受付　No.
台帳　No.KS401002

■□■□■□■□■□■□■□■□■□

プ　レ　キ　ャ　ス　ト
ＰＣボックスカルバート
設　計　計　算　書

■□■□■□■□■□■□■□■□■□

○内空寸法：　内　幅（Ｂ）　4500 mm
　　　　　　　内　高（Ｈ）　2000 mm
　　　　　　　長　さ（Ｌ）　1000 mm

○設計条件：　荷　重　Ｔ’荷重　（横断）

　　　　　　　土被り　Ｈ1＝　0.500 m
　　　　　　　　　　　Ｈ2＝　1.500 m

千　葉　窯　業　株　式　会　社

1 設 計 条 件

1.1 一般条件

構造形式	： 一径間ボックスラーメン
内空寸法	：（B） 4500 ×（H） 2000 ×（L） 1000 [mm]
土被り	： H1 ＝ 0.500 ～ H2 ＝ 1.500 [m]
道路舗装厚	： t ＝ 0.200 [m]
路盤厚	： tb ＝ 0.000 [m]

1.2 単位容積重量

舗　装　材	： γa ＝ 22.5 [kN/m^3]
路盤材（地下水位以上）	： γb ＝ 19.0 [kN/m^3]
路盤材（地下水位以下）	： γbw＝ 10.0 [kN/m^3]
鉄筋コンクリート	： γc ＝ 24.5 [kN/m^3]
土　（地下水位以上）	： γs ＝ 18.0 [kN/m^3]
土　（地下水位以下）	： γw ＝ 9.0 [kN/m^3]

1.3 土圧係数 （ 水 平 ）	： Ka ＝ 0.500
（ 鉛 直 ）	： α ＝ 1.000
1.4 活荷重 （ 上 載 ）	： T'荷重 横断通行
	（輪接地幅 a ＝ 0.20m b ＝ 0.50m ）
（ 側 載 ）	： Q ＝ 10.0 [kN/m^2]
1.5 衝撃係数	： i ＝ 0.300

1.6 鉄筋かぶり

	頂 版	底 版	側 壁
（内側）	35 mm	35 mm	35 mm
（外側）	35 mm	35 mm	35 mm

1.7 断面力低減係数

（土被りH1）	： β ＝ 1.0
（土被りH2）	： β ＝ 0.9

1.8 許容応力度

1.8.1 鉄筋

引張応力度	： σsa ＝ 160 [N/mm^2]
降伏点応力度	： σsy ＝ 295 [N/mm^2]
弾性係数	： Es ＝ 2.0×10^5 [N/mm^2]

1.8.2　コンクリート

(1)　設計基準強度　：　σck　＝　40.0 N/mm²

(2)　プレストレストコンクリート部材

ＰＳ導入時強度	： $\sigma ck'$	＝	35.0 N/mm²
ＰＳ導入直後			
許容曲げ圧縮応力度	： σcat	＝	19.0 N/mm²
許容曲げ引張応力度	： σtat	＝	-1.5 N/mm²
設計荷重作用時			
許容曲げ圧縮応力度	： σca	＝	15.0 N/mm²
許容曲げ引張応力度	： σta	＝	-1.5 N/mm²
（死荷重作用時）			
許容曲げ引張応力度	： $\sigma ta'$	＝	0.0 N/mm²
許容せん断応力度	： τa	＝	0.270 N/mm²
許容斜引張応力度	： σia	＝	-1.0 N/mm²

(3)　鉄筋コンクリート部材

許容曲げ圧縮応力度	： σca	＝	14.0 N/mm²
許容せん断応力度	： τa	＝	0.270 N/mm²

(4)　弾性係数　：　Ｅｃ　＝　3.1×10^4 N/mm²

1.8.3　ＰＣ鋼棒　（ SBPR 1080 / 1230　Ｃ種１号）

(1)　許容引張応力度

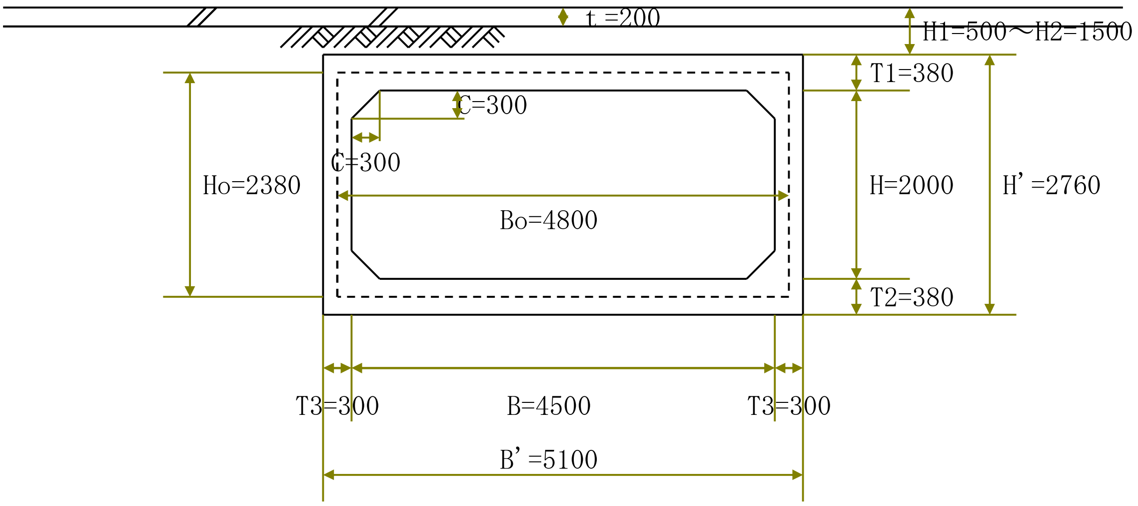
引　張 強 度	： σpu	＝	1230 N/mm²
降 伏 点 強 度	： σpy	＝	1080 N/mm²
プレストレッシング中	： σpia	＝	972 N/mm²
プレストレッシング直後	： σpca	＝	861 N/mm²
設計荷重作用時	： σpea	＝	738 N/mm²

(2)　弾性係数　：　Ｅｐ　＝　2.0×10^5 N/mm²

(3)　使用ＰＣ鋼棒

	頂版	底版	側壁	
径	ϕ 17	ϕ 17	******	(mm)
断面積	227.00	227.00	******	(mm²)
設計引張力	190000	190000	******	(N)

1.11　標準断面図



[単位:mm]

