■ 철골접합부 - 원형강관 전강이음 설계-2

1. 설계조건

* 원형강관 Fy = 235 MPa D = ϕ406.4 mm Ag = 11200 mm^2

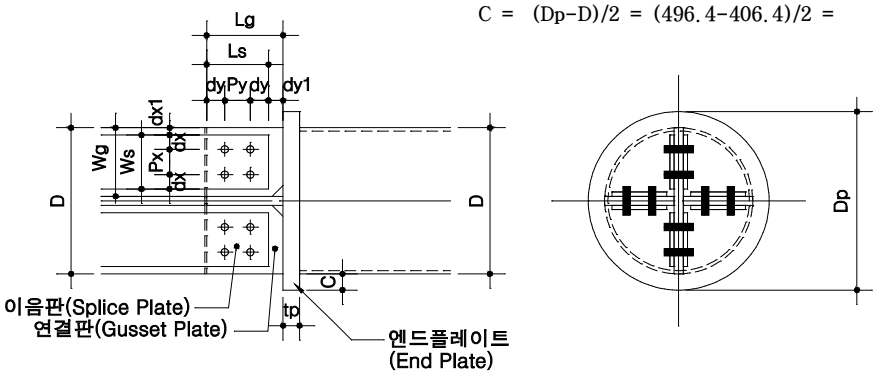
Fu = 400 MPa t = 9 mm

* 엔드플레이트

Fye = 355 MPa Dp = ϕ496.4 mm

Fue = 520 MPa tp = 45 mm

C = (Dp-D)/2 = (496.4-406.4)/2 = 45.0 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*1*11200 *1/10^3 = 3360.0 kN

An = Ag = 11200 mm^2 U = 1.00

∴ Pu, req = MIN(2368.8, 3360) = 2368.8 kN

3. 연결판 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 20.2	50 40

Wg, req ≥ (Nx-1)*Px + 2*dx + dx1 = (2-1)*70 + 2*40 + 20.2 = 170.2 mm

Lg, req ≥ (Ny-1)*Py + 2*dy + dy1 = (2-1)*70 + 2*50 + 40 = 210.0 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

2) 이음판(Splice Plate)

Fys = 235 MPa

Fus = 400 MPa

(1group당)

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

■ 철골접합부 - 원형강관 전강이음 설계-2

(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

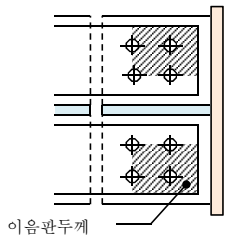
Agv = (L+dy)*ts = (70+50)*24 = 2880.0 mm^2

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) 연결판(Gusset Plate)

(1group당)

Fyg = 355 MPa

Fug = 520 MPa

Scallop, Sc = 30 mm

매수	폭 Wg (mm)	길이 Lg (mm)	두께 tg (mm)	면적 (mm^2)	구멍개수	구멍직경 (mm)	공제면적 (mm^2)
1	190.7	210	25	4767.5	2	22	-1100
Σ			25	4767.5			-1100

폭두께비 b/t = Wg/Tg = 190.7/25 = 7.63 < 15.00 ···OK

(1) 인장항복강도

Ag = 4767.5*4group +25*25(교차부) = 19695.0 mm^2

ϕPn = ϕt*Fyg*Ag = 0.9*355*19695 *1/10^3 = 6292.6 kN

∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 6292.6 = 0.38 ≤ 1.00 ...OK

(2) 인장파단강도 U = 1.00

An = MIN(19695+(-1100*4group), 0.85*Ag) = MIN(15295, 0.85*19695) = 15295.0 mm^2

ϕPn = ϕt*Fug*Ae = ϕt*Fug*U*An = 0.75*520*1*15295 *1/10^3 = 5965.1 kN

∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 5965.1 = 0.40 ≤ 1.00 ...OK

(3) 블록전단강도

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

* 인장저항 순단면적

Ant = Agt - Dbh*(Nx-0.5)*tg = 3255-22*(2-0.5)*25 = 2430.0 mm^2

* 인장저항 총단면적

Agt = (Px+dx+dx1)*tg = (70+40+20.2)*25 = 3255.0 mm^2

* 전단저항 순단면적

Anv = Agv - Dbh*(Ny-0.5)*tg = 3000 - 22*(2-0.5)*25 = 2175.0 mm^2

* 전단저항 총단면적

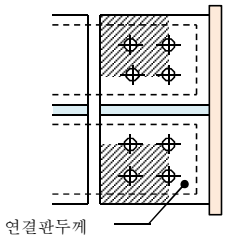
Agv = (L+dy)*tg = (70+50)*25 = 3000.0 mm^2

Fug*Ant = 520*2430 *1/10^3 = 1263.6 kN

0.6*Fug*Anv = 0.6*520*2175 *1/10^3 = 678.6 kN

Fyg*Agt = 355*3255 *1/10^3 = 1155.5 kN

0.6*Fyg*Agv = 0.6*355*3000 *1/10^3 = 639.0 kN



Ubs = 1.00

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

= 0.75*(1*1263.6 + MIN(678.6, 639)) * 4group = 5707.8 kN

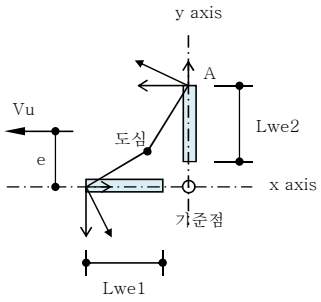
∴ Pu,req/ϕPn = 2368.8 / 5707.8 = 0.42 ≤ 1.00 ...OK

4) 연결판과 앤드플레이트 용접부

Vu = Pu,req/4 = 2368.8/4 = 592.2 kN

e = Wg/2 + tg/2 = 190.7/2 + 25/2 = 107.9 mm

Mu = Vu*e = 592.2*107.9 *1/10^3 = 63.90 kN-m



용접치수 Sw1 = 25 mm (완전용입용접) 앤드탭 유무 : 없음.

