KS 개정에 따른 실무영향

2017. 10.



CONTENTS

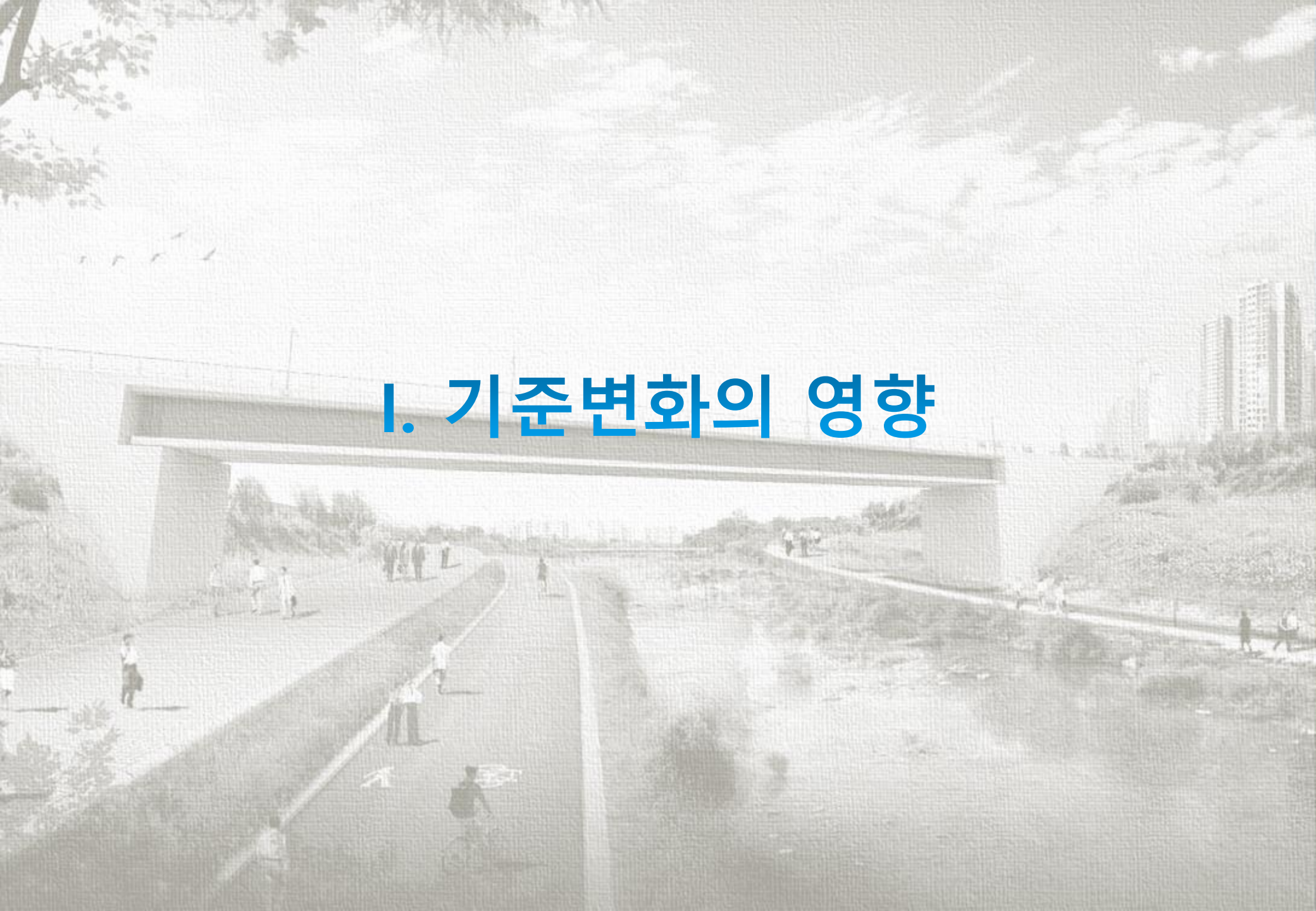
I. 기준변화의 영향

II. 강도변화에 따른 일반영향 평가

III. 강박스거더

IV. I형 교량거더

V. 종합결론



I. 기준변화의 영향

기준 변화 주요사항

- 명칭변경(극한강도기준 ➔ 항복강도기준)
- 0~20% 항복강도 증가
- 항복강도 변화구간 세분
- 강재 탄성계수 변화: 205GPa ➔ 210GPa (2.4%증가)
- PS강연선 탄성계수 변화: 200GPa ➔ 195GPa (2.6% 감소)

KS D 3515 용접구조용 압연강재									
변경전(MPa)					변경후(MPa)				
명칭 \ 두께(㎜)	0~16	16~40	40~75	75~100	명칭 \ 두께(㎜)	0~16	16~40	40~75	75~100
SM400	(245)	235	215	215	SM275	275 (17%)	265 (13%)	255 (19%)	245 (14%)
SM490	(325)	315	295	295	SM355	355 (13%)	345 (10%)	335 (14%)	325 (10%)
SM520	(365)	355	335	325	SM420	420 (18%)	410 (16%)	400 (19%)	390 (20%)
SM570	(460)	450	430	420	SM460	460 (2.2%)	450 (0%)	430 (0%)	420 (0%)

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil IT

명칭변화에 따른 영향

1. 명칭에 따른 혼란 예상

- 강종이름 앞의 영문명칭이 유지되어 기존강종과 쉽게 구별되지 않음

- 숫자의 기준으로 인한 혼란

  실제: SM400 ➔ SM275 ➔ SM490 ➔ SM355 ➔ SM520 ➔ SM420 ➔ SM570 = SM460

  명칭: SM275 ➔ SM355 ➔ SM400 ➔ SM420 ➔ SM460 ➔ SM490 ➔ SM520 ➔ SM570

2. 유사강종(KS에 괄호로 표기)에 따른 혼란

- 동일 강종이 아닌데, 1:1 대체강종으로 혼동

- SM275(SM400, fy=235)
- SM355(SM490, fy=315)
- SM420(SM520, fy=355)
- SM460(SM570, fy=450)

종류의 기호 (종래 기호)	적용 두께 mm
SM275A (SM400A)	강판, 강대, 형강 및 평강 200 이하
SM275B (SM400B)	
SM275C (SM400C)	
SM275D	
SM355A (SM490A)	강판, 강대, 형강 및 평강 200 이하
SM355B (SM490B)	
SM355C (SM490C)	
SM355D	
SM420A	강판, 강대, 형강 및 평강 200 이하
SM420B (SM520B)	
SM420C (SM520C)	
SM420D	
SM460B (SM570)	강판, 강대 및 형강 100 이하
SM460C	

비고 1 SM460B 및 SM460C는 주문자와 제조자 사이의 협정에 따라 두께 150 mm까지의 강판을 제조하여도 좋다.

비고 2 SM460B 및 SM460C에 대하여는 두께 50 mm까지 주문자와 제조자 사이의 협정에 따라 평강을 제조하여도 좋다.

SAMHYUN (株) 삼현피에프 HanGil IT

명칭변화에 따른 영향

3. 설계 완료된 교량에서의 혼란

- LSD: 강종교체에 대한 검토필요
- ASD: 허용응력을 규정하여야 함
- 방법1: 기존강종 사용 ➔ KS에 없는 강종 사용 / 생산의 지속성 문제(생산량,가격,납기 등)
- 방법2: 대체강종 사용 ➔ 안전율 증가에 따른 비경제적 설계, 공사비 증액시 누구의 부담?

4. 향후 설계에서의 문제

- 생산되고 있지 않은 강종(신강종)으로 설계
- 설계가/실행가 등에 대한 정보가 전혀 없음
- 공급원 승인서류 등 대체 필요한 서류가 많음

시간이 지나면 해결되지만 당분간의 혼란은 불가피 ➔ 정확한 홍보가 가장 중요

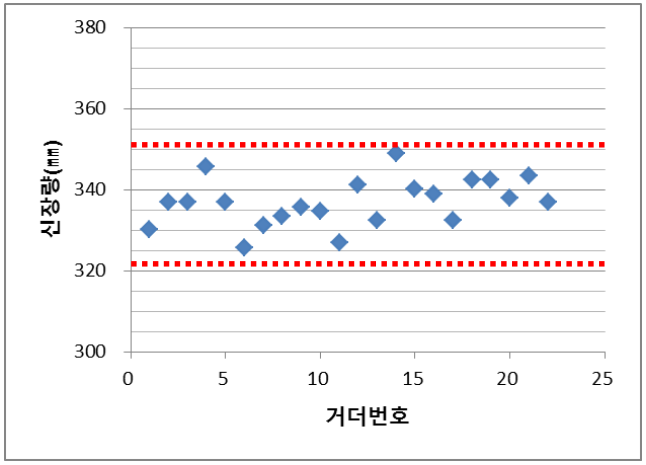
탄성계수 변화에 따른 영향

1. 강판의 탄성계수 증가: 205GPa ➔ 210GPa

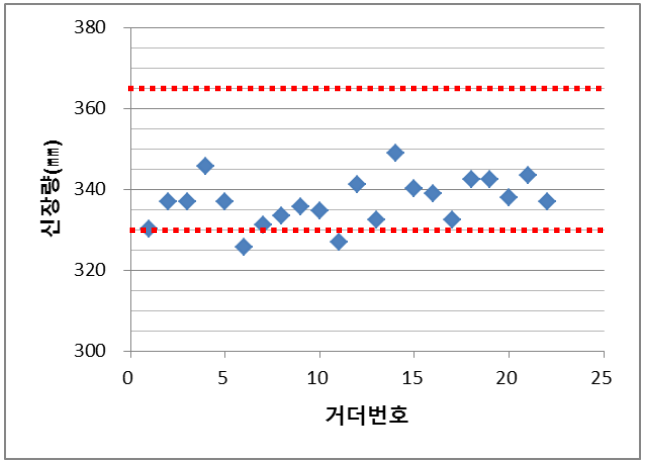
- 설계솟음 변화 ➔ 사용성 개선, 제작솟음 변화
- 합성단면 적용시 강재와 콘크리트 간의 응력재분배

