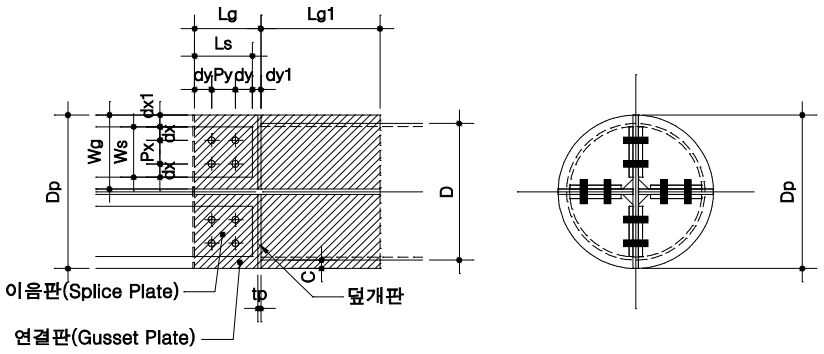
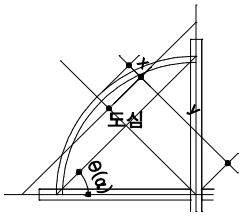
■ 철골접합부 - 원형강관 전강이음 설계-4 (십자리브연결판 + 고장력 마찰 접합)

1. 설계조건

* 원형강관 Fy = 235 MPa D = φ406.4 mm Ag = 11200 mm^2
Fu = 400 MPa t = 9 mm

* 덮개판
Fye = 235 MPa Dp = φ456.4 mm
Fue = 400 MPa tp = 9 mm
C = (Dp-D)/2 = (456.4-406.4)/2 = 25.0 mm





2. 소요인장응력

φPn = φt*Fy*Ag = 0.9*235*11200 *1/10^3 = 2368.8 kN
φPn = φt*Fu*Ae = φt*Fu*U*An = 0.75*400*0.899*10552 *1/10^3 = 2845.9 kN
An = Ag - 4*(tg+2)*t = 11200 - 4*(16+2)*9 = 10552 mm^2
U = 1 - x/Lg1 = 1 - 35.22/350 = 0.899
R = D/2 = 406.4/2 = 203.2 mm r = (D-2*t)/2 = (406.4-2*9)/2 = 194.2 mm
Θ = 45 ° α = Θ * π/180 = 45 * π/180 = 0.7854 rad
y = (2/3)*(R^3-r^3)/(R^2-r^2)*180/(Θ*π)*SINα
= (2/3)*(203.2^3-194.2^3)/(203.2^2-194.2^2)*180/(45*π)*SIN(0.7854) = 178.9 mm
x = y - R*SINα = 178.9 - 203.2*SIN(0.7854) = 35.22 mm

∴ Pu, req = MIN(2368.8, 2845.9) = 2368.8 kN
Pu = Pu, req/4 = 2368.8/4 = 592.2 kN

3. 십자리브연결판 및 이음판 검토

1) 고력볼트 / 마찰접합 검토

(1group당)

고력볼트	직경 Db(mm)	구멍직경 Dbh(mm)	열수 Nx(열)	행수 Ny(행)	전체개수 N(EA)	볼트간격 Px(mm)	볼트간격 Py(mm)	연단거리 dx(mm) dx1(mm)	연단거리 dy(mm) dy1(mm)
F10T	M20	22	2	2	4	70	70	40 35.2	50 25

Wg, req ≥ (Nx-1)*Px + 2*dx + dx1 = (2-1)*70 + 2*40+35.2 = 185.2 mm
Lg, req ≥ (Ny-1)*Py + 2*dy + dy1 = (2-1)*70 + 2*50+25 = 195.0 mm

φ = 1.00 μ = 0.50 (블라스트 후 페인트하지 않은 경우)
hf = 1.00 Fu = 1000 MPa Ab = 314.2 mm^2/EA 전단면의 수 Ns = 2
설계볼트장력
To = 0.70*Fu*0.75*Ab = 0.70*1000*0.75*314.2 = 165.0 kN/EA

φRn = φ*μ*hf*To*Ns = 1*0.5*1*165*2 = 165.0 kN/EA

∴ Pu, req/φRn = 2368.8 / 165 = 14.36 EA ≤ 16 EA ...OK

■ 철골접합부 - 원형강관 전강이음 설계-4 (십자리브연결판 + 고장력 마찰 접합)

