■ 철골접합부 - 편심이 발생하는 트러스 접합부 설계

1. 설계조건

* 상, 하현재 / H형강

H- 300x300x10x15

d =	300	mm	Ag =	11980	mm^2	Fy =	235	MPa
bf =	300	mm	Ix =	204000000	mm^4	Fu =	400	MPa
tw =	10.0	mm	Iy =	67500000	mm^5	Es =	205000	MPa
tf =	15	mm	Sx =	1360000	mm^3	C =	700	mm (상하현재 중심간격)
			r =	18	mm			

Af = bf*tf = 300*15 = 4500 mm^2

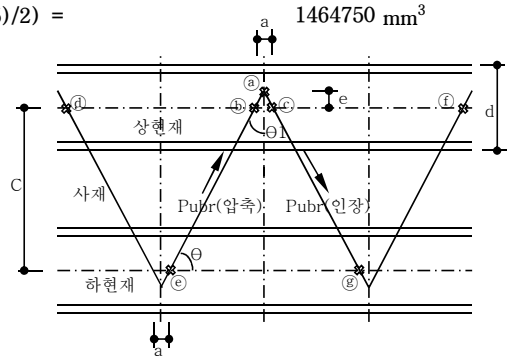
Aw = d*tw = 300*10 = 3000 mm^2

Zx = 2*(bf*tf*(d/2-tf/2) + (d/2-tf)*tw*(d/2-tf)/2)

= 2*(300*15*(300/2-15/2) + (300/2-15)*10*(300/2-15)/2) = 1464750 mm^3

* 보강 Plate 2PL- 100 *5 mm (PLy) (PLt)

* 트러스 전단력 Vu = 78 kN(전체)
* 트러스 모멘트 Mu = 700 kN-m(전체)
* 사재의 압축력 & 인장력 Pubr = 90 kN
* 용접재 인장강도 Fuw = 420 MPa



* 사재 / L형강

dbr =	130	mm	xcbr =	35.3	mm (도심)	Fybr =	235	MPa
bfbr =	130	mm	ycbr =	35.3	mm (도심)	Fubr =	400	MPa
tbr =	9	mm	rxbr =	40.1	mm			
			rybr =	40.1	mm			

Agbr = 2270 mm^2 /EA (단면적)

Ixbr = 3660000 mm^4 Sxbr = 38648 mm^3

Iybr = 3660000 mm^4 Sybr = 38648 mm^3

Xp = 9*(130+130-9)/2 / 130 = 8.69 mm (소성중립축)

Zxbr = 130*8.69*8.69/2 + 130*0.31*0.31/2 + 9*121*(121/2+0.31) = 71137 mm^3

2. 소요강도 산정

θ = 60 ° a = 50 mm

TANθ = SINθ / COSθ = e/(a/2)

Me = 2*N*COSθ*e = 2*N*COSθ*(a/2)*(SINθ / COSθ) = N*SINθ*a = 90*SIN(60°)*50*1/10^3 = 3.90 kN-m

MBC = MCB = Me/2 = 3.9/2 = 1.95 kN-m

LBE = (C-d)/SINθ = (700-300)/SIN(60°) = 462 mm

LBD = C/TANθ + a/2 = 700/TAN(60°) + 50/2 = 429 mm

KBE = Ixbr/LBE = 3660000/462 = 7922

KBD = Ix/LBD = 204000000/429 = 475524

MBD = MBC*(KBD/(KBD+KBE) = 1.95*(475524/(475524+7922) = 1.92 kN-m

MBE = MBC*(KBE/(KBD+KBE) = 1.95*(7922/(475524+7922) = 0.03 kN-m

<부재 BC>

Mu1 = 1.95 kN-m

Nu1 = Mu/C = 700*10^3/700 = 1000.0 kN

Vu1 = Vu/2 + Mu1/(a/2) = 78/2 + 1.95*10^3/(50/2) = 117.00 kN

<부재 BE>

Mu2 = 0.03 kN-m

Nu2 = 90.0 kN

Vu2 = Mu2/(LBE/2) = 0.03*10^3/(462/2) = 0.130 kN

■ 철골접합부 - 편심이 발생하는 트러스 접합부 설계

3. 부재설계

1) 부재 BC (상, 하현재)

