提出番号　Ｎｏ．NDNK0909

提出先　　御中

ＮＥＷ　デカノック

900×900×900

－強度計算書－

国土交通省大臣官房官庁営繕部監修

平成２８年度版『電気設備工事監理指針』より

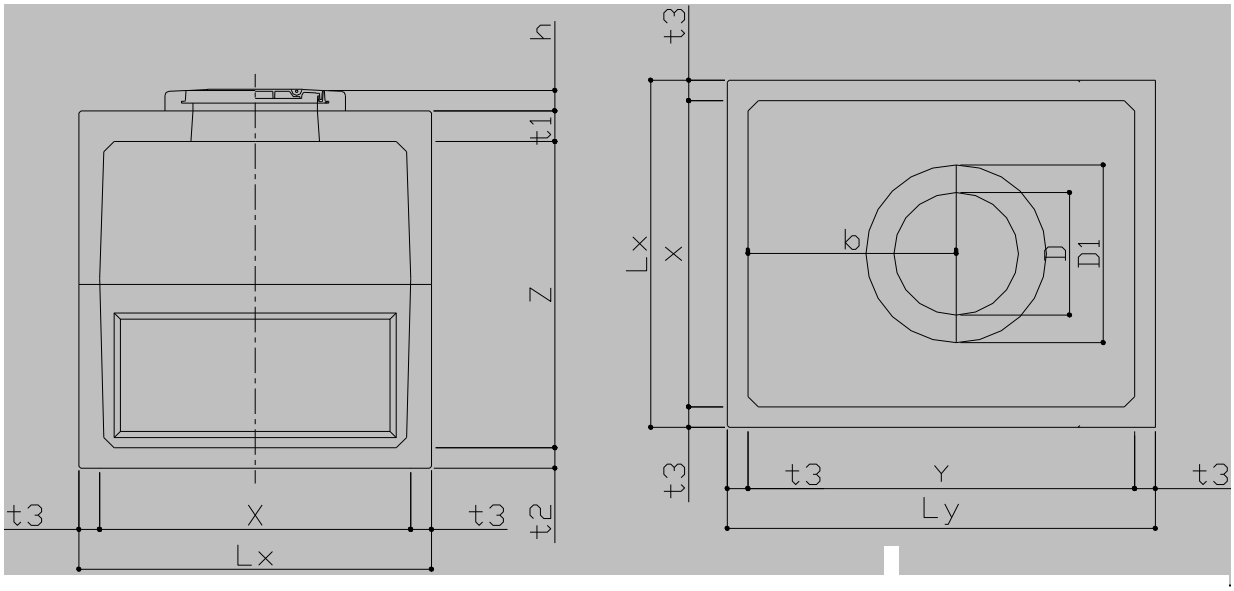
受領印欄

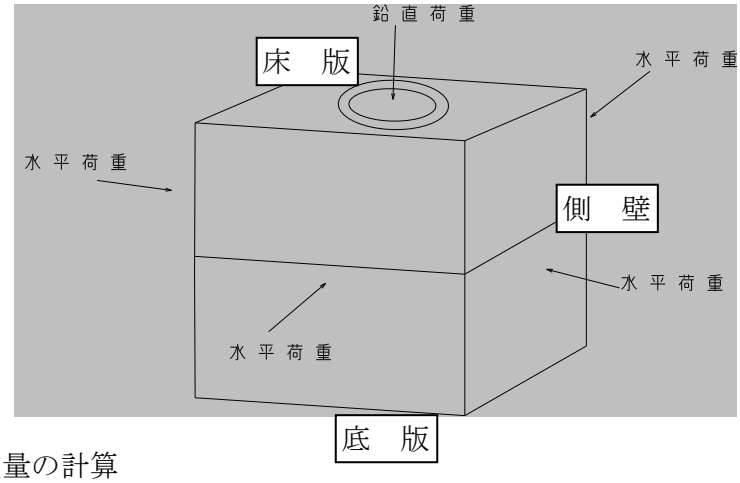
提出　令和　　年　　月　　日

カナフレックスコーポレーション株式会社

１．設計条件

奥行き(短辺方向)		X＝	900 mm	
横幅		Y＝	900 mm	
側壁高		Z＝	900 mm	
部材厚	床版	t_1＝	90 mm	
	底版	t_2＝	90 mm	
	側壁	t_3＝	70 mm	
嵩上げ高		h＝	100 mm	
蓋(開口部)の直径		D＝	600 mm	
蓋(コンクリートリング)の外径		D_1＝	860 mm	
蓋の重量		W_4＝	1.275 kN	
一輪荷重		T_W＝	50 kN	
衝撃係数		i＝	0.4	
埋戻土の単位体積重量		γ_s＝	19 kN/m^3	
鉄筋コンクリートの単位体積重量		γ_c＝	15 kN/m^3	
土圧係数		Ka＝	0.5	
コンクリートの設計基準強度		F_c＝	24 N/mm^2	
コンクリートの許容圧縮応力度		σ_{ca}＝	8 N/mm^2	(1/3Fc)
鉄筋の許容引張応力度		σ_{sa}＝	180 N/mm^2	
コンクリートの許容せん断応力度		τ_a＝	1 N/mm^2	
鉄筋とコンクリートの弾性係数比		n＝	15	鋼材弾性係数(Es=2.1×10^{5}N/mm^2) コンクリート弾性係数(Ec=1.4×10^{4}N/mm^2)





１-２　本体重量の計算

床版：W_1

$Lx \times Ly \times t_1 \times \gamma_c =$	1.460	
