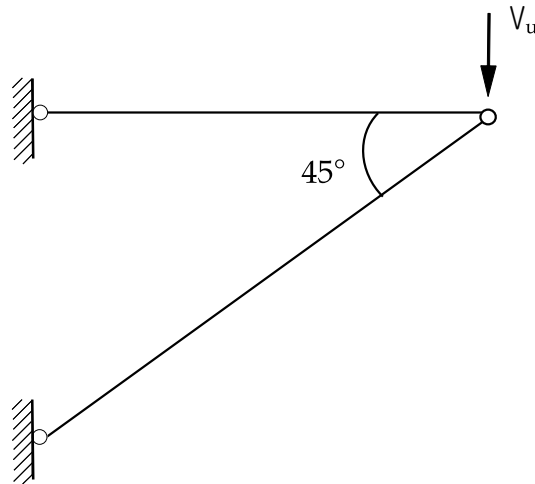
3)번 : 단면 재가정



설계실습 1

1. 설계조건

1) 제원



2) 하중조건

- 고정하중 : 200KN
- 활하중 : 500KN
- 하중조합 : $V_u = 1.3DL + 1.95LL$

2. 설계내용

- 인장부재 설계



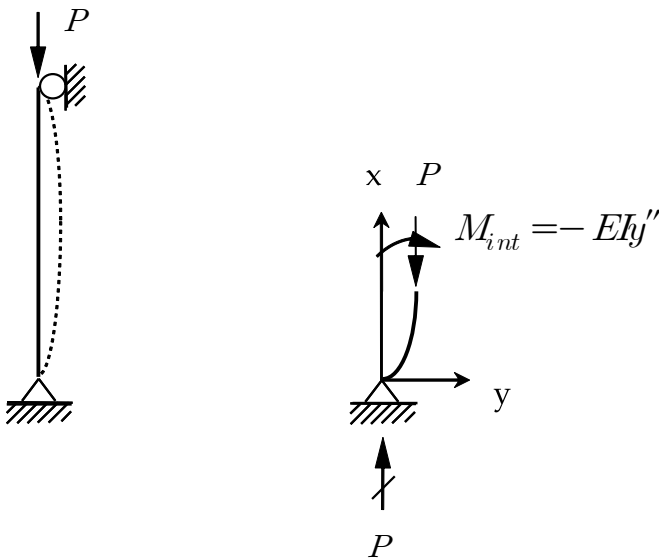
제 5 장 압축부재의 설계

◦ VIDEO 시청 : The Behaviour of Columns

5.1 압축부재

- 1) 기둥
- 2) 트러스교의 상현재, 사재
- 3) 주형을 지지하는 사재
- 4) 플레이트 거더의 압축플랜지

5.2 오일러 좌굴하중



$$1) -M_{int} + Py = 0$$

$$EIy'' + Py = 0$$

$$y'' + \frac{P}{EI}y = 0$$

$$k^2 = \frac{P}{EI} \text{ 라고 하면}$$

$$y'' + k^2y = 0$$



2) 미분방정식의 해

$$y = A \sin kx + B \cos kx$$

3) 경계조건

$$y(0) = B = 0$$

$$y(L) = A \sin kL = 0$$

$$A = 0 \quad \text{or}$$

$$\sin kL = 0$$

$$kL = n\pi \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

$$k^2 = \frac{n^2 \pi^2}{L^2}$$

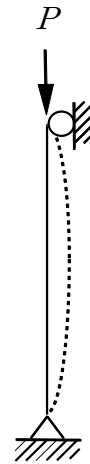
$$P = \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} : \text{좌굴하중, 오일러 하중} \quad (n = 1)$$

$$f_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2 A} = \frac{\pi^2 E}{L^2 \frac{A}{I}}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$f_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2}$$



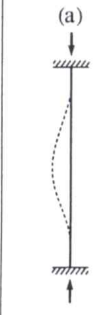
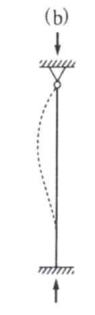

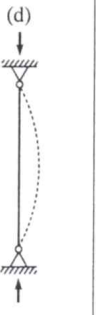
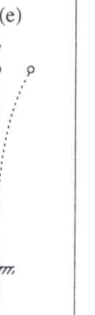





5.3 유효좌굴 길이 경계조건

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

KL : 유효좌굴길이

K : 유효좌굴길이 계수

표 5.2-1 유효좌굴길이계수 K

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
기둥의 좌굴형태를 점선으로 표시						
이론값	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
설계값	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
단부조건	   	회전고정 및 이동고정 회전자유 및 이동고정 회전고정 및 이동자유 회전자유 및 이동자유				

◦ 좌굴실험

<http://www.youtube.com/watch?v=TUE7DKNBIRU>

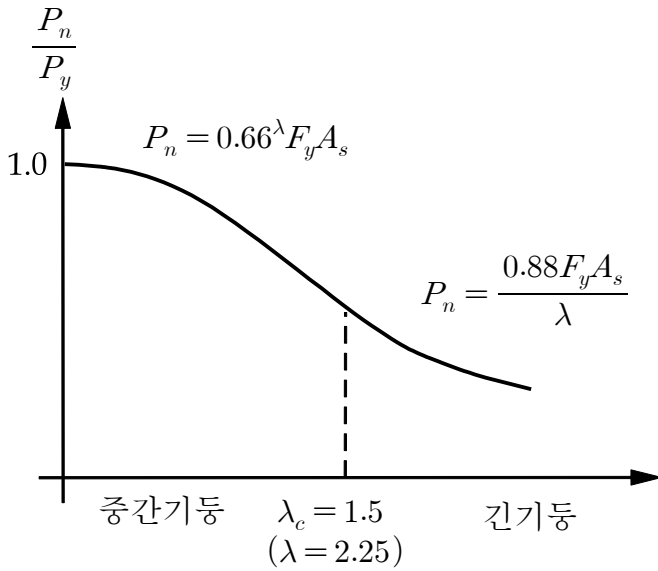
5.4 압축부재의 세장비

- 1) 주부재 : $KL/r \leq 120$
- 2) 가새 : $KL/r \leq 140$

5.5 하중저항계수 설계법

1) 도로교 시방서 식

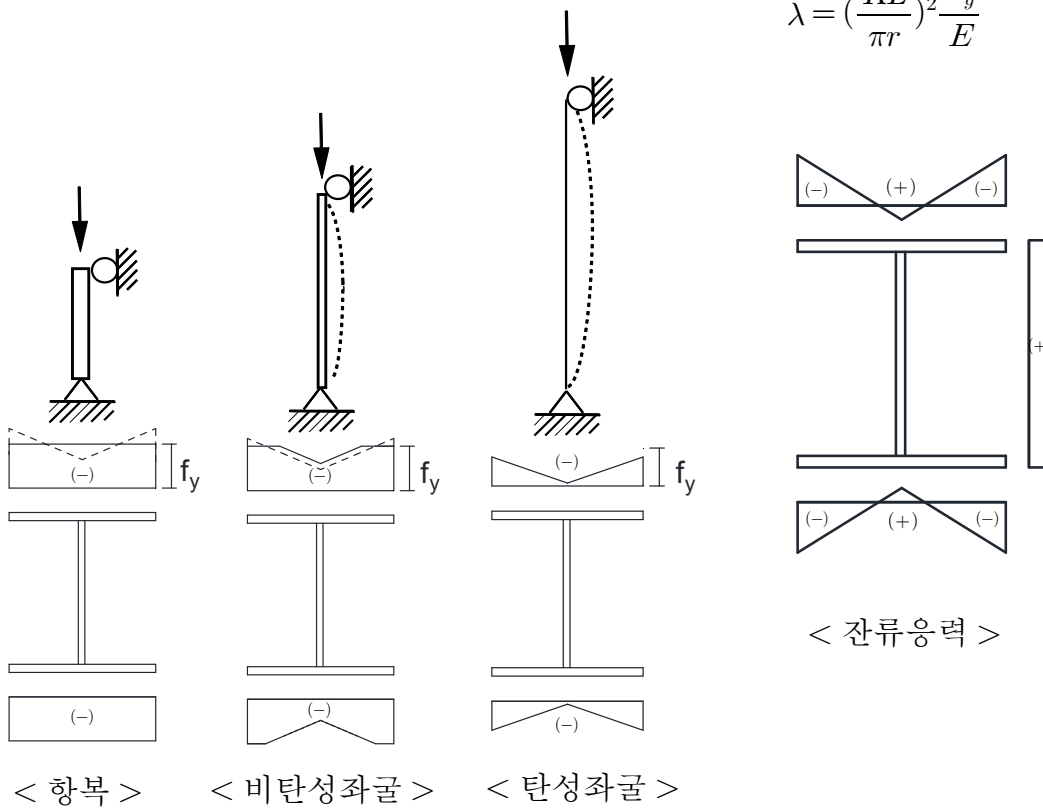
$$P_r = \phi_c P_n = 0.85 P_n$$



세장비 모수

$$\lambda_c = \left(\frac{KL}{\pi r}\right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \sqrt{\lambda}$$

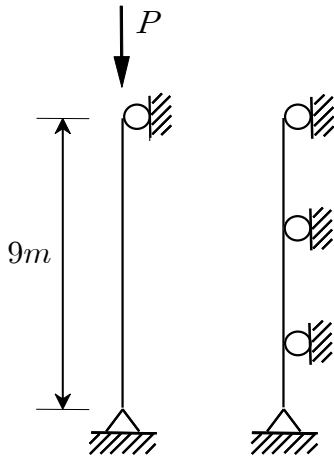
$$\lambda = \left(\frac{KL}{\pi r}\right)^2 \frac{F_y}{E}$$



예제 압축강도

H-300×300×10×15 ($A = 119.8\text{cm}^2$, $r_x = 13.1$, $r_y = 7.51$)

SM400 ($F_y = 235\text{MPa}$)



강축

약축

※강축, 약축 좌굴 입체형상은 부록 참조

1) 세장비

$$\frac{K_x L}{r_x} = \frac{(1.0)(9 \times 100)}{13.1} = 69 < 120 \quad O.K$$

$$\frac{K_y L}{r_y} = \frac{(1.0)(3 \times 100)}{7.51} = 40 < 120 \quad O.K$$

2) 세장비 모수

$$\lambda = \left(\frac{KL}{\pi r}\right)^2 \frac{F_y}{E} = \left(\frac{69}{\pi}\right)^2 \times \frac{235}{2.05 \times 10^5} = 0.55 < 2.25$$

3) 공칭압축강도

$$P_n = 0.66^\lambda F_y A_s = 0.66^{0.55} \times 235 \times 11,980 \times 10^{-3} = 2,240\text{kN}$$

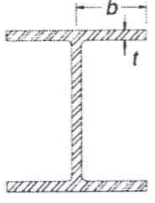
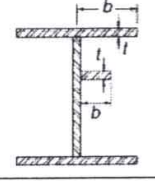
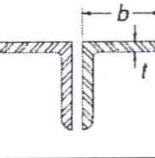
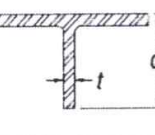
4) 설계압축강도

$$\phi_c P_n = 0.85 \times 2,240 = 1,904\text{kN}$$



◦ 폭-두께비 제한 (P.229~230)

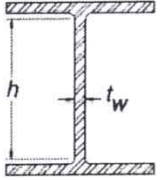
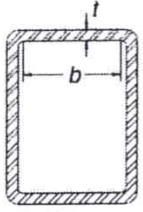
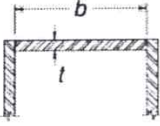
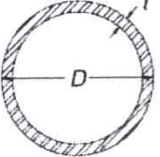
[표 5.9.1] 압축판요소의 비조밀단면 판폭두께비 (자유돌출판)

구분	판요소에 대한 설명	판폭 두께비	판폭두께비 제한값 λ_r	예
1	균일압축을 받는 - 압연H형강의 플랜지 - 압연H형강으로부터 돌출된 플레이트 - 서로 접한 쌍 ㄱ형강의 돌출된 다리 - ㄷ형강의 플랜지	b/t	$0.56 \sqrt{E/F_y}$	
2	균일압축을 받는 - 용접H형강의 플랜지 - 용접H형강으로부터 돌출된 플레이트와 ㄱ형강 다리	b/t	$0.64 \sqrt{k_c E/F_y}^{1)}$	
3	균일압축을 받는 - ㄱ형강의 다리 - 길판을 낀 쌍 ㄱ형강의 다리 - 그 외 모든 한쪽만 지지된 판요소	b/t	$0.45 \sqrt{E/F_y}$	
4	균일압축을 받는 T형강의 스템	d/t	$0.75 \sqrt{E/F_y}$	

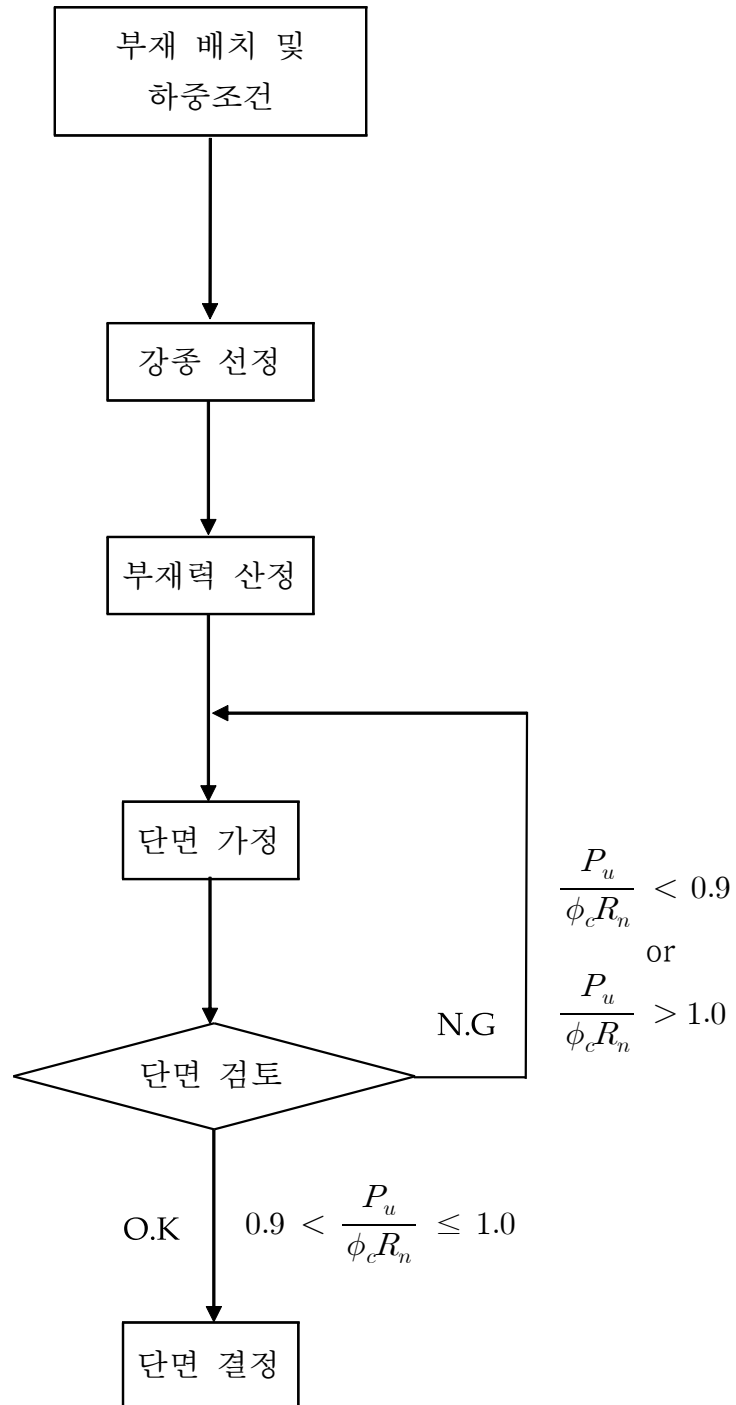
1) $k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$, $0.35 \leq k_c \leq 0.76$



[표 5.9.2] 압축판요소의 판폭두께비 (양연지지판)

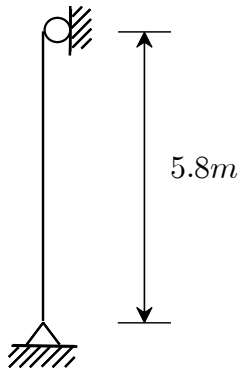
구분	판요소에 대한 설명	판폭 두께비	판폭두께비 제한값 λ_r	예
1	균일압축을 받는 2축 대칭 H형강의 웨브	h/t_w	$1.49 \sqrt{E/F_y}$	
2	균일압축을 받는 -각형강관의 플랜지 -플랜지 커버 플레이트 -파스너 또는 용접선 사이의 다이아프램 플레이트	b/t	$1.40 \sqrt{E/F_y}$	
3	균일압축을 받는 그 외 모든 구속판요소	b/t	$1.49 \sqrt{E/F_y}$	
4	-압축을 받는 원형강관	D/t	$0.11E/F_y$	

5.6 설계 Flow - Chart





예제 기둥설계



고정하중 300kN

활하중 400kN

1) 강종선정

SM400 ($F_y = 235MPa$)

2) 극한하중 P_u 계산

$$P_u = 1.3D + 1.95L = 1.3(300) + 1.95(400) = 1,170kN$$

3) 단면가정

$KL = 5.8m$ 적당히 긴 기둥 $\frac{KL}{r} = 90$ 가정

$$\lambda = \left(\frac{KL}{\pi r}\right)^2 \frac{F_y}{E} = \left(\frac{90}{\pi}\right)^2 \times \frac{235}{2.05 \times 10^5} = 0.94 < 2.25$$

$$F_{cr} = 0.66^\lambda F_y = 0.66^{0.94}(235) = 159MPa$$

소요 $A_s = \frac{P_u}{\phi_c F_{cr}} = \frac{1,170 \times 10^3}{0.85 \times 159} = 8,657mm^2$

Try H-250×250×9×14 ($A_s = 92.18cm^2$)

4) 단면검토

$$A_s = 92.18cm^2 \quad \frac{KL}{r_y} = \frac{(1.0)(580)}{6.29} = 92 \quad \lambda = 0.98$$

$$F_{cr} = 0.66^\lambda F_y = 0.66^{0.98}(235) = 156MPa$$

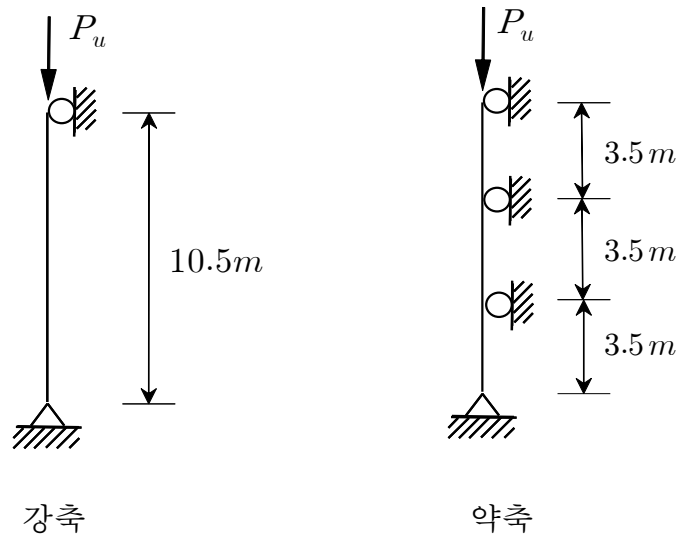
$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_s = 0.85 \times 156 \times 9218 \times 10^{-3} = 1,222kN > P_u \quad O.K$$

Use H-250×250×9×14

설계실습 2

1. 설계 조건

1) 제원



2) 하중조건

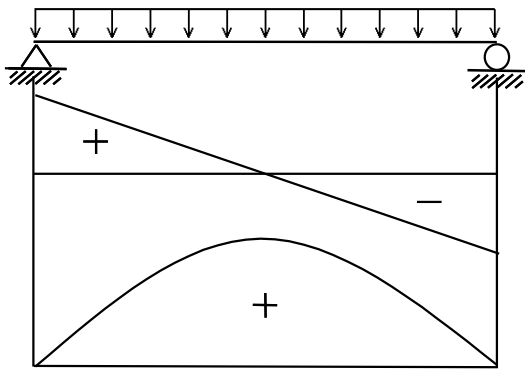
- 고정하중 : 450kN
- 활 하 중 : 500kN
- 하중조합 : $P_u = 1.3DL + 1.95LL$