Lwe1 = Lg - Sc - 2*Sw1 = 210 - 30 - 2*25 = 130.0 mm

Lwe2 = Wg - Sc - 2*Sw1 = 190.7 - 30 - 2*25 = 110.7 mm

가로치수 (mm)	세로치수 (mm)	면적 (mm^2)	도심거리 (mm)	면적*도심거리 (mm^3)	D (mm)	Ixo (mm^4)	$A*D^2$ (mm^4)
1.0	110.7	110.7	110.4	12221.3	-59.63	113047.7	393620.1
130.0	1.0	130.0	0.0	0.0	50.77	10.8	335087.1
							0.0
Σ		240.7		12221.3		113058.5	728707.2

y1 = Σ(면적*도심거리)/Σ(면적) = 12221.3/240.7 = 50.77 mm

y2 = Wg - Sw1 - y1 = 190.7 - 25 - 50.77 = 114.93 mm

Ix = 1*(Σ(Ixo)+Σ(A*D²)) = 1*(113058.5+728707.2) = 841766 mm^4

가로치수 (mm)	세로치수 (mm)	면적 (mm^2)	도심거리 (mm)	면적*도심거리 (mm^3)	D (mm)	Iyo (mm^4)	$A*D^2$ (mm^4)
110.7	1.0	110.7	0.0	0.0	64.81	9.2	464977.2
1.0	130.0	130.0	120.0	15600.0	-55.19	183083.3	395971.7
							0.0
Σ		240.7		15600.0		183092.5	860948.9

x1 = Σ(면적*도심거리)/Σ(면적) = 15600/240.7 = 64.81 mm

x2 = Lg - Sw1 - x1 = 210 - 25 - 64.81 = 120.19 mm

Iy = 1*(Σ(Iyo)+Σ(A*D²)) = 1*(183092.5+860948.9) = 1044041 mm^4

Ip = (Ix + Iy)*Sw1 = (841766 + 1044041)*25 = 47145175 mm^4

■ 철골접합부 - 원형강관 전강이음 설계-2

* A점에서의 응력

dx = x1 = 64.81 mm dy = y2 = 114.93 mm

ft = Vu/A = 592.2*10^3 / (25*240.7) = 98.41 N/mm^2

fbt = Mu*dy / Ip = 63.9*10^6*114.93 / 47145175 = 155.77 N/mm^2

fbv = Mu*dx / Ip = 63.9*10^6*64.81 / 47145175 = 87.84 N/mm^2

fr = $\sqrt{(2.25*fbv^2 + (fbt+ft)^2)} = \sqrt{(2.25*87.84^2 + (155.77+98.41)^2)}$ = 286.30 N/mm^2

ϕrnw = ϕ*Fyg = 0.9*355 = 319.50 N/mm^2

∴ fr/ ϕrnw = 286.3 / 319.5 = 0.90 ≤ 1.00 ...OK

4. 엔드플레이트 소요두께 산정

wut = Pu, req/(π*D^2/4) = 2368.8*10^3/(π*406.4^2/4) = 18.26 N/mm^2

* 단순지지판에서 방사선 방향의 최대 휨모멘트 a = D-2*t = 406.4-2*9 = 388.4 mm

Mu, max = 0.051*wut*a^2 = 0.051*18.26*388.4^2 = 140485 N-mm/mm

ϕMn = ϕ*Fye*Zx = 0.90*355*(1*tp^2/4) = 79.88 *tp^2 N-mm/mm

∴ tp, req = $\sqrt{(140485/79.88)}$ = 41.94 mm ≤ tp = 45 mm ...OK

* 완전용입용접인 경우 여장

C, req = t/4 + tp, req = 9/4 + 41.94 = 44.19 mm ≤ C = 45 mm ...OK

5. 엔드플레이트와 원형강관 용접부 검토

용접재 인장강도 Fuw = 420 MPa

- 용접치수

Sw2 = 9.00 mm nw = 1 개소 필릿용접(1)/완전용입용접(2) : 2

Lwe = 2*π*(D/2-Sw2/2) = 2*π*(406.4/2-9/2) = 1248.5 mm

Aw = nw*Sw2*Lwe = 1*9*1248.5 = 11236.5 mm^2

ϕRn = ϕ*Fu*t*Lwe = 0.75*400*9*1248.5 *1/10^3 = 3371.0 kN

∴ Pu, req / ϕRn = 2368.8 / 3371 = 0.70 ≤ 1.00 ...OK

ϕRn = ϕ*Fy*t*Lwe = 0.9*235*9*1248.5 *1/10^3 = 2376.5 kN

∴ Pu, req / ϕRn = 2368.8 / 2376.5 = 1.00 ≤ 1.00 ...OK