2) 이음판(Splice Plate) (1group당)

Fys = 235 MPa
Fus = 400 MPa

매수	폭 Ws (mm)	길이 Ls (mm)	두께 ts (mm)	면적 (mm^2)	구멍개수	구멍직경 (mm)	공제면적 (mm^2)
2	150	170	12	3600	2	22	-1056
Σ			24	3600			-1056

(1) 인장항복강도

Ag = 3600 mm^2

ϕPn = ϕt*Fys*Ag = 0.9*235*3600 *1/10^3 * 4group = 3045.6 kN

∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 3045.6 = 0.78 ≤ 1.00 ...OK

(2) 인장파단강도 U = 1.00

An = MIN(3600+(-1056), 0.85*Ag) = MIN(2544, 0.85*3600) = 2544.0 mm^2

ϕPn = ϕt*Fus*Ae = ϕt*Fus*U*An = 0.75*400*1*2544)*1/10^3 * 4group = 3052.8 kN

∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 3052.8 = 0.78 ≤ 1.00 ...OK

(3) 블록전단강도

L = (Ny-1)*Py = (2-1)*70 = 70.0 mm

* 인장저항 순단면적

Ant = Agt - Dbh*(Nx-0.5)*ts = 2640-22*(2-0.5)*24 = 1848.0 mm^2

* 인장저항 총단면적

Agt = (Px+dx)*ts = (70+40)*24 = 2640.0 mm^2

* 전단저항 순단면적

Anv = Agv - Dbh*(Ny-0.5)*ts = 2880 - 22*(2-0.5)*24 = 2088.0 mm^2

* 전단저항 총단면적

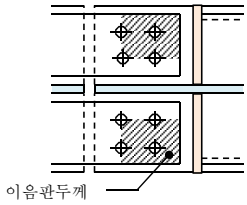
Agv = (L+dy)*ts = (70+50)*24 = 2880.0 mm^2

Fus*Ant = 400*1848 *1/10^3 = 739.2 kN

0.6*Fus*Anv = 0.6*400*2088 *1/10^3 = 501.1 kN

Fys*Agt = 235*2640 *1/10^3 = 620.4 kN

0.6*Fys*Agv = 0.6*235*2880 *1/10^3 = 406.1 kN



Ubs = 1.00

ϕPn = ϕt*(Ubs*Fus*Ant + MIN(0.6*Fus*Anv, 0.6*Fys*Agv))

= 0.75*(1*739.2 + MIN(501.1, 406.1)) * 4group = 3435.9 kN

∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 3435.9 = 0.69 ≤ 1.00 ...OK

3) 십자리브연결판(Gusset Plate) (1group당)

Fyg = 235 MPa
Fug = 400 MPa
Lg1 = 350 mm

매수	폭 Wg (mm)	길이 Lg (mm)	두께 tg (mm)	면적 (mm^2)	구멍개수	구멍직경 (mm)	공제면적 (mm^2)
1	220.2	195	16	3523.2	2	22	-704
Σ			16	3523.2			-704

폭두께비 b/t = Wg/Tg = 220.2/16 = 13.76 < 15.00 ···OK

(1) 인장항복강도

Ag = 3523.2*4group +16*16(교차부) = 14348.8 mm^2

ϕPn = ϕt*Fyg*Ag = 0.9*235*14348.8 *1/10^3 = 3034.8 kN

∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 3034.8 = 0.78 ≤ 1.00 ...OK

(2) 인장파단강도 U = 1.00

An = MIN(14348.8+(-704*4group), 0.85*Ag) = MIN(11532.8, 0.85*14348.8) = 11532.8 mm^2

ϕPn = ϕt*Fug*Ae = ϕt*Fug*U*An = 0.75*400*1*11532.8 *1/10^3 = 3459.8 kN

∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 3459.8 = 0.68 ≤ 1.00 ...OK

(3) 블록전단강도

L = (Ny-1)*Py = (2-1)*70 = 70.0 mm

* 인장저항 순단면적

Ant = Agt - Dbh*(Nx-0.5)*tg = 2323.2-22*(2-0.5)*16 = 1795.2 mm^2

* 인장저항 총단면적

Agt = (Px+dx+dx1)*tg = (70+40+35.2)*16 = 2323.2 mm^2

* 전단저항 순단면적

Anv = Agv - Dbh*(Ny-0.5)*tg = 1920 - 22*(2-0.5)*16 = 1392.0 mm^2

* 전단저항 총단면적

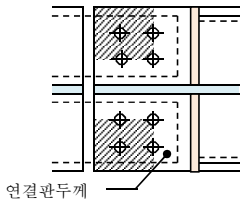
Agv = (L+dy)*tg = (70+50)*16 = 1920.0 mm^2