2. 설계내용

- H-형 단면의 기둥 설계

제 6 장 휨부재의 설계

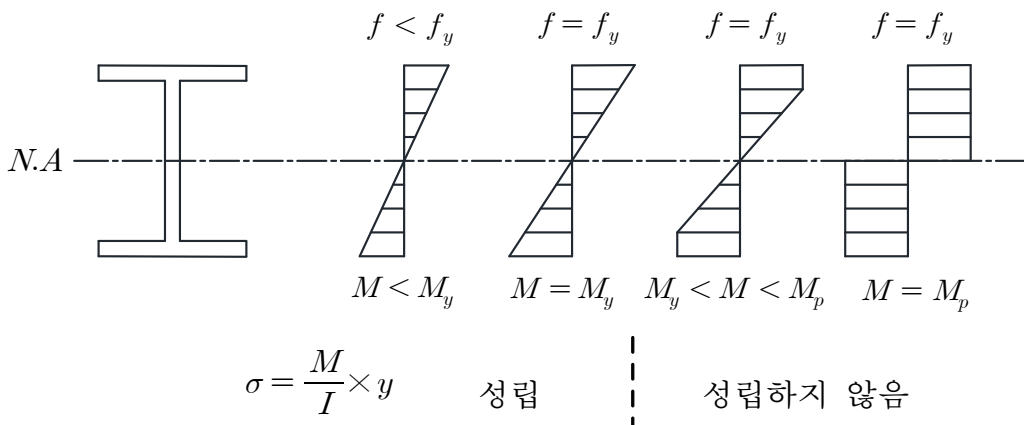
6.1 수직응력과 전단응력



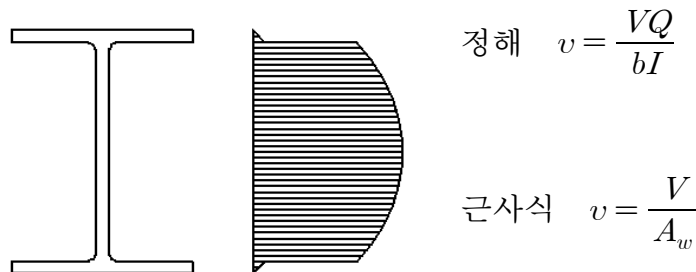
전단력 \Rightarrow 전단응력 $v = \frac{VQ}{bI}$

휨모멘트 \Rightarrow 수직응력 $\sigma = \frac{M}{I}y$

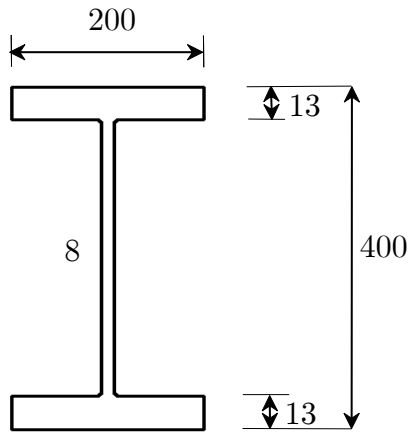
1) 수직응력



2) 전단응력



예 제



H 400 x 200 x 8 x 13

V = 200kN

1) 복부판과 플랜지 접합부의 전단응력

$$Q = (200)(13)\left(\frac{400}{2} - \frac{13}{2}\right) = 503,100 \text{mm}^3$$

◦ 복부판 측

$$v = \frac{VQ}{t_w I} = \frac{(200 \times 10^3)(503,100)}{(8)(23,700 \times 10^4)} = 53 \text{MPa}$$

◦ 플랜지 측

$$v = \frac{VQ}{bI} = \frac{(200 \times 10^3)(503,100)}{(200)(23,700 \times 10^4)} = 2.1 \text{MPa}$$

2) 중립축에서의 전단응력

$$\begin{aligned}
 Q &= 503,100 + \left(\frac{400}{2} - 13\right)(8) \times \frac{1}{2} \left(\frac{400}{2} - 13\right) \\
 &= 642,976 \text{mm}^3
 \end{aligned}$$

$$v = \frac{(200 \times 10^3)(642,976)}{(8)(23,700 \times 10^4)} = 67.82 \text{MPa}$$

3) 약산식에 의한 전단응력

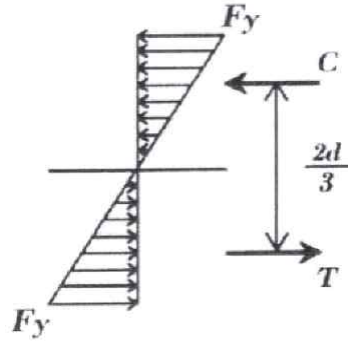
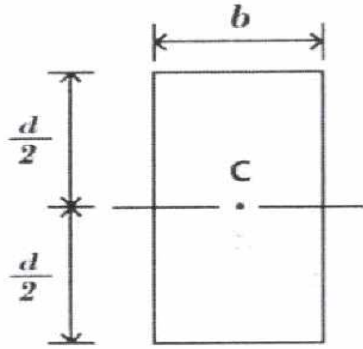
$$v = \frac{V}{A_w} = \frac{200 \times 10^3}{(400 - 2 \times 13)(8)} = 67 \text{MPa} \quad \text{VS} \quad 68 \text{MPa}$$

1.5%작은 값



6.2 항복모멘트와 소성모멘트

1) 항복모멘트 M_y



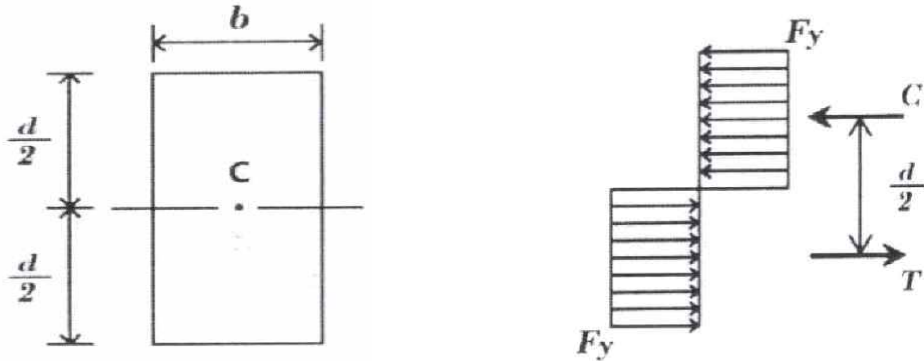
$$\circ C = T = \frac{1}{2} F_y b \left(\frac{d}{2} \right) = \frac{F_y b d}{4}$$

$$\circ M_y = \frac{F_y b d}{4} \times \frac{2}{3} d = \frac{F_y b d^2}{6} = F_y \times S$$

(S : 단면계수)



2) 소성모멘트 M_p



$$\circ C = T = F_y b \left(\frac{d}{2} \right) = \frac{F_y b d}{2}$$

$$\circ M_p = \frac{F_y b d}{2} \times \frac{d}{2} = \frac{F_y b d^2}{4} = F_y \times Z$$

(Z : 소성단면계수)

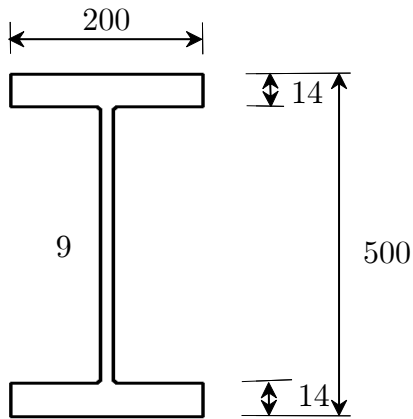
3) 형상계수

$$\circ \text{형상계수} = \frac{M_p}{M_y}$$

$$\circ \text{직사각형단면} = \frac{\frac{F_y b d^2}{4}}{\frac{F_y b d^2}{6}} = 1.5$$



예 제



$H-500 \times 200 \times 9 \times 14$
 $SS400 (F_y = 235 MPa)$

$M_y, M_p = ?$

1) 항복모멘트 M_y

◦ $M_y = F_y \times S$

◦ $I = \frac{200 \times 500^3}{12} - \frac{(200 - 9) \times (500 - 2 \times 14)^3}{12} = 409,631,403 mm^4$

◦ $S = \frac{I}{(\frac{h}{2})} = \frac{409,631,403 mm^4}{\frac{500}{2} mm} = 1,638,526 mm^3$

◦ $M_y = F_y \times S = 235 MPa \times 1,638,526 mm^3 = 385,053,610 N \cdot mm$
 $= 385 kN \cdot m$

2) 소성모멘트 M_p

◦ $M_p = F_y \times Z$

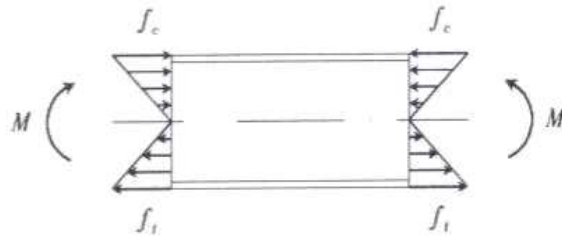
◦ $Z = (200 \times 14) \times (500 - 14) + \frac{9}{4} \times (500 - 14 \times 2)^2 = 1,862,064 mm^3$

◦ $M_p = F_y \times Z = 235 MPa \times 1,862,064 mm^3 = 467,585,040 N \cdot mm$
 $= 468 kN \cdot m$

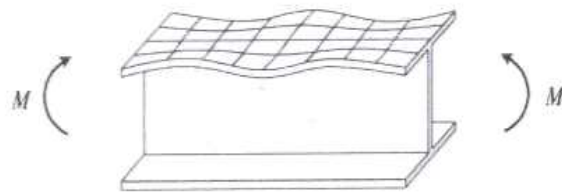
6.3 휨부재의 국부좌굴

1) 국부좌굴 거동

◦ 플랜지

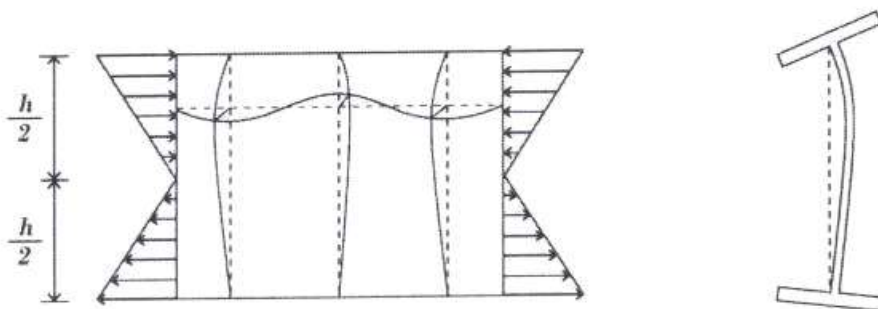


(a)



(b)

◦ 웨브

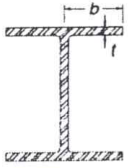
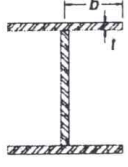
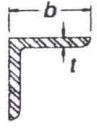
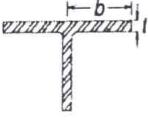




2) 판폭두께비

◦ 플랜지

표 6.3.1 압축판요소의 비조밀단면 판폭두께비 (자유돌출판)

구분	판요소에 대한 설명	판폭 두께비	판폭두께비 제한값		예
			조밀단면 λ_p	비조밀단면 λ_r	
1	힘을 받는 -압연 H형강의 플랜지 -압연 C형강의 플랜지	$\frac{b}{t}$	$0.38 \sqrt{E/F_y}$	$1.0 \sqrt{E/F_y}$	
2	힘을 받는 -2축대칭 용접 H형강의 플랜지 -1축대칭 용접 H형강의 플랜지	$\frac{b}{t}$	$0.38 \sqrt{E/F_y}$	$0.95 \sqrt{k_c E/F_L}^{1), 2)}$	
3	힘을 받는 단일 C형강의 다리	$\frac{b}{t}$	$0.54 \sqrt{E/F_y}$	$0.91 \sqrt{E/F_y}$	
4	힘을 받는 T형강의 플랜지	$\frac{b}{t}$	$0.38 \sqrt{E/F_y}$	$1.0 \sqrt{E/F_y}$	

1) $k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$, $0.35 \leq k_c \leq 0.76$

2) $F_L = 0.7F_y$: 약축힘을 받는 경우, 웨브가 세장판요소인 용접H형강이 강축힘을 받는 경우, 그리고 웨브가 조밀단면 또는 비조밀단면이며 $S_{xt}/S_{xc} \geq 0.7$ 인 용접H형강이 강축힘을 받는 경우.

$F_L = F_y S_{xt}/S_{xc} \geq 0.5F_y$: 웨브가 조밀단면 또는 비조밀단면이며 $S_{xt}/S_{xc} < 0.7$ 인 용접H형강이 강축힘을 받는 경우



◦ 웨브

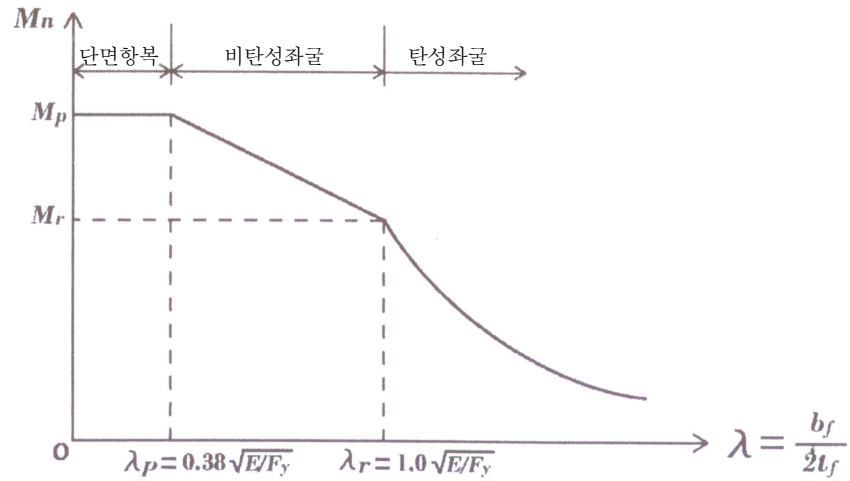
표 6.3.2 압축판요소의 비조밀단면 판폭두께비 (양연지지판)

구분	판요소에 대한 설명	판폭 두께 비	판폭두께비 제한값		예
			조밀단면 λ_p	비조밀단면 λ_r	
1	힘을 받는 -2축대칭 H형강의 웨브 -ㄷ형강의 웨브	$\frac{h}{t_w}$	$3.76 \sqrt{E/F_y}$	$5.70 \sqrt{E/F_y}$	
2	힘을 받는 1축대칭 H형강의 웨브	$\frac{h_c}{t_w}$	$\frac{\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}}}{(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.09)^2} \leq \lambda_r$	$5.70 \sqrt{E/F_y}$	
3	힘을 받는 -각형강관의 플랜지 -플랜지 커버플레이트 -파스너 또는 용접선 사이의 다이아프램 플레이트	$\frac{b}{t}$	$1.12 \sqrt{E/F_y}$	$1.40 \sqrt{E/F_y}$	
4	힘을 받는 각형강관의 웨브	$\frac{h}{t}$	$2.42 \sqrt{E/F_y}$	$5.70 \sqrt{E/F_y}$	
5	힘을 받는 원형강관	$\frac{D}{t}$	$0.07 E/F_y$	$0.31 E/F_y$	



3) 국부좌굴 강도

- 플랜지



- 탄성한계 모멘트 M_r : $M_r = (F_y - F_r)S$
 잔류응력 $F_r = 0.3F_y$ 을 적용하면, $M_r = 0.7F_yS$

- $\lambda \leq \lambda_p$; 단면항복
 $M_n = M_p$

- $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$; 비탄성좌굴

$$M_n = [M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)]$$

- $\lambda_r < \lambda$; 탄성좌굴
 $M_n = F_{cr}S$

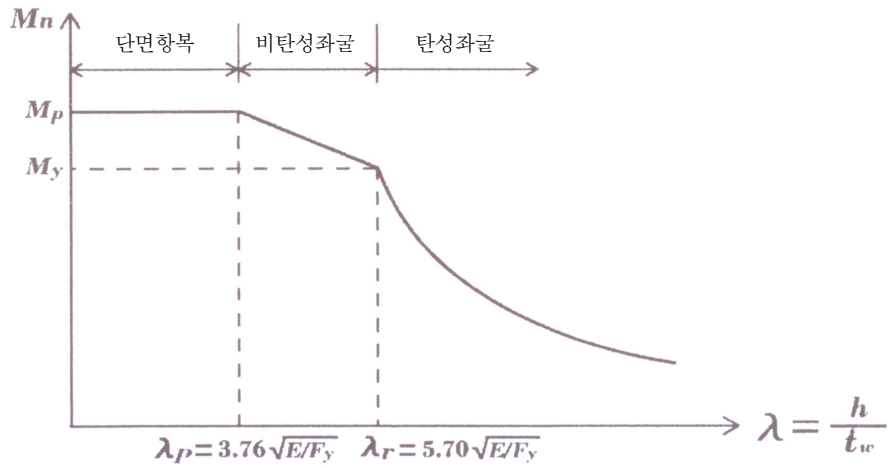
$$F_{cr} = \frac{k_c \pi^2 E}{12(1 - \nu^2) \left(\frac{b}{t} \right)^2}$$

$$\nu = 0.3 \text{ 을 대입하면, } F_{cr} = \frac{0.9 E k_c}{\lambda^2}$$

$$\text{여기서, } k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}, \quad 0.35 \leq k_c \leq 0.76$$



◦ 웨브



- $\lambda \leq \lambda_p$; 단면항복

$$M_n = M_p$$

- $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$; 비탄성좌굴

$$M_n = [M_p - (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)]$$

- $\lambda_r < \lambda$; 탄성좌굴, 세장단면의 경우는 강구조공학 2에서 설명



6.4 휨부재의 횡비틀림좌굴

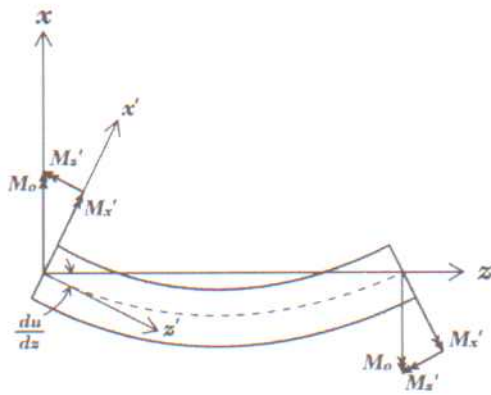
◦ VIDEO 시청 : The Behaviour of Unrestrained Steel Beams

◦ 횡비틀림 : <http://www.youtube.com/watch?v=jHRCv6Bc0x8>

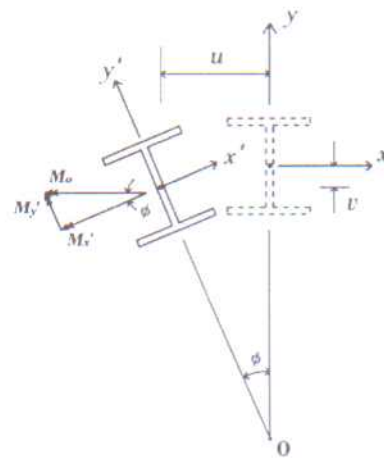
1) 횡비틀림좌굴 거동



(a)



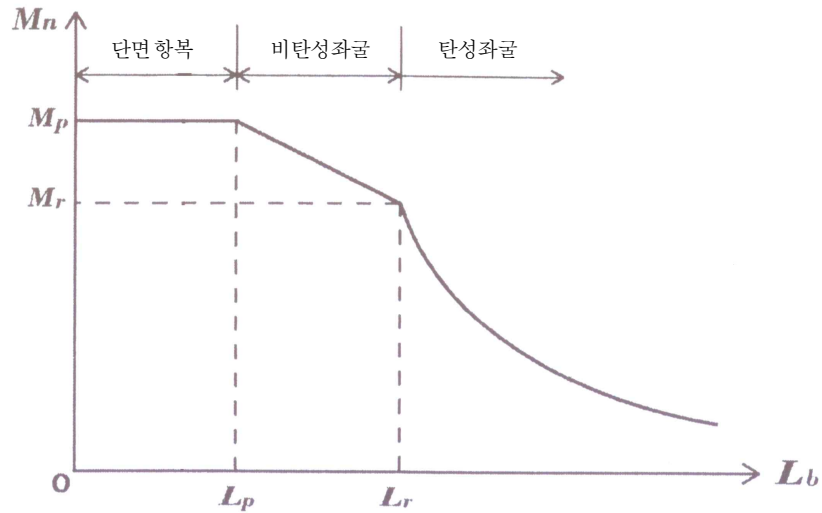
(b)



(c)



2) 횡비틀림좌굴강도곡선



- $M_r = 0.7F_y S$

- $L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

- $L_b \leq L_p$; 단면항복
 $M_n = M_p$

- $L_p < L_b \leq L_r$; 비탄성좌굴
 $M_n = [M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)]$

- $L_r < L_b$; 탄성좌굴
 $M_n = F_{cr} S$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}$$