1.12　荷重の組合せ

［荷重 CASE］

CASE 1, 3, 5, 7 は、荷重がカルバート上載の場合

CASE 2, 4, 6, 8 は、荷重がカルバート側載の場合

また

CASE 1, 2, 5, 6 は、土被り H1 の場合

CASE 3, 4, 7, 8 は、土被り H2 の場合

また

CASE 1, 2, 3, 4 は、地下水の影響が無い場合

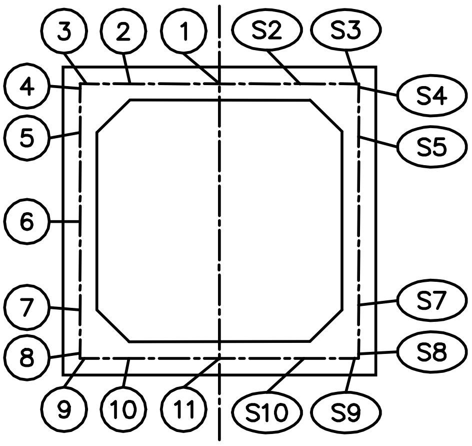
CASE 5, 6, 7, 8 は、地下水の影響が有る場合

■ 本設計書は、CASE-1, 2, 3, 4 について行う。

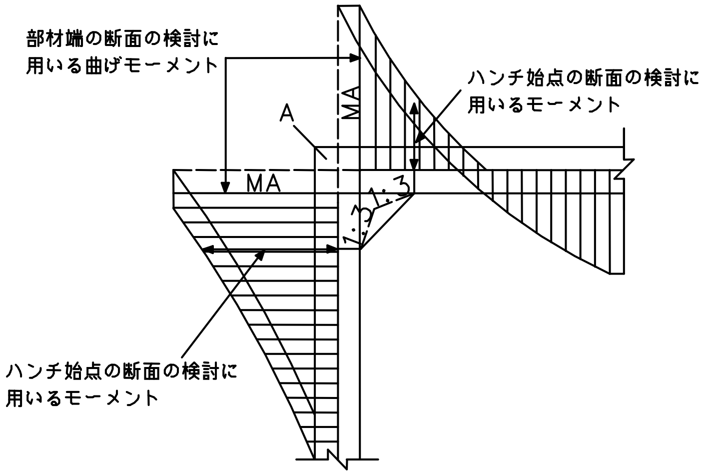
2　断面力計算

ボックスカルバートの曲げモーメント及びせん断力照査位置

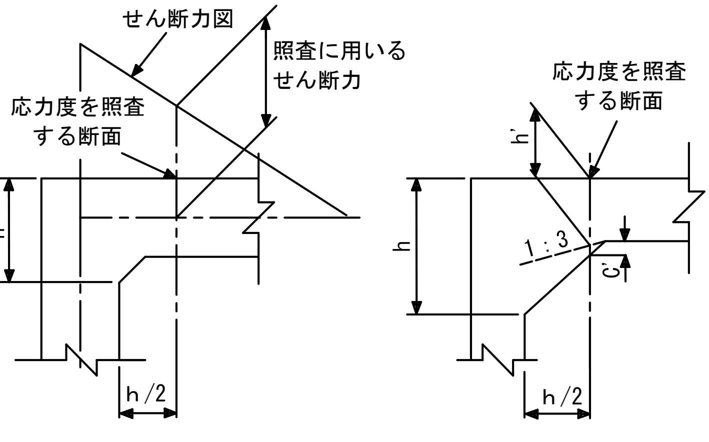
曲げモーメント　　　　　　　　　　せん断力



1)　断面検討用曲げモーメント



2)　せん断力に対する照査



(a)ハンチ以外の場合　　　　　　(b)ハンチにある場合

b)について

ハンチにある場合の部材断面の高さは、ハンチにかかっている部分C'の1/3まで大きくとります。

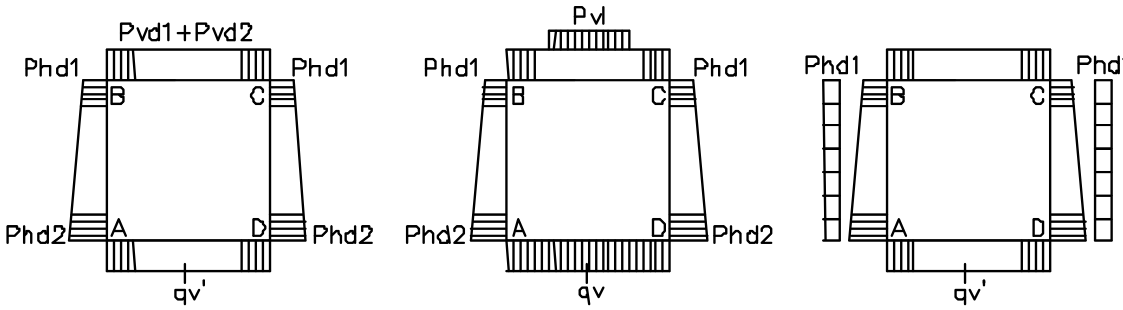
h'＝T ＋ C'/3

3　断面力の算定（CASE-1,2）

3.1.1　設計荷重

(1) 頂版自重	Ｐvd1＝γｃ×Ｔ1		
(2) 鉛直土圧	Ｐvd2＝α×{γｓ×(H1－ｔ－ｔb)＋γａ×ｔ＋γｂ×ｔb}		
(3) 水平土圧	Ｐhd1＝Ｋａ×{γａ×ｔ＋γｂ×ｔb＋γｓ×(H1－ｔ－ｔb＋Ｔ1/2)}		
	Ｐhd2＝Ｋａ×{γａ×ｔ＋γｂ×ｔb＋ γｓ×(H1－ｔ－ｔb＋Ｔ1/2＋Ho)}		
(4) 載 荷 重	Ｐｑ　＝Ｋａ×Ｑ		
(5) 活荷重	輪分布幅 ｕ　＝ａ＋2×H1	＝	1.200 ｍ
	ｖ　＝ｂ＋2×H1	＝	1.500 ｍ
	Ｐl　＝0.4×Ｔ×(１＋ｉ)×β	＝	130.000 kN
	Ｐvl　＝2×Ｐl／2.75／ｕ		
(6) 底版反力	ｑｖ　＝Ｐvd1＋Ｐvd2＋{Ｐvl×ｕ＋γｃ ×(2×Ｔ3×Ho＋2×C^2)}／Ｂｏ		

死荷重時　　　設計荷重時１　　　設計荷重時２



設計荷重値	死荷重時 (kN/m^2)	設計荷重時１ CASE-1 (kN/m^2)	設計荷重２ CASE-2 (kN/m^2)
Ｐvd1	9.310	9.310	9.310
Ｐvd2	9.900	9.900	9.900
Ｐhd1 ＝ Ｐhd1	6.660	6.660	*****
Ｐhd1 ＝ Ｐhd1＋Ｐｑ	*****	*****	11.660
Ｐhd3 ＝ Ｐhd3	*****	*****	*****
Ｐhd3 ＝ Ｐhd3＋Ｐｑ	*****	*****	*****
Ｐhd5 ＝ Ｐhd5	*****	*****	*****
Ｐhd5 ＝ Ｐhd5＋Ｐｑ	*****	*****	*****
Ｐhd2 ＝ Ｐhd2	28.080	28.080	*****
Ｐhd2 ＝ Ｐhd2＋Ｐｑ	*****	*****	33.080
Ｐhd4 ＝ Ｐhd4	*****	*****	*****
Ｐvl	0.000	78.788	0.000
ｑｖ	*****	47.114	*****
ｑｖ’	27.418	*****	27.418

注）　ｑｖ’は、Ｐvl ＝ 0 とした場合の底版反力

3.1.2　構造解析

(1)　ラーメン係数

α ＝ (Ho×T1^3)／(Bo×T3^3)
β ＝ (Ho×T2^3)／(Bo×T3^3)
N1 ＝ 2＋α
N2 ＝ 2＋β

(2)　荷　重　項

CAD ＝ qv×Bo^2／12
CBC ＝ {2×(Pvd1＋Pvd2)×Bo^3＋Pv1×u ×(3×Bo^2－u^2)}／(24×Bo)
CAB ＝ (Ho^2)×(2×Phd1＋3×Phd2)／60
CBA ＝ (Ho^2)×(2×Phd2＋3×Phd1)／60

注1) 死荷重時、設計荷重時２のCADは、qv＝qv'
注2) 死荷重時、設計荷重時２のCBCは、Pv1＝0
注3) Phd1～Phd5は、水平荷重（設計荷重参照）

(3)　た　わ　み　角

θA ＝ {N1×(CAB－CAD)－(CBC－CBA)}／(N1×N2－1)
θB ＝ {N2×(CBC－CBA)－(CAB－CAD)}／(N1×N2－1)

(4)　端モーメント

MAB ＝ 2×θA＋θB－CAB
MAD ＝ β×θA＋CAD
MBA ＝ 2×θB＋θA＋CBA
MBC ＝ α×θB－CBC

MAB＋MAD ＝ 0　　MBA＋MBC ＝ 0

計　算　値	死荷重時	設計荷重時１ CASE-1	設計荷重時２ CASE-2
α	1.0077	1.0077	1.0077
β	1.0077	1.0077	1.0077
N1	3.0077	3.0077	3.0077
N2	3.0077	3.0077	3.0077
CAD (kN･m/m)	52.642	90.460	52.642
CBC (kN･m/m)	36.883	92.429	36.883
CAB (kN･m/m)	9.210	9.210	11.570
CBA (kN･m/m)	7.188	7.188	9.548
θA	-19.925	-40.965	-18.750
θB	16.498	41.961	15.322
MAB (kN･m/m)	-32.563	-49.180	-33.748
MAD (kN･m/m)	32.563	49.180	33.748
MBA (kN･m/m)	20.259	50.145	21.443
MBC (kN･m/m)	-20.259	-50.145	-21.443

3.1.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

$$S_{XBC} = \{(P_{vd1}+P_{vd2})\times B_o + P_{vl}\times u\}/2-(P_{vd1}+P_{vd2})\times x$$

2) 曲げモーメント

$$M_{max} = (P_{vd1}+P_{vd2})\times B_o^2/8+P_{vl}\times u\times(B_o/2-u/4)/2+M_{BC}$$

(2) 底 版

1) せん断力

$$S_{XAD} = q_v\times B_o/2-q_v\times x$$

2) 曲げモーメント

$$M_{max} = q_v\times B_o^2/8-M_{AD}$$

(3) 側 壁

1) せん断力

$$S_{XAB} = P_{hd1}\times H_o/2+(P_{hd2}-P_{hd1})\times H_o/3-(M_{AB}+M_{BA})/H_o - P_{hd2}\times x+(P_{hd2}-P_{hd1})\times x^2/(2\times H_o)$$

$$S_{XBA} = P_{hd1}\times H_o/2+(P_{hd2}-P_{hd1})\times H_o/3-(M_{AB}+M_{BA})/H_o - P_{hd2}\times x+(P_{hd2}-P_{hd1})\times x^2/(2\times H_o)$$

2) 曲げモーメント

節点間の極値は、せん断力が０となる位置に生じる。次式を解いて位置ｘを求める。

$$S_x = S_{AB}-P_{hd2}\times x-(P_{hd1}-P_{hd2})\times x^2/(2\times H_o)$$

$$M_{max} = S_{AB}\times x-P_{hd2}\times x^2/2-(P_{hd1}-P_{hd2})\times x^3/(6\times H_o)+M_{AB}$$

計 算 値		死荷重時	設計荷重時１ CASE-1	設計荷重時２ CASE-2
SBC	(kN/m)	46.104	93.377	46.104
SCB	(kN/m)	-46.104	-93.377	-46.104
Mmax	(kN･m/m)	35.066	104.452	33.882
SAD	(kN/m)	65.802	113.075	65.802
SDA	(kN/m)	-65.802	-113.075	-65.802
Mmax	(kN･m/m)	46.399	86.510	45.215
SAB	(kN/m)	30.089	24.513	36.039
SBA	(kN/m)	-11.252	-16.828	-17.202
x	(m)	1.049	1.049	*****
		1.330	*****	1.330
Mmax	(kN･m/m)	-14.718	-37.184	*****
Mmax	(kN･m/m)	-13.852	*****	-11.545

