■ 철골접합부 - 보와 기둥 접합부 설계 / 휨모멘트접합-1 / 보 웨브 연결판이 전단력 부담

1. 설계조건

50 %이음설계

Fy = 315 MPa Fu = 490 MPa Es = 205000 MPa

* 보 (H형강)

H- 500x200x10x16

d =	500	mm	Ag =	11420	mm^2
bf =	200	mm	Ix =	478000000	mm^4
tw =	10.0	mm	Sx =	1910000	mm^3
tf =	16	mm	w =	896	N/m
r =	20	mm			

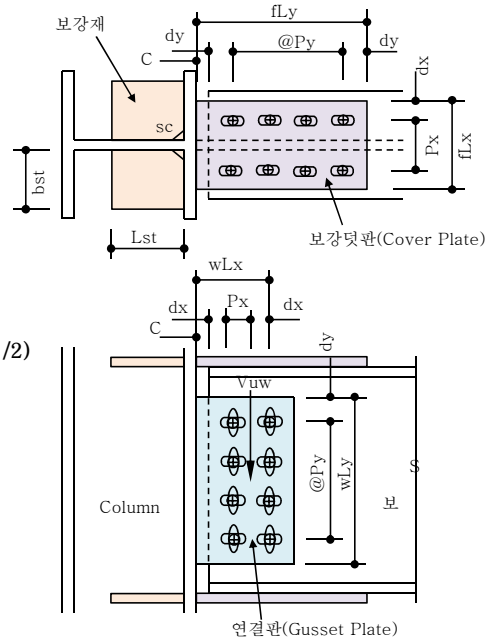
Af = bf*tf = 200*16 = 3200 mm^2

Aw = d*tw = 500*10 = 5000 mm^2

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

= 2*(200*16*(500/2-16/2) + (500/2-16)*10*(500/2-16)/2)

= 2096360 mm^3



* 기둥 (H형강)

dc =	400	mm	Fyc =	315	MPa
bfc =	400	mm	Fuc =	490	MPa
twc =	13	mm			
tfc =	21	mm			
rc =	22	mm			

* 휨모멘트 Mu = 460 kN-m

* 전단력 Vu = 485 kN

* 타부재 사이 간격 C = 10 mm

* 용접재 인장강도 Fuw = 490 MPa

2. 볼트 구멍 손실에 대한 저항모멘트 검토

(Dbh = 24 mm)