Ag = 11980+2*5*100 = 12980 mm^2

Ix = 204000000+2*5*100^3/12 = 204833333 mm^4

Iy = 67500000+2*(100*5^3/12 + 100*5*(10/2+5/2)^2) = 67558333 mm^4

rx = √(Ix/Ag) = √(204833333/12980) = 125.6 mm

ry = √(Iy/Ag) = √(67558333/12980) = 72.1 mm

Aw = 3000+2*5*100 = 4000 mm^2

Zx = 1464750+2*5*100^2/4 = 1489750 mm^3

L = Lb = a = 50 mm

(1) 설계휨강도

* 폭두께비

λf = b/t = 300/(2*15) = 10.00 ≤ 0.38*√(Es/Fy) = 0.38*√(205000/235) = 11.22

(콤팩트단면)…OK

λw = h/tw = 234/10 = 23.40 ≤ 3.76*√(Es/Fy) = 3.76*√(205000/235) = 111.05

(콤팩트단면)…OK

λp = h/tw = 100/5 = 20.00 ≤ 1.12*√(Es/Fy) = 1.12*√(205000/235) = 33.08

(보강 Plate) **(콤팩트단면)…OK**

Lp = 1.76*ry*√(Es/Fy) = 1.76*72.1*√(205000/235) = 3748 mm **> Lb = 50mm ...OK**

ϕMnx = ϕ*Zx*Fy = 0.9*1489750*235 *1/10^6 = 315.08 kN-m

(2) 설계압축강도

* 폭두께비

λf = b/t = 300/(2*15) = 10.00 ≤ 0.56*√(Es/Fy) = 0.56*√(205000/235) = 16.54

(비콤팩트단면)…OK

λw = h/tw = 234/10 = 23.40 ≤ 1.49*√(Es/Fy) = 1.49*√(205000/235) = 44.01

(비콤팩트단면)…OK

λp = h/tw = 100/5 = 20.00 ≤ 1.40*√(Es/Fy) = 1.40*√(205000/235) = 41.35

(보강 Plate) **(비콤팩트단면)…OK**

K = 1.2 (일단 : 회전고정 및 이동고정 / 타단 : 회전고정 및 이동자유)

K*L/ry = 1.2*50/72.1 = 0.83

4.71*√(Es/Fy) = 4.71*√(205000/235) = 139.1

K*L/ry = 0.83 ≤ 4.71*√(Es/Fy) = 139.1

Fe = π^2*Es/((K*L/ry)^2) = π^2*205000/(0.83^2) = 2936956 MPa

Fcr = 0.658^(Fy/Fe)*Fy = 0.658^(235/2936956)*235 = 235.0 MPa

ϕPn = Φc*Pn = Φc*Ag*Fcr = 0.9*12980*235 *1/10^3 = 2745.3 kN

(3) 설계인장강도

ϕPn = Φt*Pn = Φt*Ag*Fy = 0.9*12980*235 *1/10^3 = 2745.3 kN

(4) 설계전단강도

h/tw = (300-(15+18)*2)/10 = 23.40

h/tw ≤ 2.24*√(Es/Fy) = 2.24*√(205000/235) = 66.16

kv = 5.00

1.10*√(kv*Es/Fy) = 1.10*√(5*205000/235) = 72.65

1.37*√(kv*Es/Fy) = 1.37*√(5*205000/235) = 90.48

■ 철골접합부 - 편심이 발생하는 트러스 접합부 설계

h/tw < 1.10*√(kv*Es/Fy) : Cv = 1.0
1.10*√(kv*Es/Fy) < h/tw ≤ 1.37*√(kv*Es/Fy) : Cv = 1.10*√(kv*Es/Fy) / (h/tw)
1.37*√(kv*Es/Fy) < h/tw : Cv = 1.51*Es*kv/((h/tw)^2*Fy)

∴ h/tw < 1.10*√(kv*Es/Fy)
Cv = 1.00

∴ φv = 1.00 Cv = 1.00

φVn = φv*0.6*Fy*Aw*Cv = 1*0.6*235*4000*1 *1/10^3 = 564.0 kN

(5) 조합응력

* 압축력과 휨

Pr/Pc = 1000/2745.3 = 0.364 ≥ 0.2

Pr/Pc + 8/9*(Mrx/Mcx + Mry/Mnx)
= 1000/2745.3 + 8/9*(1.95/315.08) = 0.370 ≤ 1.00 ...OK