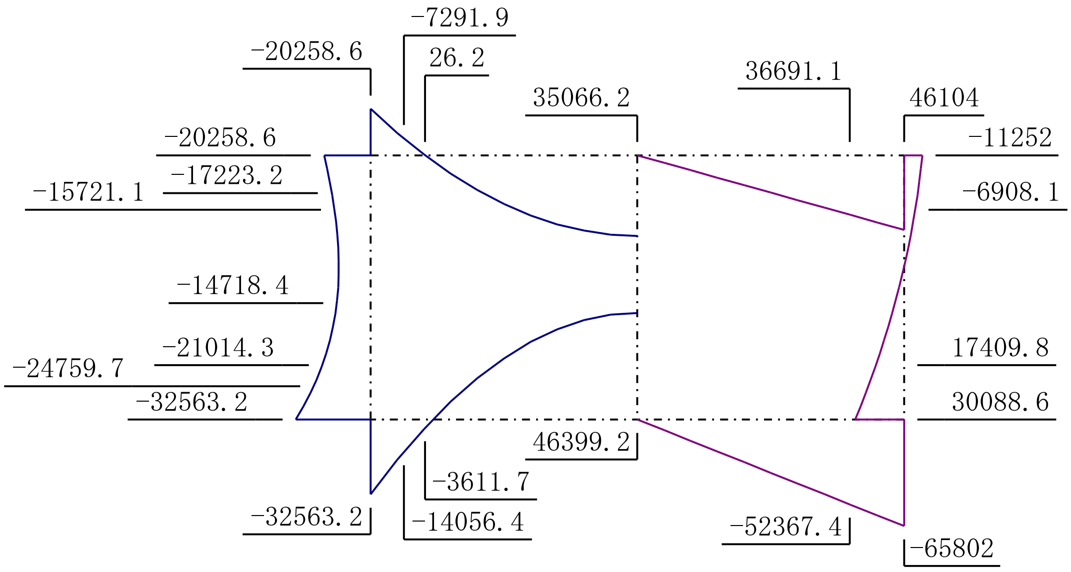
注１) 頂版 死荷重時・設計荷重時２は、Ｐvl ＝ 0 とする。
注２) 底版 死荷重時・設計荷重時２は、ｑv ＝ ｑv’ とする。

(1) 死荷重時 (CASE-1,2)

[／単位長]

部材	照査点		距　離 x (m)	曲げモーメント M (N･m)	せん断力 S (N)	軸　力 N (N)
頂版	3,S3	端　部	0.150	-20259	46104	11252
	2	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-7292	***	11252
	S2	τ　点	0.490	26	36691	11252
	1	中　央	2.400	35066	0	11252
底版	9,S9	端　部	0.150	-32563	65802	30089
	10	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-14056	***	30089
	S10	τ　点	0.490	-3612	52367	30089
	11	中　央	2.400	46399	0	30089
側壁	4,S4	上 端部	2.190	-20259	-11252	46104
	5	上ﾊﾝﾁ点	1.890	-17223	***	48587
	S5	上 τ点	1.890	-15721	-6908	50160
	6	中　間	1.049	-14718	*******	57120
			1.330	-13852	*******	54794
	S7	下 τ点	0.490	-21014	17410	61747
	7	下ﾊﾝﾁ点	0.490	-24760	***	63319
	8,S8	下 端部	0.190	-32563	30089	65802

曲げモーメント(N･m)　　　せん断力(N)

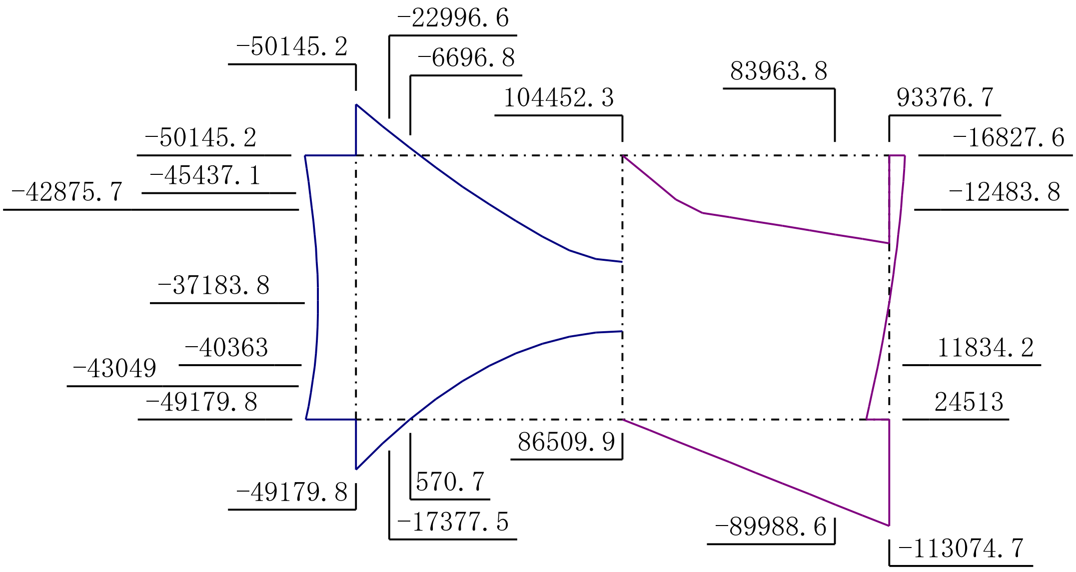


(1) 設計荷重時１ (CASE-1)

[／単位長]

部材	照査点		距 離 x (m)	曲げモーメント M (N･m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3,S3	端 部	0.150	-50145	93377	16828
	2	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-22997	***	16828
	S2	τ 点	0.490	-6697	83964	16828
	1	中 央	2.400	104452	0	16828
底版	9,S9	端 部	0.150	-49180	113075	24513
	10	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-17378	***	24513
	S10	τ 点	0.490	571	89989	24513
	11	中 央	2.400	86510	0	24513
側壁	4,S4	上 端部	2.190	-50145	-16828	93377
	5	上ﾊﾝﾁ点	1.890	-45437	***	95860
	S5	上 τ 点	1.890	-42876	-12484	97432
	6	中 間	1.049	-37184	0	104393
	S7	下 τ 点	0.490	-40363	11834	109019
	7	下ﾊﾝﾁ点	0.490	-43049	***	110592
	8,S8	下 端部	0.190	-49180	24513	113075

曲げモーメント(N･m)　　　せん断力(N)

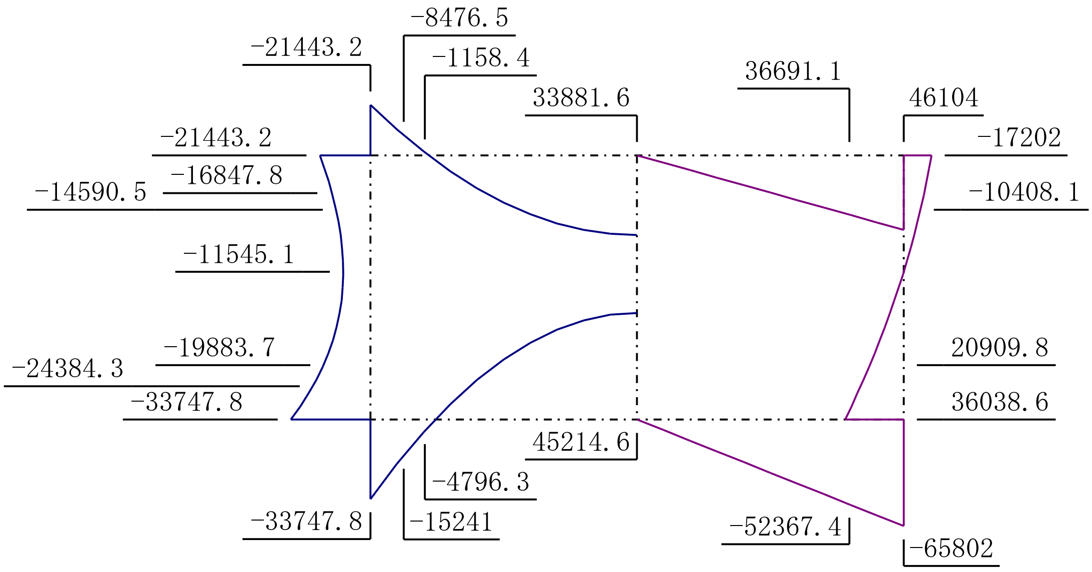


(1) 設計荷重時２ (CASE-2)

［ ／単位長］

部材	照査点		距　離 x (m)	曲げモーメント M (N·m)	せん断力 S (N)	軸　力 N (N)
頂版	3,S3	端　　部	0.150	-21443	46104	17202
	2	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-8477	***	17202
	S2	τ　　点	0.490	-1158	36691	17202
	1	中　　央	2.400	33882	0	17202
底版	9,S9	端　　部	0.150	-33748	65802	36039
	10	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-15241	***	36039
	S10	τ　　点	0.490	-4796	52367	36039
	11	中　　央	2.400	45215	0	36039
側壁	4,S4	上 端部	2.190	-21443	-17202	46104
	5	上ﾊﾝﾁ点	1.890	-16848	***	48587
	S5	上 τ 点	1.890	-14591	-10408	50160
	6	中　　間	1.330	-11545	0	54794
	S7	下 τ 点	0.490	-19884	20910	61747
	7	下ﾊﾝﾁ点	0.490	-24384	***	63319
	8,S8	下 端部	0.190	-33748	36039	65802

曲げモーメント(N·m)　　　　せん断力(N)