Fy/Fu = 315/490 = 0.643 ≤ 0.8 ∴ Yt = 1.00

Afg = bf*tf = 200*16 = 3200 mm^2

Afn = Afg - Nx*tf*Dbh = 3200 - 2*16*24 = 2432 mm^2

Fu*Afn = 490*2432*1/10^3 = 1191.7 kN

Yt*Fy*Afg = 1*315*3200*1/10^3 = 1008.0 kN

∴ Yt*Fy*Afg/ (Fu*Afn) = 1008 / 1191.7 = 0.85 ≤ 1.00 ...OK

<볼트구멍손실 고려 불필요>

3. 소요강도

* 휨모멘트

Muf = 50%*ϕb*Mn = 50%*ϕb*Mp = 50%*ϕb*Fy*Zx

= 50%*0.9*315*2096360 *1/10^6 = 297.2 kN-m

∴ Muf = MAX(Mu, Muf) = MAX(460, 297.2) = 460.0 kN-m

* 전단력

h/tw = (500-(16+20)*2)/10 = 42.80

h/tw ≤ 2.24*√(Es/Fy) = 2.24*√(205000/315) = 57.14

kv = 5.00

1.10*√(kv*Es/Fy) = 1.10*√(5*205000/315) = 62.75

1.37*√(kv*Es/Fy) = 1.37*√(5*205000/315) = 78.15

■ 철골접합부 - 보와 기둥 접합부 설계 / 휨모멘트접합-1 / 보 웨브 연결판이 전단력 부담

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

Vuw = 50%*φv*Vn = 50%*φv*0.6*Fy*Aw*Cv = 50%*1*0.6*315*5000*1*1/10^3 = 472.5 kN

∴ Vuw = MAX(Vu, Vuw) = MAX(485, 472.5) = 485.0 kN

4. 보 플랜지 접합부

Puf = Muf / (d+tpf) = 460*10^3 / (500+22) = 881.2 kN
φ*bf*tf*Fy = 0.9*200*16*315 *1/10^3 = 907.2 kN
∴ Puf/ (φ*bf*tf*Fy) = 881.2 / 907.2 = 0.97 ≤ 1.00 ...OK

1) 소요볼트

부재	구멍 종류	구멍치수(mm)		φ
보강덧판 :	하중방향에 평행한 단슬롯 구멍	24	30	0.85
H형강 보 :	표준구멍	24	24	1.00

고력볼트	직경 Db(mm)	구멍직경 Dbh(mm) 보강덧판	구멍직경 Dbh(mm) H형강보	열수 Nx(열)	행수 Ny(행)	전체개수 N(EA)	볼트간격 Px(mm)	볼트간격 Py(mm)	연단거리 dx(mm)	연단거리 dy(mm)	사이간격 ef(mm)
F10T	M22	24	30	2	4	8	110	90	40	50	10
		24	24								

φ = 0.85 μ = 0.50 (블라스트 후 페인트하지 않은 경우)
hf = 1.00 Fu = 1000 MPa Ab = 380.1 mm²/EA 전단면의 수 Ns = #REF!

설계볼트장력
To = 0.70*Fu*0.75*Ab = 0.70*1000*0.75*380.1 *1/10^3 = 199.6 kN/EA

φRn = #REF! #REF! kN/EA

∴ N, req = #REF! #REF! EA #REF! 8 EA #REF!
#REF!

2) 보강덧판

Fyp = 315 MPa
Fup = 490 MPa

매수	폭 fLx(mm)	길이 fLy(mm)	두께 tpf(mm)	면적 Ag(mm²)	구멍개수	구멍직경 (mm)	공제면적 (mm²)	
#REF!	190	380	22	#REF!	4	30	#REF!	(길이방향)
				#REF!	2	24	#REF!	(폭방향)
Σ								

(1) 보강덧판 검토 - 인장플랜지

* 인장항복강도
Ag = #REF! mm²
φPn = #REF! #REF! kN
∴ Puf/ φPn = #REF! #REF! #REF! 1.00 #REF!

* 인장파단강도 U = 1.00
An = #REF! #REF! mm²
φPn = #REF! #REF! kN
∴ Puf/ φPn = #REF! #REF! #REF! 1.00 #REF!

(2) 보강덧판 검토 - 압축플랜지

* 압축강도

Lc = MAX(ef+dy, Py) = MAX(10+50, 90) = 90.0 mm

K = 0.65 (양단 회전고정및 이동고정)

I = 1*tpf^3/12 = 1*22^3/12 = 887.3 mm^4

A = 1*tpf = 1*22 = 22.0 mm^2

ry = √(I/A) = √(887.3/22) = 6.35 mm

K*Lc/ry = 0.65*90/6.35 = 9.21

4.71*√(Es/Fyp) = 4.71*√(205000/315) = 120.2

K*Lc/ry = 9.2 ≤ 4.71*√(Es/Fyp) = 120.2

Fe = π^2*Es/((K*Lc/ry)^2) = π^2*205000/(9.21^2) = 23852.5 MPa

Fcr = 0.658^(Fyp/Fe)*Fyp = 0.658^(315/23852.5)*315 = 313.3 MPa

ϕPn = #REF! #REF! kN

∴ Puf/ ϕPn = #REF! #REF! #REF! 1.00 #REF!