$-(\pi D^2/4 \times t_1 \times \gamma_c) =$	0.382	
	1.078	kN

埋戻し土：Wo

$Lx \times Ly \times h \times \gamma_s =$	2.055	
$-(\pi D_1^2/4 \times h \times \gamma_s) =$	1.103	
	0.952	kN

底版：W_2

$Lx \times Ly \times t_2 \times \gamma_c =$　1.460　kN

側壁：W_3

$(Lx \times Ly - X \times Y) \times Z \times \gamma_c =$　3.667　kN

蓋重量：W_4　1.275 kN

1）後輪１輪荷重T_Wは、「道路橋示方書・同解説」2.2荷重2.2.2活荷重に「道路構造令第35条の規定を受け、設計自動車荷重をT-25とし、これに大型の自動車の交通状況を勘案して活荷重を定めたものである。」とあり、また、「道路構造令の解説と運用」の表1-8車両の諸元に関する基準（「車両制限令」(昭和36年7月17日政令第265号最終改正　平成16年12月8日政令第387号)）より「重量　輪荷重は5t以下」より、50kNとします。

2）土圧係数Kaは、「道路示方書・同解説」2.2荷重2.2.6土圧に「静止土圧係数は土質や締固めの方法によって異なり0.4～0.7程度であると言われているが、通常の砂質土や粘性土(LL<50)に対しては、0.5程度と考えておくのが望ましい。」より0.5としました。

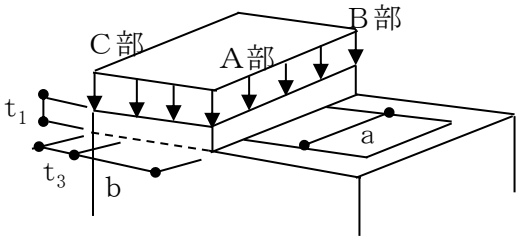
２．床版の計算

床版の検討は、床版の開口部の中心を自由端とした等分布荷重を受ける３辺固定、１辺自由版として曲げ強度の検討を行う。モーメントの算出は「土木学会構造力学公式集10.6(n)の等分布荷重を受ける３辺固定、１辺自由版のたわみ及びモーメントを使用します。（表2-1）