2. PS강연선의 탄성계수 감소: 200GPa ➔ 195GPa

- 설계신장량의 증가(100±5% ➔ 102.6±5%)
- 하중에 의한 PS강재의 응력감소

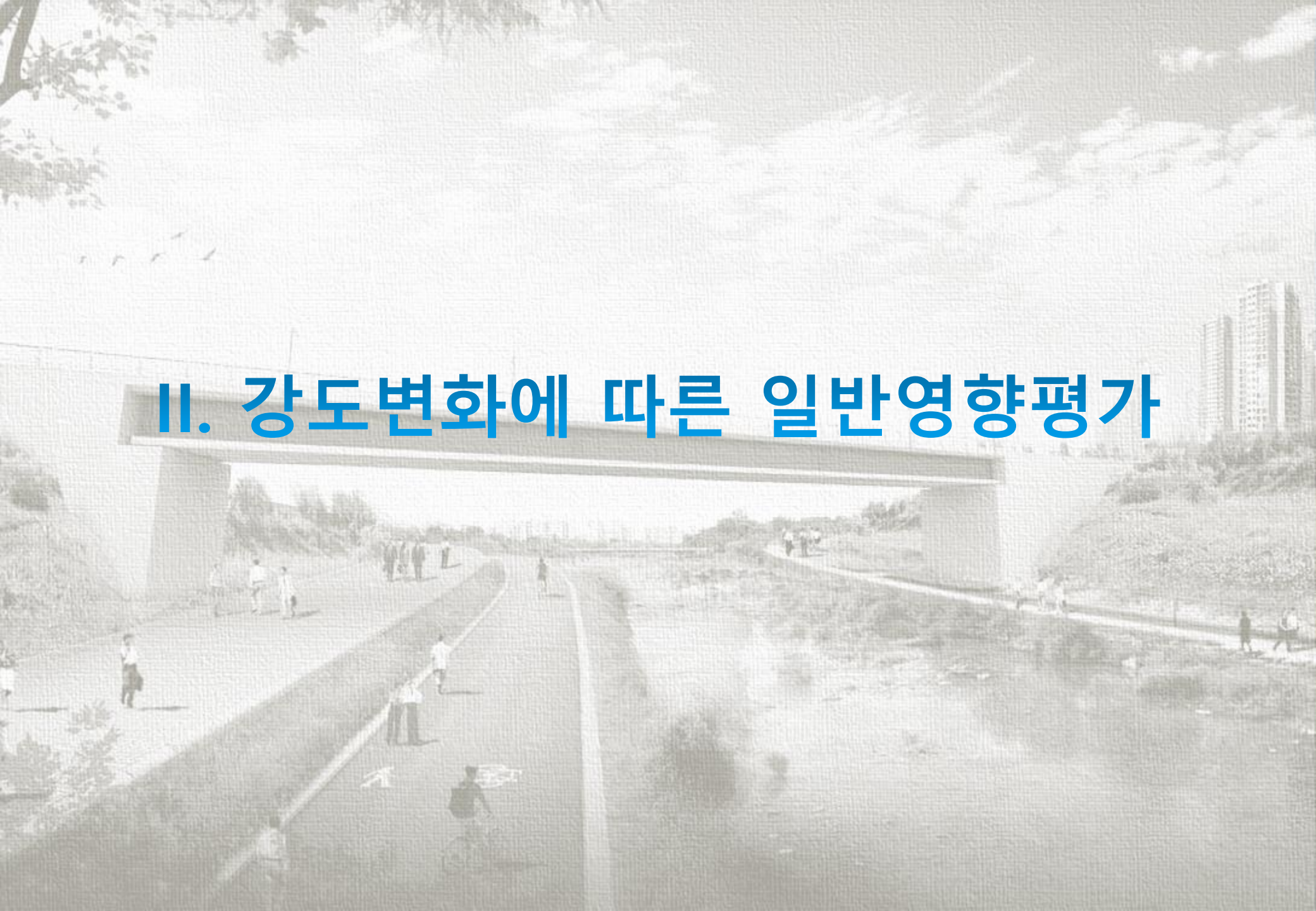


탄성계수 200GPa (설계신장량 339㎜)



탄성계수 195GPa (설계신장량 348㎜)

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil IT



II. 강도변화에 따른 일반영향평가

H형강의 조밀성(플랜지 기준)

조밀단면을 위한 압축플랜지 최소두께(자유돌출판)							
플랜지폭		150	200	250	300	400	500
1	SM400	14	18	23	27	36	43
	SM275	15	19	24	29	38	46
2	SM490	16	21	26	31	40	50
	SM355	16	22	27	32	43	53
3	SM520	17	22	28	33	43	54
	SM420	18	24	30	35	46	58
4	SM570	19	25	31	37	49	61
	SM460	19	25	31	37	48	60

예시) 형강 조밀단면(플랜지 폭: 500㎜)

SM520 두께 28㎜적용

➔ SM420은 30㎜적용 필요

∴ 플랜지 폭 감소가 합리적인 선택

표 4.3-2 휨부재 단면의 폭두께비 제한

	판요소에 대한 설명	폭두께비	폭두께비 제한 값 λ_p (조밀/비조밀)	폭두께비 제한 값 λ_r (비조밀/세장)	예
자유돌출판	① 압연 H형강, ㄷ형강 및 T형강의 플랜지	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	② 2축 또는 1축 대칭인 용접 H형강의 플랜지	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95\sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$ 1),2)	
	③ 단일 ㄱ형강의 다리	b/t	$0.54\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	④ 약축 휨을 받는 압연 H형강, ㄷ형강의 플랜지	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	⑤ T형강의 플랜지	d/t	$0.84\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

SAMHYUN (株) 삼현피에프 HanGil IT

I형 거더의 조밀성

조밀단면을 위한 웨브두께							
웨브높이(mm)		1000	1500	2000	2500	3000	3500
1	SM400	10	14	19	23	28	32
	SM275	10	15	19	24	29	34
2	SM490	11	16	21	27	32	37
	SM355	11	17	22	27	33	38
3	SM520	12	17	23	**28**	34	39
	SM420	12	18	24	**30**	36	41
4	SM570	13**	19	25	32	38	43
	SM460	13**	19	25	31	37	43

예시) 플레이트거더 조밀단면(형고: 2500㎜)

SM520 두께 28㎜적용

➔ SM420은 30㎜적용 필요

➔ 실제 교량은 주로 비조밀단면으로 설계. 큰 영향 없음

455MPa는 485MPa로 개정 예정

4.3.3.1.6.2 휨

(1) 일반사항

인장플랜지에 구멍이 있는 인장플랜지는 4.3.3.1.1.8을 만족해야 한다.

(2) 정모멘트부의 합성단면

①직선 거더가 각을 이루고 연속으로 연결된 교량 또는 수평 곡선 거더 교량의 합성단 조밀단면으로 간주하며 4.3.3.1.7.2를 만족해야 한다.

②아래의 요구조건을 만족하는 직선교의 합성단면은 조밀단면으로 간주한다.