* 인장력과 휨

Pr/Pt = 1000/2745.3 = 0.364 ≥ 0.2

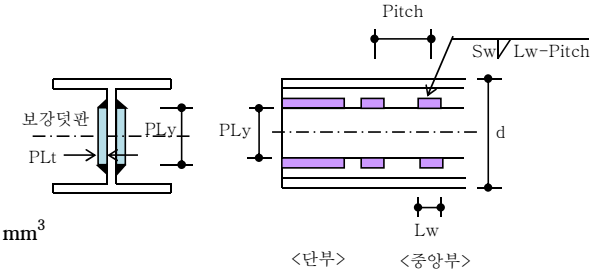
Pr/Pt + 8/9*(Mrx/Mcx + Mry/Mnx)
= 1000/2745.3 + 8/9*(1.95/315.08) = 0.370 ≤ 1.00 ...OK

* 전단력

Vu1 / φVn = 117 / 564 = 0.21 ≤ 1.00 ...OK

(6) 웨브 보강덧판 접합부 설계 :

가로치수 (mm)	세로치수 (mm)	면적 (mm^2)	도심거리 (mm)	면적*도심거리 (mm^3)
290.00	15.00	4350.0	142.5	619875.0
10.00	100.00	1000.0	100.0	100000.0
Σ		5350.0		719875.0
		Q =		719875.0 mm^3



Sw1 = 3.0 mm (필릿용접)

단속필릿용접 유효길이

Lw1 = 4*Sw1 + 2*Sw1 = 4*3 + 2*3 = 18.0 mm USE : 1.0 mm

Lwe1 = 1.0 mm

단속필릿용접의 최소간격

P = 2*(Lwe1 + 2*Sw1) = 2*(1 + 2*3) = 14.0 mm USE : 1.0 mm

<연속용접 검토>

F = (Vu1*Q/Ix)*P

Fw = φ*Fw*0.707*Sw1*2*Lwe1 = φ*0.6*Fuw*0.707*Sw1*2*Lwe1

F = Fw로부터

Sw1,req = (Vu1*Q/Ix)*P / (φ*0.6*Fuw*0.707*2*Lwe1)
= (117*10^3*719875/204833333)*1 / (0.75*0.6*420*0.707*2*1)
= 1.54 mm ≤ Sw1 = 3.0 mm ...OK

F = (Vu1*Q/Ix)*P = (117*10^3*719875/204833333)*1 = 411.2 kN

t = MIN(tw/2, PLt) = MIN(10/2, 5) = 5.00 mm

φRn = φ*0.6*Fu*2*t*Lwe1 = 0.75*0.6*400*2*5*1 *1/10^3 = 1800.0 kN

∴ F / φRn = 411.2 / 1800 = 0.23 ≤ 1.00 ...OK

φRn = φ*0.6*Fy*2*t*Lwe1 = 1*0.6*235*2*5*1 *1/10^3 = 1410.0 kN

∴ F / φRn = 411.2 / 1410 = 0.29 ≤ 1.00 ...OK

■ 철골접합부 – 편심이 발생하는 트러스 접합부 설계

2) 부재 BE (사재)

(1) 설계휨강도

* 폭두께비

λ = b/t = 130/9 = 14.44 ≤ λp = 0.54*√(Es/Fybr) = 0.54*√(205000/235) = 15.95

콤팩트단면 …OK

Cb = 1.0 L = 462 mm

My = 0.8*Sx*Fy = 0.8*38648*235*1/10^6 = 7.27 kN-m

Me = $0.66*Es*b^4*t*Cb/L^2 * (\sqrt{(1+0.78*(L*t/b^2)^2)}+1)$

= $0.66*205000*130^4*9*1/462^2 * (\sqrt{(1+0.78*(462*9/130^2)^2)}+1) * 1/10^6$

= 3296.8 kN-m > My = 7.27 kN-m

ϕMn = 0.9*MIN(1.5*My, (1.92-1.17*√(My/Me))*My)