Fug*Ant = 400*1795.2 *1/10^3 = 718.1 kN

0.6*Fug*Anv = 0.6*400*1392 *1/10^3 = 334.1 kN

Fyg*Agt = 235*2323.2 *1/10^3 = 546.0 kN

0.6*Fyg*Agv = 0.6*235*1920 *1/10^3 = 270.7 kN



Ubs = 1.00

ϕPn = ϕt*(Ubs*Fug*Ant + MIN(0.6*Fug*Anv, 0.6*Fyg*Agv))

= 0.75*(1*718.1 + MIN(334.1, 270.7)) * 4group = 2966.4 kN

∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 2966.4 = 0.80 ≤ 1.00 ...OK

4) 십자리브연결판 교차부 용접부 / 1group당 용접재 인장강도 Fuw1 = 420 MPa

- 용접치수

Sw1 = 7.00 mm nw1 = 2 개소/1group당 필릿용접(1)/완전용입용접(2) : 1

Lwe1 = Lg+Lg1-2*Sw1 = 195+350-2*7 = 531.0 mm

Aw1 = nw1*(0.707*Sw1)*Lwe1 = 2*(0.707*7)*531 = 5255.8 mm^2

ϕRnw = ϕ*Fw*Aw1 = ϕ*0.6*Fuw1*Aw1 = 0.75*0.6*420*5255.8 *1/10^3 = 993.3 kN

∴ Pu / ϕRnw = 592.2 / 993.3 = 0.60 ≤ 1.00 ...OK

ϕRn = ϕ*0.6*Fug*tg*Lwe1 = 0.75*0.6*400*16*531 *1/10^3 = 1529.3 kN

∴ Pu / ϕRn = 592.2 / 1529.3 = 0.39 ≤ 1.00 ...OK

ϕRn = ϕ*0.6*Fyg*tg*Lwe1 = 1*0.6*235*16*531 *1/10^3 = 1197.9 kN

∴ Pu / ϕRn = 592.2 / 1197.9 = 0.49 ≤ 1.00 ...OK

5) 십자연결판과 원형강관 용접부 / 1group당 용접재 인장강도 Fuw2 = 420 MPa

- 용접치수

Sw2 = 7.00 mm nw2 = 2 개소/1group당 필릿용접(1)/완전용입용접(2) : 1

Lwe2 = Lg1-2*Sw2 = 350-2*7 = 336.0 mm

Aw2 = nw2*(0.707*Sw2)*Lwe2 = 2*(0.707*7)*336 = 3325.7 mm^2

ϕRnw = ϕ*Fw*Aw2 = ϕ*0.6*Fuw2*Aw2 = 0.75*0.6*420*3325.7 *1/10^3 = 628.6 kN

∴ Pu / ϕRnw = 592.2 / 628.6 = 0.94 ≤ 1.00 ...OK

Fug*tg = 6400 N/mm ≤ Fu*t*2 = 7200 N/mm

ϕRn = ϕ*0.6*Fug*tg*Lwe2 = 0.75*0.6*6400*336 *1/10^3 = 967.7 kN

∴ Pu / ϕRn = 592.2 / 967.7 = 0.61 ≤ 1.00 ...OK

Fyg*tg = 3760 N/mm ≤ Fy*t*2 = 4230 N/mm

ϕRn = ϕ*0.6*Fyg*tg*Lwe2 = 1*0.6*3760*336 *1/10^3 = 758.0 kN

∴ Pu / ϕRn = 592.2 / 758 = 0.78 ≤ 1.00 ...OK

* 필릿용접인 경우 여장

C,req = MAX(25, Sw2+tg,req) = MAX(25, 7+16) = 25.0 mm ≤ C = 25 mm ...OK

4. 덮개판과 원형강관 용접부 검토

- 용접치수

  Sw3 = 7.00 mm (필릿용접)

- 덮개판에는 특별히 작용하는 하중은 없으나, 연결판의 좌굴방지 및 강관 내부 부식방지를 위하여 필릿용접한다.