가. 플랜지의 최소항복강도가 455MPa를 초과하지 않고,

나. 웨브는 4.3.3.1.2.1(1)의 규정을 만족하며,

다. 웨브세장비 한계를 만족하는 단면

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} \le 3.76\sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \qquad (4.3\text{-}143)$$

여기서, D_{cp} : 부록 B.3.2에 규정된 소성모멘트 적용 시 압축 측 웨브의 높이 (mm)

SAMHYUN (株) 삼현피에프 HanGil

좌굴관련 주요인자

$$\sqrt{\frac{E}{f_y}} \propto \frac{b}{t}, \frac{D}{t_w}, \frac{KL}{r}$$

변경전(MPa)					변경후(MPa)				
두께(㎜) / 명칭	0~16	16~40	40~75	75~100	두께(㎜) / 명칭	0~16	16~40	40~75	75~100
SM400	29.5	29.5	30.9	30.9	SM275	27.6 (-6.44%)	28.2 (-4.69%)	28.7 (-7.06%)	29.3 (-5.19%)
SM490	25.5	25.5	26.4	26.4	SM355	24.3 (-4.66%)	24.7 (-3.29%)	25.0 (-5.02%)	25.4 (-3.57%)
SM520	24.0	24.0	24.7	25.1	SM420	22.4 (-6.95%)	22.6 (-5.82%)	22.9 (-7.38%)	23.2 (-7.61%)
SM570	21.3	21.3	21.8	22.1	SM460	21.4 (0.11%)	21.6 (1.21%)	22.1 (1.21%)	22.4 (1.21%)

두께 혹은 단면2차반경의 변화가 필요하다.

➔ 보다 큰 응력에 도달할 때까지 좌굴이 일어나지 않아야 하므로 당연한 변화

SAMHYUN (株) 삼현피에프 HanGil IT

비세장판 단면을 가진 부재의 휨좌굴강도

(1) $\frac{KL}{r} \le 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ 또는 $\frac{F_y}{F_e} \le 2.25$인 경우

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y \qquad (4.2\text{-}2)$$

(2) $\frac{KL}{r} > 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ 또는 $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$인 경우

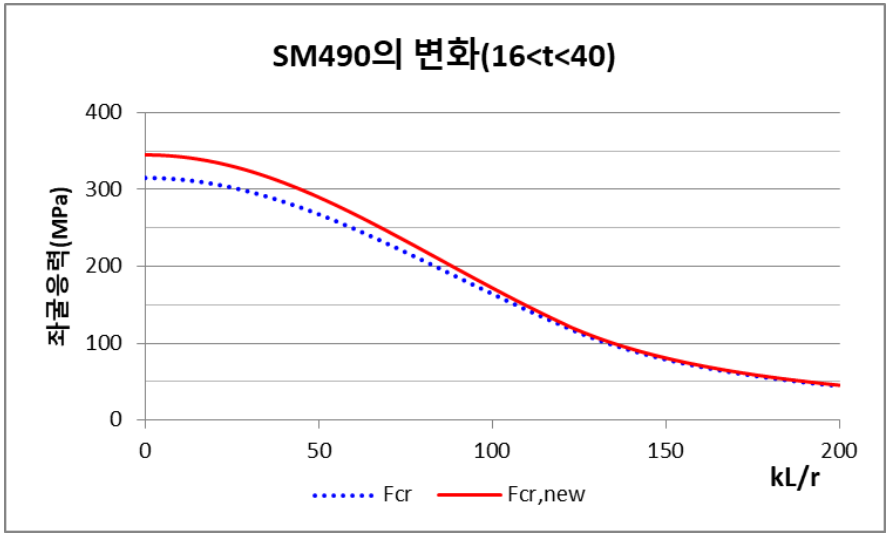
$$F_{cr} = 0.877 F_e \qquad (4.2\text{-}3)$$

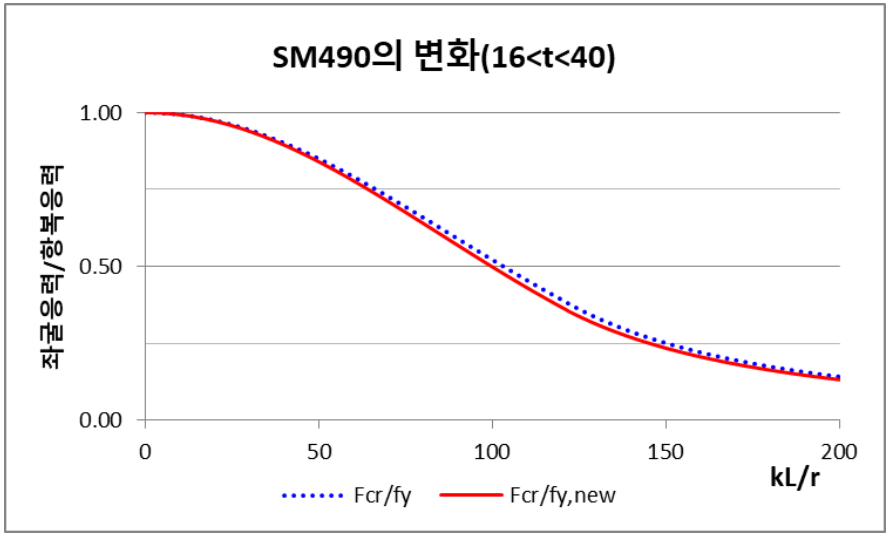
여기서, F_e : 탄성좌굴해석을 통하여 구하는 탄성좌굴응력

$$= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \text{ (MPa)} \qquad (4.2\text{-}4)$$

동일한 세장비에서 좌굴응력은 증가하지만

항복강도 증가에 비해서는 크지 않다.





SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil IT



III. 강박스거더

설계관련 사항들

1. **설계기준식 자체의 변화는 거의 없음**
2. **항복응력구간 세분화: 강교 복부의 일반두께가 10mm~20mm**
3. **탄성계수 및 항복강도 변화에 따른 조밀/비조밀, 세장/비세장 판별식 영향**
4. **공통편-구조설계기준-강구조설계(한계상태설계)-강구조부재설계기준 KDS 14 31 10**

1. 일반사항 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
3. 재료 ····· 1
4. 설계 ····· 1
   4.1. 인장부재 ····· 1
   4.2. 압축부재 ····· 8
   4.3. 휨부재 ····· 33
   4.4. 조합력과 비틀림부재 ····· 120
   4.5. 기타 부재 ····· 125

4.3 휨부재
- 4.3.1 일반사항
- 4.3.2 형강 및 강관
- 4.3.3 교량용거더
  - 4.3.3.1 플레이트 거더
  - 4.3.3.2 박스거더
  - 4.3.3.3 기타휨부재
  - 4.3.3.4 다이아프램 및 수직가새
  - 4.3.3.5 수평가새