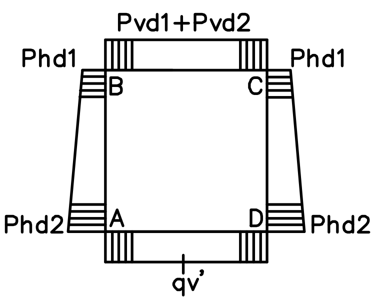


3.　断面力の算定（CASE-3,4）

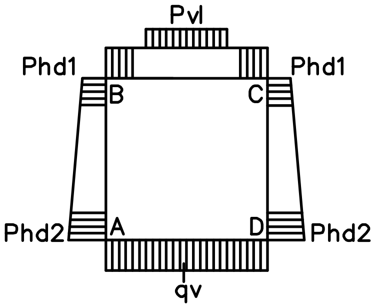
3.2.1　設計荷重

(1) 頂版自重　　Pvd1＝γc×T1
(2) 鉛直土圧　　Pvd2＝α×{γs×(H2－t－tb)＋γa×t＋γb×tb}
(3) 水平土圧　　Phd1＝Ka×{γa×t＋γb×tb＋γs×(H2－t－tb＋T1/2)}
　　　　　　　　Phd2＝Ka×{γa×t＋γb×tb＋
　　　　　　　　　　γs×(H2－t－tb＋T1/2＋Ho)}
(4) 載荷重　　Pq　＝Ka×Q
(5) 活荷重　　輪分布幅 u　＝a＋2×H2　＝　3.200 m
　　　　　　　　　　　v　＝b＋2×H2　＝　3.500 m
　　　　　　　Pl　＝0.4×T×(1＋i)×β　＝ 117.000 kN
　　　　　　　Pvl　＝2×Pl／2.75／u
(6) 底版反力　　qv　＝　Pvd1＋Pvd2＋{Pvl×u＋γc
　　　　　　　　×(2×T3×Ho＋2×C^2)}／Bo

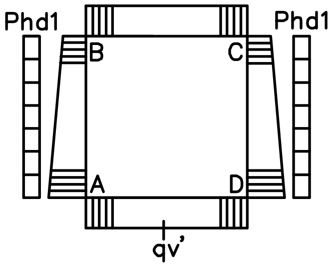
死荷重時



設計荷重時１



設計荷重時２



設計荷重値		死荷重時	設計荷重時１	設計荷重時２
			CASE-3	CASE-4
		(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)
Pvd1		9.310	9.310	9.310
Pvd2		27.900	27.900	27.900
Phd1＝	Phd1	15.660	15.660	******
Phd1＝	Phd1＋Pq	******	******	20.660
Phd3＝	Phd3	******	******	******
Phd3＝	Phd3＋Pq	******	******	******
Phd5＝	Phd5	******	******	******
Phd5＝	Phd5＋Pq	******	******	******
Phd2＝	Phd2	37.080	37.080	******
Phd2＝	Phd2＋Pq	******	******	42.080
Phd4＝	Phd4	******	******	******
Pvl		0.000	26.591	0.000
qv		******	63.145	******
qv'		45.418	******	45.418

注）qv' は、Pvl＝0 とした場合の底版反力。

3.2.2　構造解析

(1) ラーメン係数

α ＝ (Ho×T1^3)／(Bo×T3^3)
β ＝ (Ho×T2^3)／(Bo×T3^3)
N1 ＝ 2＋α
N2 ＝ 2＋β

(2) 荷　重　項

CAD ＝ qv×Bo^2／12
CBC ＝ {2×(Pvd1＋Pvd2)×Bo^3＋Pvl×u ×(3×Bo^2－u^2)}／(24×Bo)
CAB ＝ (Ho^2)×(2×Phd1＋3×Phd2)／60
CBA ＝ (Ho^2)×(2×Phd2＋3×Phd1)／60

注1) 死荷重時、設計荷重時２のCADは、qv＝qv'
注2) 死荷重時、設計荷重時２のCBCは、Pvl＝0
注3) Phd1～Phd5は、水平荷重（設計荷重参照）

(3) た わ み 角

θA ＝ {N1×(CAB－CAD)－(CBC－CBA)}／(N1×N2－1)
θB ＝ {N2×(CBC－CBA)－(CAB－CAD)}／(N1×N2－1)

(4) 端モーメント

MAB ＝ 2×θA＋θB－CAB
MAD ＝ β×θA＋CAD
MBA ＝ 2×θB＋θA＋CBA
MBC ＝ α×θB－CBC

MAB＋MAD ＝ 0　　　MBA＋MBC ＝ 0

計 算 値	死荷重時	設計荷重時１ CASE-3	設計荷重時２ CASE-4
α	1.0077	1.0077	1.0077
β	1.0077	1.0077	1.0077
N1	3.0077	3.0077	3.0077
N2	3.0077	3.0077	3.0077
CAD (kN･m/m)	87.202	121.238	87.202
CBC (kN･m/m)	71.443	114.934	71.443
CAB (kN･m/m)	13.459	13.459	15.819
CBA (kN･m/m)	11.436	11.436	13.797
θA	-35.023	-53.151	-33.848
θB	31.596	52.083	30.420
MAB (kN･m/m)	-51.909	-67.678	-53.094
MAD (kN･m/m)	51.909	67.678	53.094
MBA (kN･m/m)	39.605	62.451	40.789
MBC (kN･m/m)	-39.605	-62.451	-40.789

3.2.3 各部材の断面力

(1) 頂 版

1) せん断力

$SXBC = \{(Pvd1 + Pvd2) \times Bo + Pvl \times u\} / 2 - (Pvd1 + Pvd2) \times x$

2) 曲げモーメント

$Mmax = (Pvd1 + Pvd2) \times Bo^2 / 8 + Pvl \times u \times (Bo/2 - u/4) / 2 + MBC$

(2) 底 版

1) せん断力

$SXAD = qv \times Bo / 2 - qv \times x$

2) 曲げモーメント

$Mmax = qv \times Bo^2 / 8 - MAD$

(3) 側 壁

1) せん断力

$SXAB = Phd1 \times Ho / 2 + (Phd2 - Phd1) \times Ho / 3 - (MAB + MBA) / Ho - Phd2 \times x + (Phd2 - Phd1) \times x^2 / (2 \times Ho)$

$SXBA = Phd1 \times Ho / 2 + (Phd2 - Phd1) \times Ho / 3 - (MAB + MBA) / Ho - Phd2 \times x + (Phd2 - Phd1) \times x^2 / (2 \times Ho)$

2) 曲げモーメント

節点間の極値は、せん断力が０となる位置に生じる。次式を解いて位置ｘを求める。

$Sx = SAB - Phd2 \times x - (Phd1 - Phd2) \times x^2 / (2 \times Ho)$

$Mmax = SAB \times x - Phd2 \times x^2 / 2 - (Phd1 - Phd2) \times x^3 / (6 \times Ho) + MAB$

計 算 値	死荷重時	設計荷重時１ CASE-3	設計荷重時２ CASE-4
SBC (kN/m)	89.304	131.849	89.304
SCB (kN/m)	-89.304	-131.849	-89.304
Mmax (kN･m/m)	67.560	112.786	66.376
SAD (kN/m)	109.002	151.547	109.002
SDA (kN/m)	-109.002	-151.547	-109.002
Mmax (kN･m/m)	78.893	114.178	77.709
SAB (kN/m)	40.799	37.825	46.749
SBA (kN/m)	-21.962	-24.936	-27.912
x (m)	1.193	1.193	*****
	1.288	*****	1.288
Mmax (kN･m/m)	-27.077	-46.393	*****
Mmax (kN･m/m)	-26.912	*****	-24.581

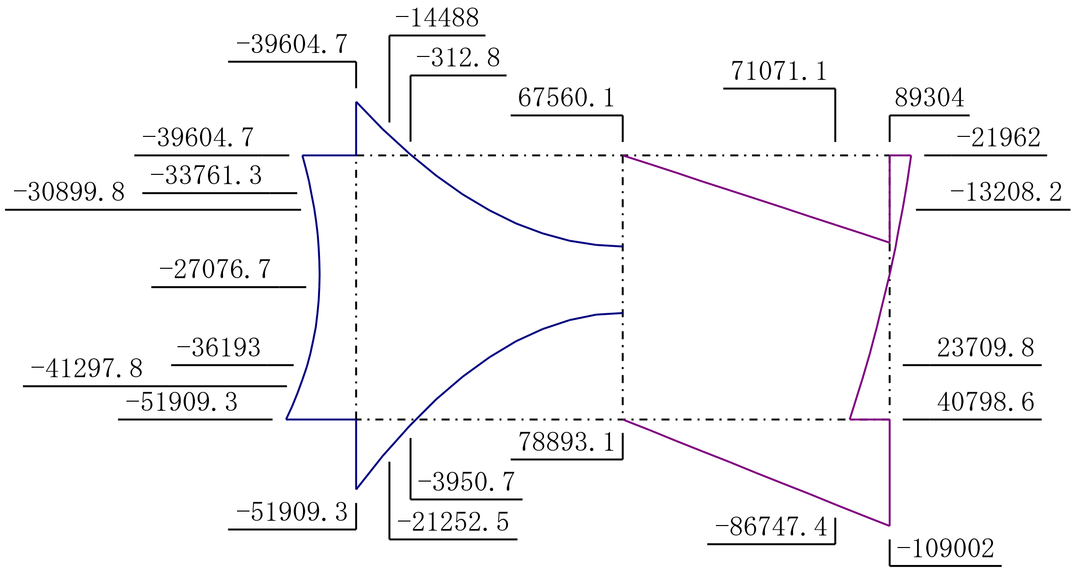
注１）頂版 死荷重時・設計荷重時２は、Pvl ＝ 0 とする。
注２）底版 死荷重時・設計荷重時２は、qv ＝ qv' とする。

(1) 死荷重時 (CASE-3,4)

[／単位長]

部材	照査点		距 離 x (m)	曲げモーメント M (N·m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3,S3	端 部	0.150	-39605	89304	21962
	2	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-14488	***	21962
	S2	τ 点	0.490	-313	71071	21962
	1	中 央	2.400	67560	0	21962
底版	9,S9	端 部	0.150	-51909	109002	40799
	10	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-21253	***	40799
	S10	τ 点	0.490	-3951	86747	40799
	11	中 央	2.400	78893	0	40799
側壁	4,S4	上 端部	2.190	-39605	-21962	89304
	5	上ﾊﾝﾁ点	1.890	-33761	***	91787
	S5	上 τ 点	1.890	-30900	-13208	93360
	6	中 間	1.193	-27077	*******	99128
			1.288	-26912	*******	98342
	S7	下 τ 点	0.490	-36193	23710	104947
	7	下ﾊﾝﾁ点	0.490	-41298	***	106519
	8,S8	下 端部	0.190	-51909	40799	109002