(3) 블록전단강도 검토 - 보강덧판 : 하중방향에 평행한 단슬롯 구멍 (Dbh = 24 *30 mm)

* 인장저항 순단면적

Ant = Agt - Dbh1*(Nx/2-0.5)*tpf = 880-24*(2/2-0.5)*22 = 616.0 mm^2

* 인장저항 총단면적

Agt = dx*tpf = 40*22 = 880.0 mm^2

* 전단저항 순단면적

Anv = Agv - Dbh2*(Ny-0.5)*tpf = 7040 - 30*(4-0.5)*22 = 4730.0 mm^2

* 전단저항 총단면적

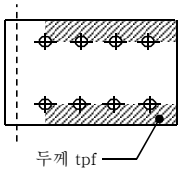
Agv = ((Ny-1)*Py+dy)*tpf = ((4-1)*90+50)*22 = 7040.0 mm^2

Fup*Ant = 490*616 *1/10^3 = 301.8 kN

0.6*Fup*Anv = 0.6*490*4730 *1/10^3 = 1390.6 kN

Fyp*Agt = 315*880 *1/10^3 = 277.2 kN

0.6*Fyp*Agv = 0.6*315*7040 *1/10^3 = 1330.6 kN



Ubs = 1.00

ϕPn = ϕ*(Ubs*Fup*Ant + MIN(0.6*Fup*Anv, 0.6*Fyp*Agv)) * 2개소

= 0.75*(1*301.8 + MIN(1390.6, 1330.6)) * 2 = 2448.6 kN

∴ Puf/ ϕPn = 881.2 / 2448.6 = 0.36 ≤ 1.00 ...OK

(4) 블록전단강도 검토 - 보 플랜지 : 표준구멍 (Dbh = 24 *24 mm)

* 인장저항 순단면적

Ant = Agt - Dbh1*(Nx/2-0.5)*tf = 720-24*(2/2-0.5)*16 = 528.0 mm^2

* 인장저항 총단면적

Agt = (bf-Px)/2*tf = (200-110)/2 * 16 = 720.0 mm^2

* 전단저항 순단면적

Anv = Agv - Dbh2*(Ny-0.5)*tf = 5120 - 24*(4-0.5)*16 = 3776.0 mm^2

* 전단저항 총단면적

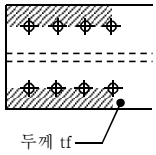
Agv = ((Ny-1)*Py+dy)*tf = ((4-1)*90+50)*16 = 5120.0 mm^2

Fu*Ant = 490*528 *1/10^3 = 258.72 kN

0.6*Fu*Anv = 0.6*490*3776 *1/10^3 = 1110.1 kN

Fy*Agt = 315*720 *1/10^3 = 226.8 kN

0.6*Fy*Agv = 0.6*315*5120 *1/10^3 = 967.7 kN



Ubs = 1.00

ϕPn = ϕt3*(Ubs*Fu*Ant + MIN(0.6*Fu*Anv, 0.6*Fy*Agv)) * 2개소

= 0.75*(1*258.72 + MIN(1110.1, 967.7)) * 2 = 1839.6 kN

∴ Puf/ ϕPn = 881.2 / 1839.6 = 0.48 ≤ 1.00 ...OK

3) 플랜지 보강덧판(Cover Plate) 용접부

필릿용접(1)/완전용입용접(2) : 2 앤드탭 유뮤 : 있음.

Sw = 22 mm nw = 1 면용접

Lwe = fLx = 190.0 mm

* 용접전단강도

ϕRnw = MIN(ϕ*Fyp*tpf*Lwe, ϕ*Fup*tpf*Lwe)

= MIN(0.9*315*22*190, 0.75*490*22*190)*1/10^3 = 1185.0 kN

∴ Puf / ϕRnw = 881.2 / 1185 = 0.74 ≤ 1.00 ...OK

5. 보 웨브 접합부 Vuw = 485.0 kN

1) 소요볼트

	부재	구멍 종류	구멍치수(mm)		ϕ
	연결판(G.PL) :	하중방향에 수직인 단슬롯구멍	27	32	1.00
	H형강 보 :	하중방향에 평행한 단슬롯 구멍	27	32	0.85