설계개요

경간장: 2@50m, 2@60m, 2@70m

거더형고: 2.30m, 2.50m, 2.80m

거더 폭원: 9.0m

곡선: R=200m

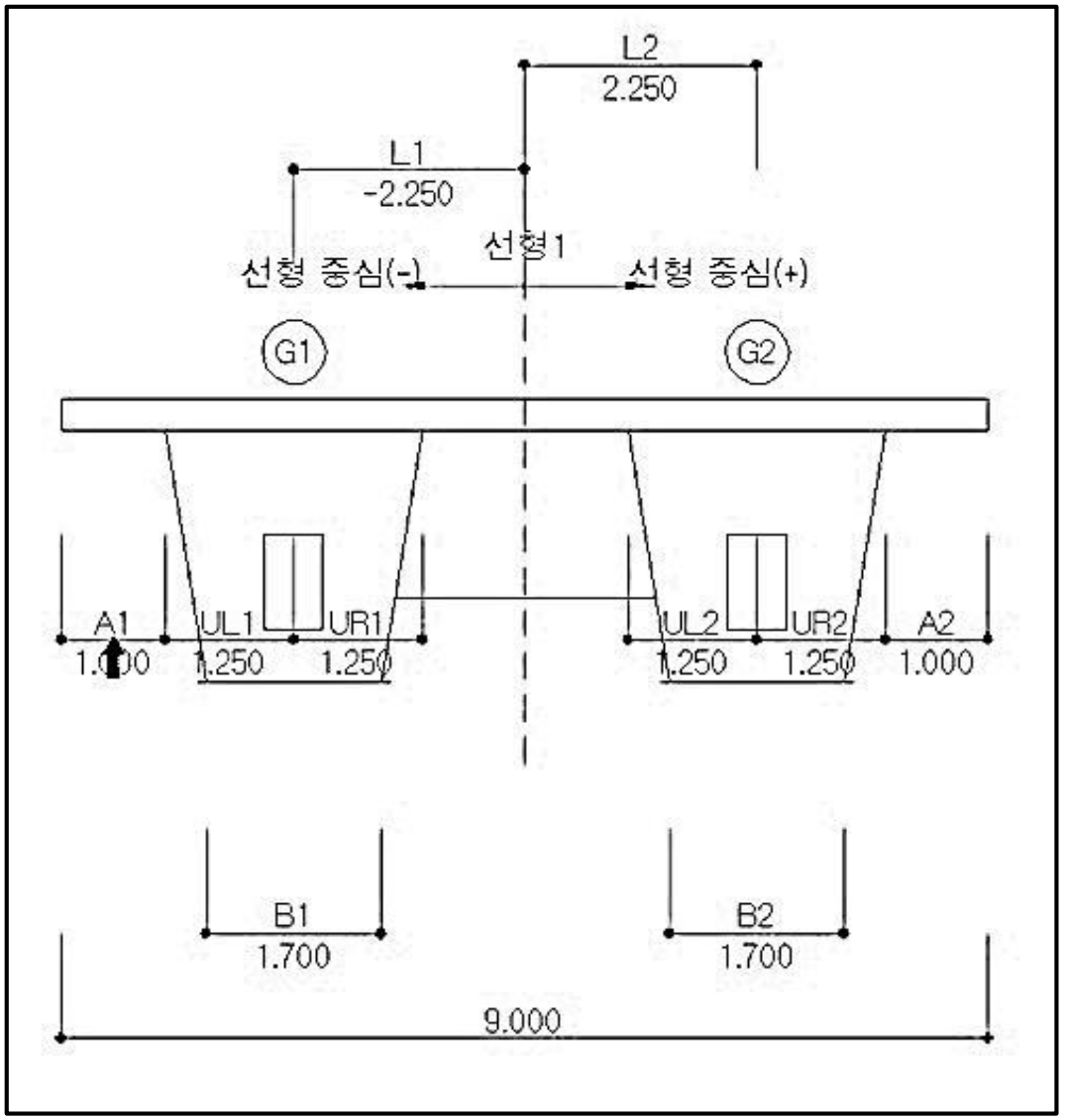
사용강종: SM490 ➔ SM355

Case1: 기존강종으로 최적설계

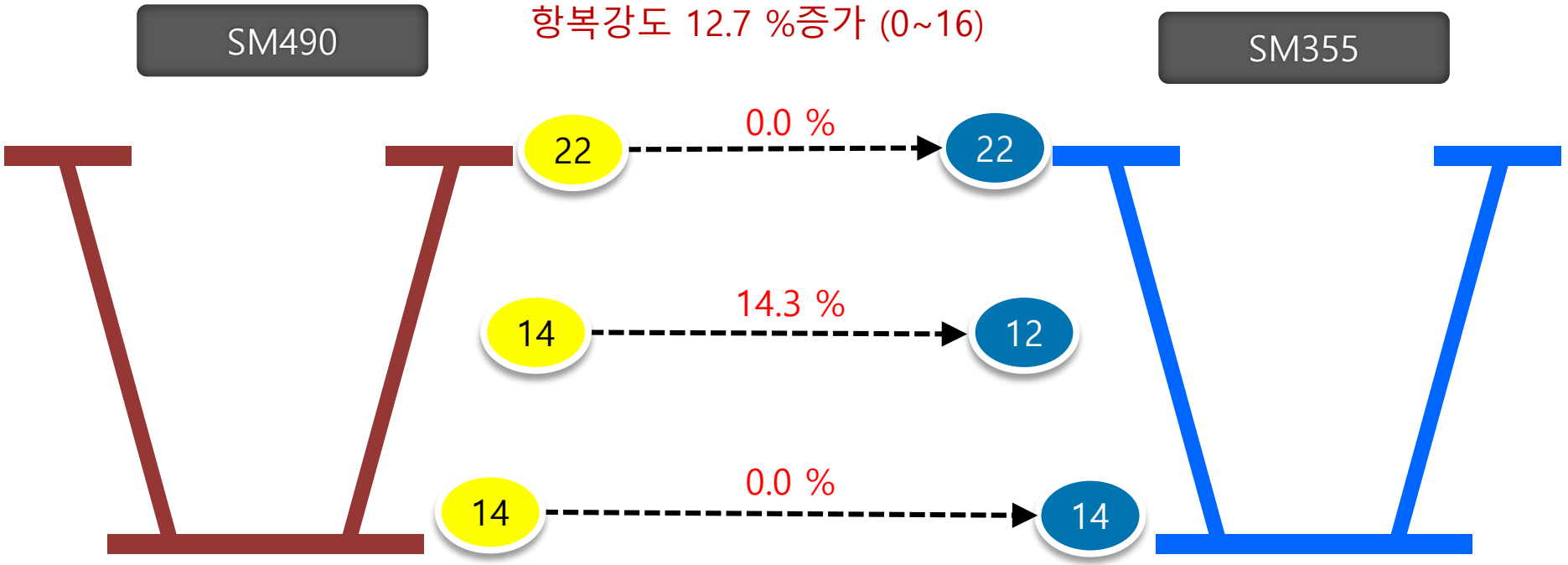
Case2: 단순 강종변경

Case3: 신강종으로 최적설계

사용프로그램: Aroad



단면변화(정모멘트부)

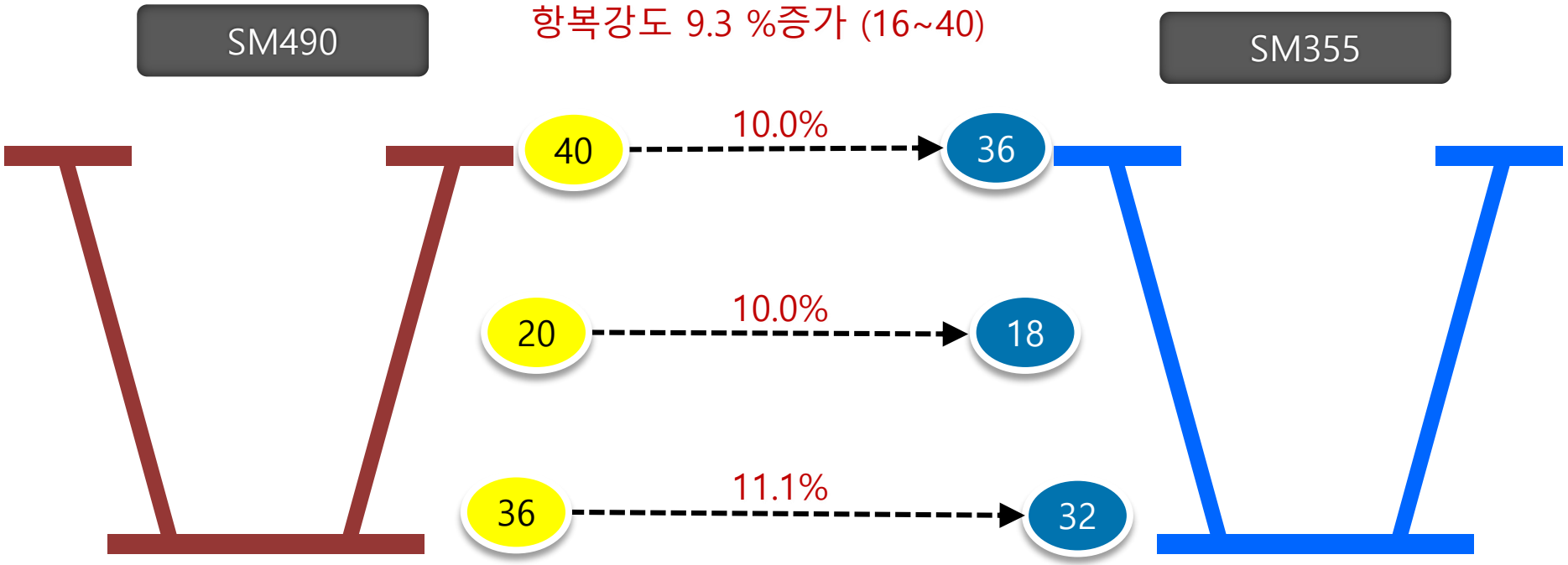


구 분 (단위:mm)		2@50m		2@60m		2@70m	
		case1	case3	case1	case3	case1	case3
정모멘트 최대점	상부플랜지	400 x 18	400 x 18	500 x 22	500 x 22	600 x 28	600 x 28
	웨브	2300 x 14	2300 x 12	2500 x 14	2500 x 12	2800 x 16	2800 x 14
	하부플랜지	1800 x 12	1800 x 12	1800 x 14	1800 x 14	1800 x 18	1800 x 18