b＝　0.45

a＝　0.9

$$係数＝\frac{b}{a}＝0.5$$



0.6を採用

A部（中央部）　β_1=　0.0336　(x=0, y=b)（ｘ方向曲げモーメント係数）

B部（端部）　β_3=　0.0745　(x=a/2, y=b)（ｘ方向曲げモーメント係数）

C部（端部）　β_5=　0.0554　(x=0, y=b)（ｙ方向曲げモーメント係数）

表２－１　等分布荷重を受ける３辺固定、１辺自由板の曲げモーメントの係数

b/a	A部（中央部） (x=0, y=b)	B部（端部） (x=a/2, y=b)	C部（端部） (x=0, y=0)
	係数β_1	係数β_3	係数β_5
0.60	0.0336	-0.0745	-0.0554
0.70	0.0371	-0.0782	-0.0545
0.80	0.0401	-0.0812	-0.0535
0.90	0.0425	-0.0836	-0.0523
1.00	0.0444	-0.0853	-0.0510
1.25	0.0467	-0.0867	-0.0470
1.50	0.0454	-0.0842	-0.0418

２-１　荷重の計算

床版にかかる荷重は、鉛直荷重が床版上に等分布荷重としてかかるとして計算する。

鉛直荷重　$V_f = T_W \times (1 + i)$

$V_f =$　50　×（1＋　0.4）＝　70　kN

床版にかかる鉛直荷重による等分布荷重

$$W_{U1} = \frac{V_f}{X \times Y}$$

$$= \frac{70}{0.900 \times 0.900} = 86.42 \quad kN/m^2$$

床版にかかる等分布荷重

$$W_{U2} = \frac{Wo + W_1 + W_4}{Lx \times Ly}$$

$$= \frac{3.305}{1.040 \times 1.040} = 3.056 \quad kN/m^2$$

ここで　埋戻し土：Wo
　　床版：W_1
　　蓋重量：W_4

床版にかかる等分布荷重の合計

$W_U =$　$W_{U1} + W_{U2} =$　89.476 kN/㎡

2－2　曲げモーメントの計算

A部（中央部）曲げモーメント

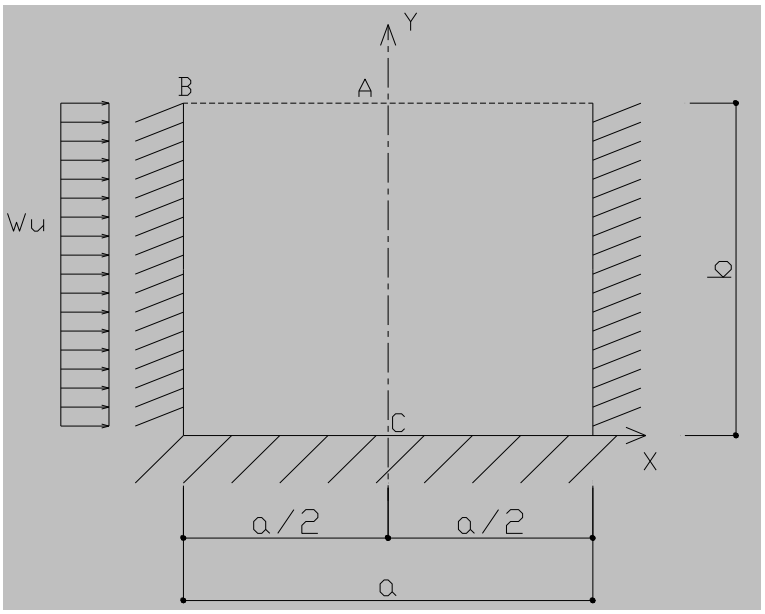
$$M_{U1} = \beta_1 \times W_U \times a^2 = 2.435 \text{ kN・m}$$