$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}}$$

c 는 단면의 형태를 고려한 계수로서 H형 단면에서 $c = 1.0$

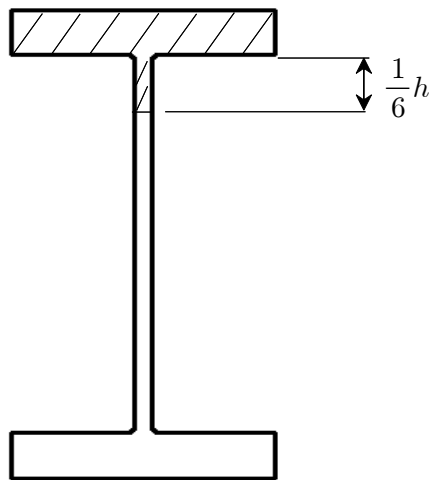
h_o 는 상하 플랜지 중심간 거리로서 $h_o = d - t_f$

J, S_x 는 부록 A. 부재 일람표에서 확인할 수 있으며,

J 는 비틀림 상수, S_x 는 단면계수

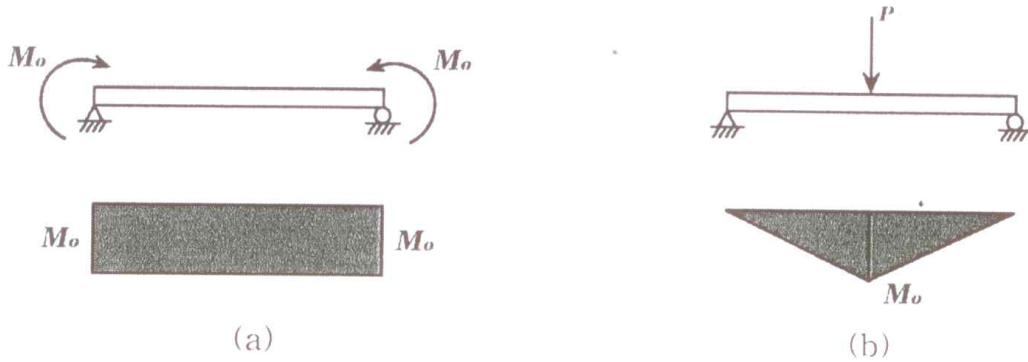
r_{ts} 의 값은 근사적으로 압축플랜지와 웨브의 $\frac{1}{6}$ 에 해당하는

단면의 약축에 대한 단면2차반경 $r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{ht_w}{b_f t_f} \right)}}$





3) 횡비틀림좌굴 수정계수



- $L_p < L_b \leq L_r$; 비탄성좌굴

$$M_n = C_b [M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)]$$

- $L_r < L_b$; 탄성좌굴

$$M_n = F_{cr} S$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}$$

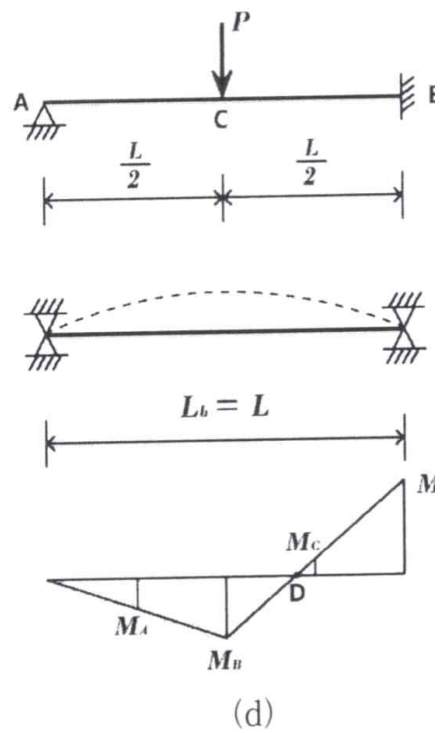
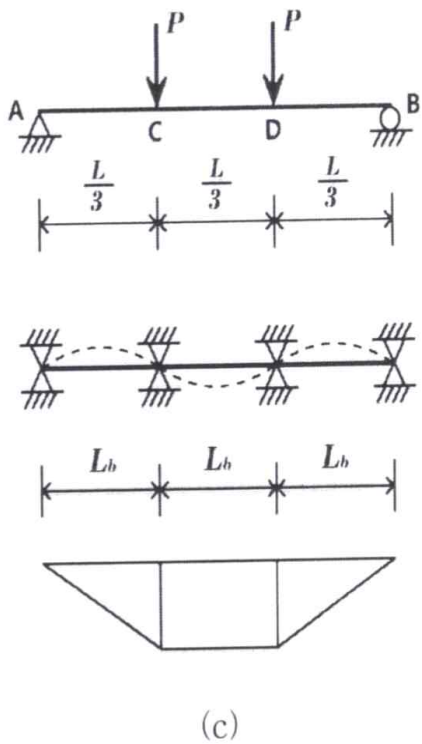
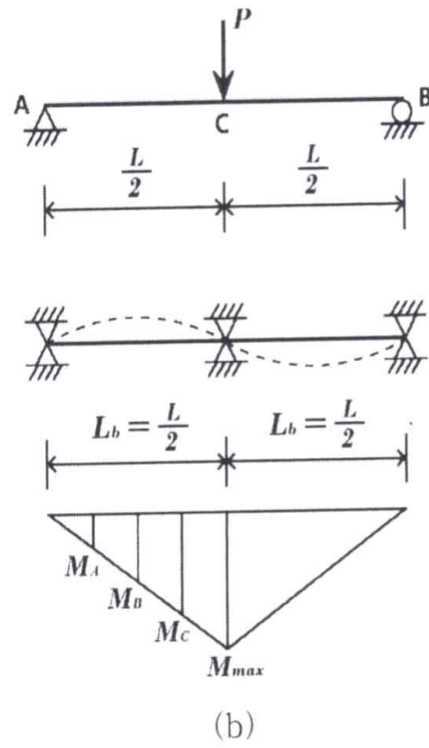
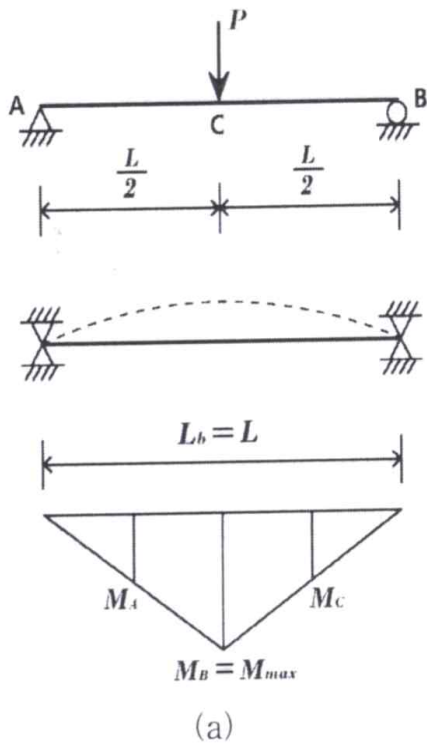
$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

M_A : 비지지구간에서 1/4지점 모멘트의 절대값 ($N \cdot mm$)

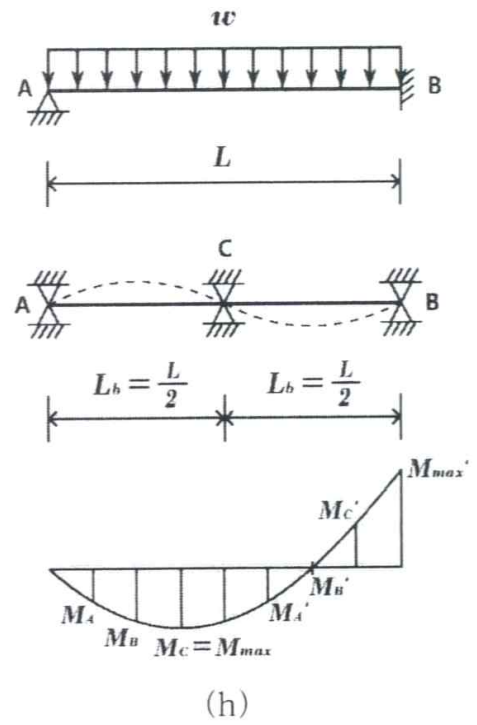
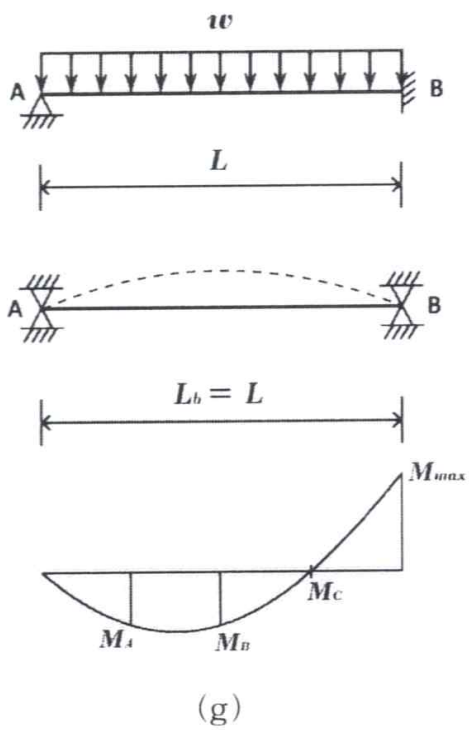
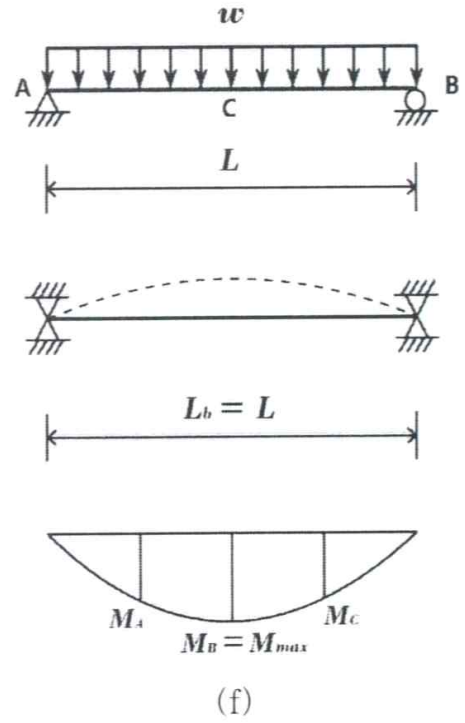
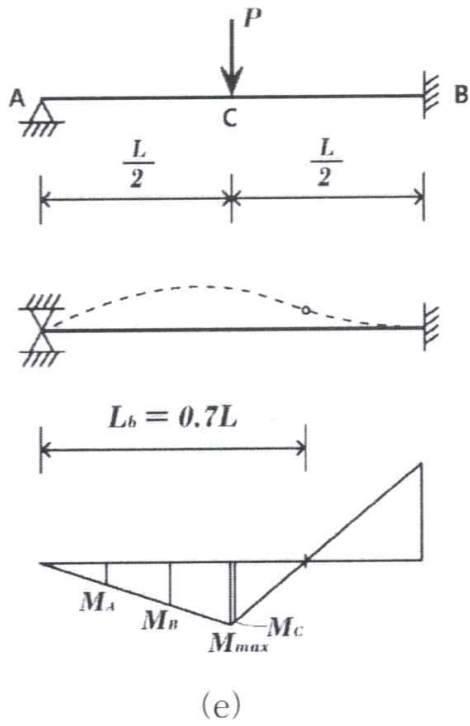
M_B : 비지지구간에서 중앙부 모멘트의 절대값 ($N \cdot mm$)

M_C : 비지지구간에서 3/4지점 모멘트의 절대값 ($N \cdot mm$)

M_{\max} : 비지지구간에서 최대모멘트의 절대값 ($N \cdot mm$)

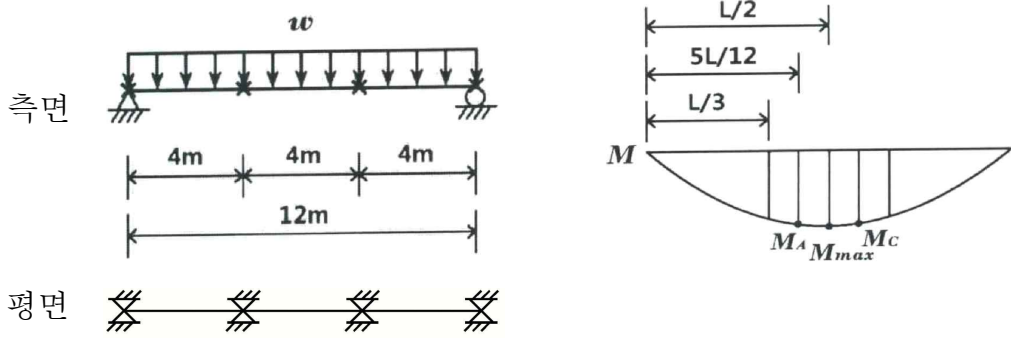


< 수정계수 C_b >



< 수정계수 C_b >

예제 6.1



$H-600 \times 200 \times 11 \times 17$
 $SM490 (F_y = 315MPa)$

$w_D = 10kN/m, w_L = 15kN/m$ 이 작용할 때 보의 안전성을 검토하시오.

(양단과 3등분점에서 압축플랜지가 횡지지되어 있음)

$H-600 \times 200 \times 11 \times 17$
 $(I_x = 776 \times 10^6 mm^4, I_y = 22.8 \times 10^6 mm^4, S_x = 2.59 \times 10^6 mm^3)$
 $Z_x = 2.98 \times 10^6 mm^3, J = 1.13 \times 10^6 mm^4, C_w = 1.94 \times 10^{12} mm^6$
 $r_y = 41.2mm, h_o = 600 - 17 = 583mm)$

1) 극한모멘트 산정

$$w_u = 1.2(10.0) + 1.6(15.0) = 36kN/m$$

$$M_u = \frac{36.0(12.0)^2}{8} = 650KN \cdot m$$

2) 국부좌굴 강도 산정

◦ 플랜지의 국부좌굴강도

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2(17)} = 5.9$$



$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{205,000}{315}} = 9.7$$

$$\lambda < \lambda_p$$

∴ 항복에 의한 파괴, $M_n = M_p$

- 웨브의 국부좌굴강도

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{600 - 2 \times 17}{11} = 52$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{205,000}{315}} = 96$$

$$\lambda < \lambda_p$$

∴ 항복에 의한 파괴, $M_n = M_p$

- 단면의 국부좌굴 강도

$$M_n = M_p$$

3) 횡-비틀림좌굴강도

- 비지지길이

$$L_b = \frac{12,000}{3} = 4,000mm$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76(41.2) \sqrt{\frac{205,000}{315}} = 1,850mm$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}} = \sqrt{\frac{\sqrt{22.8 \times 10^6 (1.94 \times 10^{12})}}{2.59 \times 10^6}} = 51mm$$

$$\frac{E}{0.7F_y} = \frac{205,000}{0.7(315)} = 930$$

$$\frac{Jc}{S_x h_o} = \frac{1.13 \times 10^6 (1.0)}{2.59 \times 10^6 (583)} = 7.5 \times 10^{-4}$$



$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{J_c} \right)^2}}$$

$$= 1.95(51)(930) \sqrt{7.5 \times 10^{-4}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left[\left(\frac{1}{930} \right) \left(\frac{1}{7.5 \times 10^{-4}} \right) \right]^2}}$$

$$= 5,584mm$$

$L_p < L_b < L_r$ 이므로 비탄성좌굴영역에 해당됨.

- 수정계수 C_b

$$M_x = \frac{wL}{2}x - \frac{wx^2}{2}$$

$$M_A = \frac{wL}{2} \left(\frac{5L}{12} \right) - \frac{w}{2} \left(\frac{5L}{12} \right)^2 = \frac{35}{288} wL^2 = M_C$$

$$M_B = M_{\max} = \frac{wL^2}{8} = \frac{36}{288} wL^2$$

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$C_b = \frac{12.5(1.0)}{2.5(1.0) + 3(0.972) + 4(1) + 3(0.972)} = 1.014$$

- 횡-비틀림좌굴강도

$$M_p = F_y Z_x = 315(2.98 \times 10^6) = 939 \times 10^6 N \cdot mm = 939 kN \cdot m$$

$$M_r = 0.7F_y S_x = 0.7(315)(2.59 \times 10^6) = 571 \times 10^6 N \cdot mm = 571 kN \cdot m$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 1.014 \left[939 - (939 - 571) \left(\frac{4,000 - 1,850}{5,584 - 1,850} \right) \right] = 727 kN \cdot m \leq M_p$$

4) 안전성검토

- 설계휨강도

$$\phi_b M_n = 0.9(727) = 654 kN \cdot m$$

- 극한모멘트

$$M_u = 650 kN \cdot m$$

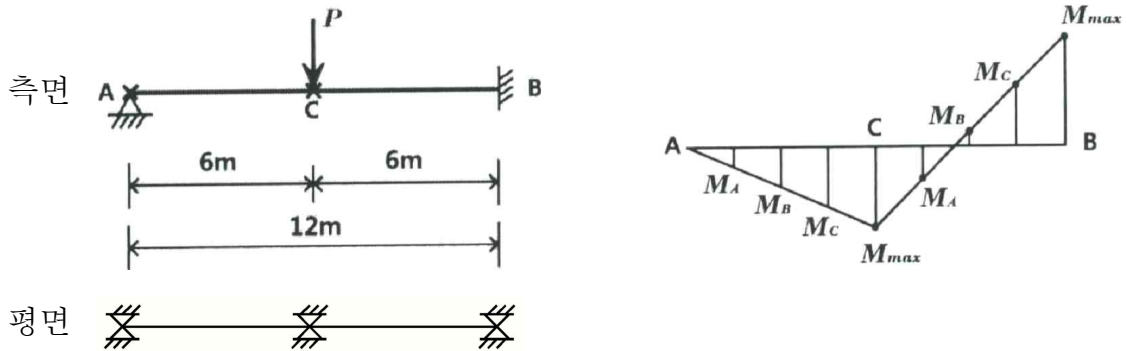
- 검토

$$\phi_b M_n > M_u$$

∴ 안전함



예제 6.2



$H-500 \times 200 \times 9 \times 14$
 $SM490 (F_y = 315 \text{MPa})$

$P_D = 70.0 \text{kN}$, $P_L = 90 \text{kN}$ 이 작용할 때 보의 안전성을 검토하시오.

$H-496 \times 199 \times 9 \times 14$
 $(I_x = 419 \times 10^6 \text{mm}^4, I_y = 18.5 \times 10^6 \text{mm}^4, S_x = 1.69 \times 10^6 \text{mm}^3$
 $Z_x = 1.91 \times 10^6 \text{mm}^3, J = 608 \times 10^3 \text{mm}^4, C_w = 1.07 \times 10^{12} \text{mm}^6$
 $r_y = 42.7 \text{mm}, h_o = 496 - 14 = 482 \text{mm})$

1) 극한모멘트 산정

A-C구간

$$P_u = 1.2(70.0) + 1.6(90) = 228 \text{kN}$$

$$M_u = \frac{5}{32} PL = 428 \text{kN} \cdot \text{m}$$

C-B구간

$$P_u = 1.2(70.0) + 1.6(90) = 228 \text{kN}$$

$$M_u = \frac{3}{16} PL = 513 \text{kN} \cdot \text{m}$$



2) 국부좌굴 강도 산정

- 플랜지의 국부좌굴강도

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{199}{2(14)} = 7.1$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{205,000}{315}} = 9.7$$

$$\lambda < \lambda_p$$

∴ 항복에 의한 파괴, $M_n = M_p$

- 웹의 국부좌굴강도

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{496 - 2 \times 14}{9} = 52$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{205,000}{315}} = 96$$

$$\lambda < \lambda_p$$

∴ 항복에 의한 파괴, $M_n = M_p$

- 단면의 국부좌굴 강도

$$M_n = M_p$$

3) 횡-비틀림좌굴강도

A-C구간

- 비지지길이

$$L_b = \frac{12,000}{2} = 6,000mm$$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76(42.7) \sqrt{\frac{205,000}{315}} = 1,917mm$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}}$$



$$r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}} = \sqrt{\frac{\sqrt{18.5 \times 10^6 (1.07 \times 10^{12})}}{1.69 \times 10^6}} = 51mm$$

$$\frac{E}{0.7F_y} = \frac{205,000}{0.7(315)} = 930$$

$$\frac{Jc}{S_x h_o} = \frac{608 \times 10^3 (1.0)}{1.69 \times 10^6 (482)} = 7.5 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}} \\ &= 1.95 (51) (930) \sqrt{7.5 \times 10^{-4}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left[\left(\frac{1}{930} \right) \left(\frac{1}{7.5 \times 10^{-4}} \right) \right]^2}} \\ &= 5,584mm \end{aligned}$$

$L_b = 6,000mm > L_r = 5,584mm$ 이므로 탄성좌굴영역에 해당됨.