∵ **bf/2tf = 400 / (2x18) = 11 < 12 ➔ 두께 변경 불가**

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil

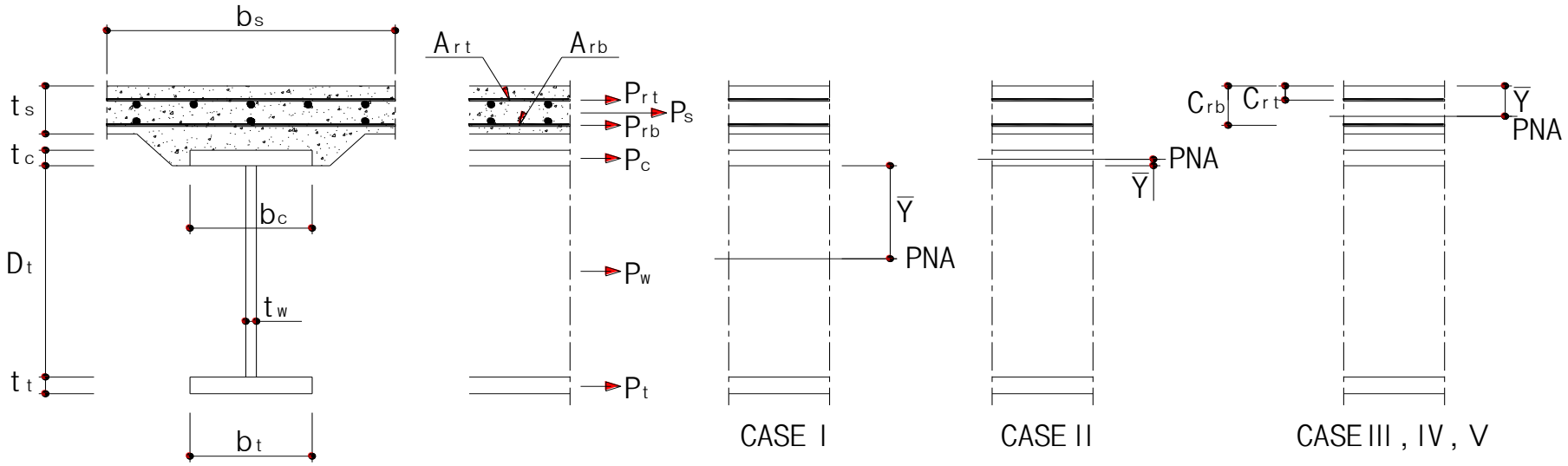
단면변화(부모멘트부)



구 분 (단위:mm)		2@50m		2@60m		2@70m	
		case1	case3	case1	case3	case1	case3
부모멘트	상부플랜지	500 x 36	500 x 30	700 x 40	700 x 36	800 x 40	800 x 38
	웨브	2300 x 18	2300 x 18	2500 x 20	2500 x 18	2800 x 28	2800 x 22
	하부플랜지	1800 x 30	1800 x 30	1800 x 36	1800 x 32	1800 x 40	1800 x 36

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil

소성모멘트(정모멘트부)



구분	소성모멘트(kN·m)		
	case1	case2	case3
2@50m	44,500 (100%)	49,100 (110%)	45,200 (102%)
2@60m	53,000 (100%)	58,500 (110%)	54,000 (102%)
2@70m	73,900 (100%)	81,700 (110%)	76,100 (103%)

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil IT

부모멘트부(압축플랜지 공칭휨강도)

구분	2@50m			2@60m			2@70m		
	case1	case2	case3	case1	case2	case3	case1	case2	case3
λf	28.3	28.3	28.3	23.6	23.6	26.6	21.3	21.3	23.6
λp	26.1	25.7	25.7	24.3	23.5	24.9	23.1	22.3	23.5
λr	53.0	51.3	51.3	48.4	46.8	49.7	46.0	44.4	46.8
Fcb	309	334	334	315	344	338	315	200	344
Fcv	183	200	200	183	200	200	183	345	200
Fnc	308	334	334	315	344	338	315	345	344

λ_f = 압축플랜지의 세장비

$$= \frac{b_f}{2t_f}$$

조밀단면한계

$$\lambda_p = 0.57\sqrt{\frac{Ek}{F_{yc}\Delta}}$$

비조밀단면한계

$$\lambda_r = 0.95\sqrt{\frac{Ek}{F_{yr}}}$$

$$F_{nc} = F_{cb}\sqrt{1-\left(\frac{f_v}{\phi_v F_{cv}}\right)^2} \qquad \Delta = \sqrt{1-3\left(\frac{f_v}{F_{yc}}\right)^2}$$

f_v = 계수하중에 의한 플랜지의 순수비틀림 전단응력 (MPa)

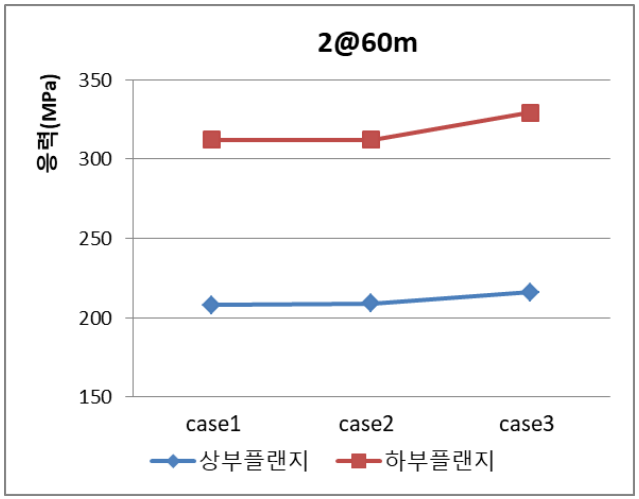
$$= \frac{T}{2A_0 t_{fc}}$$

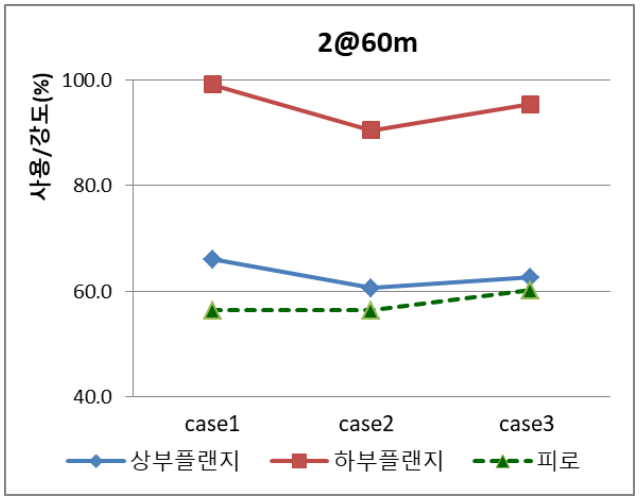
F_{yr} = 잔류응력이 고려된 압축플랜지의 항복강도 또는 웨브의 최소항복강도 중 작은 값 (MPa) $= (\Delta - 0.3)F_{yc} \le F_{yw}$