曲げモーメント(N·m)　　　せん断力(N)

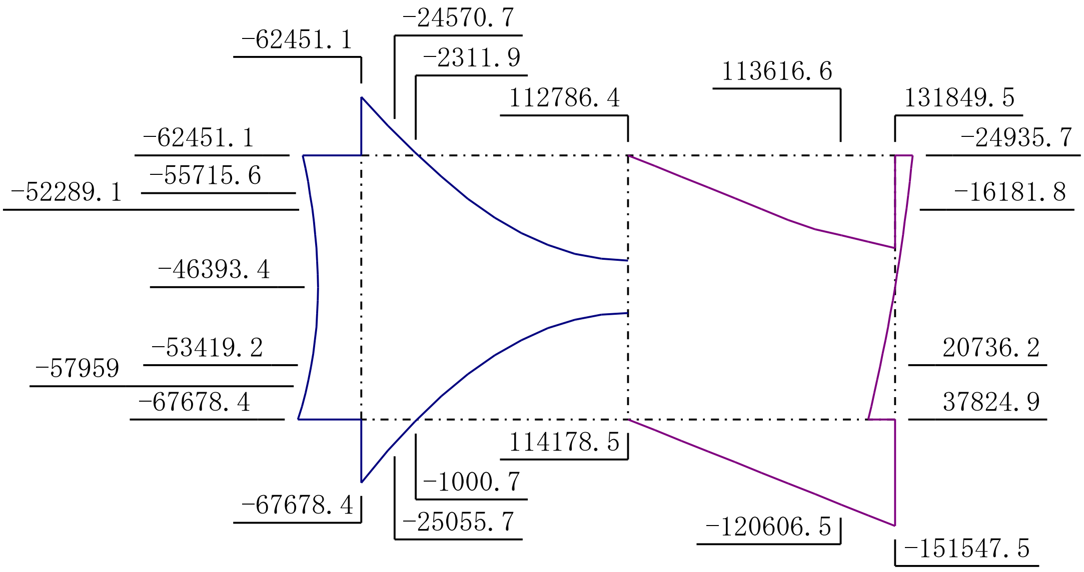


(2) 設計荷重時1 (CASE-3)

[／単位長]

部材	照査点		距 離 x (m)	曲げモーメント M (N·m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3, S3	端 部	0.150	-62451	131850	24936
	2	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-24571	***	24936
	S2	τ 点	0.490	***	113617	***
	1	中 央	2.400	112786	0	24936
底版	9, S9	端 部	0.150	-67678	151548	37825
	10	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-25056	***	37825
	S10	τ 点	0.490	***	120607	***
	11	中 央	2.400	114179	0	37825
側壁	4, S4	上 端部	2.190	-62451	-24936	131850
	5	上ﾊﾝﾁ点	1.890	-55716	***	134332
	S5	上 τ 点	1.890	***	-16182	***
	6	中 間	1.193	-46393	0	141674
	S7	下 τ 点	0.490	***	20736	***
	7	下ﾊﾝﾁ点	0.490	-57959	***	149065
	8, S8	下 端部	0.190	-67678	37825	151548

曲げモーメント(N·m)　　　せん断力(N)

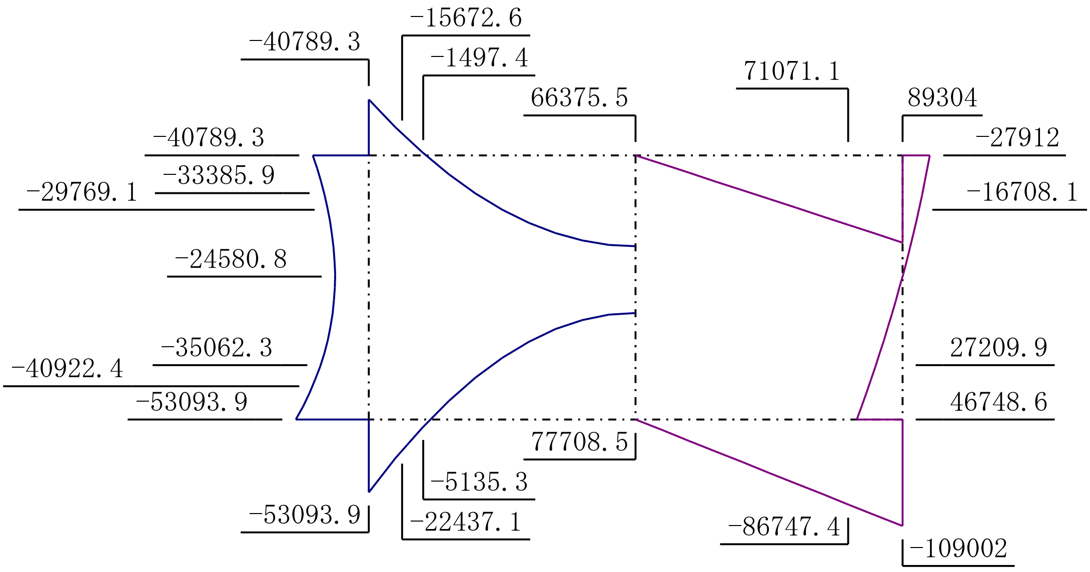


(3) 設計荷重時２ (CASE-4)

［ ／単位長］

部材	照査点		距 離 x (m)	曲げモーメント M (N･m)	せん断力 S (N)	軸 力 N (N)
頂版	3,S3	端 部	0.150	-40789	89304	27912
	2	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-15673	***	27912
	S2	τ 点	0.490	***	71071	***
	1	中 央	2.400	66376	0	27912
底版	9,S9	端 部	0.150	-53094	109002	46749
	10	ﾊﾝﾁ始点	0.450	-22437	***	46749
	S10	τ 点	0.490	***	86747	***
	11	中 央	2.400	77709	0	46749
側壁	4,S4	上 端部	2.190	-40789	-27912	89304
	5	上ﾊﾝﾁ点	1.890	-33386	***	91787
	S5	上 τ 点	1.890	***	-16708	***
	6	中 間	1.288	-24581	0	98342
	S7	下 τ 点	0.490	***	27210	*******
	7	下ﾊﾝﾁ点	0.490	-40922	***	106519
	8,S8	下 端部	0.190	-53094	46749	109002

曲げモーメント(N･m)　　　せん断力(N)



4 プレストレスの計算

4.1 荷重による曲げ応力度

$$\sigma m = \pm M / Z = \pm 6 \times M / (b \times T^2) \times 1000$$

ここに、

σm	：	曲げ応力度	(N/mm²)
M	：	曲げモーメント	(kN･m)
Z	：	断面係数	(cm³)
B	：	部材幅	(cm)
T	：	部材厚	(cm)

4.2 有効プレトレス

(1) 有効係数 η

$$\eta = \sigma pe / \sigma pt$$

$$\sigma pt = Pt / Ap \times 1/100$$

$$\sigma pe = \sigma pt - \Delta\sigma pcs - \Delta\sigma pr$$

$$\Delta\sigma pcs = [n \times \phi \times (\sigma cd + \sigma cpt) + Ep \times \varepsilon cs] / [1 + n \times (\sigma cpt / \sigma pt) \times (1 + \phi / 2)]$$

$$\sigma cpt = Np \times Pt \times (1 / Ac + ep^2 / I) \times 10$$

$$\Delta\sigma pr = \gamma \times \sigma pt$$

ここに、

σpt	：	有効引張応力度	(N/mm²)
Pt	：	緊張作業直後のＰＣ鋼棒引張応力度	(kN)
Ap	：	１本当りのＰＣ鋼棒断面積	(cm²)
$\Delta\sigma pcs$	：	コンクリートの乾燥収縮及びクリープによるＰＣ鋼棒の応力度の減少量	(N/mm²)
n	：	弾性係数比（Ep ／ Ec ＝ 6.45）	
Ep	：	ＰＣ鋼棒の弾性係数（2.0×10^5 N/mm²）	
Ec	：	コンクリートの弾性係数（3.1×10^4 N/mm²）	
ϕ	：	クリープ係数（ ＝ 2.5）	
σcd	：	考えているＰＣ鋼棒位置における永久荷重によるコンクリートの圧縮応力度	(N/mm²)
σcpt	：	考えているＰＣ鋼棒位置における緊張作業直後のプレストレス	(N/mm²)
εcs	：	コンクリートの乾燥収縮度（ ＝ 200 μ）	
σpt	：	緊張作業直後のＰＣ鋼棒の引張応力度	(N/mm²)
Np	：	ｍ当り PC 鋼棒本数	(本)
Ac	：	コンクリート断面積	(cm²)
ep	：	ＰＣ鋼棒偏心量	(cm)
I	：	断面二次モーメント	(cm⁴)
$\Delta\sigma pr$	：	ＰＣ鋼棒のリラクセーションによる引張応力度の減少量	(N/mm²)
γ	：	ＰＣ鋼棒の見掛けのリラクセーション(＝ 0.03)	

(2)　有効プレストレス　σce

$$\sigma ce = Np \times Pt \times \eta \times (1 / Ac \pm ep / Z) \times 10 \quad (N/mm^2)$$

ここに、	Np	:	m当りＰＣ鋼棒本数	(本)
	Pt	:	引張作業直後	(kN)
	η	:	有効係数	
	Ac	:	コンクリート断面積	(cm^2)
	ep	:	ＰＣ鋼棒偏心量	(cm)
	Z	:	断面係数	(cm^3)