- 수정계수 C_b

$$M_A = \frac{1}{4} M_{\max}$$

$$M_B = \frac{2}{4} M_{\max}$$

$$M_C = \frac{3}{4} M_{\max}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} R_m$$

$$C_b = \frac{12.5 (1.0)}{2.5 (1.0) + 3(0.25) + 4(0.5) + 3(0.75)} (1.0) = 1.7$$

- 횡-비틀림좌굴강도

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \\ &= \frac{1.7 \pi^2 (205,000)}{\left(\frac{6,000}{51} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 (7.5 \times 10^{-4}) \left(\frac{6,000}{51} \right)^2} \\ &= 334MPa \end{aligned}$$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

$$M_p = F_y Z_x = 315 (1.91 \times 10^6) = 602 \times 10^6 N \cdot mm = 602kN \cdot m$$

$$M_n = 334 (1.69 \times 10^6) = 564 \times 10^6 N \cdot mm = 564kN \cdot m < M_p$$



C-B구간

- 비지지길이

$$L_b = 1.0 \times 6,000 = 6,000mm$$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76(42.7) \sqrt{\frac{205,000}{315}} = 1,917mm$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}} \\ &= 1.95(51)(930) \sqrt{7.5 \times 10^{-4}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left[\left(\frac{1}{930} \right) \left(\frac{1}{7.5 \times 10^{-4}} \right) \right]^2}} \\ &= 5,584mm \end{aligned}$$

- 수정계수 C_b

$$M_A = \left| \frac{5}{32} - \frac{1}{4} \left(\frac{5}{32} + \frac{6}{32} \right) \right| PL = \frac{9}{128} PL$$

$$M_B = \left| \frac{5}{32} - \frac{2}{4} \left(\frac{5}{32} + \frac{6}{32} \right) \right| PL = \frac{2}{128} PL$$

$$M_C = \left| \frac{5}{32} - \frac{3}{4} \left(\frac{5}{32} + \frac{6}{32} \right) \right| PL = \frac{13}{128} PL$$

$$M_{\max} = \frac{3}{16} PL = \frac{24}{128} PL$$

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$C_b = \frac{12.5(24)}{2.5(24) + 3(9) + 4(2) + 3(13)} = 2.2$$

- 횡-비틀림좌굴강도

$L_b = 6,000mm > L_r = 5,600mm$ 이므로 탄성좌굴영역에 해당됨

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \\ &= \frac{2.2 \pi^2 (205,000)}{\left(\frac{6,000}{51} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 (7.5 \times 10^{-4}) \left(\frac{6,000}{51} \right)^2} \\ &= 433MPa \end{aligned}$$



$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

$$M_p = F_y Z_x = 315(1.91 \times 10^6) = 602 \times 10^6 N \cdot mm = 602 kN \cdot m$$

$$M_n = 433(1.69 \times 10^6) = 732 \times 10^6 N \cdot mm = 732 kN \cdot m > M_p$$

$$M_n = 602 kN \cdot m$$

4) 안전성 검토

A-C구간

- 설계 휨강도

$$\phi_b M_n = 0.9(564) = 508 kN \cdot m$$

- 극한모멘트

$$M_u = 428 kN \cdot m$$

- 검토

$$\phi_b M_n > M_u$$

∴ 안전함

C-B구간

- 설계 휨강도

$$\phi_b M_n = 0.9(602) = 542 kN \cdot m$$

- 극한모멘트

$$M_u = 513 kN \cdot m$$

- 검토

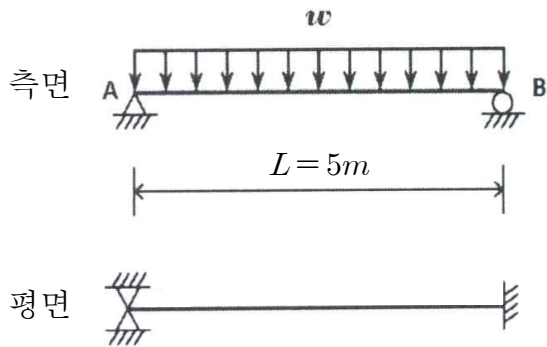
$$\phi_b M_n > M_u$$

∴ 안전함



예제

좌굴강도

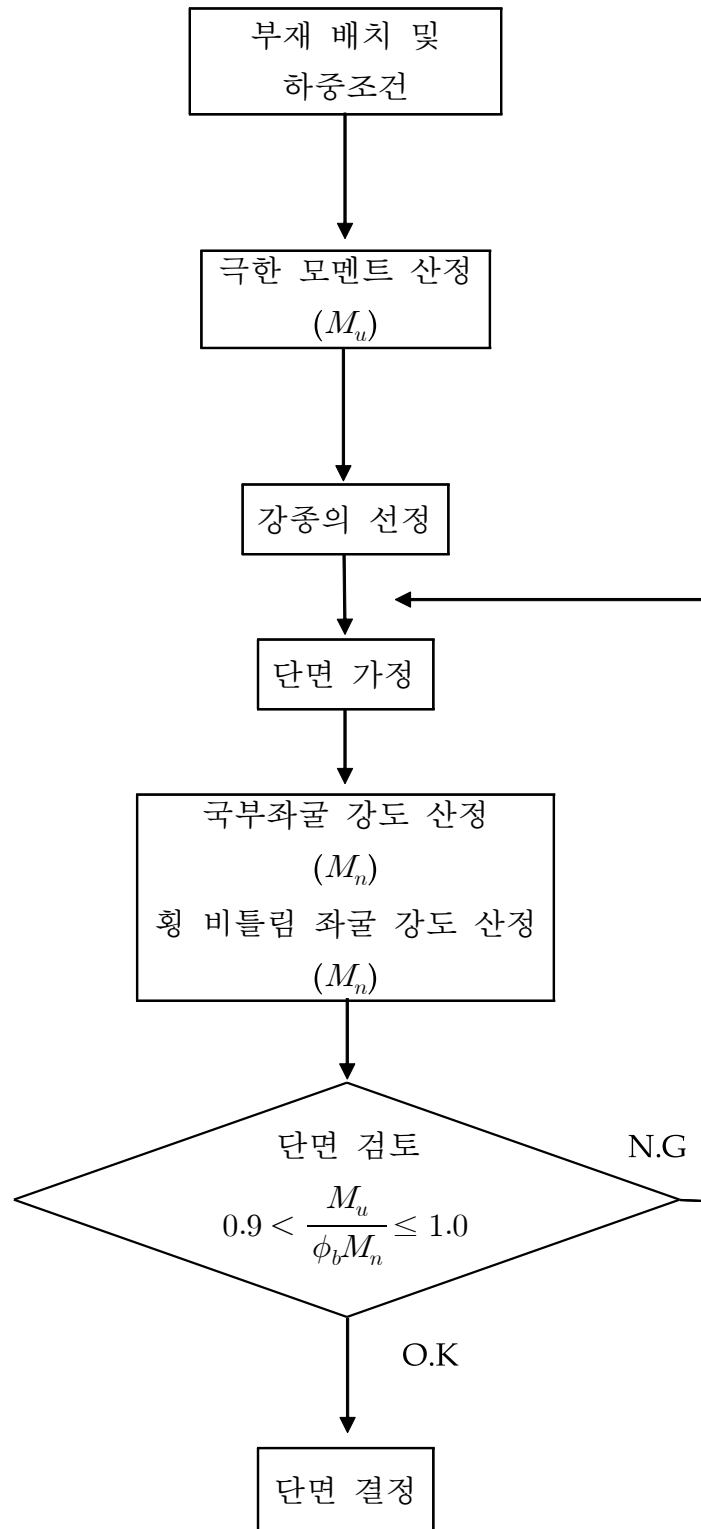


$H-600 \times 200 \times 10 \times 15$

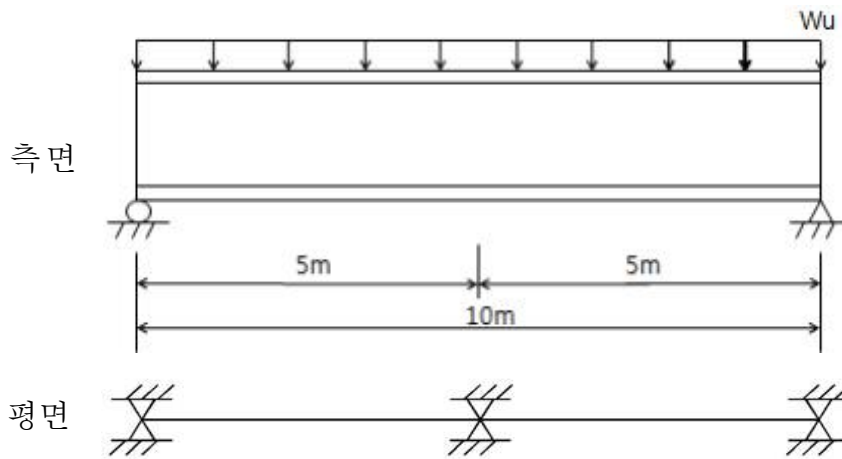
$SM490 (F_y = 315 \text{MPa})$

$w_D = 12 \text{kN/m}$, $w_L = 20 \text{kN/m}$ 이 작용할 때 보의 안전성을 검토하시오.

6.5 설계 Flow - Chart



예제 6.3



$w_D = 5kN/m$, $w_L = 10kN/m$ 이 작용할 때 최적단면을 설계하시오.
 (중간지점에서 압축플랜지가 횡지지되어 있음)

1) 극한모멘트 산정

$$w_u = 1.2(5) + 1.6(10.0) = 22kN/m$$

$$M_u = \frac{22.0(10.0)^2}{8} = 275kN \cdot m$$

2) 강종의 선정

$$SS400 (F_y = 235MPa)$$

3) 단면 가정

◦ 극한 모멘트 : $M_u = 275kN \cdot m$

◦ 휨강도 가정 : $\phi M_n = \phi M_p \times 0.7 = \phi F_y Z \times 0.7$

$$\therefore M_u = 0.7\phi F_y Z \Rightarrow Z = \frac{M_u}{0.7\phi F_y} = \frac{275 \times 10^6}{0.7 \times 0.9 \times 235} = 1.9 \times 10^6 mm^3$$



Try $H-500 \times 200 \times 9 \times 14 (Z_x = 1.91 \times 10^6 mm^3)$

$$(I_x = 419 \times 10^6 mm^4, I_y = 18.5 \times 10^6 mm^4, S_x = 1.69 \times 10^6 mm^3)$$

$$Z_x = 1.91 \times 10^6 mm^3, J = 608 \times 10^3 mm^4, C_w = 1.07 \times 10^{12} mm^6$$

$$r_y = 42.7 mm, h_o = 496 - 14 = 482 mm)$$

4) 국부좌굴강도 산정

◦ 플랜지의 국부좌굴강도

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{199}{2(14)} = 7.1$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{205,000}{235}} = 11$$

$$\lambda < \lambda_p$$

∴ 항복에 의한 파괴, $M_n = M_p$

◦ 웨브의 국부좌굴강도

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{496 - 2 \times 14}{9} = 52$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{205,000}{235}} = 111$$

$$\lambda < \lambda_p$$

∴ 항복에 의한 파괴, $M_n = M_p$

◦ 단면의 국부좌굴 강도

$$M_n = M_p$$

5) 횡-비틀림좌굴강도 산정

◦ 비지지길이

$$L_b = \frac{10,000}{2} = 5,000 mm$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 (42.7) \sqrt{\frac{205,000}{235}} = 2,220 mm$$



$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}} = \sqrt{\frac{\sqrt{18.5 \times 10^6 (1.017 \times 10^{12})}}{1.69 \times 10^6}} = 51mm$$

$$\frac{E}{0.7F_y} = \frac{205,000}{0.7(235)} = 1,246$$

$$\frac{Jc}{S_x h_o} = \frac{608 \times 10^3 (1.0)}{1.69 \times 10^6 (482)} = 7.4 \times 10^{-6}$$

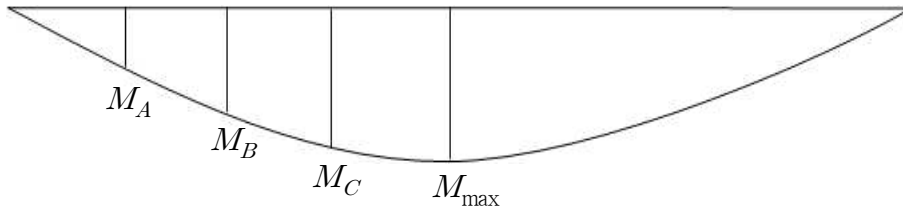
$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}}$$

$$= 1.95(51)(1,246) \sqrt{7.4 \times 10^{-6}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{1}{1,246} \frac{1}{7.4 \times 10^{-6}} \right)^2}}$$

$$= 6,735mm$$

$L_p < L_b < L_r$ 이므로 비탄성좌굴영역에 해당됨.

◦ 수정계수 C_b



$$M_x = \frac{wL}{2}x - \frac{wx^2}{2}$$

$$M_A = \frac{wL}{2} \left(\frac{L}{8} \right) - \frac{w}{2} \left(\frac{L}{8} \right)^2 = \frac{wL^2}{16} - \frac{wL^2}{128} = \frac{7wL^2}{128}$$

$$M_B = \frac{wL}{2} \left(\frac{2L}{8} \right) - \frac{w}{2} \left(\frac{2L}{8} \right)^2 = \frac{wL^2}{8} - \frac{wL^2}{32} = \frac{12wL^2}{128}$$

$$M_C = \frac{wL}{2} \left(\frac{3L}{8} \right) - \frac{w}{2} \left(\frac{3L}{8} \right)^2 = \frac{3wL^2}{16} - \frac{9wL^2}{128} = \frac{15wL^2}{128}$$

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{8} = \frac{16wL^2}{128}$$



$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$C_b = \frac{12.5(16)}{2.5(16) + 3(7) + 4(12) + 3(15)} = 1.3$$

- 횡-비틀림좌굴강도

$$M_p = F_y Z_x = 235(1.91 \times 10^6) = 448.9 \times 10^6 N \cdot mm = 449 kN \cdot m$$

$$M_r = 0.7 F_y S_x = 0.7(235)(1.69 \times 10^6) = 278 \times 10^6 N \cdot mm = 278 kN \cdot m$$

$$M_n = C_b [M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq M_p$$

$$= 1.3 [449 - (449 - 278) \left(\frac{5,000 - 2,220}{6,735 - 2,220} \right)] = 446 kNm \leq M_p$$

6) 단면 검토

- 설계 휨강도

$$\phi_b M_n = 0.9(446) = 401 kN \cdot m$$

- 극한모멘트

$$M_u = 275 kN \cdot m$$

- 부재 강도 검토

$$0.9 < \frac{M_u}{\phi_b M_n} \leq 1.0$$

$$\frac{M_u}{\phi_b M_n} = \frac{275}{401} = 0.69$$

∴ 0.9보다 작으므로 과다설계, N.G



3A) 단면 재가정

$$\begin{aligned} & \text{Try } H-400 \times 200 \times 8 \times 13 (Z_x = 1.33 \times 10^6 \text{mm}^3) \\ & (I_x = 237 \times 10^6 \text{mm}^4, I_y = 17.4 \times 10^6 \text{mm}^4, S_x = 1.19 \times 10^6 \text{mm}^3) \\ & Z_x = 1.33 \times 10^6 \text{mm}^3, J = 422 \times 10^3 \text{mm}^4, C_w = 650 \times 10^9 \text{mm}^6 \\ & r_y = 45.4 \text{mm}, h_o = 400 - 13 = 387 \text{mm}) \end{aligned}$$

4A) 국부좌굴강도 산정

- 플랜지의 국부좌굴강도

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2(13)} = 7.7 \\ \lambda_p &= 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{205,000}{235}} = 11 \\ \lambda &< \lambda_p \\ \therefore & \text{항복에 의한 파괴, } M_n = M_p \end{aligned}$$

- 웨브의 국부좌굴강도

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h}{t_w} = \frac{400 - 2 \times 13}{8} = 47 \\ \lambda_p &= 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{205,000}{235}} = 111 \\ \lambda &< \lambda_p \\ \therefore & \text{항복에 의한 파괴, } M_n = M_p \end{aligned}$$

- 단면의 국부좌굴 강도

$$M_n = M_p$$



5A) 횡-비틀림좌굴강도 산정

- 비지지길이

$$L_b = \frac{10,000}{2} = 5,000mm$$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76(45.4) \sqrt{\frac{205,000}{235}} = 2,360mm$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}} = \sqrt{\frac{\sqrt{17.4 \times 10^6 (650 \times 10^9)}}{1.19 \times 10^6}} = 53mm$$

$$\frac{E}{0.7F_y} = \frac{205,000}{0.7(235)} = 1,246$$

$$\frac{Jc}{S_x h_o} = \frac{422 \times 10^3 (1.0)}{1.19 \times 10^6 (387)} = 9.2 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc} \right)^2}} \\ &= 1.95(53)(1,246) \sqrt{9.2 \times 10^{-4}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{1}{1,246} \frac{1}{9.2 \times 10^{-4}} \right)^2}} \\ &= 7,285mm \end{aligned}$$

$L_p < L_b < L_r$ 이므로 비탄성좌굴영역에 해당됨.

- 수정계수 C_b

$$C_b = 1.3$$

- 횡-비틀림좌굴강도

$$M_p = F_y Z_x = 235(1.33 \times 10^6) = 313 \times 10^6 N \cdot mm = 313kN \cdot m$$

$$\begin{aligned} M_r &= 0.7F_y S_x = 0.7(235)(1.19 \times 10^6) = 196 \times 10^6 N \cdot mm \\ &= 196kN \cdot m \end{aligned}$$



$$M_n = C_b [M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq M_p$$

$$= 1.3 [313 - (313 - 196) \left(\frac{5,000 - 2,360}{7,285 - 2,360} \right)] = 325 \text{ kNm} \geq M_p$$

6A) 단면 검토

- 설계 휨강도

$$\phi_b M_n = 0.9(313) = 282 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 극한모멘트

$$M_u = 275 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 부재 강도 검토

$$0.9 < \frac{M_u}{\phi_b M_n} \leq 1.0$$

$$\frac{M_u}{\phi_b M_n} = \frac{275}{282} = 0.98$$

∴ 범위 안에 들어가므로 O.K

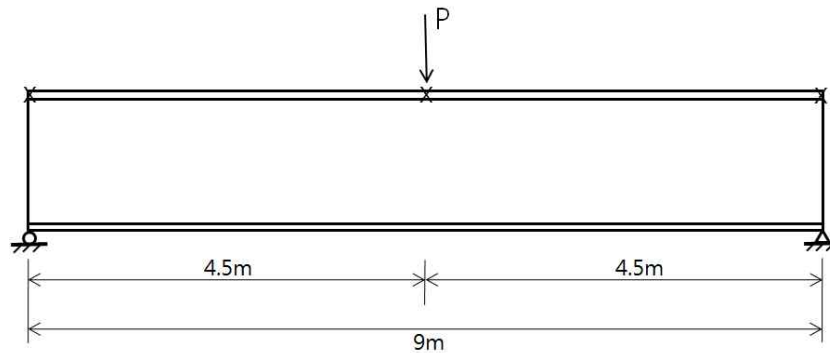
∴ Use $H-400 \times 200 \times 8 \times 13$



설계실습 3

1. 설계조건

1) 제원



2) 하중조건

- 고정하중 : 120kN
- 활 하 중 : 220kN
- 하중조합 : $P_u = 1.2P_D + 1.6P_L$

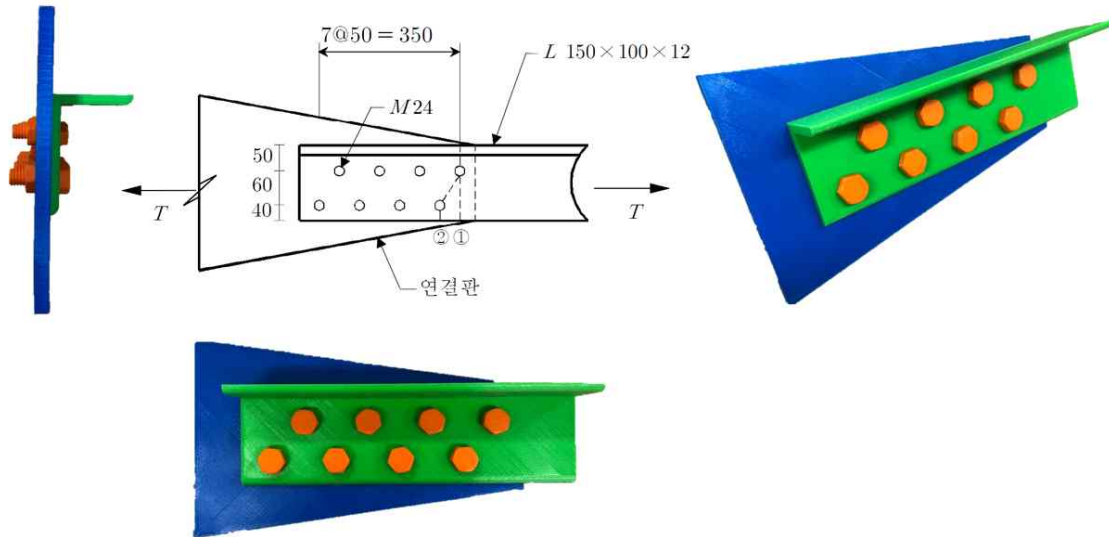
2. 설계내용

- 최적단면 설계

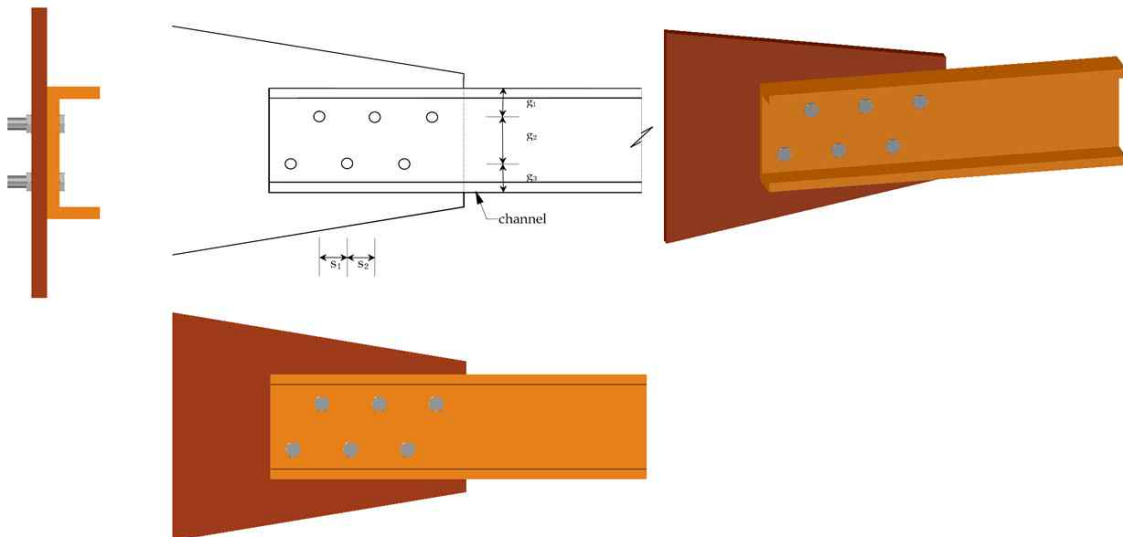
부록

■ 인장부재 입체형상

- L-앵글 (25pg)