고력볼트	직경 Db(mm)	구멍직경 Dbh(mm) 연결판/H형강보		열수 Nx(열)	행수 Ny(행)	전체개수 N(EA)	볼트간격 Px(mm)	볼트간격 Py(mm)	연단거리 dx(mm)	연단거리 dy(mm)	사이간격 ew(mm)
F10T	M24	32	27	1	5	5	0	75	50	50	10
		27	32								

웨브 제1볼트-플랜지 내측덧판거리 (d-2*tf-(wLy-dy*2))/2 = (500-2*16 - (400-50*2))/2

= 84.0 mm ≥ 60 mm ...OK

ϕ = 0.85 μ = 0.50 (블라스트 후 페인트하지 않은 경우)

hf = 1.00 Fu = 1000 MPa Ab = 452.4 mm^2/EA 전단면의 수 Ns = #REF!

설계볼트장력

To = 0.70*Fu*0.75*Ab = 0.70*1000*0.75*452.4 *1/10^3 = 237.5 kN/EA

ϕRn = #REF! #REF! kN/EA

∴ N, req = #REF! #REF! EA #REF! 5 EA #REF!

#REF!

2) 연결판(Gusset Plate)

Fyp = 315 MPa

Fup = 490 MPa

매수	폭 wLX(mm)	길이 wLy(mm)	두께 tpw(mm)	면적 Ag(mm^2)	구멍개수	구멍직경 (mm)	공제면적 (mm^2)
#REF!	110	400	13	#REF!	5	27	#REF!
						32	
Σ							

* 전단항복강도 Agv = #REF! mm^2

ϕVn = #REF! #REF! kN

∴ Vuw / ϕVn = #REF! #REF! #REF! 1.00 #REF!

* 전단파단강도 Anv = #REF! #REF! mm^2

ϕVn = #REF! #REF! kN

∴ Vuw / ϕVn = #REF! #REF! #REF! 1.00 #REF!

* 블록전단강도 : 하중방향에 수직인 단슬롯구멍 (Dbh = 32 *27 mm)

- 인장저항 순단면적

Ant = Agt - Dbh1*(Nx-0.5)*tpw = 650 - 32*(1-0.5)*13 = 442.0 mm^2

- 인장저항 총단면적

Agt = (Px*(Nx-1)+dx)*tpw = (0*(1-1)+50)*13 = 650.0 mm^2

- 전단저항 순단면적

Anv = Agv - Dbh2*(Ny-0.5)*tpw = 4550 - 27*(5-0.5)*13 = 2970.5 mm^2

- 전단저항 총단면적

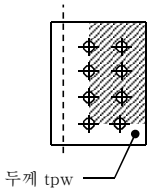
Agv = ((Ny-1)*Py+dy)*tpw = ((5-1)*75+50)*13 = 4550.0 mm^2

Fup*Ant = 490*442 *1/10^3 = 216.6 kN

0.6*Fup*Anv = 0.6*490*2970.5 *1/10^3 = 873.3 kN

Fyp*Agt = 315*650 *1/10^3 = 204.8 kN

0.6*Fyp*Agv = 0.6*315*4550 *1/10^3 = 860.0 kN



Ubs = 1.00

ϕRn = ϕt*(Ubs*Fup*Ant + MIN(0.6*Fup*Anv, 0.6*Fyp*Agv))