4.3　合成応力度

$$\sigma c = \sigma m + \sigma ce + N / Ac \times 10$$

ここに、	σc	:	合成応力度	(N/mm^2)
	σm	:	曲げ応力度	(N/mm^2)
	σce	:	有効プレストレス	(N/mm^2)
	N	:	軸方向圧縮力	(kN)
	Ac	:	コンクリート断面積	(cm^2)

4.4　引張鉄筋量の計算

(1)　曲げモーメント

引張鉄筋は次の荷重作用に対して、引張応力の作用する区間に配置する。

荷重の組み合わせ　（ 永久荷重 ＋ 変動荷重 ）　× 1.35

(2)　配置鉄筋量

配置鉄筋量は次の 1)、2) のうちいずれか大きい値以上とする。

1) の値

$$As1 = Tc / \sigma sa \times 10$$
$$= b \times x \times |\sigma c1| / (2 \times \sigma sa)$$
$$\because x = |\sigma c1| / (\sigma c2 + |\sigma c1|) \times T$$

2) の値

$$As2 = 0.005 \times b \times x$$

ここに、	As1	:	引張鉄筋断面積	(cm^2)
	As2	:	引張鉄筋断面積 引張応力の作用する コンクリート面積の 0.5%	(cm^2)
	Tc	:	断面に生じる引張力の合力	(kN)
	σsa	:	鉄筋の許容引張応力度	(N/mm^2)
	σc1	:	引張縁に生じる引張応力度	(N/mm^2)
	σc2	:	圧縮縁に生じる圧縮応力度	(N/mm^2)
	b	:	部材幅	(cm)
	x	:	引張縁から中立軸までの距離	(cm)
	T	:	部材厚	(cm)

4.5　斜引張応力度の計算

斜引張応力度は次式を用いて、断面図心位置における値を求める。

$$\sigma i = 1 / 2 \times [\sigma x - \sqrt{(\sigma x^2 + 4 \times \tau^2)}]$$

$$\sigma x = [Pe / Ac + N / Ac] \times 10$$
$$\tau = S \times G / (b \times I) \times 10$$
$$I = b \times T^3 / 12$$
$$G = b \times T^2 / 8$$

ここに、	σi	：斜引張応力度	(N/mm²)
	σx	：部材軸方向圧縮応力度	(N/mm²)
	τ	：せん断応力度	(N/mm²)
	Pe	：m当り全有効引張力	(kN)
	S	：せん断力	(kN)
	G	：断面一次モーメント	(cm³)
	b	：部材幅	(cm)
	I	：断面二次モーメント	(cm⁴)
	T	：部材厚	(cm)

4.6　破壊安全度の検討

(1)　曲げモーメント

1)　安全係数

破壊に対する安全度の検討に使用する安全係数を次のように定める。

材料強度に関するもの －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 1.0
荷重作用に関するもの（永久荷重作用）－－－－－－－－－－－ 1.3 または 1.7
（変動荷重作用）－－－－－－－－－－－ 2.5 または 1.7

2)　終局荷重作用時の曲げモーメント

終局荷重作用時の曲げモーメントは、次に示す荷重作用の大きい方とする。

$$Md = 1.3 \times M1 + 2.5 \times M2 \quad (kN\cdot m)$$
$$Md = 1.7 \times M1 + 1.7 \times M2 \quad (kN\cdot m)$$

ここに、　Md　：終局荷重作用時曲げモーメント
M1　：永久荷重による曲げモーメント
M2　：変動荷重による曲げモーメント
（設計荷重時 － 死荷重時）

(2)　曲げ破壊安全度

$$Sf = Mu / Md > 1.0$$

$$Mu = 0.7 \times (0.93 \times Ap \times \sigma pud \times dp) \times [1 - Ap / (1.7 \times b \times dp) \times 0.93 \times \sigma pud / \sigma ck] \times 1/1000 + As \times \sigma syd \times ds \times [1 - As / (1.7 \times b \times ds) \times \sigma syd / \sigma ck] \times 1/1000$$

ここに、	Mu	：破壊抵抗曲げモーメント	(kN･m)
	Ap	：ＰＣ鋼棒断面積	(cm^2)
	As	：鉄筋の断面積	(cm^2)
	σpud	：ＰＣ鋼棒引張強度	(N/mm^2)
	σsyd	：引張鉄筋の降伏点応力度	(N/mm^2)
	σck	：コンクリートの設計基準強度	(N/mm^2)
	dp	：圧縮縁からＰＣ鋼棒図心迄の距離	(cm)
	ds	：圧縮縁から鉄筋図心迄の距離	(cm)
	b	：部材幅	(cm)
	Sf	：曲げ破壊安全度	

終局つり合い鋼材比が配置される引張鋼材比より大であることを確認する。

$$P_{pb} = 0.68 \times \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sp}) \times \sigma_{ck} / (0.93 \times \sigma_{pud}) + 0.68 \times \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{s}) \times \sigma_{ck} / \sigma_{syd}$$

$$P_{pd} = A_p / (b \times d_p) + A_s / (b \times d_s) \times \sigma_{syd} / (0.93 \times \sigma_{pud}) \times d_s / d_p < P_{pb}$$

ここに、	Ppb	：終局つり合い鋼材比	
	Ppd	：引張鋼材比	
	εcu	：コンクリートの終局ひずみ	(0.0035)
	εsp	：ＰＣ鋼棒の終局ひずみ	(0.015)
	σpud	：ＰＣ鋼棒の引張強さ	(N/mm^2)
	εs	：引張鉄筋の降伏ひずみ	(σsyd／Es)

5　ＰＣ部材の検討

5.1　頂版

5.1.1　断面諸元

位　置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm^2)	断面二次モーメント (cm^4)	中立軸 (cm)	断面係数 (cm^3)
端　部	100.00	48.00	4800.0	921600.00	24.00	38400.00
ﾊﾝﾁ始点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
τ　点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
中　央	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67

5.1.2　使用ＰＣ鋼棒

位　置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm^2)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端　部	φ17	6.00	2.270	190000	2.50	外　側
ﾊﾝﾁ始点	φ17	6.00	2.270	190000	-2.50	外　側
τ　点	φ17	6.00	2.270	190000	-2.50	外　側
中　央	φ17	6.00	2.270	190000	2.50	内　側

5.1.3　有効係数

計算項／ 位　置	σpt	σcpt	σcd	△σpcs (N/mm^2)	△σpr	σpe	有効係数	ｹｰｽ
(1)　死荷重時　(最大圧縮)								
端　部	837.00	2.45	-0.11	74.65	25.11	737.25	0.881	3
ﾊﾝﾁ始点	837.00	3.16	0.08	87.39	25.11	724.50	0.866	3
τ　点	837.00	3.16	0.00	86.21	25.11	725.68	0.867	3
中　央	837.00	3.16	-0.37	80.53	25.11	731.36	0.874	3
(2)　死荷重時　(最大引張)								
端　部	837.00	2.45	-0.11	74.65	25.11	737.25	0.881	3
ﾊﾝﾁ始点	837.00	3.16	0.08	87.39	25.11	724.50	0.866	3
τ　点	837.00	3.16	0.00	86.21	25.11	725.68	0.867	3
中　央	837.00	3.16	-0.37	80.53	25.11	731.36	0.874	3
(3)　設計荷重時　(最大圧縮)								
端　部	837.00	2.45	-0.11	74.65	25.11	737.25	0.881	3
ﾊﾝﾁ始点	837.00	3.16	0.08	87.39	25.11	724.50	0.866	3
τ　点	837.00	3.16	0.00	86.19	25.11	725.71	0.867	1
中　央	837.00	3.16	-0.37	80.53	25.11	731.36	0.874	3
(4)　設計荷重時　(最大引張)								
端　部	837.00	2.45	-0.11	74.65	25.11	737.25	0.881	3
ﾊﾝﾁ始点	837.00	3.16	0.08	87.39	25.11	724.50	0.866	3
τ　点	837.00	3.16	0.00	86.19	25.11	725.71	0.867	1
中　央	837.00	3.16	-0.37	80.53	25.11	731.36	0.874	3

5.1.4　合成応力度

位　置	曲げ応力度 σm (N/mm²)	N/Ac (N/mm²)	有効プレストレス σce (N/mm²)	合成応力度 σc (N/mm²)	ｹｰｽ
(1)　死荷重時　(最大圧縮)					
端　部	1.03	0.05	1.44	2.52	3
ﾊﾝﾁ始点	0.60	0.06	3.62	4.28	3
中　央	2.81	0.06	1.59	4.45	3
			σc ＜ 15.0	CHECK OK	

(2)　死荷重時　(最大引張)					
端　部	-1.03	0.05	2.75	1.76	3
ﾊﾝﾁ始点	-0.60	0.06	1.57	1.03	3
中　央	-2.81	0.06	3.66	0.91	3
			σt ＞ 0.0	CHECK OK	

(3)　設計荷重時　(最大圧縮)					
端　部	1.63	0.05	1.44	3.12	3
ﾊﾝﾁ始点	1.02	0.07	3.62	4.71	3
中　央	4.69	0.07	1.59	6.34	3
			σc ＜ 15.0	CHECK OK	

(4)　設計荷重時　(最大引張)					
端　部	-1.63	0.05	2.75	1.17	3
ﾊﾝﾁ始点	-1.02	0.07	1.57	0.62	3
中　央	-4.69	0.07	3.66	-0.96	3
			σt ＞ -1.5	CHECK OK	