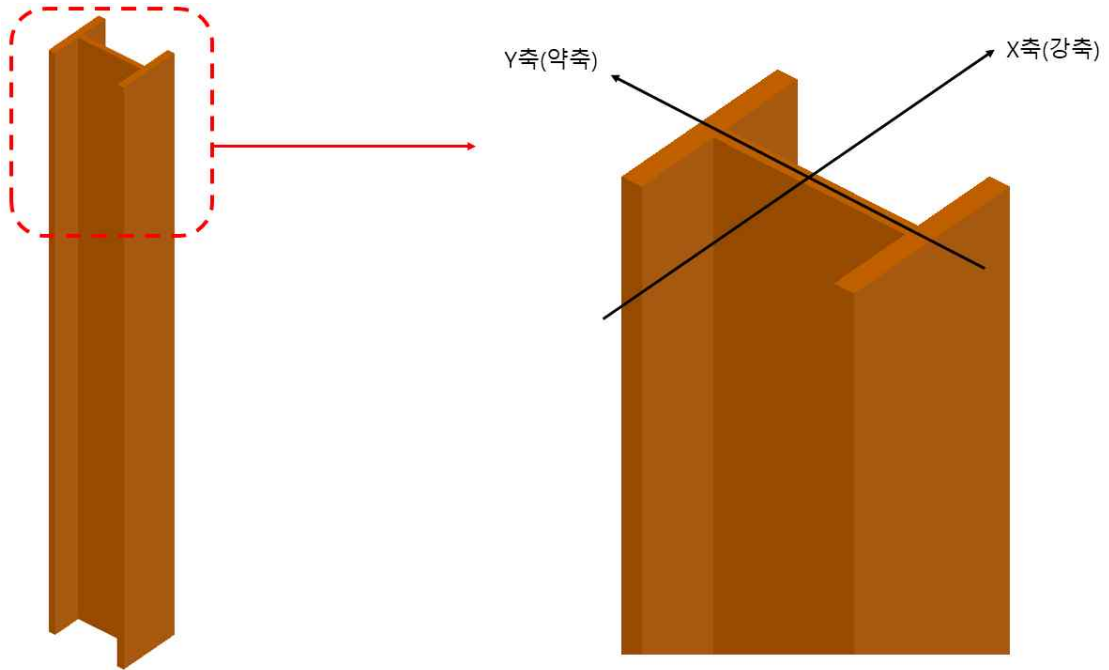


- □-앵글 (29pg)

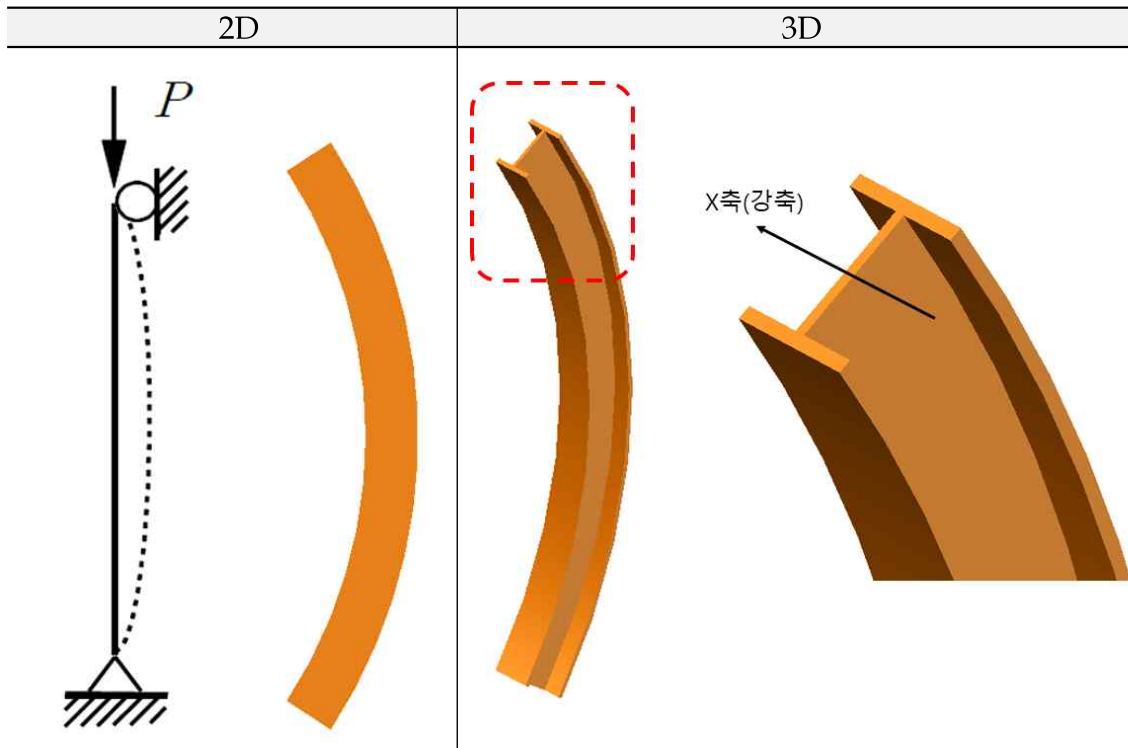


■ 압축부재 입체 형상

- 강축과 약축 비교

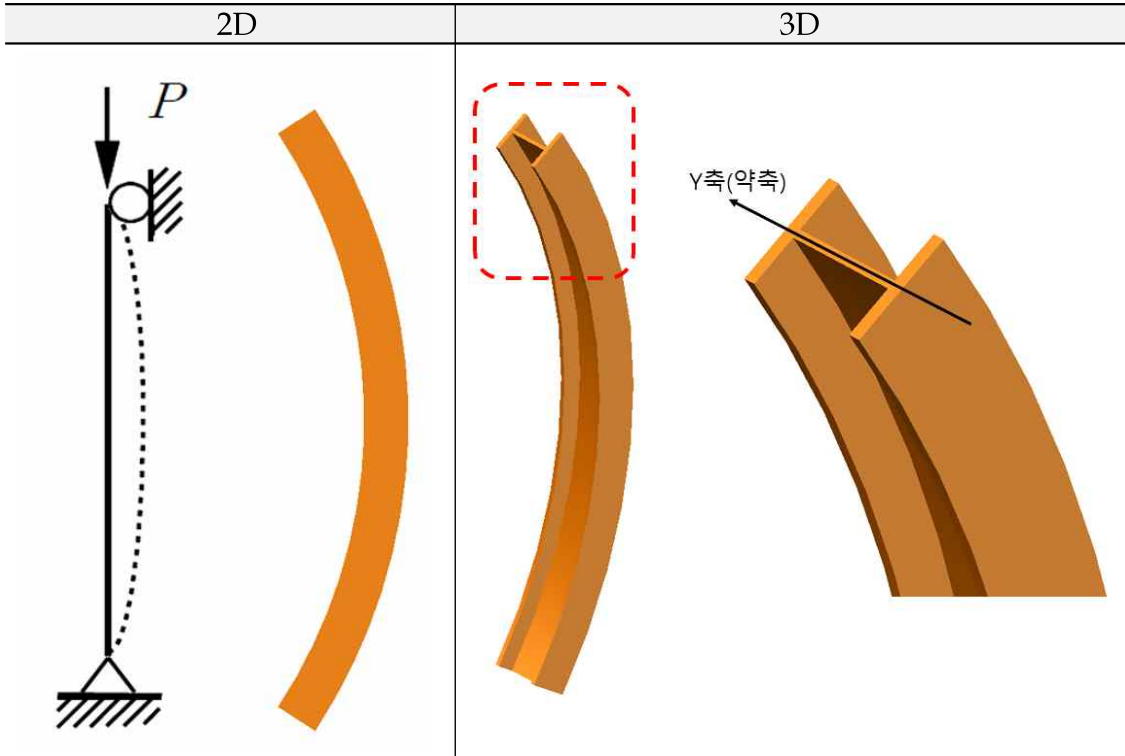


- 강축(x축) 좌굴 형상



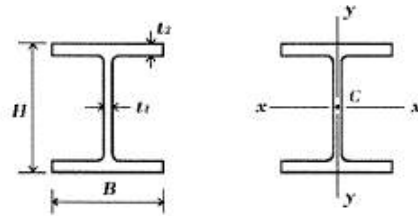


- 약축(y축) 좌굴 형상



■ 부재 일람표

부록 A. 부재 일람표



<부표 A1> H형강의 표준치수와 단면성능

공칭 치수	치수(mm)				단면적 (mm ²)	단위중량 (N/mm)	단면2차모멘트 (mm ⁴)		단면2차반경 (mm)		단면계수 (mm ³)	
	H×B	t ₁	t ₂	r			I _x	I _y	r _x	r _y	S _x	S _y
150x 75	150x 75	5	7	8	1.79×10 ³	0.137	6.66×10 ⁶	495×10 ³	61.1	16.7	88.8×10 ³	13.2×10 ³
200x100	198x 99	4.5	7	11	2.32×10 ³	0.178	15.8×10 ⁶	1.14×10 ⁶	82.6	22.1	160×10 ³	23.0×10 ³
	200x100	5.5	8	11	2.72×10 ³	0.209	18.4×10 ⁶	1.34×10 ⁶	82.4	22.2	184×10 ³	26.8×10 ³
250x125	248x124	5	8	12	3.27×10 ³	0.252	35.4×10 ⁶	2.55×10 ⁶	104	27.9	285×10 ³	41.1×10 ³
	250x125	6	9	12	3.77×10 ³	0.290	40.5×10 ⁶	2.94×10 ⁶	104	27.9	324×10 ³	47.0×10 ³
300x150	298x149	5.5	8	13	4.08×10 ³	0.314	63.2×10 ⁶	4.42×10 ⁶	124	32.9	424×10 ³	59.3×10 ³
	300x150	6.5	9	13	4.68×10 ³	0.360	72.1×10 ⁶	5.08×10 ⁶	124	32.9	481×10 ³	67.7×10 ³
350x175	346x174	6	9	14	5.27×10 ³	0.406	111×10 ⁶	7.92×10 ⁶	145	38.8	641×10 ³	91.0×10 ³
	350x175	7	11	14	6.31×10 ³	0.486	138×10 ⁶	9.84×10 ⁶	147	39.5	775×10 ³	113×10 ³
	354x176	8	13	14	7.37×10 ³	0.567	161×10 ⁶	11.8×10 ⁶	148	40.1	909×10 ³	135×10 ³
400x200	396x199	7	11	16	7.22×10 ³	0.555	200×10 ⁶	14.5×10 ⁶	167	44.8	1.01×10 ⁶	145×10 ³
	400x200	8	13	16	8.41×10 ³	0.647	237×10 ⁶	17.4×10 ⁶	168	45.4	1.19×10 ⁶	174×10 ³
	404x201	9	15	16	9.62×10 ³	0.740	275×10 ⁶	20.3×10 ⁶	169	46.0	1.36×10 ⁶	202×10 ³
450x200	446x199	8	12	18	8.43×10 ³	0.649	287×10 ⁶	15.8×10 ⁶	185	43.3	1.29×10 ⁶	159×10 ³
	450x200	9	14	18	9.68×10 ³	0.745	335×10 ⁶	18.7×10 ⁶	186	44.0	1.49×10 ⁶	187×10 ³
500x200	496x199	9	14	20	10.1×10 ³	0.780	419×10 ⁶	18.5×10 ⁶	203	42.7	1.69×10 ⁶	185×10 ³
	500x200	10	16	20	11.4×10 ³	0.880	478×10 ⁶	21.4×10 ⁶	205	43.3	1.91×10 ⁶	214×10 ³
	506x201	11	19	20	13.1×10 ³	1.01	565×10 ⁶	25.8×10 ⁶	207	44.3	2.23×10 ⁶	257×10 ³
550x200	546x199	9	14	22	10.7×10 ³	0.820	525×10 ⁶	18.5×10 ⁶	222	41.6	1.92×10 ⁶	186×10 ³
	550x200	10	16	22	12.0×10 ³	0.924	599×10 ⁶	21.4×10 ⁶	223	42.3	2.18×10 ⁶	214×10 ³
	554x201	11	18	22	13.4×10 ³	1.03	674×10 ⁶	24.5×10 ⁶	225	42.8	2.43×10 ⁶	244×10 ³
	560x202	12	21	22	15.1×10 ³	1.17	782×10 ⁶	29.0×10 ⁶	228	43.8	2.79×10 ⁶	287×10 ³
	564x203	13	23	22	16.5×10 ³	1.27	861×10 ⁶	32.2×10 ⁶	229	44.2	3.05×10 ⁶	318×10 ³
600x200	596x199	10	15	22	12.1×10 ³	0.928	687×10 ⁶	19.8×10 ⁶	239	40.5	2.31×10 ⁶	199×10 ³
	600x200	11	17	22	13.4×10 ³	1.04	776×10 ⁶	22.8×10 ⁶	240	41.2	2.59×10 ⁶	228×10 ³
	606x201	12	20	22	15.3×10 ³	1.18	904×10 ⁶	27.2×10 ⁶	243	42.2	2.98×10 ⁶	271×10 ³
	612x202	13	23	22	17.1×10 ³	1.31	1.03×10 ⁹	31.8×10 ⁶	246	43.1	3.38×10 ⁶	315×10 ³

<부표 A1> H형강의 표준치수와 단면성능 (계속)

공칭 치수	치수(mm)				소성단면계수 (mm ³)		뒤틀림 상수 C_w (mm ⁶)	비틀림 상수 J (mm ⁴)	휨단면성능 r_{ts} (mm)	비지지길이 제한값 L_r (mm)	
	$H \times B$	t_1	t_2	r	Z_x	Z_y				$F_y = 235\text{MPa}$	$F_y = 325\text{MPa}$
150x 75	150x 75	5	7	8	102×10^3	20.8×10^3	2.53×10^9	28.1×10^3	20.0	3.52×10^3	2.69×10^3
200x100	198x 99	4.5	7	11	180×10^3	35.7×10^3	10.4×10^9	38.6×10^3	26.1	3.85×10^3	3.04×10^3
	200x100	5.5	8	11	209×10^3	41.9×10^3	12.3×10^9	57.7×10^3	26.4	4.20×10^3	3.26×10^3
250x125	248x124	5	8	12	319×10^3	63.6×10^3	36.7×10^9	67.4×10^3	32.8	4.57×10^3	3.66×10^3
	250x125	6	9	12	366×10^3	73.1×10^3	42.7×10^9	96.8×10^3	33.1	4.87×10^3	3.85×10^3
300x150	298x149	5.5	8	13	475×10^3	91.8×10^3	92.9×10^9	86.5×10^3	38.9	5.09×10^3	4.14×10^3
	300x150	6.5	9	13	542×10^3	105×10^3	107×10^9	124×10^3	39.2	5.35×10^3	4.30×10^3
350x175	346x174	6	9	14	716×10^3	140×10^3	225×10^9	136×10^3	45.6	5.86×10^3	4.79×10^3
	350x175	7	11	14	868×10^3	174×10^3	283×10^9	230×10^3	46.4	6.32×10^3	5.09×10^3
	354x176	8	13	14	1.02×10^6	208×10^3	344×10^9	361×10^3	47.1	6.84×10^3	5.42×10^3
400x200	396x199	7	11	16	1.13×10^6	224×10^3	536×10^9	271×10^3	52.5	6.86×10^3	5.58×10^3
	400x200	8	13	16	1.33×10^6	268×10^3	650×10^9	422×10^3	53.2	7.31×10^3	5.87×10^3
	404x201	9	15	16	1.53×10^6	312×10^3	770×10^9	623×10^3	53.9	7.85×10^3	6.22×10^3
450x200	446x199	8	12	18	1.45×10^6	247×10^3	744×10^9	383×10^3	51.6	6.72×10^3	5.47×10^3
	450x200	9	14	18	1.68×10^6	291×10^3	890×10^9	569×10^3	52.3	7.12×10^3	5.73×10^3
500x200	496x199	9	14	20	1.91×10^6	290×10^3	1.07×10^{12}	608×10^3	51.3	6.78×10^3	5.50×10^3
	500x200	10	16	20	2.18×10^6	335×10^3	1.25×10^{12}	859×10^3	52.0	7.16×10^3	5.75×10^3
	506x201	11	19	20	2.54×10^6	401×10^3	1.53×10^{12}	1.32×10^6	53.1	7.80×10^3	6.17×10^3
550x200	546x199	9	14	22	2.19×10^6	292×10^3	1.31×10^{12}	655×10^3	50.6	6.53×10^3	5.33×10^3
	550x200	10	16	22	2.49×10^6	337×10^3	1.53×10^{12}	917×10^3	51.2	6.84×10^3	5.53×10^3
	554x201	11	18	22	2.78×10^6	384×10^3	1.76×10^{12}	1.24×10^6	52.0	7.21×10^3	5.78×10^3
	560x202	12	21	22	3.20×10^6	452×10^3	2.11×10^{12}	1.82×10^6	53.0	7.79×10^3	6.16×10^3
600x200	564x203	13	23	22	3.50×10^6	501×10^3	2.36×10^{12}	2.34×10^6	53.5	8.22×10^3	6.44×10^3
	596x199	10	15	22	2.65×10^6	315×10^3	1.67×10^{12}	824×10^3	49.9	6.40×10^3	5.23×10^3
	600x200	11	17	22	2.98×10^6	361×10^3	1.94×10^{12}	1.13×10^6	50.7	6.71×10^3	5.44×10^3
	606x201	12	20	22	3.43×10^6	429×10^3	2.34×10^{12}	1.67×10^6	51.7	7.18×10^3	5.75×10^3
612x202		13	23	22	3.89×10^6	498×10^3	2.76×10^{12}	2.37×10^6	52.6	7.70×10^3	6.09×10^3

<부표 A1> H형강의 표준치수와 단면성능 (계속)

치수(mm)					단면적 (mm ²)	단위중량 (N/mm)	단면2차모멘트 (mm ⁴)		단면2차반경 (mm)		단면계수 (mm ³)	
공칭치수	H×B	t ₁	t ₂	r			I _x	I _y	r _x	r _y	S _x	S _y
150×100	148×100	6	9	11	2.68×10 ²	0.207	10.2×10 ⁶	1.51×10 ⁶	61.7	23.7	138×10 ³	30.1×10 ³
200×150	194×150	6	9	13	3.90×10 ²	0.300	26.9×10 ⁶	5.07×10 ⁶	83.0	36.1	277×10 ³	67.6×10 ³
250×175	244×175	7	11	16	5.62×10 ²	0.432	61.2×10 ⁶	9.85×10 ⁶	104	41.8	502×10 ³	113×10 ³
300×200	294×200	8	12	18	7.24×10 ²	0.557	113×10 ⁶	16.0×10 ⁶	125	47.1	771×10 ³	160×10 ³
	298×201	9	14	18	8.34×10 ²	0.641	133×10 ⁶	19.0×10 ⁶	126	47.7	893×10 ³	189×10 ³
340×250	336×249	8	12	20	8.82×10 ²	0.679	185×10 ⁶	30.9×10 ⁶	145	59.2	1.10×10 ⁶	248×10 ³
	340×250	9	14	20	10.2×10 ²	0.782	217×10 ⁶	36.5×10 ⁶	146	60.0	1.28×10 ⁶	292×10 ³
400×300	386×299	9	14	22	12.0×10 ²	0.925	337×10 ⁶	62.4×10 ⁶	167	72.1	1.74×10 ⁶	418×10 ³
	390×300	10	16	22	13.6×10 ²	1.05	387×10 ⁶	72.1×10 ⁶	169	72.8	1.98×10 ⁶	481×10 ³
450×300	434×299	10	15	24	13.5×10 ²	1.04	468×10 ⁶	66.9×10 ⁶	186	70.4	2.16×10 ⁶	448×10 ³
	440×300	11	18	24	15.7×10 ²	1.22	561×10 ⁶	81.1×10 ⁶	189	71.8	2.55×10 ⁶	541×10 ³
500×300	482×300	11	15	26	14.6×10 ²	1.12	604×10 ⁶	67.7×10 ⁶	204	68.2	2.50×10 ⁶	451×10 ³
	488×300	11	18	26	16.4×10 ²	1.26	710×10 ⁶	81.2×10 ⁶	208	70.4	2.91×10 ⁶	541×10 ³
600×300	582×300	12	17	28	17.5×10 ²	1.34	1.03×10 ⁹	76.7×10 ⁶	243	66.3	3.53×10 ⁶	511×10 ³
	588×300	12	20	28	19.3×10 ²	1.48	1.18×10 ⁹	90.2×10 ⁶	248	68.5	4.02×10 ⁶	601×10 ³
	594×302	14	23	28	22.2×10 ²	1.72	1.37×10 ⁹	106×10 ⁶	249	69.0	4.62×10 ⁶	701×10 ³
700×300	692×300	13	20	28	21.2×10 ²	1.63	1.72×10 ⁹	90.3×10 ⁶	286	65.3	4.98×10 ⁶	602×10 ³
	700×300	13	24	28	23.6×10 ²	1.81	2.01×10 ⁹	108×10 ⁶	293	67.8	5.76×10 ⁶	722×10 ³
	708×302	15	28	28	27.4×10 ²	2.11	2.37×10 ⁹	129×10 ⁶	294	68.6	6.70×10 ⁶	854×10 ³
800×300	792×300	14	22	28	24.3×10 ²	1.87	2.54×10 ⁹	99.3×10 ⁶	323	63.9	6.41×10 ⁶	662×10 ³
	800×300	14	26	28	26.7×10 ²	2.06	2.92×10 ⁹	117×10 ⁶	330	66.2	7.29×10 ⁶	782×10 ³
	808×302	16	30	28	30.8×10 ²	2.36	3.39×10 ⁹	138×10 ⁶	332	67.0	8.40×10 ⁶	915×10 ³
900×300	890×299	15	23	28	27.1×10 ²	2.09	3.45×10 ⁹	103×10 ⁶	357	61.6	7.76×10 ⁶	688×10 ³
	900×300	16	28	28	31.0×10 ²	2.38	4.11×10 ⁹	126×10 ⁶	364	63.9	9.14×10 ⁶	843×10 ³
	912×302	18	34	28	36.4×10 ²	2.80	4.98×10 ⁹	157×10 ⁶	370	65.6	10.9×10 ⁶	1.04×10 ⁶
	918×303	19	37	28	39.1×10 ²	3.01	5.42×10 ⁹	172×10 ⁶	372	66.3	11.8×10 ⁶	1.14×10 ⁶