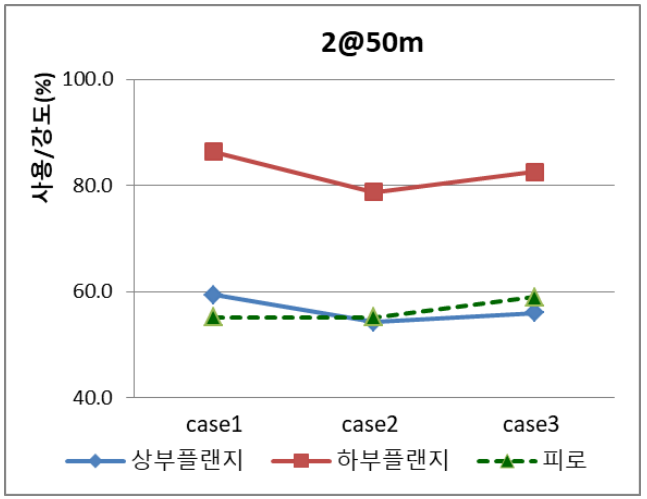
k = 균일분포 압축응력에 대한 판의 좌굴계수 = 4.0

SAMHYUN (株) 삼현피에프 HanGil IT

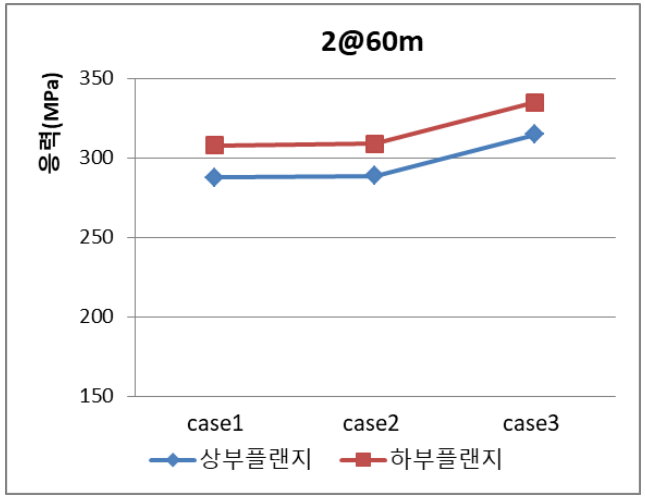
플랜지 휨강도

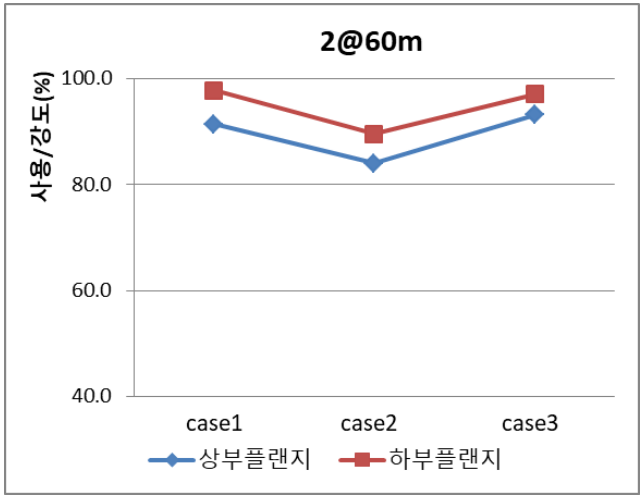


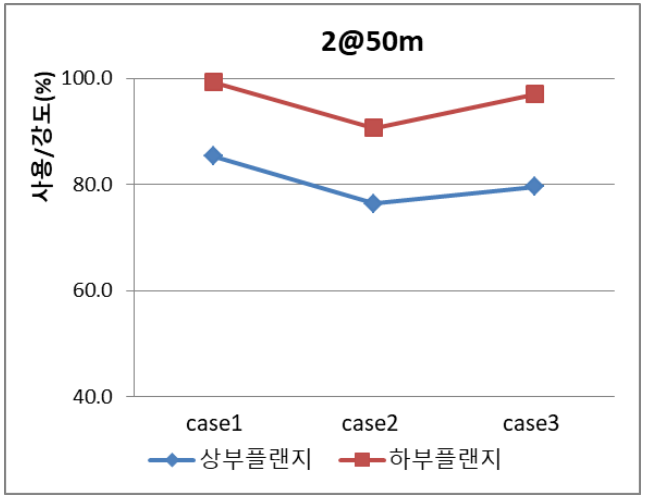




< 정모멘트부 >







< 부모멘트부 >

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil IT

전단강도검토

$$\frac{2Dt_w}{(b_{fc}t_{fc}+b_{ft}t_{ft})} \le 2.5 \qquad (4.3\text{-}182)$$

$$V_n = V_p\left[C+\frac{0.87\,(1-C)}{\sqrt{1+\left(\frac{d_0}{D}\right)^2}}\right] \qquad (4.3\text{-}183)$$

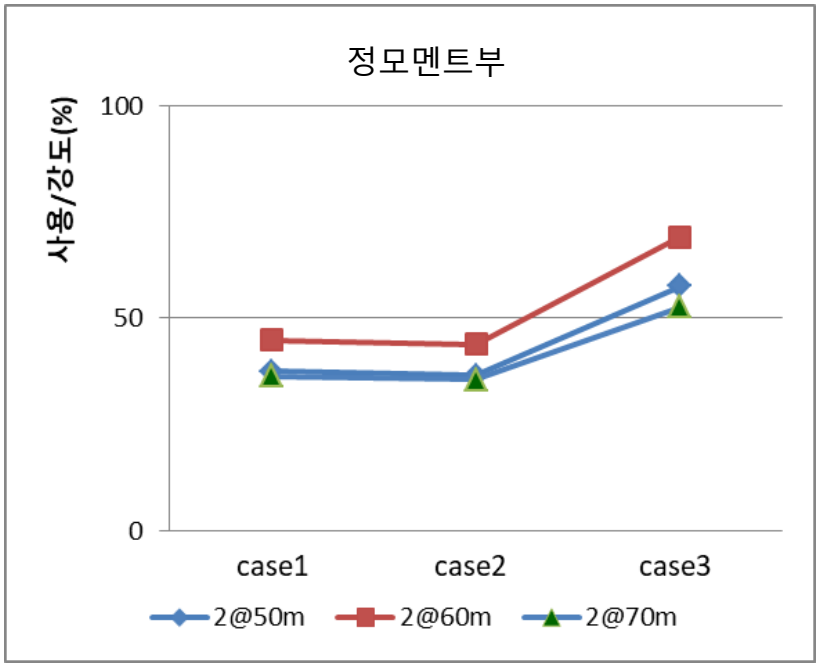
d_0 : 보강재 간격 (mm)
V_n : 공칭전단강도 (N)
V_p : 소성전단력 (N)
C : 전단항복강도에 대한 전단좌굴응력비

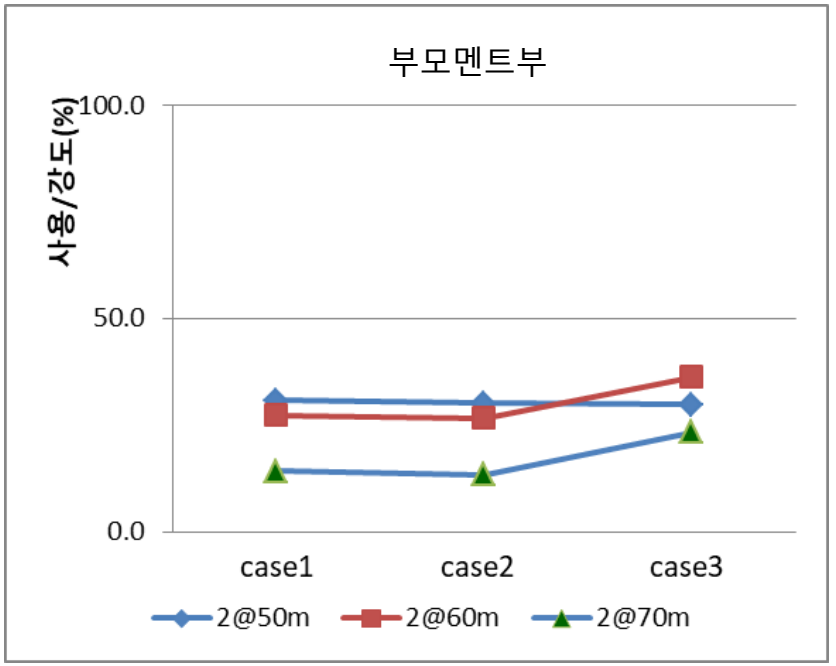
$$V_n = V_p\left[C+\frac{0.87\,(1-C)}{\left(\sqrt{1+\left(\frac{d_0}{D}\right)^2}+\frac{d_0}{D}\right)}\right] \qquad (4.3\text{-}189)$$

구분		case1		case2		case3	
		계수전단력	전단강도	계수전단력	전단강도	계수전단력	전단강도
정모멘트	2@50m	1280	3400 (100%)	1280	3690 (109%)	1270	2850 (84%)
	2@60m	1530	3660 (100%)	1540	3990 (109%)	1530	3120 (85%)
	2@70m	1850	5120 (100%)	1860	5570 (109%)	1850	4480 (88%)
부모멘트	2@50m	2230	5500 (100%)	2220	5820 (106%)	2220	5820 (106%)
	2@60m	2700	7170 (100%)	2700	7580 (106%)	2660	6150 (86%)
	2@70m	3200	14100 (100%)	3200	15100 (107%)	3130	9870 (70%)

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil IT

피로전단강도검토

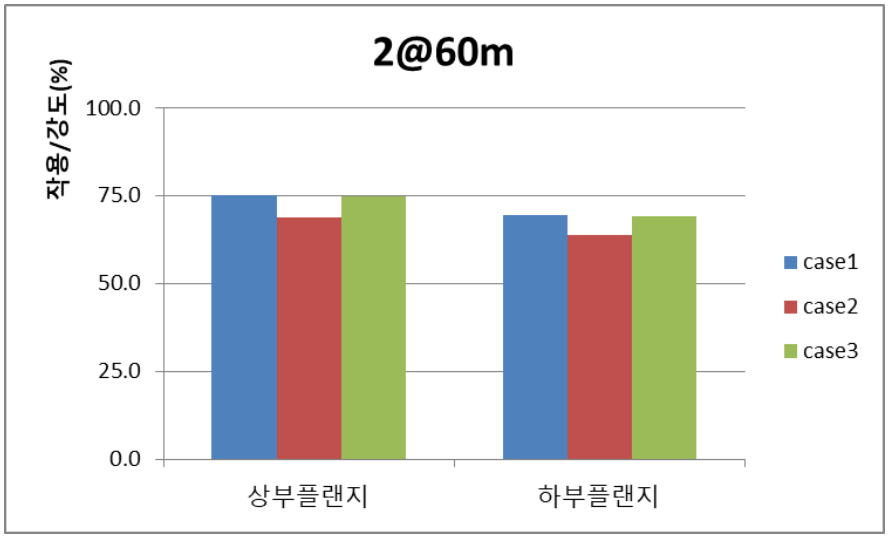


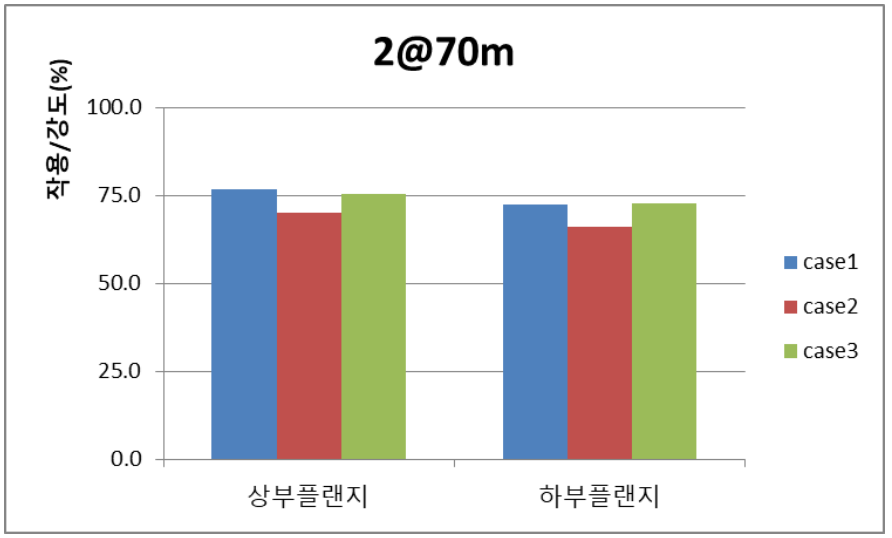


구분	case1		case2		case3	
	피로전단력	피로전단강도	피로전단력	피로전단강도	피로전단력	피로전단강도
2@50m	766	2050 (100%)	766	2100 (102%)	759	1320 (64%)
2@60m	917	2050 (100%)	919	2100 (102%)	912	1320 (64%)
2@70m	1120	3080 (100%)	1120	3160 (103%)	1110	2110 (69%)