= 0.75*(1*216.6 + MIN(873.3, 860)) = 807.5 kN

∴ Vuw / ϕRn = 485 / 807.5 = 0.60 ≤ 1.00 ...OK

3) 보 웨브 연결판과 기둥 플렌지 용접부 강도

Vuw = 485.0 kN

e = ew + dx + Px*(Nx-1)/2 = 10+50+0*(1-1)/2 = 60.0 mm

Muw = Vuw*e = 485*60*1/10^3 = 29.1 kN-m

Sw1 = 8 mm nw1 = 2 면용접 필릿용접(1)/완전용입용접(2) : 1

Lwe1 = wLy - 2*Sw1 = 400 - 2*8 = 384.0 mm

Ix = 2*1*384^3/12 = 9437184 mm^4

dy = Lwe1/2 = 384/2 = 192.0 mm

fmh = Muw*dy/Ix = 29.1*10^3*192/9437184 = 0.592 kN/mm

fmv = 0.000 kN/mm

fv = Vuw/A = 485 / (2*384) = 0.632 kN/mm

fr = √(fmh^2 + (fmv+fv)^2) = √(0.592^2 + (0+0.632)^2) = 0.866 kN/mm

ϕrnw = ϕ*Fw*(0.707*Sw1) = ϕ*0.6*Fuw*(0.707*Sw1)

= 0.75*0.6*490*(0.707*8) *1/10^3 = 1.247 kN/mm

∴ fr/ ϕrnw = 0.866 / 1.247 = 0.69 ≤ 1.00 ...OK

t = MIN(tfc, tpw) = MIN(21, 13) = 13.0 mm

ϕrn = ϕ*0.6*Fup*(t/2) = 0.75*0.6*490*(13/2) *1/10^3 = 1.433 kN/mm

∴ fr/ ϕrn = 0.866 / 1.433 = 0.60 ≤ 1.00 ...OK

ϕrn = ϕ*0.6*Fyp*(t/2) = 1*0.6*315*(13/2) *1/10^3 = 1.229 kN/mm

∴ fr/ ϕrn = 0.866 / 1.229 = 0.70 ≤ 1.00 ...OK

4) 보 웨브전단파단강도

ϕVn = ϕv*0.6*Fu*Anv = 0.75 * 0.6*490*3400 *1/10^3 = 749.7 kN

Anv = Aw - (Ny*Dbh)*tw = 5000 - (5*32)*10 = 3400 mm^2

∴ Vuw / ϕVn = 485 / 749.7 = 0.65 ≤ 1.00 ...OK

6. 기둥 검토 (기둥 집중하중)

1) 기둥 플랜지 국부 휨강도

$\phi Rn1 = \phi*(6.25*tfc^2)*Fyc = 0.9*(6.25*21^2)*315*1/10^3 =$ 781.4 kN

∴ Puf/ φRn1 = 881.2 / 781.4 = 1.13 > 1.00 ...NG

2) 기둥 웨브 국부항복강도 검토(인장/압축)

Lc(하중 작용점에서 재단까지의 거리) > dc = 400 mm

k = tfc + rc = 21 + 22 = 43.00 mm

N = tpf = 22.00 mm

$\phi Rn2 = \phi*(5*k+N)*Fyc*twc = 1*(5*43+22)*315*13 =$ 970.5 kN

∴ Puf/ φRn2 = 881.2 / 970.5 = 0.91 ≤ 1.00 ...OK

3) 기둥 웨브 크리플링강도 검토(압축)

Lc(하중 작용점에서 재단까지의 거리) ≥ dc/2 = 400/2 = 200 mm

N = tpf = 22.00 mm

$\phi Rn3 = \phi*0.8*twc^2*(1+3*(N/dc)*(twc/tf2)^{1.5})*(\sqrt{(Es*Fyc*tfc/twc)})$

$= 0.75*0.8*13^2*(1+3*(22/400)*(13/21)^{1.5})*(\sqrt{(205000*315*21/13)}) =$ 1118.9 kN