<부표 A1> H형강의 표준치수와 단면성능 (계속)

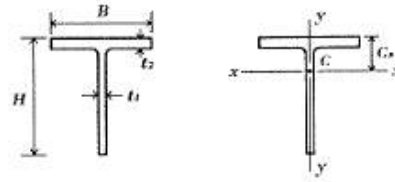
치수(mm)					소성단면계수 (mm ³)		뒤롤림 상수 C_x (mm ⁶)	비롤림 상수 J (mm ⁴)	형단면성능 r_{xx} (mm)	비지지길이 제한값 L_r (mm)	
공칭치수	$H \times B$	t_1	t_2	r	Z_x	Z_y				$F_y = 235\text{MPa}$	$F_y = 325\text{MPa}$
150x100	148x100	6	9	11	157×10^3	46.7×10^3	7.28×10^9	73.7×10^3	27.6	6.04×10^3	4.48×10^3
200x150	194x150	6	9	13	309×10^3	104×10^3	43.4×10^9	109×10^3	41.2	7.07×10^3	5.42×10^3
250x175	244x175	7	11	16	558×10^3	173×10^3	134×10^9	232×10^3	47.8	8.03×10^3	6.18×10^3
300x200	294x200	8	12	18	859×10^3	247×10^3	319×10^9	358×10^3	54.1	8.57×10^3	6.67×10^3
	298x201	9	14	18	1.00×10^6	291×10^3	383×10^9	534×10^3	55.0	9.49×10^3	7.27×10^3
340x250	336x249	8	12	20	1.21×10^6	380×10^3	812×10^9	446×10^3	67.5	9.93×10^3	7.85×10^3
	340x250	9	14	20	1.41×10^6	447×10^3	970×10^9	663×10^3	68.2	10.8×10^3	8.37×10^3
400x300	386x299	9	14	22	1.92×10^6	637×10^3	2.16×10^{12}	799×10^3	81.7	11.9×10^3	9.43×10^3
	390x300	10	16	22	2.19×10^6	733×10^3	2.52×10^{12}	1.14×10^6	82.5	12.8×10^3	9.99×10^3
450x300	434x299	10	15	24	2.38×10^6	686×10^3	2.94×10^{12}	1.04×10^6	80.6	11.5×10^3	9.18×10^3
	440x300	11	18	24	2.82×10^6	828×10^3	3.61×10^{12}	1.63×10^6	81.9	12.7×10^3	9.89×10^3
500x300	482x300	11	15	26	2.79×10^6	695×10^3	3.69×10^{12}	1.18×10^6	79.5	11.1×10^3	8.86×10^3
	488x300	11	18	26	3.23×10^6	830×10^3	4.48×10^{12}	1.72×10^6	81.0	11.9×10^3	9.40×10^3
600x300	582x300	12	17	28	3.96×10^6	793×10^3	6.12×10^{12}	1.73×10^6	78.3	10.7×10^3	8.60×10^3
	588x300	12	20	28	4.49×10^6	928×10^3	7.28×10^{12}	2.41×10^6	79.8	11.2×10^3	8.98×10^3
	594x302	14	23	28	5.20×10^6	1.08×10^6	8.63×10^{12}	3.56×10^6	80.9	12.1×10^3	9.55×10^3
700x300	692x300	13	20	28	5.63×10^6	936×10^3	10.2×10^{12}	2.60×10^6	78.1	10.4×10^3	8.41×10^3
	700x300	13	24	28	6.46×10^6	1.12×10^6	12.4×10^{12}	3.83×10^6	79.7	11.1×10^3	8.89×10^3
	708x302	15	28	28	7.56×10^6	1.32×10^6	14.9×10^{12}	5.88×10^6	80.9	12.1×10^3	9.51×10^3
800x300	792x300	14	22	28	7.29×10^6	1.04×10^6	14.7×10^{12}	3.41×10^6	77.2	10.1×10^3	8.19×10^3
	800x300	14	26	28	8.24×10^6	1.22×10^6	17.6×10^{12}	4.86×10^6	78.9	10.7×10^3	8.63×10^3
	808x302	16	30	28	9.53×10^6	1.43×10^6	20.9×10^{12}	7.26×10^6	80.0	11.5×10^3	9.13×10^3
900x300	890x299	15	23	28	8.91×10^6	1.08×10^6	19.3×10^{12}	4.03×10^6	75.8	9.68×10^3	7.92×10^3
	900x300	16	28	28	10.5×10^6	1.32×10^6	24.0×10^{12}	6.33×10^6	77.6	10.4×10^3	8.39×10^3
	912x302	18	34	28	12.5×10^6	1.63×10^6	30.2×10^{12}	10.5×10^6	79.5	11.4×10^3	9.06×10^3
	918x303	19	37	28	13.5×10^6	1.79×10^6	33.4×10^{12}	13.2×10^6	80.1	11.9×10^3	9.40×10^3

<부표 A1> H형강의 표준치수와 단면 성능 (계속)

치수(mm)					단면적 (mm ²)	단위중량 (N/mm)	단면2차모멘트 (mm ⁴)		단면2차반경 (mm)		단면계수 (mm ³)	
공칭치수	H×B	t ₁	t ₂	r			I _x	I _y	r _x	r _y	S _x	S _y
100x100	100x100	6	8	10	2.19×10 ³	0.169	3.83×10 ⁶	1.34×10 ⁶	41.8	24.7	76.5×10 ³	26.8×10 ³
125x125	125x125	6.5	9	10	3.03×10 ³	0.233	8.47×10 ⁶	2.94×10 ⁶	52.9	31.1	136×10 ³	47.0×10 ³
150x150	150x150	7	10	11	4.01×10 ³	0.309	16.4×10 ⁶	5.63×10 ⁶	63.9	37.5	219×10 ³	75.1×10 ³
200x200	200x200	8	12	13	6.35×10 ³	0.489	47.2×10 ⁶	16.0×10 ⁶	86.2	50.2	472×10 ³	160×10 ³
	200x204	12	12	13	7.15×10 ³	0.551	49.8×10 ⁶	17.0×10 ⁶	83.5	48.8	498×10 ³	167×10 ³
	206x202	10	16	13	8.37×10 ³	0.644	65.3×10 ⁶	22.0×10 ⁶	88.3	51.3	628×10 ³	218×10 ³
250x250	244x252	11	11	16	8.21×10 ³	0.632	87.9×10 ⁶	29.4×10 ⁶	103	59.8	720×10 ³	233×10 ³
	248x249	8	13	16	8.47×10 ³	0.652	99.3×10 ⁶	33.5×10 ⁶	108	62.9	801×10 ³	269×10 ³
	250x250	9	14	16	9.22×10 ³	0.710	108×10 ⁶	36.5×10 ⁶	108	62.9	867×10 ³	292×10 ³
	250x255	14	14	16	10.5×10 ³	0.806	115×10 ⁶	38.8×10 ⁶	105	60.9	919×10 ³	304×10 ³
300x300	294x302	12	12	18	10.8×10 ³	0.829	169×10 ⁶	55.2×10 ⁶	125	71.6	1.15×10 ⁶	365×10 ³
	298x299	9	14	18	11.1×10 ³	0.853	188×10 ⁶	62.4×10 ⁶	130	75.1	1.27×10 ⁶	417×10 ³
	300x300	10	15	18	12.0×10 ³	0.922	204×10 ⁶	67.6×10 ⁶	131	75.1	1.36×10 ⁶	450×10 ³
	300x305	15	15	18	13.5×10 ³	1.04	215×10 ⁶	71.1×10 ⁶	126	72.6	1.44×10 ⁶	466×10 ³
	304x301	11	17	18	13.5×10 ³	1.04	234×10 ⁶	77.3×10 ⁶	132	75.7	1.54×10 ⁶	514×10 ³
	310x305	15	20	18	16.5×10 ³	1.27	286×10 ⁶	94.7×10 ⁶	132	75.7	1.85×10 ⁶	621×10 ³
	310x310	20	20	18	18.1×10 ³	1.39	299×10 ⁶	100×10 ⁶	129	74.2	1.93×10 ⁶	642×10 ³
350x350	338x351	13	13	20	13.5×10 ³	1.04	282×10 ⁶	93.8×10 ⁶	144	83.3	1.67×10 ⁶	534×10 ³
	344x348	10	16	20	14.6×10 ³	1.13	333×10 ⁶	112×10 ⁶	151	87.8	1.94×10 ⁶	646×10 ³
	344x354	16	16	20	16.7×10 ³	1.28	353×10 ⁶	118×10 ⁶	146	84.3	2.05×10 ⁶	669×10 ³
	350x350	12	19	20	17.4×10 ³	1.33	403×10 ⁶	136×10 ⁶	152	88.4	2.30×10 ⁶	776×10 ³
	350x357	19	19	20	19.8×10 ³	1.53	428×10 ⁶	144×10 ⁶	147	85.3	2.45×10 ⁶	809×10 ³
400x400	388x402	15	15	22	17.9×10 ³	1.37	490×10 ⁶	163×10 ⁶	166	95.5	2.52×10 ⁶	809×10 ³
	394x398	11	18	22	18.7×10 ³	1.44	561×10 ⁶	189×10 ⁶	173	101	2.85×10 ⁶	951×10 ³
	394x405	18	18	22	21.4×10 ³	1.65	597×10 ⁶	200×10 ⁶	167	96.5	3.03×10 ⁶	985×10 ³
	400x400	13	21	22	21.9×10 ³	1.69	666×10 ⁶	224×10 ⁶	175	101	3.33×10 ⁶	1.12×10 ⁶
	400x408	21	21	22	25.1×10 ³	1.93	709×10 ⁶	238×10 ⁶	168	97.5	3.54×10 ⁶	1.17×10 ⁶
	406x403	16	24	22	25.5×10 ³	1.96	780×10 ⁶	262×10 ⁶	175	101	3.84×10 ⁶	1.30×10 ⁶
	414x405	18	26	22	29.5×10 ³	2.28	928×10 ⁶	310×10 ⁶	177	102	4.48×10 ⁶	1.53×10 ⁶
	428x407	20	35	22	36.1×10 ³	2.78	1.19×10 ⁹	394×10 ⁶	182	104	5.57×10 ⁶	1.93×10 ⁶
	458x417	30	50	22	52.9×10 ³	4.07	1.67×10 ⁹	605×10 ⁶	188	107	8.17×10 ⁶	2.90×10 ⁶
	498x432	45	70	22	77.0×10 ³	5.92	2.98×10 ⁹	944×10 ⁶	197	111	12.0×10 ⁶	4.37×10 ⁶

<부표 A1> H형강의 표준치수와 단면성능 (계속)

치수(mm)					소성단면계수 (mm ³)		뒤틀림 상수 C_w (mm ⁵)	비틀림 상수 J (mm ⁴)	휨단면성능 r_{ts} (mm)	비지지길이 제한값 L_c (mm)	
공칭치수	$H \times B$	t_1	t_2	r	Z_x	Z_y				$F_y = 235\text{MPa}$	$F_y = 325\text{MPa}$
100x100	100x100	6	8	10	87.6×10^3	41.2×10^3	2.83×10^9	51.7×10^3	28.4	8.45×10^3	6.16×10^3
125x125	125x125	6.5	9	10	154×10^3	71.9×10^3	9.87×10^9	84.3×10^3	35.4	9.06×10^3	6.65×10^3
150x150	150x150	7	10	11	246×10^3	115×10^3	27.6×10^9	135×10^3	42.4	9.92×10^3	7.33×10^3
200x200	200x200	8	12	13	525×10^3	244×10^3	142×10^9	298×10^3	56.5	1.7×10^3	8.76×10^3
	200x204	12	12	13	565×10^3	257×10^3	150×10^9	396×10^3	56.6	3.0×10^3	9.62×10^3
	208x202	10	16	13	710×10^3	332×10^3	203×10^9	667×10^3	58.0	15.4×10^3	11.3×10^3
250x250	244x252	11	11	16	805×10^3	358×10^3	399×10^9	395×10^3	69.0	12.3×10^3	9.36×10^3
	248x249	8	13	16	883×10^3	408×10^3	462×10^9	467×10^3	70.1	12.8×10^3	9.74×10^3
	250x250	9	14	16	960×10^3	444×10^3	508×10^9	587×10^3	70.5	13.7×10^3	10.3×10^3
	250x255	14	14	16	1.04×10^6	468×10^3	540×10^9	790×10^3	70.6	15.2×10^3	11.3×10^3
300x300	294x302	12	12	18	1.28×10^6	560×10^3	1.10×10^{12}	614×10^3	82.3	13.6×10^3	10.5×10^3
	298x299	9	14	18	1.39×10^6	634×10^3	1.26×10^{12}	713×10^3	83.6	14.1×10^3	10.9×10^3
	300x300	10	15	18	1.50×10^6	684×10^3	1.37×10^{12}	881×10^3	84.1	15.0×10^3	11.4×10^3
	300x305	15	15	18	1.61×10^6	716×10^3	1.44×10^{12}	1.16×10^6	83.8	16.2×10^3	12.2×10^3
	304x301	11	17	18	1.71×10^6	781×10^3	1.59×10^{12}	1.25×10^6	84.8	16.5×10^3	12.4×10^3
	310x305	15	20	18	2.08×10^6	949×10^3	1.99×10^{12}	2.15×10^6	86.1	19.6×10^3	14.5×10^3
	310x310	20	20	18	2.20×10^6	992×10^3	2.09×10^{12}	2.71×10^6	86.5	21.5×10^3	15.8×10^3
350x350	338x351	13	13	20	1.85×10^6	818×10^3	2.48×10^{12}	903×10^3	95.6	15.1×10^3	11.8×10^3
	344x348	10	16	20	2.12×10^6	980×10^3	3.02×10^{12}	1.21×10^6	97.4	16.2×10^3	12.5×10^3
	344x354	16	16	20	2.30×10^6	1.03×10^6	3.19×10^{12}	1.64×10^6	97.3	17.7×10^3	13.4×10^3
	350x350	12	19	20	2.55×10^6	1.18×10^6	3.72×10^{12}	1.99×10^6	98.9	18.6×10^3	14.0×10^3
	350x357	19	19	20	2.76×10^6	1.24×10^6	3.95×10^{12}	2.70×10^6	98.7	20.4×10^3	15.3×10^3
400x400	388x402	15	15	22	2.80×10^6	1.24×10^6	5.66×10^{12}	1.56×10^6	109.8	17.4×10^3	13.5×10^3
	394x398	11	18	22	3.12×10^6	1.44×10^6	6.69×10^{12}	1.94×10^6	111.7	18.3×10^3	14.1×10^3
	394x405	18	18	22	3.39×10^6	1.51×10^6	7.05×10^{12}	2.64×10^6	111.3	19.8×10^3	15.1×10^3
	400x400	13	21	22	3.67×10^6	1.70×10^6	8.05×10^{12}	3.03×10^6	112.9	20.5×10^3	15.6×10^3
	400x408	21	21	22	3.99×10^6	1.79×10^6	8.55×10^{12}	4.15×10^6	112.9	22.7×10^3	17.0×10^3
	406x403	16	24	22	4.28×10^6	1.98×10^6	9.56×10^{12}	4.62×10^6	114.2	23.3×10^3	17.4×10^3
	414x405	18	28	22	5.03×10^6	2.33×10^6	11.6×10^{12}	7.14×10^6	115.7	26.8×10^3	19.8×10^3
	428x407	20	35	22	6.31×10^6	2.94×10^6	15.2×10^{12}	13.2×10^6	117.9	31.1×10^3	22.8×10^3
	458x417	30	50	22	9.54×10^6	4.44×10^6	25.2×10^{12}	38.9×10^6	122.9	46.3×10^3	33.6×10^3
	498x432	45	70	22	14.5×10^6	6.72×10^6	43.2×10^{12}	111×10^6	129.7	65.5×10^3	47.4×10^3