B部（端部）曲げモーメント

$$M_{U2} = \beta_3 \times W_U \times a^2 = 5.399 \text{ kN・m}$$

C部（端部）曲げモーメント

$$M_{U3} = \beta_5 \times W_U \times a^2 = 4.015 \text{ kN・m}$$



2－3　せん断力の計算

B部（端部）せん断力

$$S_{U1} = \frac{W_U \times a}{2} = 40.264 \quad \text{kN/m}$$

C部（端部）せん断力

$$S_{U2} = \frac{W_U \times b}{2} = 20.132 \quad \text{kN/m}$$

2-4　応力度の計算

$M_U =$　　$M \times b$

ここで、ｂはｂ$_1$、ｂ$_2$に示し、Mは上記計算値M_{U1}、M_{U2}の各種となる。
よってM_UはＡ部、Ｂ部の各種となる。

床版におけるX方向計算幅　ｂ$_1$＝ａ＝　　90 cm

床版におけるY方向計算幅　ｂ$_2$＝ｂ＝　　45 cm

蓋の部分の押し抜きせん断荷重

$M_U =$　$V_f =$　　70 kN

各部における鉄筋比

$$M_U = \frac{A_s}{b \times d}$$

ここで、ｂはｂ$_1$、ｂ$_2$に示し、Ａ$_s$は各部における鉄筋量となり、ｄは各部における有効高とする。

中立軸比　　$K = \sqrt{2 \times n \times p + (n \times p)^2} - n \times p$

ここで、コンクリートと鉄筋の弾性係数比　ｎ＝15

応力中心距離：　　$j = 1 - K/3$

コンクリート圧縮応力度：

$$\sigma_c = \frac{2 \times M_U}{K \times j \times b \times d^2}$$

鉄筋の引張応力度：

$$\sigma_s = \frac{M_U}{A_s \times j \times d}$$

コンクリートせん断応力度：

押し抜きせん断応力

$$\tau = \frac{S_U}{\pi \times D_1 \times d}$$

表２－３　床版の応力度計算結果

項目	A部(中央部)	B部(端部)	C部(端部)
b_1又はb_2　cm	45	45	90
d　cm	6	6	6
鉄筋径　D	13	13	13
断面積　cm^2	1.267	1.267	1.267
本数	2	3	6
A_s　cm^2	2.534	3.801	7.602
$M_{U1\sim3}$　kN・cm	243.5	539.9	401.5
M_U　kN・cm	109.6	243	361.4
$S_{U1\sim3}$　kN		40.264	20.132
S_U　kN	70	18.119	18.119
$P = A_s/(b \cdot d)$	0.009385	0.014078	0.014078
K	0.408	0.472	0.472
$j = 1 - K/3$	0.864	0.843	0.843
σ_c　N/mm^2	3.84	7.54	5.61
判定：$\sigma_{ca} = 8N/mm^2$	○	○	○
σ_s　N/mm^2	83.43	126.39	93.99
判定：$\sigma_{sa} = 180N/mm^2$	○	○	○
τ　N/mm^2	0.04	—	—
判定：$\tau_a = 1N/mm^2$	○	—	—