∴ Puf/ φRn3 = 881.2 / 1118.9 = 0.79 ≤ 1.00 ...OK

4) 보강재

Pst = Puf -MIN(φRn1, φRn2, φRn3) = 881.2 - MIN(781.4, 970.5, 1118.9) = 99.8 kN

φ*Ast*Fyst = Pst로부터

Ast, req = Pst/(φ*Fyst) = 99.8/(0.9*315) = 352.03 mm^2

∴ Ast, req/ Ast = 352.03 / 4290 = 0.08 ≤ 1.00 ...OK

* 플랜지 한 쪽 기준

매수	폭 bst (mm)	길이 Lst (mm)	두께 tst (mm)	면적 Ast (mm^2)
2	165	190	13	4290

Fyst = 315 MPa

Fust = 490 MPa

bst, min = fLx/3 - twc/2 = 190/3 - 13/2 = 56.8 mm ≤ bst ...OK

bst, max = bfc/2 - twc/2 = 400/2 - 13/2 = 193.5 mm ≥ bst ...OK

tst, min = tpf/2 = 22/2 = 11.0 mm ≤ tst ...OK

Lst, min = dc/2 - tfc = 400/2 - 21 = 179.0 mm ≤ Lst ...OK

폭두께비 bst/tst = 165/13 = 12.7 < 15 ...OK

5) 보강재 용접부

(1) 기둥 복부 용접

Sw2 = 5 mm nw2 = 2 면용접 Sc = 24.0 mm(Snip Cut)

Lwe2 = Lst - Sc - 2*Sw2 = 190 - 24 - 2*5 = 156.0 mm

$\phi Rnw = \phi*Fw*(0.707*Sw2)*Lwe2*nw2*2 = \phi*0.6*Fuw*(0.707*Sw2)*Lw2*nw2*2$

$= 0.75*0.6*490*(0.707*5)*156*2*2*1/10^3 =$ 486.39 kN

∴ Pst/φRnw = 99.8 / 486.39 = 0.21 ≤ 1.00 ...OK

$\phi Rn = \phi*0.6*Fust*tst*Lwe2*2 = 0.75*0.6*490*13*156*2*1/10^3 =$ 894.35 kN

∴ Pst/φRn = 99.8 / 894.35 = 0.11 ≤ 1.00 ...OK

$\phi Rn = \phi*0.6*Fyst*tst*Lwe2*2 = 1*0.6*315*13*156*2*1/10^3 =$ 766.58 kN

∴ Pst/φRn = 99.8 / 766.58 = 0.13 ≤ 1.00 ...OK

(2) 기둥 플랜지 용접

Sw3 = 5 mm nw3 = 2 면용접 Sc = 24.0 mm(Snip Cut)

Lwe3 = bst - Sc - 2*Sw3 = 165 - 24 - 2*5 = 131.0 mm

ϕRnw = ϕ*Fw*(0.707*Sw3)*Lwe3*nw3*2 = ϕ*0.6*Fuw*(0.707*Sw3)*Lwe3*nw3*2

= 0.75*0.6*490*(0.707*5)*131*2*2 *1/10^3 = 408.44 kN

∴ Pst/ϕRnw = 99.8 / 408.44 = 0.24 ≤ 1.00 ...OK

ϕRn = ϕ*0.6*Fust*tst*Lwe3*2 = 0.75*0.6*490*13*131*2 *1/10^3 = 751.02 kN

∴ Pst/ϕRn = 99.8 / 751.02 = 0.13 ≤ 1.00 ...OK

ϕRn = ϕ*0.6*Fyst*tst*Lwe3*2 = 1*0.6*315*13*131*2 *1/10^3 = 643.73 kN

∴ Pst/ϕRn = 99.8 / 643.73 = 0.16 ≤ 1.00 ...OK

6) 기둥 웨브패널존 전단강도 검토

Pr ≤ 0.4*Pc 가정

F = (M1+M2)/dm - V = Muf/(d+tpf) -V =460*10^3 / (500+22) - 0 = 881.2 kN

ϕRn = ϕ*(0.6*Fyc)*dc*twc = 0.9*(0.6*315)*400*13 *1/10^3 = 884.5 kN

∴ F/ ϕRn = 881.2 / 884.5 1.00 ≤ 1.00 ...OK