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil IT

사용한계상태(부모멘트부)





구분			2@50m			2@60m			2@70m		
			case1	case2	case3	case1	case2	case3	case1	case2	case3
플랜지 사용한계 검토 (MPa)	합성단면 상부 플랜지	f_f	228	228	248	225	226	245	230	230	248
		$0.95R_hF_{yf}$	299	328	328	299	328	328	299	328	328
		Ratio(%)	76.3	69.5	75.6	75.3	68.9	74.7	76.9	70.1	75.6
	합성단면 하부 플랜지	$f_f+f_l/2$	189	188	191	208	209	227	217	217	239
		$0.95R_hF_{yf}$	299	328	328	299	328	328	299	328	328
		Ratio(%)	63.2	57.3	58.2	69.6	63.7	69.2	72.6	66.2	72.9

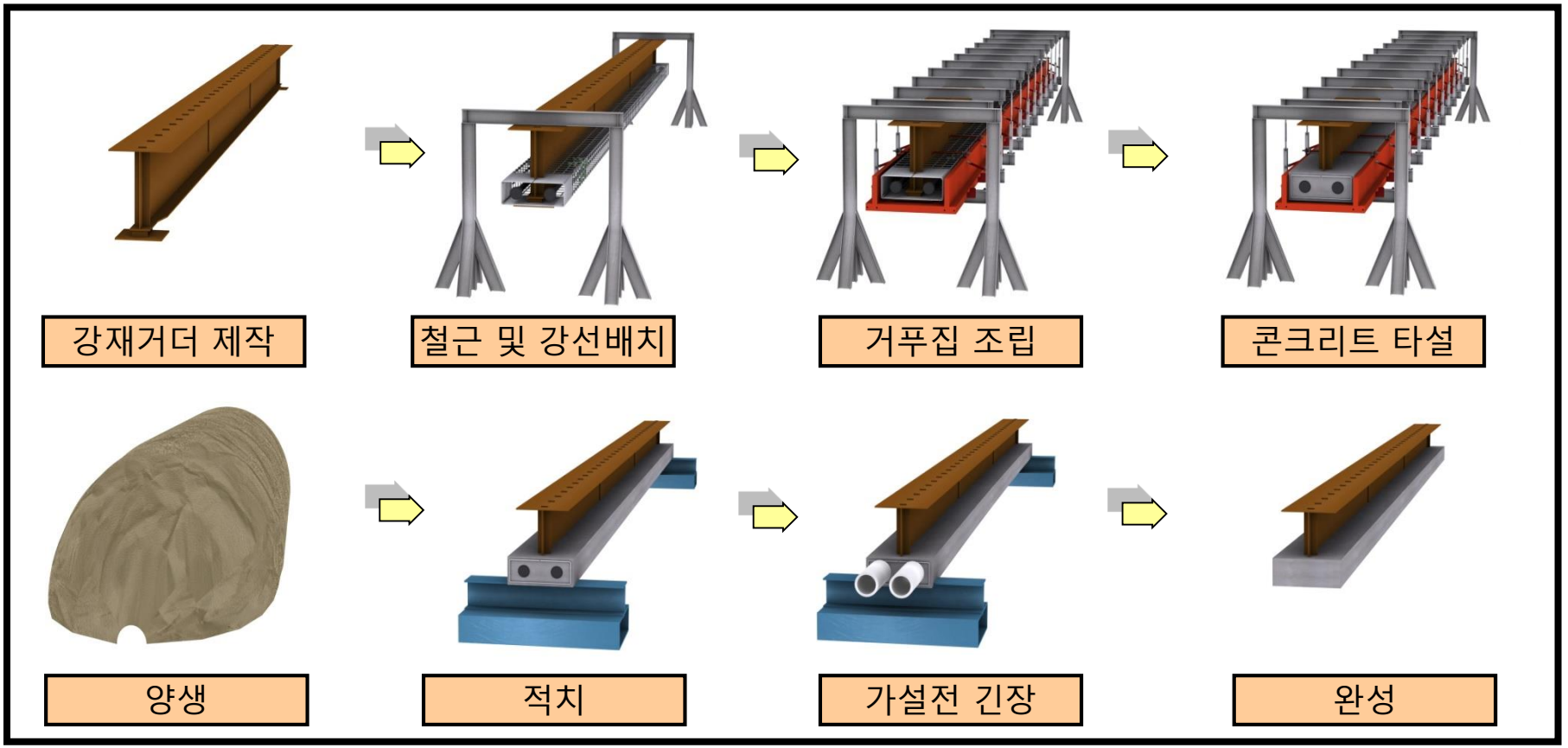
강재단면정리

구 분 (단위:mm)		2@50m		2@60m		2@70m	
		SM490B (case1)	SM355B (case3)	SM490B (case1)	SM355B (case3)	SM490B (case1)	SM355B (case3)
정모멘트	상부플랜지	400 x 18	400 x 18	500 x 22	500 x 22	600 x 28	600 x 28
	웨브	2300 x 14	2300 x 12	2500 x 14	2500 x 12	2800 x 16	2800 x 14
	하부플랜지	1800 x 12	1800 x 12	1800 x 14	1800 x 14	1800 x 18	1800 x 18
부모멘트	상부플랜지	500 x 36	500 x 30	700 x 40	700 x 36	800 x 40	800 x 38
	웨브	2300 x 18	2300 x 18	2500 x 20	2500 x 18	2800 x 28	2800 x 22
	하부플랜지	1800 x 30	1800 x 30	1800 x 36	1800 x 32	1800 x 40	1800 x 36
수 량	강재량 (tonf)	242.3	222.3 (↓8.3%)	341.1	318.4 (↓6.7%)	491.3	454.0 (↓7.6%)