<부표 A2> T형강의 표준치수와 단면성능

치 수 (mm)				단면적 (mm ²)	단위중량 (N/mm)	단면2차모멘트 (mm ⁴)		단면2차반경 (mm)		단면계수 (mm ³)		중심 (mm)
H	B	t ₁	t ₂			I _x	I _y	r _x	r _y	S _x	S _y	
50	50	5	7	593	45.6 × 10 ⁻³	118 × 10 ³	73.9 × 10 ³	14.1	11.2	3.18 × 10 ³	2.96 × 10 ³	12.8
50	100	6	8	1.10 × 10 ³	84.3 × 10 ⁻³	161 × 10 ³	669 × 10 ³	12.1	24.7	4.03 × 10 ³	13.4 × 10 ³	10.0
62.5	60	6	8	842	64.8 × 10 ⁻³	275 × 10 ³	146 × 10 ³	18.1	13.2	5.96 × 10 ³	4.97 × 10 ³	16.4
62.5	125	6.5	9	1.52 × 10 ³	0.117	350 × 10 ³	1.47 × 10 ⁶	15.2	31.1	6.91 × 10 ³	23.5 × 10 ³	11.9
74	100	6	9	1.34 × 10 ³	0.103	517 × 10 ³	753 × 10 ³	19.6	23.7	8.84 × 10 ³	15.1 × 10 ³	15.5
75	75	5	7	893	68.7 × 10 ⁻³	426 × 10 ³	247 × 10 ³	21.8	16.6	7.46 × 10 ³	6.60 × 10 ³	17.9
75	150	7	10	2.01 × 10 ³	0.154	664 × 10 ³	2.82 × 10 ⁶	18.2	37.5	10.8 × 10 ³	37.6 × 10 ³	13.7
87.5	90	5	8	1.15 × 10 ³	88.7 × 10 ⁻³	707 × 10 ³	488 × 10 ³	24.8	20.6	10.4 × 10 ³	10.8 × 10 ³	19.3
97	150	6	9	1.95 × 10 ³	0.150	1.25 × 10 ⁶	2.54 × 10 ⁶	25.3	36.1	15.8 × 10 ³	33.8 × 10 ³	17.9
99	99	4.5	7	1.16 × 10 ³	89.2 × 10 ⁻³	938 × 10 ³	568 × 10 ³	28.4	22.1	12.1 × 10 ³	11.5 × 10 ³	21.4
100	100	5.5	8	1.36 × 10 ³	0.105	1.14 × 10 ⁶	670 × 10 ³	29.0	22.2	14.8 × 10 ³	13.4 × 10 ³	22.9
100	200	8	12	3.18 × 10 ³	0.245	1.84 × 10 ⁶	8.01 × 10 ⁶	24.1	50.2	22.3 × 10 ³	80.1 × 10 ³	17.3
100	204	12	12	3.58 × 10 ³	0.275	2.56 × 10 ⁶	8.51 × 10 ⁶	26.7	48.8	32.4 × 10 ³	83.4 × 10 ³	20.9
104	202	10	16	4.19 × 10 ³	0.322	2.51 × 10 ⁶	11.0 × 10 ⁶	24.5	51.3	29.5 × 10 ³	109 × 10 ³	19.1
122	175	7	11	2.81 × 10 ³	0.216	2.89 × 10 ⁶	4.92 × 10 ⁶	32.0	41.8	29.1 × 10 ³	56.3 × 10 ³	22.7
122	252	11	11	4.10 × 10 ³	0.316	4.45 × 10 ⁶	14.7 × 10 ⁶	32.9	59.8	45.3 × 10 ³	117 × 10 ³	23.9
124	124	5	8	1.63 × 10 ³	0.126	2.08 × 10 ⁶	1.27 × 10 ⁶	35.7	27.9	21.3 × 10 ³	20.6 × 10 ³	26.3
124	249	8	13	4.24 × 10 ³	0.326	3.64 × 10 ⁶	16.7 × 10 ⁶	29.3	62.9	34.9 × 10 ³	134 × 10 ³	19.8
125	125	6	9	1.88 × 10 ³	0.145	2.48 × 10 ⁶	1.47 × 10 ⁶	36.3	27.9	25.6 × 10 ³	23.5 × 10 ³	27.8
125	250	9	14	4.61 × 10 ³	0.355	4.12 × 10 ⁶	18.2 × 10 ⁶	29.9	62.9	39.5 × 10 ³	146 × 10 ³	20.8
125	255	14	14	5.23 × 10 ³	0.403	5.89 × 10 ⁶	19.4 × 10 ⁶	33.6	60.9	59.4 × 10 ³	152 × 10 ³	25.8
147	200	8	12	3.62 × 10 ³	0.279	5.72 × 10 ⁶	8.02 × 10 ⁶	39.7	47.1	48.2 × 10 ³	80.2 × 10 ³	28.3
147	302	12	12	5.38 × 10 ³	0.414	8.58 × 10 ⁶	27.6 × 10 ⁶	39.9	71.6	72.3 × 10 ³	183 × 10 ³	28.4
149	149	5.5	8	2.04 × 10 ³	0.157	3.93 × 10 ⁶	2.21 × 10 ⁶	43.9	32.9	33.8 × 10 ³	29.7 × 10 ³	32.6
149	201	9	14	4.17 × 10 ³	0.321	6.62 × 10 ⁶	9.49 × 10 ⁶	39.9	47.7	55.2 × 10 ³	94.5 × 10 ³	29.1
149	299	9	14	5.54 × 10 ³	0.426	7.15 × 10 ⁶	31.2 × 10 ⁶	35.9	75.1	57.0 × 10 ³	209 × 10 ³	23.6
150	150	6.5	9	2.34 × 10 ³	0.180	4.64 × 10 ⁶	2.54 × 10 ⁶	44.5	32.9	40.0 × 10 ³	33.8 × 10 ³	34.1
150	300	10	15	5.99 × 10 ³	0.461	7.98 × 10 ⁶	33.8 × 10 ⁶	36.5	75.1	63.7 × 10 ³	225 × 10 ³	24.7
150	305	15	15	6.74 × 10 ³	0.519	11.1 × 10 ⁶	35.5 × 10 ⁶	40.5	72.6	92.5 × 10 ³	233 × 10 ³	30.3
152	301	11	17	6.74 × 10 ³	0.519	9.03 × 10 ⁶	38.7 × 10 ⁶	36.6	75.7	71.4 × 10 ³	257 × 10 ³	25.5
155	305	15	20	8.26 × 10 ³	0.636	12.4 × 10 ⁶	47.3 × 10 ⁶	38.8	75.7	98.7 × 10 ³	310 × 10 ³	29.2
160	310	20	20	9.04 × 10 ³	0.696	15.6 × 10 ⁶	49.8 × 10 ⁶	41.6	74.2	128 × 10 ³	321 × 10 ³	33.4
168	249	8	12	4.41 × 10 ³	0.339	8.81 × 10 ⁶	15.5 × 10 ⁶	44.7	59.2	64.0 × 10 ³	124 × 10 ³	30.2
170	250	9	14	5.08 × 10 ³	0.391	10.2 × 10 ⁶	18.3 × 10 ⁶	44.8	60.0	73.1 × 10 ³	146 × 10 ³	30.9
172	348	10	16	7.30 × 10 ³	0.562	12.3 × 10 ⁶	56.2 × 10 ⁶	41.1	87.8	84.7 × 10 ³	323 × 10 ³	26.7

<부표 A2> T형강의 표준치수와 단면성능 (계속)

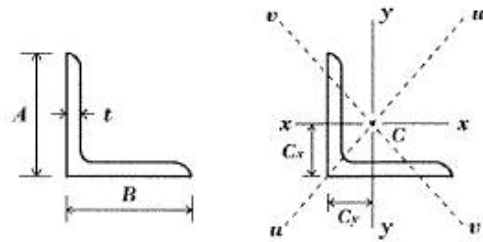
치수(mm)				y_p (mm)	소성단면계수 (mm ³)		위돌림 상수 C_w (mm ⁴)	비돌림 상수 J (mm ⁴)
H	B	t_1	t_2		Z_x	Z_y		
50	50	5	7	5.92	5.84×10^3	4.76×10^3	647×10^3	10.1×10^3
50	100	6	8	5.47	7.95×10^3	20.6×10^3	4.14×10^6	25.7×10^3
62.5	60	6	8	7.01	10.8×10^3	7.86×10^3	1.97×10^6	18.6×10^3
62.5	125	6.5	9	6.06	13.4×10^3	36.0×10^3	11.4×10^6	42.0×10^3
74	100	6	9	6.71	16.3×10^3	23.4×10^3	7.06×10^6	36.7×10^3
75	75	5	7	5.95	13.4×10^3	10.4×10^3	2.27×10^6	14.0×10^3
75	150	7	10	6.69	20.8×10^3	57.4×10^3	26.7×10^6	67.1×10^3
87.5	90	5	8	6.40	18.5×10^3	16.9×10^3	4.61×10^6	22.4×10^3
97	150	6	9	6.50	28.6×10^3	51.8×10^3	21.8×10^6	54.4×10^3
99	99	4.5	7	5.85	21.5×10^3	17.9×10^3	4.52×10^6	19.2×10^3
100	100	5.5	8	6.79	26.5×10^3	21.0×10^3	7.64×10^6	28.7×10^3
100	200	8	12	7.94	42.3×10^3	122×10^3	108×10^6	149×10^3
100	204	12	12	8.77	59.2×10^3	129×10^3	142×10^6	196×10^3
104	202	10	16	10.4	58.4×10^3	166×10^3	259×10^6	333×10^3
122	175	7	11	8.03	52.6×10^3	86.4×10^3	64.6×10^6	116×10^3
122	252	11	11	8.14	81.3×10^3	179×10^3	206×10^6	196×10^3
124	124	5	8	6.59	37.5×10^3	31.8×10^3	12.8×10^6	33.6×10^3
124	249	8	13	8.50	65.7×10^3	204×10^3	259×10^6	233×10^3
125	125	6	9	7.53	45.3×10^3	36.6×10^3	20.4×10^6	48.3×10^3
125	250	9	14	9.22	74.6×10^3	222×10^3	331×10^6	293×10^3
125	255	14	14	10.3	108×10^3	234×10^3	441×10^6	391×10^3
147	200	8	12	9.05	86.1×10^3	123×10^3	136×10^6	179×10^3
147	302	12	12	8.91	129×10^3	280×10^3	465×10^6	305×10^3
149	149	5.5	8	6.85	59.5×10^3	45.9×10^3	25.9×10^6	43.2×10^3
149	201	9	14	10.4	100×10^3	145×10^3	213×10^6	266×10^3
149	299	9	14	9.26	105×10^3	317×10^3	567×10^6	356×10^3
150	150	6.5	9	7.80	70.7×10^3	52.6×10^3	40.6×10^6	61.6×10^3
150	300	10	15	10.0	118×10^3	342×10^3	713×10^6	440×10^3
150	305	15	15	11.0	167×10^3	358×10^3	936×10^6	577×10^3
152	301	11	17	11.2	134×10^3	390×10^3	1.04×10^9	621×10^3
155	305	15	20	13.5	186×10^3	474×10^3	1.86×10^9	1.07×10^6
160	310	20	20	14.6	236×10^3	496×10^3	2.33×10^9	1.34×10^6
168	249	8	12	8.85	114×10^3	190×10^3	246×10^6	223×10^3
170	250	9	14	10.2	131×10^3	223×10^3	385×10^6	331×10^3
172	348	10	16	10.5	156×10^3	490×10^3	1.32×10^9	604×10^3

<부표 A2> T형강의 표준치수와 단면성능 (계속)

치 수 (mm)				단면적 (mm ²)	단위중량 (N/mm)	단면2차모멘트 (mm ⁴)		단면2차반경 (mm)		단면계수 (mm ³)		중심 (mm)
H	B	t ₁	t ₂			I _x	I _y	r _x	r _y	S _x	S _y	
172	354	16	16	8.33 × 10 ³	0.641	18.0 × 10 ⁶	59.2 × 10 ⁶	46.5	84.3	131 × 10 ³	335 × 10 ³	34.0
173	174	6	9	2.63 × 10 ³	0.203	6.79 × 10 ⁶	3.96 × 10 ⁶	50.8	38.8	50.0 × 10 ³	45.5 × 10 ³	37.1
175	175	7	11	3.16 × 10 ³	0.243	8.15 × 10 ⁶	4.92 × 10 ⁶	50.8	39.5	59.3 × 10 ³	56.2 × 10 ³	37.5
175	350	12	19	8.69 × 10 ³	0.669	15.2 × 10 ⁶	67.9 × 10 ⁶	41.8	88.4	104 × 10 ³	388 × 10 ³	28.6
177	176	8	13	3.68 × 10 ³	0.284	9.55 × 10 ⁶	5.92 × 10 ⁶	50.9	40.1	68.8 × 10 ³	67.2 × 10 ³	38.2
193	299	9	14	6.01 × 10 ³	0.462	15.3 × 10 ⁶	31.2 × 10 ⁶	50.4	72.1	95.5 × 10 ³	209 × 10 ³	33.3
195	300	10	16	6.80 × 10 ³	0.523	17.3 × 10 ⁶	36.0 × 10 ⁶	50.5	72.8	108 × 10 ³	240 × 10 ³	34.1
198	199	7	11	3.61 × 10 ³	0.278	11.9 × 10 ⁶	7.24 × 10 ⁶	57.6	44.8	76.4 × 10 ³	72.7 × 10 ³	41.7
200	200	8	13	4.21 × 10 ³	0.324	14.0 × 10 ⁶	8.68 × 10 ⁶	57.6	45.4	88.6 × 10 ³	86.8 × 10 ³	42.3
200	400	13	21	10.9 × 10 ³	0.842	24.8 × 10 ⁶	112 × 10 ⁶	47.6	101	147 × 10 ³	560 × 10 ³	32.1
202	201	9	15	4.81 × 10 ³	0.370	16.0 × 10 ⁶	10.2 × 10 ⁶	57.8	46.0	101 × 10 ³	101 × 10 ³	43.1
217	299	10	15	6.75 × 10 ³	0.520	23.5 × 10 ⁶	33.5 × 10 ⁶	58.9	70.4	133 × 10 ³	224 × 10 ³	40.4
220	300	11	18	7.87 × 10 ³	0.606	26.8 × 10 ⁶	40.6 × 10 ⁶	58.4	71.8	149 × 10 ³	270 × 10 ³	40.5
223	199	8	12	4.22 × 10 ³	0.324	18.8 × 10 ⁶	7.90 × 10 ⁶	66.7	43.3	109 × 10 ³	79.4 × 10 ³	51.0
225	200	9	14	4.84 × 10 ³	0.372	21.6 × 10 ⁶	9.36 × 10 ⁶	66.8	44.0	124 × 10 ³	93.6 × 10 ³	51.5
241	300	11	15	7.28 × 10 ³	0.560	34.2 × 10 ⁶	33.8 × 10 ⁶	68.5	68.2	178 × 10 ³	225 × 10 ³	49.2
244	300	11	18	8.18 × 10 ³	0.629	36.2 × 10 ⁶	40.6 × 10 ⁶	66.6	70.4	184 × 10 ³	270 × 10 ³	46.6
248	199	9	14	5.06 × 10 ³	0.390	28.4 × 10 ⁶	9.22 × 10 ⁶	74.9	42.7	150 × 10 ³	92.7 × 10 ³	59.0
250	200	10	16	5.71 × 10 ³	0.440	32.1 × 10 ⁶	10.7 × 10 ⁶	75.0	43.3	169 × 10 ³	107 × 10 ³	59.6
253	201	11	19	6.57 × 10 ³	0.505	36.7 × 10 ⁶	12.9 × 10 ⁶	74.8	44.3	190 × 10 ³	128 × 10 ³	59.5
273	199	9	14	5.33 × 10 ³	0.410	37.2 × 10 ⁶	9.23 × 10 ⁶	83.6	41.6	181 × 10 ³	92.8 × 10 ³	67.2
275	200	10	16	6.00 × 10 ³	0.462	42.1 × 10 ⁶	10.7 × 10 ⁶	83.8	42.3	203 × 10 ³	107 × 10 ³	67.8
277	201	11	18	6.68 × 10 ³	0.514	47.0 × 10 ⁶	12.2 × 10 ⁶	84.0	42.8	226 × 10 ³	122 × 10 ³	68.5
280	202	12	21	7.56 × 10 ³	0.582	53.1 × 10 ⁶	14.5 × 10 ⁶	83.8	43.8	251 × 10 ³	143 × 10 ³	68.5
282	203	13	23	8.24 × 10 ³	0.635	58.3 × 10 ⁶	16.1 × 10 ⁶	84.1	44.2	274 × 10 ³	159 × 10 ³	69.5
291	300	12	17	8.72 × 10 ³	0.672	63.6 × 10 ⁶	38.3 × 10 ⁶	85.4	66.3	280 × 10 ³	256 × 10 ³	63.9
294	300	12	20	9.62 × 10 ³	0.741	67.1 × 10 ⁶	45.1 × 10 ⁶	83.5	68.5	288 × 10 ³	301 × 10 ³	60.8
297	302	14	23	11.1 × 10 ³	0.856	79.2 × 10 ⁶	52.9 × 10 ⁶	84.4	69.0	339 × 10 ³	350 × 10 ³	63.3
298	199	10	15	6.02 × 10 ³	0.464	51.9 × 10 ⁶	9.90 × 10 ⁶	92.9	40.5	236 × 10 ³	99.5 × 10 ³	77.9
300	200	11	17	6.72 × 10 ³	0.517	58.1 × 10 ⁶	11.4 × 10 ⁶	93.0	41.2	262 × 10 ³	114 × 10 ³	78.4
303	201	12	20	7.62 × 10 ³	0.587	65.7 × 10 ⁶	13.6 × 10 ⁶	92.8	42.2	292 × 10 ³	135 × 10 ³	77.9
306	202	13	23	8.53 × 10 ³	0.657	73.4 × 10 ⁶	15.9 × 10 ⁶	92.7	43.1	322 × 10 ³	157 × 10 ³	77.9
346	300	13	20	10.6 × 10 ³	0.814	113 × 10 ⁶	45.1 × 10 ⁶	103	65.3	425 × 10 ³	301 × 10 ³	79.9
350	300	13	24	11.8 × 10 ³	0.906	120 × 10 ⁶	54.1 × 10 ⁶	101	67.8	438 × 10 ³	361 × 10 ³	75.5
354	302	15	28	13.7 × 10 ³	1.05	142 × 10 ⁶	64.4 × 10 ⁶	102	68.6	513 × 10 ³	427 × 10 ³	77.8
396	300	14	22	12.2 × 10 ³	0.937	177 × 10 ⁶	49.7 × 10 ⁶	121	63.9	593 × 10 ³	331 × 10 ³	96.6
400	300	14	26	13.4 × 10 ³	1.03	188 × 10 ⁶	58.7 × 10 ⁶	119	66.2	610 × 10 ³	391 × 10 ³	91.8
404	302	16	30	15.4 × 10 ³	1.18	219 × 10 ⁶	69.1 × 10 ⁶	119	67.0	705 × 10 ³	457 × 10 ³	94.1
445	299	15	23	13.5 × 10 ³	1.04	260 × 10 ⁶	51.4 × 10 ⁶	139	61.6	790 × 10 ³	344 × 10 ³	116
445	300	16	30	16.0 × 10 ³	1.23	287 × 10 ⁶	67.7 × 10 ⁶	134	65.1	851 × 10 ³	451 × 10 ³	108
450	300	16	28	15.5 × 10 ³	1.19	292 × 10 ⁶	63.2 × 10 ⁶	137	63.9	866 × 10 ³	421 × 10 ³	113
456	302	18	34	18.2 × 10 ³	1.40	342 × 10 ⁶	78.3 × 10 ⁶	137	65.6	997 × 10 ³	519 × 10 ³	113
459	303	19	37	19.6 × 10 ³	1.51	368 × 10 ⁶	86.1 × 10 ⁶	137	66.3	1.06 × 10 ⁶	568 × 10 ³	113

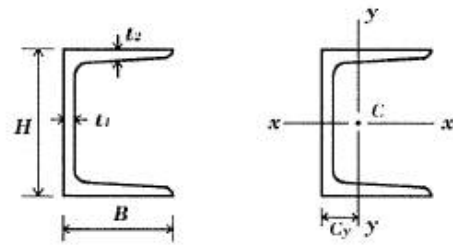
<부표 A2> T형강의 표준치수와 단면성능 (계속)

치수(mm)				y_p (mm)	소성단면계수 (mm ³)		뒤틀림 상수 C_w (mm ⁶)	비틀림 상수 J (mm ⁴)
H	B	t_1	t_2		Z_x	Z_y		
172	354	16	16	11.8	234×10^3	513×10^3	1.76×10^9	811×10^3
173	174	6	9	7.57	87.6×10^3	70.1×10^3	55.4×10^6	68.1×10^3
175	175	7	11	9.02	104×10^3	86.8×10^3	95.9×10^6	115×10^3
175	350	12	19	12.4	195×10^3	589×10^3	2.26×10^9	993×10^3
177	176	8	13	10.5	122×10^3	104×10^3	154×10^6	180×10^3
193	299	9	14	10.0	170×10^3	318×10^3	640×10^6	399×10^3
195	300	10	16	11.3	193×10^3	367×10^3	950×10^6	567×10^3
198	199	7	11	9.07	134×10^3	112×10^3	141×10^6	135×10^3
200	200	8	13	10.5	156×10^3	134×10^3	225×10^6	210×10^3
200	400	13	21	13.7	276×10^3	850×10^3	4.53×10^9	1.51×10^6
202	201	9	15	12.0	179×10^3	156×10^3	339×10^6	311×10^3
217	299	10	15	11.3	235×10^3	343×10^3	882×10^6	519×10^3
220	300	11	18	13.1	267×10^3	414×10^3	1.44×10^9	816×10^3
223	199	8	12	10.6	193×10^3	123×10^3	240×10^6	191×10^3
225	200	9	14	12.1	220×10^3	145×10^3	362×10^6	284×10^3
241	300	11	15	12.1	314×10^3	348×10^3	1.1×10^9	588×10^3
244	300	11	18	13.6	325×10^3	415×10^3	1.57×10^9	858×10^3
248	199	9	14	12.7	266×10^3	145×10^3	434×10^6	303×10^3
250	200	10	16	14.3	300×10^3	167×10^3	621×10^6	428×10^3
253	201	11	19	16.3	337×10^3	201×10^3	921×10^6	657×10^3
273	199	9	14	13.4	322×10^3	146×10^3	531×10^6	327×10^3
275	200	10	16	15.0	362×10^3	169×10^3	756×10^6	457×10^3
277	201	11	18	16.6	402×10^3	192×10^3	1.04×10^9	621×10^3
280	202	12	21	18.7	447×10^3	225×10^3	1.47×10^9	909×10^3
282	203	13	23	20.3	489×10^3	250×10^3	1.91×10^9	1.17×10^6
291	300	12	17	14.5	494×10^3	396×10^3	2.00×10^9	862×10^3
294	300	12	20	16.0	508×10^3	464×10^3	2.60×10^9	1.20×10^6
297	302	14	23	18.4	601×10^3	542×10^3	4.10×10^9	1.78×10^6
298	199	10	15	15.6	424×10^3	158×10^3	866×10^6	411×10^3
300	200	11	17	16.8	470×10^3	181×10^3	1.19×10^9	563×10^3
303	201	12	20	19.0	522×10^3	214×10^3	1.66×10^9	832×10^3
306	202	13	23	21.1	574×10^3	249×10^3	2.26×10^9	1.18×10^6
346	300	13	20	17.6	751×10^3	468×10^3	3.81×10^9	1.30×10^6
350	300	13	24	19.6	774×10^3	558×10^3	4.95×10^9	1.91×10^6
354	302	15	28	22.7	909×10^3	661×10^3	7.88×10^9	2.94×10^6
396	300	14	22	20.3	1.05×10^6	518×10^3	6.35×10^9	1.70×10^6
400	300	14	26	22.3	1.08×10^6	608×10^3	7.71×10^9	2.43×10^6
404	302	16	30	25.5	1.25×10^6	713×10^3	11.9×10^9	3.62×10^6
445	299	15	23	22.6	1.42×10^6	542×10^3	9.90×10^9	2.01×10^6
445	300	16	30	26.6	1.51×10^6	706×10^3	14.1×10^9	3.66×10^6
450	300	16	28	25.8	1.54×10^6	662×10^3	13.6×10^9	3.16×10^6
456	302	18	34	30.1	1.78×10^6	815×10^3	21.2×10^9	5.24×10^6
459	303	19	37	32.3	1.90×10^6	893×10^3	26.1×10^9	6.57×10^6