= 0.9*MIN(1.5*7.27, (1.92-1.17*√(7.27/3296.8))*7.27) = 9.81 kN-m

Me = $0.66*Es*b^4*t*Cb/L^2 * (\sqrt{(1+0.78*(L*t/b^2)^2)}-1)$

= $0.66*205000*130^4*9*1/462^2 * (\sqrt{(1+0.78*(462*9/130^2)^2)}-1) * 1/10^6$

= 38.0 kN-m > My = 7.27 kN-m

ϕMn = 0.9*MIN(1.5*My, (1.92-1.17*√(My/Me))*My)

= 0.9*MIN(1.5*7.27, (1.92-1.17*√(7.27/38))*7.27) = 9.21 kN-m

∴ ϕMn = MIN(9.81, 9.21) = 9.21 kN-m

(2) 설계압축강도

* 폭두께비

λ = b/t = 130/9 = 14.44 > 0.45*√(Es/Fybr) = 0.45*√(205000/235) = 13.29

(세장단면)

≤ 0.91*√(Es/Fybr) = 0.45*√(205000/235) = 26.88

Qa = 1.0

Qs = 1.34-0.76*(b/t)*√(Fy/Es) = 1.34-0.76*(130/9)*√(235/205000) = 0.968

Q = Qa*Qs = 1*0.968 = 0.968

K = 1.0 (양단 : 회전자유 및 이동고정)

L/rx = 462/40.1 = 11.52 ≤ 80.00

K*L/rx = 72+0.75*(L/rx) = 72 + 0.75*462/40.1 = 80.64

4.71*√(Es/(Q*Fy)) = 4.71*√(205000/(0.968*235)) = 141.4

K*L/rx = 80.64 ≤ 4.71*√(Es/(Q*Fy)) = 141.4

Fe = $\pi^2*Es/((K*L/rx)^2)$ = $\pi^2*205000/(80.64^2)$ = 311.1 MPa

Fcr = 0.658^(Q*Fy/Fe)*Q*Fy = 0.658^(0.968*235/311.1)*0.968*235 = 167.5 MPa

ϕPn = Φc*Pn = Φc*Ag*Fcr = 0.9*2270*167.5*1/10^3 = 342.2 kN

(3) 설계인장강도

ϕPn = Φt*Pn = Φt*Ag*Fy = 0.9*2270*235 *1/10^3 = 480.1 kN

(4) 설계전단강도

ϕv = 0.90 Cv = 1.00

ϕVn = ϕv*0.6*Fy*Aw*Cv = 0.9*0.6*235*(130*9)*1 *1/10^3 = 148.5 kN

(5) 조합응력

* 압축력과 휨

Pr/Pc = 90/342.2 = 0.263 ≥ 0.2

Pr/Pc + 8/9*(Mrx/Mcx + Mry/Mnx)

= 90/342.2 + 8/9*(0.03/9.21) = 0.266 ≤ 1.00 …OK

■ 철골접합부 – 편심이 발생하는 트러스 접합부 설계

* 인장력과 휨

Pr/Pt = 90/480.1 = 0.187 < 0.2

Pr/(2*Pt) + (Mrx/Mcx + Mry/Mnx)

= 90/(2*480.1) + (0.03/9.21) = 0.097 ≤ 1.00 ...OK

* 전단력

Vu2 / ϕVn = 0.13 / 148.5 = 0.001 ≤ 1.00 ...OK

3) 사재와 현재 접합부 설계 Θ1 = 30 °

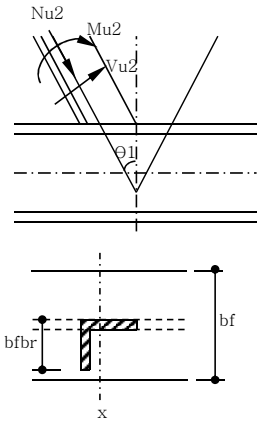
Nu2 = 90.0 kN

Vu2 = 0.13 kN

Mu2 = 0.03 kN-m

Pu2 = Nu2*COS(Θ1) + Vu2*SIN(Θ1) = 90*COS(30°) + 0.13*SIN(30°) = 78.01 kN

Hu2 = Nu2*SIN(Θ1) + Vu2*COS(Θ1) = 90*SIN(30°) + 0.13*COS(30°) = 45.11 kN



(1) 용접 검토

Sw2 = 7 mm (필릿용접)