5.1.5 引張鉄筋量

位　置	曲げﾓｰﾒﾝﾄ	合成応力度		x	Tc	引張鉄筋量		ｹｰｽ
		外側	内側			As1	As2	
	(kN・m/m)	(N/mm²)		(cm)	(kN)	(cm²/m)		
端　部	-84.309	0.62	3.70	6.9	0.0	0.000	0.000	3
ﾊﾝﾁ始点	-33.170	0.28	5.09	2.0	0.0	0.000	0.000	3
中　央	152.262	-2.58	8.00	9.3	119.7	7.480	4.635	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径		本数	径		本数	断面積	判定
外 側	D 13	—	6	D 0	—	0	7.602 cm²/m	＞ As1 or As2
内 側	D 16	—	6	D 0	—	0	11.916 cm²/m	＞ As1 or As2

5.1.6 斜引張応力度

位　置	部材幅	断面一次	軸力	せん断力	Pe	σc'	τ	σi	ｹｰｽ
	(cm)	ﾓｰﾒﾝﾄ(cm³)	(kN)	(kN)	(kN)		(N/mm²)		
端　部	100.0	28800	24.936	131.850	1004.13	2.14	0.41	-0.076	3
τ　点	100.0	18050	24.936	113.617	988.38	2.67	0.45	-0.073	3

σi ＞ -1.00　　　CHECK OK

5.1.7 破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位　置	M1	M2	1.3M1+2.5M2	1.7(M1+M2)	Md	ｹｰｽ
	(kN・m)	(kN・m)	(kN・m)	(kN・m)	(kN・m)	
端　部	-39.605	-22.846	-108.602	-106.167	-108.602	3
ﾊﾝﾁ始点	-7.292	-15.705	-48.741	-39.094	-48.741	1
中　央	35.066	69.386	219.051	177.569	219.051	1

位　置	Ap	As	dp	ds	Ppb	Ppd	Mu	Sf	ｹｰｽ
	(cm²/m)	(cm²/m)	(cm)	(cm)			(kN・m)		
端　部	13.620	7.602	26.5	44.5	0.069	0.006	363.08	3.3	3
ﾊﾝﾁ始点	13.620	7.602	16.5	34.5	0.069	0.009	231.59	4.8	1
中　央	13.620	11.916	21.5	34.5	0.069	0.008	328.95	1.5	1

Ppb ＞ Ppd　　Sf ＞ 1.0　　　CHECK OK

5.2 底版

5.2.1 断面諸元

位　置	部材幅 (cm)	部材厚 (cm)	断面積 (cm^2)	断面二次モーメント (cm^4)	中立軸 (cm)	断面係数 (cm^3)
端　部	100.00	48.00	4800.0	921600.00	24.00	38400.00
ﾊﾝﾁ始点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
τ　点	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67
中　央	100.00	38.00	3800.0	457266.67	19.00	24066.67

5.2.2 使用ＰＣ鋼棒

位　置	径	本数 (本/m)	断面積 (cm^2)	設計引張力 (N/本)	偏心量 (cm)	モーメント方向 (部材軸より)
端　部	φ17	6.00	2.270	190000	2.00	外　側
ﾊﾝﾁ始点	φ17	6.00	2.270	190000	-3.00	外　側
τ　点	φ17	6.00	2.270	190000	-3.00	外　側
中　央	φ17	6.00	2.270	190000	3.00	内　側

5.2.3 有効係数

計算項／位　置	σpt	σcpt	σcd	△σpcs (N/mm^2)	△σpr	σpe	有効係数	ｹｰｽ
(1)　死荷重時　(最大圧縮)								
端　部	837.00	2.42	-0.11	74.17	25.11	737.73	0.881	3
ﾊﾝﾁ始点	837.00	3.22	0.14	89.26	25.11	722.63	0.863	3
τ　点	837.00	3.22	0.03	87.53	25.11	724.37	0.865	3
中　央	837.00	3.22	-0.52	79.23	25.11	732.67	0.875	3
(2)　死荷重時　(最大引張)								
端　部	837.00	2.42	-0.11	74.17	25.11	737.73	0.881	3
ﾊﾝﾁ始点	837.00	3.22	0.14	89.26	25.11	722.63	0.863	3
τ　点	837.00	3.22	0.03	87.53	25.11	724.37	0.865	3
中　央	837.00	3.22	-0.52	79.23	25.11	732.67	0.875	3
(3)　設計荷重時　(最大圧縮)								
端　部	837.00	2.42	-0.11	74.17	25.11	737.73	0.881	3
ﾊﾝﾁ始点	837.00	3.22	0.14	89.26	25.11	722.63	0.863	3
τ　点	837.00	3.22	0.03	87.53	25.11	724.36	0.865	4
中　央	837.00	3.22	-0.52	79.23	25.11	732.67	0.875	3
(4)　設計荷重時　(最大引張)								
端　部	837.00	2.42	-0.11	74.17	25.11	737.73	0.881	3
ﾊﾝﾁ始点	837.00	3.22	0.14	89.26	25.11	722.63	0.863	3
τ　点	837.00	3.22	0.03	87.53	25.11	724.36	0.865	4
中　央	837.00	3.22	-0.52	79.23	25.11	732.67	0.875	3

5.2.4 合成応力度

位　置	曲げ応力度 σm (N/mm²)	N/Ac (N/mm²)	有効プレストレス σce (N/mm²)	合成応力度 σc (N/mm²)	ｹｰｽ
(1)　死荷重時　(最大圧縮)					
端　部	1.35	0.08	1.57	3.01	3
ﾊﾝﾁ始点	0.88	0.11	3.82	4.81	3
中　央	3.28	0.11	1.38	4.77	3
			σc ＜ 15.0	CHECK OK	

位　置	曲げ応力度	N/Ac	有効プレストレス	合成応力度	ｹｰｽ
(2)　死荷重時　(最大引張)					
端　部	-1.35	0.08	2.62	1.35	3
ﾊﾝﾁ始点	-0.88	0.11	1.36	0.59	3
中　央	-3.28	0.11	3.87	0.70	3
			σt ＞ 0.0	CHECK OK	

位　置	曲げ応力度	N/Ac	有効プレストレス	合成応力度	ｹｰｽ
(3)　設計荷重時　(最大圧縮)					
端　部	1.76	0.08	1.57	3.41	3
ﾊﾝﾁ始点	1.04	0.10	3.82	4.96	3
中　央	4.74	0.10	1.38	6.23	3
			σc ＜ 15.0	CHECK OK	

位　置	曲げ応力度	N/Ac	有効プレストレス	合成応力度	ｹｰｽ
(4)　設計荷重時　(最大引張)					
端　部	-1.76	0.08	2.62	0.93	3
ﾊﾝﾁ始点	-1.04	0.10	1.36	0.42	3
中　央	-4.74	0.10	3.87	-0.77	3
			σt ＞ -1.5	CHECK OK	

5.2.5　引張鉄筋量

位　置	曲げﾓｰﾒﾝﾄ (kN・m/m)	合成応力度 外側 (N/mm²)	合成応力度 内側	x (cm)	Tc (kN)	引張鉄筋量 As1 (cm²/m)	引張鉄筋量 As2	ｹｰｽ
端　部	-91.366	0.34	4.06	3.7	0.0	0.000	0.000	3
ﾊﾝﾁ始点	-33.825	0.09	5.36	0.6	0.0	0.000	0.000	3
中　央	154.141	-2.40	7.92	8.8	106.1	6.629	4.419	3

----- 使用鉄筋及び鉄筋量 -----

	径	本数	径	本数	断面積	判定
外 側	D 13 —	6	D 0 —	0	7.602 cm²/m	＞ As1 or As2
内 側	D 16 —	6	D 0 —	0	11.916 cm²/m	＞ As1 or As2

5.2.6　斜引張応力度

位　置	部材幅 (cm)	断面一次ﾓｰﾒﾝﾄ (cm^3)	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	Pe (kN)	σc' (N/mm²)	τ	σi	ｹｰｽ
端　部	100.0	28800	37.825	151.548	1004.78	2.17	0.47	-0.099	3
τ　点	100.0	18050	37.825	120.606	986.59	2.70	0.48	-0.082	3

σi ＞ -1.00　　CHECK OK

5.2.7　破壊安全度の検討

終局荷重時の曲げモーメント

位　置	M1 (kN・m)	M2 (kN・m)	1.3M1+2.5M2 (kN・m)	1.7(M1+M2) (kN・m)	Md (kN・m)	ｹｰｽ
端　部	-51.909	-15.769	-106.905	-115.053	-115.053	3
ﾊﾝﾁ始点	-21.253	-3.803	-37.136	-42.595	-42.595	3
中　央	78.893	35.285	190.775	194.103	194.103	3

位　置	Ap (cm²/m)	As (cm²/m)	dp (cm)	ds (cm)	Ppb	Ppd	Mu (kN・m)	Sf	ｹｰｽ
端　部	13.620	7.602	26.0	44.5	0.069	0.006	357.62	3.1	3
ﾊﾝﾁ始点	13.620	7.602	16.0	34.5	0.069	0.010	226.14	5.3	3
中　央	13.620	11.916	22.0	34.5	0.069	0.008	334.40	1.7	3

Ppb ＞ Ppd　　Sf ＞ 1.0　　CHECK OK

6　断面力集計表

各ケースより断面力の最大値を抽出する。

M	：	部材モーメント	(kN･m)
S	：	せん断力	(kN)
N	：	軸力	(kN)
e	：	M／N偏心位量	(cm)
c	：	部材中心軸と鉄筋間距離	(cm)
Ms	：	軸力を考慮した曲げモーメント	(kN･m)

Ms ＝ N ×（e ＋ c）／ 100　　(kN･m)