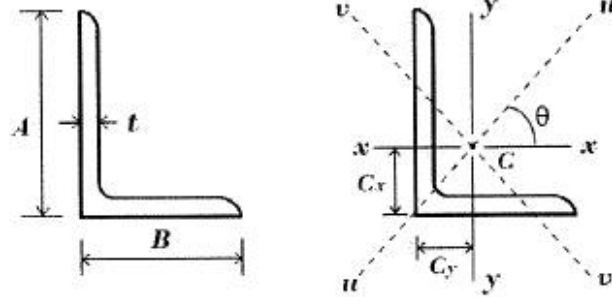
<부표 A3> 등변 L형강의 표준치수와 단면성능

치수(mm)				단면적 (mm ²)	단위중량 (N/mm)	단면2차모멘트 (mm ⁴)			단면2차반경 (mm)			단면계수 (mm ³)	중심 (mm)
A×B	t	r ₁	r ₂			I _x = I _y	I _u	I _v	r _x = r _y	r _u	r _v		
40×40	3	4.5	2	2.34×10 ²	1.79×10 ²	3.53×10 ⁴	5.60×10 ⁴	1.45×10 ⁵	1.23×10 ¹	1.55×10 ¹	7.90×10 ³	1.21×10 ³	10.9
40×40	5	4.5	3	3.76×10 ²	2.89×10 ²	5.42×10 ⁴	8.59×10 ⁴	2.25×10 ⁵	1.20×10 ¹	1.51×10 ¹	7.70×10 ³	1.91×10 ³	11.7
45×45	4	6.5	3	3.49×10 ²	2.69×10 ²	6.50×10 ⁴	1.03×10 ⁵	2.69×10 ⁵	1.36×10 ¹	1.72×10 ¹	8.80×10 ³	2.00×10 ³	12.4
50×50	4	6.5	3	3.89×10 ²	3.00×10 ²	9.06×10 ⁴	1.44×10 ⁵	3.74×10 ⁵	1.53×10 ¹	1.92×10 ¹	9.80×10 ³	2.49×10 ³	13.7
50×50	6	6.5	4.5	5.64×10 ²	4.34×10 ²	1.26×10 ⁵	2.00×10 ⁵	5.24×10 ⁵	1.50×10 ¹	1.88×10 ¹	9.60×10 ³	3.55×10 ³	14.4
60×60	4	6.5	3	4.69×10 ²	3.61×10 ²	1.60×10 ⁵	2.54×10 ⁵	6.62×10 ⁵	1.85×10 ¹	2.33×10 ¹	1.19×10 ⁴	3.66×10 ³	16.1
60×60	5	6.5	3	5.80×10 ²	4.46×10 ²	1.96×10 ⁵	3.12×10 ⁵	8.06×10 ⁵	1.84×10 ¹	2.32×10 ¹	1.18×10 ⁴	4.52×10 ³	16.6
65×65	6	8.5	4	7.53×10 ²	5.79×10 ²	2.94×10 ⁵	4.66×10 ⁵	1.21×10 ⁶	1.98×10 ¹	2.49×10 ¹	1.27×10 ⁴	6.27×10 ³	18.1
65×65	8	8.5	6	9.76×10 ²	7.51×10 ²	3.88×10 ⁵	5.83×10 ⁵	1.53×10 ⁶	1.94×10 ¹	2.44×10 ¹	1.25×10 ⁴	7.97×10 ³	18.8
70×70	6	8.5	4	8.13×10 ²	6.25×10 ²	3.71×10 ⁵	5.89×10 ⁵	1.53×10 ⁶	2.14×10 ¹	2.69×10 ¹	1.37×10 ⁴	7.33×10 ³	19.4
75×75	6	8.5	4	8.73×10 ²	6.71×10 ²	4.61×10 ⁵	7.32×10 ⁵	1.90×10 ⁶	2.30×10 ¹	2.90×10 ¹	1.47×10 ⁴	8.47×10 ³	20.6
75×75	9	8.5	6	1.27×10 ³	9.76×10 ²	6.44×10 ⁵	1.02×10 ⁶	2.67×10 ⁶	2.25×10 ¹	2.84×10 ¹	1.45×10 ⁴	1.21×10 ⁴	21.7
75×75	12	8.5	6	1.66×10 ³	1.27×10 ³	8.19×10 ⁵	1.29×10 ⁶	3.45×10 ⁶	2.22×10 ¹	2.79×10 ¹	1.44×10 ⁴	1.57×10 ⁴	22.9
80×80	6	8.5	4	9.33×10 ²	7.17×10 ²	5.64×10 ⁵	8.96×10 ⁵	2.32×10 ⁶	2.46×10 ¹	3.10×10 ¹	1.58×10 ⁴	9.70×10 ³	21.9
90×90	6	10	5	1.06×10 ³	8.11×10 ²	8.07×10 ⁵	1.29×10 ⁶	3.23×10 ⁶	2.77×10 ¹	3.50×10 ¹	1.75×10 ⁴	1.23×10 ⁴	24.2
90×90	7	10	5	1.22×10 ³	9.40×10 ²	9.30×10 ⁵	1.48×10 ⁶	3.83×10 ⁶	2.76×10 ¹	3.48×10 ¹	1.77×10 ⁴	1.42×10 ⁴	24.6
90×90	10	10	7	1.70×10 ³	1.30×10 ³	1.25×10 ⁶	1.99×10 ⁶	5.16×10 ⁶	2.71×10 ¹	3.42×10 ¹	1.74×10 ⁴	1.95×10 ⁴	25.8
90×90	13	10	7	2.17×10 ³	1.67×10 ³	1.56×10 ⁶	2.48×10 ⁶	6.53×10 ⁶	2.68×10 ¹	3.38×10 ¹	1.73×10 ⁴	2.48×10 ⁴	26.9
100×100	7	10	5	1.36×10 ³	1.05×10 ³	1.29×10 ⁶	2.05×10 ⁶	5.31×10 ⁶	3.08×10 ¹	3.88×10 ¹	1.97×10 ⁴	1.77×10 ⁴	27.1
100×100	10	10	7	1.90×10 ³	1.46×10 ³	1.75×10 ⁶	2.78×10 ⁶	7.19×10 ⁶	3.03×10 ¹	3.83×10 ¹	1.95×10 ⁴	2.44×10 ⁴	28.3
100×100	13	10	7	2.43×10 ³	1.87×10 ³	2.20×10 ⁶	3.48×10 ⁶	9.10×10 ⁶	3.00×10 ¹	3.78×10 ¹	1.93×10 ⁴	3.11×10 ⁴	29.4
120×120	8	12	5	1.88×10 ³	1.44×10 ³	2.58×10 ⁶	4.10×10 ⁶	1.06×10 ⁷	3.71×10 ¹	4.68×10 ¹	2.38×10 ⁴	2.95×10 ⁴	32.4
130×130	9	12	6	2.27×10 ³	1.75×10 ³	3.66×10 ⁶	5.83×10 ⁶	1.50×10 ⁷	4.01×10 ¹	5.06×10 ¹	2.57×10 ⁴	3.87×10 ⁴	35.3
130×130	12	12	8.5	2.98×10 ³	2.29×10 ³	4.67×10 ⁶	7.43×10 ⁶	1.92×10 ⁷	3.96×10 ¹	5.00×10 ¹	2.54×10 ⁴	4.99×10 ⁴	36.4
130×130	15	12	8.5	3.68×10 ³	2.82×10 ³	5.88×10 ⁶	9.02×10 ⁶	2.34×10 ⁷	3.93×10 ¹	4.95×10 ¹	2.53×10 ⁴	6.15×10 ⁴	37.6
150×150	12	14	7	3.48×10 ³	2.68×10 ³	7.40×10 ⁶	1.18×10 ⁷	3.04×10 ⁷	4.61×10 ¹	5.82×10 ¹	2.96×10 ⁴	6.82×10 ⁴	41.4
150×150	15	14	10	4.27×10 ³	3.29×10 ³	8.88×10 ⁶	1.41×10 ⁷	3.65×10 ⁷	4.56×10 ¹	5.75×10 ¹	2.92×10 ⁴	8.26×10 ⁴	42.4
150×150	19	14	10	5.34×10 ³	4.11×10 ³	1.09×10 ⁷	1.73×10 ⁷	4.51×10 ⁷	4.52×10 ¹	5.69×10 ¹	2.91×10 ⁴	1.03×10 ⁵	44.0
175×175	12	15	11	4.05×10 ³	3.12×10 ³	1.17×10 ⁷	1.86×10 ⁷	4.79×10 ⁷	5.37×10 ¹	6.78×10 ¹	3.44×10 ⁴	9.16×10 ⁴	47.3
175×175	15	15	11	5.02×10 ³	3.86×10 ³	1.44×10 ⁷	2.29×10 ⁷	5.88×10 ⁷	5.35×10 ¹	6.75×10 ¹	3.42×10 ⁴	1.14×10 ⁵	48.5
200×200	15	17	12	5.78×10 ³	4.44×10 ³	2.18×10 ⁷	3.47×10 ⁷	8.91×10 ⁷	6.14×10 ¹	7.75×10 ¹	3.93×10 ⁴	1.50×10 ⁵	54.7
200×200	20	17	12	7.60×10 ³	5.85×10 ³	2.82×10 ⁷	4.49×10 ⁷	1.16×10 ⁸	6.09×10 ¹	7.68×10 ¹	3.90×10 ⁴	1.97×10 ⁵	56.7
200×200	25	17	12	9.38×10 ³	7.21×10 ³	3.42×10 ⁷	5.42×10 ⁷	1.41×10 ⁸	6.04×10 ¹	7.61×10 ¹	3.88×10 ⁴	2.42×10 ⁵	58.7
250×250	25	24	12	1.19×10 ⁴	9.18×10 ³	6.95×10 ⁷	1.10×10 ⁸	2.86×10 ⁸	7.63×10 ¹	9.62×10 ¹	4.89×10 ⁴	3.88×10 ⁵	71.0
250×250	35	24	18	1.63×10 ⁴	1.25×10 ⁴	9.11×10 ⁷	1.44×10 ⁸	3.79×10 ⁸	7.48×10 ¹	9.42×10 ¹	4.83×10 ⁴	5.19×10 ⁵	74.5



<부표 A4> C형강의 표준치수와 단면성능

치 수 (mm)					단면적 (mm ²)	단위중량 (N/mm)	단면 2차모멘트 (mm ⁴)		단면2차반경 (mm)		단면계수 (mm ³)		중심 (mm)
H×B	t ₁	t ₂	r ₁	r ₂			I _x	I _y	r _x	r _y	S _x	S _y	
75×40	5	7	8	4	8.82×10 ²	6.78×10 ⁻²	7.59×10 ⁵	1.24×10 ⁵	2.93×10 ¹	1.19×10 ¹	2.02×10 ⁴	4.54×10 ³	12.7
100×50	5	7.5	8	4	1.19×10 ³	9.17×10 ⁻²	1.89×10 ⁶	2.69×10 ⁵	3.98×10 ¹	1.50×10 ¹	3.78×10 ⁴	7.82×10 ³	15.5
125×65	6	8	8	4	1.71×10 ³	1.31×10 ⁻¹	4.25×10 ⁶	6.55×10 ⁵	4.99×10 ¹	1.96×10 ¹	6.90×10 ⁴	1.44×10 ⁴	19.4
150×75	6.5	10	10	5	2.37×10 ³	1.82×10 ⁻¹	8.64×10 ⁶	1.22×10 ⁶	6.04×10 ¹	2.27×10 ¹	1.15×10 ⁵	2.36×10 ⁴	23.1
150×75	9	12.5	15	7.5	3.06×10 ³	2.35×10 ⁻¹	1.05×10 ⁷	1.47×10 ⁶	5.86×10 ¹	2.19×10 ¹	1.40×10 ⁵	2.83×10 ⁴	23.1
180×75	7	10.5	11	5.5	2.72×10 ³	2.10×10 ⁻¹	1.38×10 ⁷	1.37×10 ⁶	7.73×10 ¹	2.24×10 ¹	1.54×10 ⁵	2.55×10 ⁴	21.5
200×70	7	10	11	5.5	2.69×10 ³	2.07×10 ⁻¹	6.12×10 ⁷	1.13×10 ⁶	7.77×10 ¹	2.04×10 ¹	1.62×10 ⁵	2.18×10 ⁴	18.5
200×80	7.5	11	12	6	3.13×10 ³	2.41×10 ⁻¹	1.95×10 ⁷	1.77×10 ⁶	7.89×10 ¹	2.38×10 ¹	1.95×10 ⁵	3.08×10 ⁴	22.4
200×90	8	13.5	14	7	3.87×10 ³	2.97×10 ⁻¹	2.49×10 ⁷	2.86×10 ⁶	8.03×10 ¹	2.72×10 ¹	2.49×10 ⁵	4.59×10 ⁴	27.7
250×90	9	13	14	7	4.41×10 ³	3.39×10 ⁻¹	4.18×10 ⁷	3.06×10 ⁶	9.74×10 ¹	2.64×10 ¹	3.35×10 ⁵	4.65×10 ⁴	24.2
250×90	11	14.5	17	8.5	5.12×10 ³	3.94×10 ⁻¹	4.69×10 ⁷	3.42×10 ⁶	9.57×10 ¹	2.58×10 ¹	3.75×10 ⁵	5.17×10 ⁴	23.9
300×90	9	13	14	7	4.8610 ³	3.73×10 ⁻¹	6.44×10 ⁷	3.25×10 ⁶	1.15×10 ²	2.59×10 ¹	4.29×10 ⁵	4.80×10 ⁴	22.3
300×90	10	15.5	19	9.5	5.57×10 ³	4.29×10 ⁻¹	7.40×10 ⁷	3.73×10 ⁶	1.15×10 ²	2.59×10 ¹	4.94×10 ⁵	5.60×10 ⁴	23.3
300×90	12	16	19	9.5	6.19×10 ³	4.76×10 ⁻¹	7.87×10 ⁷	3.91×10 ⁶	1.13×10 ²	2.51×10 ¹	5.25×10 ⁵	5.79×10 ⁴	22.5
330×100	10.5	16	18	9	6.9410 ³	5.34×10 ⁻¹	1.45×10 ⁸	5.57×10 ⁶	1.45×10 ²	2.83×10 ¹	7.62×10 ⁵	7.33×10 ⁴	24.1
380×100	13	16.5	18	9	7.900 ³	6.08×10 ⁻¹	1.56×10 ⁸	5.84×10 ⁶	1.41×10 ²	2.72×10 ¹	8.22×10 ⁵	7.58×10 ⁴	22.9
380×100	13	20	24	10	8.57×10 ³	6.60×10 ⁻¹	1.78×10 ⁸	6.71×10 ⁶	1.43×10 ²	2.80×10 ¹	9.24×10 ⁵	8.95×10 ⁴	25.0



<부표A5> 부등변 ㄱ형강의 표준치수와 단면성능

치수 (mm)				단면적 (mm ²)	단위중량 (N/mm)	단면2차모멘트 (mm ⁴)			
A×B	t	r ₁	r ₂			I _x	I _y	I _u	I _v
90×75	9	8.5	6	1.40×10 ³	1.08×10 ⁻¹	1.09×10 ⁶	6.81×10 ⁵	1.43×10 ⁶	3.41×10 ⁵
100×75	7	10	5	1.19×10 ³	9.13×10 ⁻²	1.18×10 ⁶	5.70×10 ⁵	1.44×10 ⁶	3.07×10 ⁵
100×75	10	10	7	1.65×10 ³	1.27×10 ⁻¹	1.59×10 ⁶	7.61×10 ⁵	1.94×10 ⁶	4.13×10 ⁵
125×75	7	10	5	1.36×10 ³	1.05×10 ⁻¹	2.19×10 ⁶	6.04×10 ⁵	2.43×10 ⁶	3.64×10 ⁵
125×75	10	10	7	1.90×10 ³	1.46×10 ⁻¹	2.98×10 ⁶	8.09×10 ⁵	3.30×10 ⁶	4.90×10 ⁵
125×75	13	10	7	2.43×10 ³	1.87×10 ⁻¹	3.76×10 ⁶	1.01×10 ⁶	4.14×10 ⁶	6.19×10 ⁵
125×90	10	10	7	2.05×10 ³	1.58×10 ⁻¹	3.18×10 ⁶	1.38×10 ⁶	3.80×10 ⁶	7.61×10 ⁵
125×90	13	10	7	2.63×10 ³	2.02×10 ⁻¹	4.01×10 ⁶	1.65×10 ⁶	4.79×10 ⁶	8.72×10 ⁵
150×90	9	12	6	2.09×10 ³	1.61×10 ⁻¹	4.84×10 ⁶	1.33×10 ⁶	5.37×10 ⁶	8.02×10 ⁵
150×90	12	12	8.5	2.74×10 ³	2.11×10 ⁻¹	6.19×10 ⁶	1.68×10 ⁶	6.84×10 ⁶	1.02×10 ⁶
150×100	9	12	6	2.18×10 ³	1.68×10 ⁻¹	5.02×10 ⁶	1.79×10 ⁶	5.80×10 ⁶	1.01×10 ⁶
150×100	12	12	8.5	2.86×10 ³	2.20×10 ⁻¹	6.42×10 ⁶	2.29×10 ⁶	7.38×10 ⁶	1.33×10 ⁶
150×100	15	12	8.5	3.53×10 ³	2.71×10 ⁻¹	7.81×10 ⁶	2.76×10 ⁶	8.97×10 ⁶	1.61×10 ⁶

<부표A5> 부등변 ㄱ형강의 표준치수와 단면성능(계속)

치수(mm)				단면2차반경 (mm)				tan θ	단면계수 (mm ³)		중심 (mm)	
A×B	t	r ₁	r ₂	i _z	i _y	i _x	i _o		Z _x	Z _y	C _x	C _y
90×75	9	8.5	6	2.78×10 ¹	2.20×10 ¹	3.19×10 ¹	1.56×10 ¹	6.76×10 ⁻¹	1.74×10 ⁴	1.24×10 ⁴	2.75×10 ¹	2.01×10 ¹
100×75	7	10	5	3.15×10 ¹	2.19×10 ¹	3.49×10 ¹	1.61×10 ¹	5.48×10 ⁻¹	1.70×10 ⁴	1.01×10 ⁴	3.06×10 ¹	1.84×10 ¹
100×75	10	10	7	3.11×10 ¹	2.15×10 ¹	3.43×10 ¹	1.58×10 ¹	5.43×10 ⁻¹	2.33×10 ⁴	1.37×10 ⁴	3.18×10 ¹	1.94×10 ¹
125×75	7	10	5	4.01×10 ¹	2.11×10 ¹	4.23×10 ¹	1.63×10 ¹	3.62×10 ⁻¹	2.61×10 ⁴	1.03×10 ⁴	4.10×10 ¹	1.64×10 ¹
125×75	10	10	7	3.96×10 ¹	2.06×10 ¹	4.17×10 ¹	1.61×10 ¹	3.57×10 ⁻¹	3.61×10 ⁴	1.41×10 ⁴	4.25×10 ¹	1.75×10 ¹
125×75	13	10	7	3.93×10 ¹	2.04×10 ¹	4.13×10 ¹	1.60×10 ¹	3.52×10 ⁻¹	4.61×10 ⁴	1.79×10 ⁴	4.35×10 ¹	1.87×10 ¹
125×90	10	10	7	3.94×10 ¹	2.59×10 ¹	4.30×10 ¹	1.93×10 ¹	5.06×10 ⁻¹	3.72×10 ⁴	2.04×10 ⁴	3.95×10 ¹	2.22×10 ¹
125×90	13	10	7	3.91×10 ¹	2.51×10 ¹	4.27×10 ¹	1.82×10 ¹	4.99×10 ⁻¹	4.75×10 ⁴	2.48×10 ⁴	4.06×10 ¹	2.34×10 ¹
150×90	9	12	6	4.81×10 ¹	2.52×10 ¹	5.06×10 ¹	1.96×10 ¹	3.62×10 ⁻¹	4.82×10 ⁴	1.90×10 ⁴	4.96×10 ¹	2.00×10 ¹
150×90	12	12	8.5	4.75×10 ¹	2.47×10 ¹	5.00×10 ¹	1.93×10 ¹	3.57×10 ⁻¹	6.23×10 ⁴	2.43×10 ⁴	5.07×10 ¹	2.10×10 ¹
150×100	9	12	6	4.79×10 ¹	2.86×10 ¹	5.15×10 ¹	2.15×10 ¹	4.41×10 ⁻¹	4.90×10 ⁴	2.33×10 ⁴	4.77×10 ¹	2.32×10 ¹
150×100	12	12	8.5	4.74×10 ¹	2.83×10 ¹	5.08×10 ¹	2.15×10 ¹	4.35×10 ⁻¹	6.34×10 ⁴	3.02×10 ⁴	4.88×10 ¹	2.41×10 ¹
150×100	15	12	8.5	4.71×10 ¹	2.80×10 ¹	5.04×10 ¹	2.14×10 ¹	4.32×10 ⁻¹	7.82×10 ⁴	3.70×10 ⁴	5.01×10 ¹	2.53×10 ¹