가로치수 (mm)	세로치수 (mm)	면적 A(mm²)	도심거리 D(mm)	Ixo (mm⁴)	A*D² (mm⁴)
130.0	1.000	130.0	40.8	0.0	216403.2
121.0	1.000	121.0	30.4	0.0	111823.4
1.000	139.7	139.7	39.5	227199.8	217966.9
1.000	150.1	150.1	34.3	281812.9	176591.1
Σ		540.8		509012.7	722784.6

Ixw = (Σ(Ixo) + Σ(A*D²)) = 509012.7 + 722784.6 = 1231797 mm⁴

Aw = 540.8 mm²

dy1 = (dbr-yc)/COS(Θ1) = (130-35.3)/COS(30°) = 109.4 mm

dy2 = yc/COS(Θ1) = 35.3/COS(30°) = 40.8 mm

ft1 = Pu2/Aw = 78.01 / (1*540.8) = 0.144 kN/mm

ft2 = Mu2*dy1 / Ixw = 0.03*10^3*109.4 / 1231797 = 0.0027 kN/mm

ft3 = Mu2*dy2 / Ixw = 0.03*10^3*40.8 / 1231797 = 0.0010 kN/mm

fv = Hu2/Aw = 45.11 / (1*540.8) = 0.083 kN/mm

fr = √((ft1 + ft2)² + fv²) = √((0.144 + 0.0027)² + 0.083²) = 0.169 kN/mm

ϕrnw = ϕ*Fw*(0.707*Sw2) = ϕ*0.6*Fuw*(0.707*Sw2)

= 0.75*0.6*420*(0.707*7)*1/10^3 = 0.935 kN/mm

∴ fr/ ϕrnw = 0.169 / 0.935 = 0.18 ≤ 1.00 ...OK

ϕrn = ϕ*0.6*Fubr*tbr = 0.75*0.6*400*9*1/10^3 = 1.620 kN/mm

∴ fr/ ϕrnw = 0.169 / 1.62 = 0.10 ≤ 1.00 ...OK

ϕrn = ϕ*0.6*Fybr*tbr = 1*0.6*235*9*1/10^3 = 1.269 kN/mm

∴ fr/ ϕrnw = 0.169 / 1.269 = 0.13 ≤ 1.00 ...OK

(2) 보 플랜지 국부 휨강도

Ru = ft3/(0.707*Sw2)*(0.707*Sw2)*(130 + 121) = 0.001/(0.707*7) * (0.707*7) * (130 + 121) = 0.2510 kN

ϕRn = ϕ*(6.25*tf²)*Fy = 0.9*(6.25*15²)*235*1/10^3 * 50% = 148.7 kN

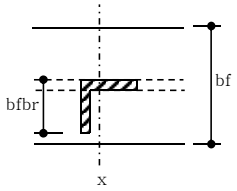
<집중하중이 부재단부로부터 10*tf보다 작은 지점에 작용하는 경우 50%의 강도를 저감한다.)

∴ Ru/ ϕRn = 0.251 / 148.7 = 0.002 ≤ 1.00 ...OK

■ 철골접합부 – 편심이 발생하는 트러스 접합부 설계

(3) 보 웨브 국부항복강도 검토

Ru = |Pu2| + |4*Mu2/N| = |78.01| + |4*0.03*10^3/150.1| = 78.8 kN



k = tf + r = 15 + 18 = 33.00 mm

N = dbr/COS(Θ1) = 130/COS(30°) = 150.1 mm

Lc(하중 작용점에서 재단까지의 거리) > d = 300 mm

ϕRn = ϕ*(5.0*k + N)*Fy*tw = 1*(5.0*33 + 150.1)*235*10 *1/10^3 = 740.5 kN

∴ Ru/ ϕRn = 78.8 / 740.5 0.11 ≤ 1.00 ...OK

(4) 보 웨브 크리플링강도 검토

N = dbr/COS(Θ1) = 130/COS(30°) = 150.1 mm

Lc(하중 작용점에서 재단까지의 거리) ≥ d/2 = 150mm

ϕRn = ϕ*0.8*tw²*(1 + 3*(N/d)*(tw/tf)^1.5)*(√(Es*Fy*tf/tw))

= 0.75*0.8*10²*(1 + 3*(150.1/300)*(10/15)^1.5)*(√(205000*235*15/10)) *1/10^3 = 926.8 kN

∴ Ru/ ϕRn = 78.8 / 926.8 0.09 ≤ 1.00 ...OK

<스티프너 보강 불필요>