但し、軸力は

頂版端部軸力　＝　側壁上端部せん断力
底版端部軸力　＝　側壁下端部せん断力
側壁上端部軸力 ＝　頂版端部せん断力
側壁下端部軸力 ＝　底版端部せん断力

とし、側壁中間点の軸力は側壁自重による軸力を考慮する。

［ ／単位長 ］

部材	点	M (kN･m)	N (kN)	e (cm)	c (cm)	Ms (kN･m)	CASE M
頂版	端　部	********	********	******	******	********	**
	ﾊﾝﾁ始点	********	********	******	******	********	**
	中　央	********	********	******	******	********	**
底版	端　部	********	********	******	******	********	**
	ﾊﾝﾁ始点	********	********	******	******	********	**
	中　央	********	********	******	******	********	**
側壁	上端部	-62.451	131.850	47.37	16.50	84.206	3
	上ﾊﾝﾁ点	-55.716	134.332	41.48	11.50	71.164	3
	中　間	-46.393	141.674	32.75	11.50	62.686	3
	下ﾊﾝﾁ点	-57.959	149.065	38.88	11.50	75.101	3
	下端部	-67.678	151.548	44.66	16.50	92.684	3

注１） CASE のMは、曲げモーメント抽出ケースを示す。
注２） ****** 表示は、ＰＣ部材。

7 必要有効高および必要鉄筋量

7.1 必要有効高

$k = n \times \sigma ca / (n \times \sigma ca + \sigma sa)$ ＝ 0.568

$c1 = \sqrt{[6 / \sigma ca / (3 - k) / k]}$ ＝ 0.557

$d = c1 \times \sqrt{(Ms / b)}$　　　$h = d + d' < T$

ここに、			
	Ms	：軸力を考慮した曲げモーメント	(kN･m/m)
	b	：単位長	(cm)
	d’	：鉄筋かぶり	(cm)
	h	：必要部材厚	(cm)
	n	：ヤング係数比	(15)

7.2 必要鉄筋量

鉄筋の曲げ引張応力度が許容値(σsa)に達する場合の必要鉄筋量(As)

$As = [\sigma c / 2 \times s - N / (b \times da)] / \sigma sa \times b \times da$

$\because \sigma c^3 + [3 \times \sigma sa / (2 \times n) - 3 \times N \times (e + c) / (b \times da^2)] \times \sigma c^2$
$- 6 \times N \times (e + c) / (n \times b \times da^2) \times \sigma sa \times \sigma c$
$- 3 \times N \times (e + c) / (n^2 \times b \times da^2) \times \sigma sa^2 = 0$

上式を解いて σc を求める。また $da = T - d'$ とする。

$\because s = n \times \sigma c / (n \times \sigma c + \sigma sa)$

部材	点	Ms (kN･m/m)	必要有効高 d (cm)	必要部材厚 d＋d’(cm)	部材厚 T (cm)	必要鉄筋量 As(cm²/m)
頂版	端　部	********	******	******	******	********
	ﾊﾝﾁ始点	********	******	******	******	********
	中　央	********	******	******	******	********
底版	端　部	********	******	******	******	********
	ﾊﾝﾁ始点	********	******	******	******	********
	中　央	********	******	******	******	********
側壁	上端部	84.206	16.17	19.67	40.00	7.799
	上ﾊﾝﾁ点	71.164	14.86	18.36	30.00	10.746
	中　間	62.686	13.95	17.45	30.00	7.887
	下ﾊﾝﾁ点	75.101	15.27	18.77	30.00	10.948
	下端部	92.684	16.96	20.46	40.00	8.266

ｄ＋ｄ’＜Ｔ　　　CHECK OK

8　配筋及び実応力度

実応力度は、次式により計算する。

8.1　コンクリート及び鉄筋

$$\sigma c = N / \{b \times x / 2 - n \times As / x \times (c + T / 2 - x)\}$$

$$\sigma s = n \times \sigma c / x \times (c + T / 2 - x)$$

ここに、			
	N	： 軸力	(kN)
	b	： 部材幅	(cm)
	T	： 部材厚	(cm)
	c	： 部材中心軸と鉄筋間距離	(cm)
	As	： 主鉄筋断面積	(cm^2)
	x	： 中心軸。次の３次元方程式より求める。	(cm)
	e	： 偏心位置量 （M ／ N）	(cm)

$$x^3 - 3 \times (T / 2 - e) \times x^2 + 6 \times n \times As / b \times (e + c) \times x - 6 \times n \times As / b \times (c + T / 2) \times (e + c) = 0$$

配　　筋(製品当り)

頂版内側	頂版外側	底版内側	底版外側	側壁内側	側壁外側
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 16 - 6
D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0	D 0 - 0

部材	点	部材幅 b (cm)	使用鉄筋量 As(cm^2/m)	x (cm)	実応力度(N/mm^2) σc	σs	σs'
頂版	端　部	******	********	******	******	******	******
	ﾊﾝﾁ始点	******	********	******	******	******	******
	中　央	******	********	******	******	******	******
底版	端　部	******	********	******	******	******	******
	ﾊﾝﾁ始点	******	********	******	******	******	******
	中　央	******	********	******	******	******	******
側壁	上端部	100.00	11.916	13.007	4.03	109.1	0.0
	上ﾊﾝﾁ点	100.00	11.916	10.174	6.05	145.7	0.0
	中　間	100.00	11.916	10.790	5.07	110.8	0.0
	下ﾊﾝﾁ点	100.00	11.916	10.325	6.31	148.2	0.0
	下端部	100.00	11.916	13.230	4.37	115.2	0.0

$\sigma c < \sigma ca$　$\sigma s < \sigma sa$　　　CHECK OK

9　せん断力に対する検討

9.1 せん断力照査点の断面力と最大値抽出

部材	断面力	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7	CASE-8
頂版 τ点	S	83.964	36.691	113.617	71.071				
	M			-2.312					
	N			24.936					
	最大			○					
底版 τ点	S	89.989	52.367	120.606	86.747				
	M			-1.001					
	N			37.825					
	最大			○					
側壁上 τ点	S	-12.484	-10.408	-16.182	-16.708				
	M				-29.769				
	N				93.359				
	最大				○				
側壁下 τ点	S	11.834	20.910	20.736	27.210				
	M				-35.062				
	N				104.947				
	最大				○				

ここに、Ｓ：せん断力(kN)、Ｍ：モーメント(kN・m)、Ｎ：軸力(kN)を示す。

9.2 せん断応力度の検討

コンクリートのせん断応力度は、平均せん断応力度として算出する。

$$\tau = \frac{S}{b \cdot d} \times 10 < Ce \cdot Cpt \cdot CN \cdot \tau a$$

ここに、　S　：せん断力　(kN)
d　：有効高さ　(cm)
b　：部材幅　(cm)

各せん断応力度照査位置の許容せん断応力度は、以下の補正係数を乗じて求める。

①　部材断面の有効高ｄの影響

次表に示す部材断面の有効高さに関する補正係数(Ce)をτａに乗じる。

有効高さ (m)	0.3 以下	1.0	3.0	5.0	10.0 以上
補正係数(Ce)	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

②　軸方向引張鉄筋比の影響

次表に示す軸方向引張鉄筋比に関する補正係数(Cpt) をτａに乗じる。
鉄筋比は中立軸よりも引張側にある軸方向鉄筋の断面積の総和をｂｄで除して求める。

引張鉄筋比 (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0 以上
補正係数(Cpt)	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

③　軸方向圧縮力の影響

軸方向圧縮力が大きな部材の場合、次式により計算される軸方向圧縮力による補正係数(CN) をτａに乗じる。

CN = 1 + Mo/M　　　Mo = {(Pe＋N)・Z/Ac＋Pe・ep}　　ただし１≦CN≦２

ここに、CN：軸方向力による補正係数
Mo：有効プレストレス力及び軸方向力によりコンクリートの応力度が引張縁で0となる曲げモーメント(kN・m)
M　：断面に作用する曲げモーメント(kN・m)
N　：断面に作用する軸方向圧縮力(kN)
Pe：ＰＣ鋼棒に作用するｍ当りの全有効引張力(kN)
Z　：図心軸に関する断面係数(m3)
Ac：部材断面積(m2)
ep：ＰＣ鋼棒の偏心量＜引張縁側＋／圧縮縁側－＞(m)

照査位置	T (cm)	d' (cm)	d (cm)	Ce	引張鉄筋		Pt (%)	Cpt
					径-本数	As(cm2)		
頂版τ点	38.0	3.5	34.5	1.374	D13-6	7.602	0.220	0.920
底版τ点	38.0	3.5	34.5	1.374	D13-6	7.602	0.220	0.920
側壁上τ点	30.0	3.5	26.5	1.400	D16-6	11.916	0.450	1.150
側壁下τ点	30.0	3.5	26.5	1.400	D16-6	11.916	0.450	1.150

照査位置	M (kN・m)	Pe (kN)	N (kN)	Ac (m2)	Z (m4)	ep (m)	Mo (kN・m)	Cn
頂版τ点	-2.312	988.4	24.936	0.380	0.02407	-0.03	44.419	2.000
底版τ点	-1.001	986.6	37.825	0.380	0.02407	-0.03	35.291	2.000
側壁上τ点	-29.769	0.0	93.360	0.300	0.01500	0.00	4.668	1.157
側壁下τ点	-35.062	0.0	104.946	0.300	0.01500	0.00	5.247	1.150

照査位置	τａ	補正係数			補正 τａ
		Ce	Cpt	Cn	
頂版τ点	0.270	1.374	0.920	2.000	0.683
底版τ点	0.270	1.374	0.920	2.000	0.683
側壁上τ点	0.270	1.400	1.150	1.157	0.503
側壁下τ点	0.270	1.400	1.150	1.150	0.500

照査位置	せん断力 S (kN)	有効高 d (cm)	せん断応力度 τ (N/mm2)	補正 τａ (N/mm2)
頂版τ点	113.617	34.5	0.329	0.683
底版τ点	120.606	34.5	0.350	0.683
側壁上τ点	16.708	26.5	0.063	0.503
側壁下τ点	27.210	26.5	0.103	0.500

τ＜τａ　　CHECK OK

以　上