IV. I형 거더

프리스트레스트 강합성 거더교



경간장: 40m / 45m / 50m

형　고: 1.5m / 1.8m / 2.0m

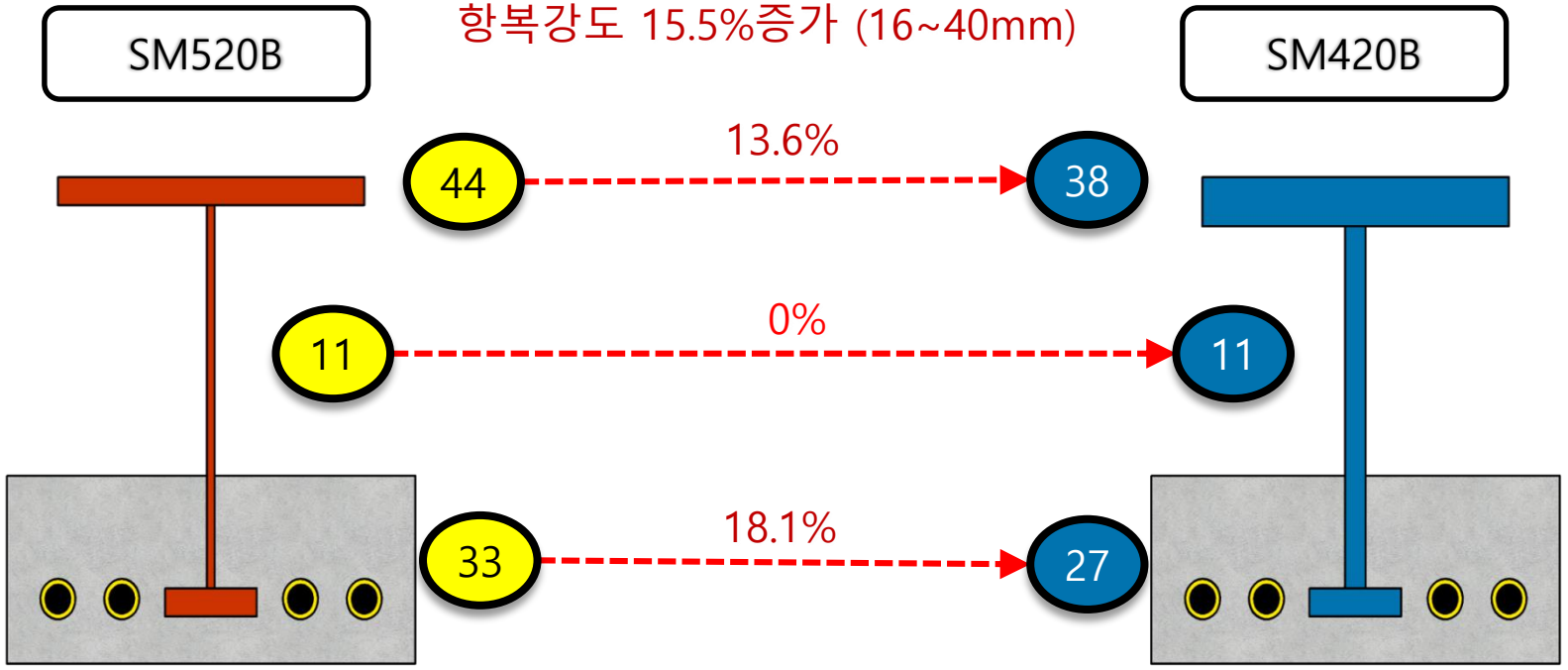
사용강종: SM520 ➔ SM420

Case1: 기존강종으로 최적설계

Case2: 단순 강종변경

Case3: 신강종으로 최적설계

단면변화



구 분		40m		45m		50m	
		case1,2	case3	case1,2	case3	case1,2	case3
제원	FU (mm)	900 × 44	900 × 38	900 × 47	900 × 40	900 × 56	900 × 48
	Web (mm)	1203 × 11	1215 × 11	1504 × 12	1515 × 12	1693 × 14	1709 × 14
	Fl (mm)	250 × 33	250 × 27	250 × 29	250 × 25	250 × 31	250 × 23

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil

웨브의 최대 휨압축강도

$$F_{crw} = \frac{0.9Ek}{(D/t_w)^2} \qquad (4.3\text{-}114)$$

$$k = \frac{9}{(D_c/D)^2} \qquad (4.3\text{-}115)$$

여기서, D_c : 탄성범위 내에서 웨브의 압축 측 높이 (mm). 합성단면의 경우 D_c는 부록 B.3.1을 적용하여 구할 수 있다.

구분	40m			45m			50m		
	case1	case2	case3	case1	case2	case3	case1	case2	case3
D	1203	1203	1215	1504	1504	1515	1693	1693	1709
tw	11	11	11	12	12	12	14	14	14
Dc	403.3	403.3	405.2	542.6	542.6	565.7	629.4	629.4	630.8
k	43.4	43.4	43.6	42.8	42.8	39.8	42.9	42.9	43.2
Fcrw (Mpa)	1544.0	1581.7	1567.2	1015.0	1039.8	956.6	1026.8	1051.9	1047.5

Fcrw > fy 이므로 웨브 휨좌굴강도에 실제로 미치는 영향은 미미하다.

SAMHYUN (株) 삼현피에프 HanGil IT

플랜지 응력감소계수

(2) 웨브의 국부좌굴에 따른 플랜지 응력감소계수, R_b

4.3.3.1.3.2에 따라 시공성을 검토할 때 또는

① 합성단면이고 정모멘트를 받으며 웨브가 4.3.3.1.2.1(1) 또는 4.3.3.2.2.1(2)의 규정을 만족하는 경우, 또는

② 1개 또는 그 이상의 종방향 수평보강재가 설치되고 다음을 만족하는 경우,

$$\frac{D}{t_w} \le 0.95\sqrt{\frac{Ek}{F_{yc}}} \qquad (4.3\text{-}120)$$

또는

③ 웨브가 다음 식을 만족하는 경우,

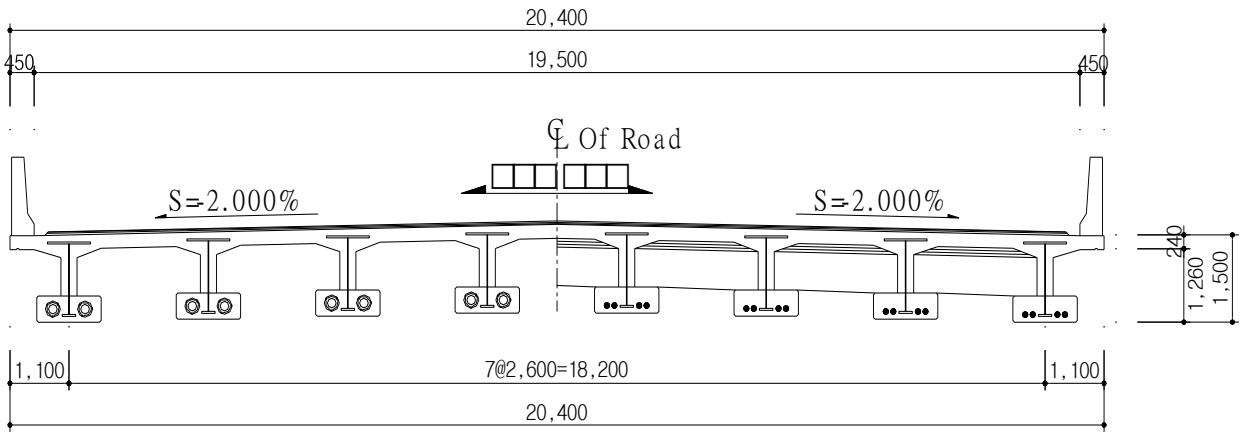
$$\frac{2D_c}{t_w} \le \lambda_{rw} \qquad (4.3\text{-}121)$$

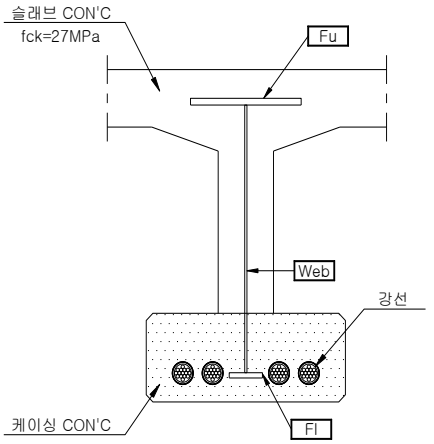
구분	40m			45m			50m		
	case1	case2	case3	case1	case2	case3	case1	case2	case3
fy	355	420	420	355	420	420	355	420	420
λb√(Ek/fy)	137.0	127.5	127.5	137.0	127.5	127.5	137.0	127.5	127.5
2Dc/tw	73.3	73.3	73.7	90.4	90.4	94.3	89.9	89.9	90.1
0.95√(Ek/fy)	150.5	140.0	140.3	149.3	138.9	134.0	149.5	139.1	139.6
D/tw	109.4	109.4	110.5	125.3	125.3	126.3	120.9	120.9	122.1

웨브의 국부좌굴에 따른 플랜지 응력감소계수는 모두 1.0 사용가능 ➔ 영향 없음

SAMHYUN (株) 삼현피에프 HanGil

프리스트레스트 강합성 거더교 설계





구 분		40m		45m		50m	
		case1	case3	case1	case3	case1	case3
제원	FU (mm)	900 × 44	900 × 38	900 × 47	900 × 40	900 × 56	900 × 48
	Web (mm)	1203 × 11	1215 × 11	1504 × 12	1515 × 12	1693 × 14	1709 × 14
	Fl (mm)	250 × 33	250 × 27	250 × 29	250 × 25	250 × 31	250 × 23
응력 (지간중양)	강재상연(MPa)	211	235	210	235	209	233
	f/fy	98.0%	98.0%	98.0%	98.0%	97.1%	97.1%
수 량	강재량 (ton)	18.6	16.7 (↓12%)	22.5	20.3 (↓11%)	31.1	27.9 (↓11%)



V. 종합결론

종합결론

1. KS개정
   1) 항복강도는 0~20%, 탄성계수는 2.4%증가
   2) 설계기준의 변화는 거의 없음

2. 실제 설계의 영향
   1) 안전율 증가 혹은 강재량 감소
   2) 강재량 감소비율은 항복강도 증가비율보다 낮음(단면비 등의 영향)
   3) 좌굴 및 피로에는 유리하지 않음

3. 고려필요 사항
   1) 당분간 있을 혼란을 최소화 필요 ➔ 홍보 및 기존강종 생산
   2) 형강 최적단면 변경
   3) 실제 현장적용에 따른 문제

SAMHYUN (株) 삼현피에프
HanGil IT