※押し抜きせん断応力

３．底版の計算

底版の検討は、等分布荷重を受ける周辺固定として計算を行います。

３－１　荷重の計算

底版にかかる荷重は、自重及び床版上の埋戻し土及び垂直荷重を考える。

本体による自重

$$\Sigma W = Wo + W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

$$= 8.432 \quad kN$$

ここで 埋戻し土：Wo
床版：W_1
底版：W_2
側壁：W_3
蓋重量：W_4

鉛直荷重 $V_f = T_W \times (1 + i)$

$$= 70.00 \quad kN$$

底版にかかる等分布荷重

$$W_L = \frac{\Sigma W + V_f}{Lx \times Ly}$$

$$= \frac{8.432 + 70.00}{1.040 \times 1.040} = 72.515 \quad kN/m^2$$

３－２　曲げモーメントの計算

矩形底版の短辺長さ　Ｌｘ＝　0.9 m
矩形底版の長辺長さ　Ｌｙ＝　0.9 m

矩形底版の短辺分担荷重

$$W_X = \frac{W_L \times Ly^4}{Lx^4 + Ly^4} = 36.258 \quad kN/m^2$$

短辺側端部曲げモーメント

$$M_{es} = \frac{Wx \times Lx^2}{12} = 2.447 \quad kN \cdot m$$

短辺側中央部曲げモーメント

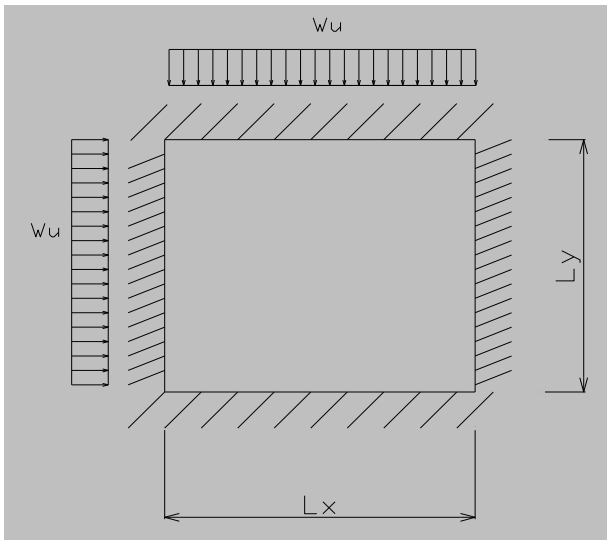
$$M_{cs} = \frac{Wx \times Lx^2}{18} = 1.632 \quad kN \cdot m$$

長辺側端部曲げモーメント

$$M_{e1} = \frac{W_L \times Lx^2}{24} = 2.447 \quad kN・m$$

長辺側中央部曲げモーメント

$$M_{c1} = \frac{W_L \times Lx^2}{36} = 1.632 \quad kN・m$$



３－３　せん断力の計算

短辺側端部せん断力

$$S_{L1} = \frac{W_L \times Ly}{2} = 32.632 \quad kN/m$$

長辺側端部せん断力

$$S_{L2} = \frac{W_L \times Lx}{2} = 32.632 \quad kN/m$$

3-4　応力度の計算

$M_h =$　　$M \times b$

ここで、bはb_3、b_4に示し、Mは上記計算値M_{es}、M_{cs}、M_{el}、M_{cl}の各種となる。
よってM_hは長辺（短辺方向）端部、中央部、短辺（長辺方向）端部、中央部の各種となる。

底版の計算幅長辺（短辺方向）側　$b_3 =$　90　cm
底版の計算幅短辺（長辺方向）側　$b_4 =$　90　cm

各部における鉄筋比

$$P = \frac{A_s}{b \times d}$$

ここで、bはb_3、b_4に示し、A_sは各部における鉄筋量となり、dは各部における有効高とする。

中立軸比　$K = \sqrt{2 \times n \times p + (n \times p)^2} - n \times p$

ここで、コンクリートと鉄筋の弾性係数比　$n = 15$

応力中心距離：　$j = 1 - K/3$

コンクリート圧縮応力度：　$\sigma_c = \dfrac{2 \times M_h}{K \times j \times b \times d^2}$

鉄筋の引張応力度：　$\sigma_s = \dfrac{M_h}{A_s \times j \times d}$

表３-３　底版の応力度計算結果

項目	長辺（短辺方向）		短辺（長辺方向）	
	端部	中央部	端部	中央部
b_3又はb_4　cm	90	90	90	90
d　cm	5	5	5	5
鉄筋径　D	13	13	13	13
断面積　cm^2	1.267	1.267	1.267	1.267
本数	4	4	4	4
A_s　cm^2	5.068	5.068	5.068	5.068
$M_{es\sim cl}$　kN・cm	244.7	163.2	244.7	163.2
M_h　kN・cm	220.2	146.9	220.2	146.9
S_{L1}, S_{L2}　kN	32.632	－	32.632	－
S　kN	29.3688	－	29.3688	－
$P=A_s/(b\cdot d)$	0.011262	0.011262	0.011262	0.011262
K	0.436	0.436	0.436	0.436
$j=1-K/3$	0.855	0.855	0.855	0.855
σ_c　N/mm^2	5.25	3.5	5.25	3.5
判定：$\sigma_{ca}=8N/mm^2$	○	○	○	○
σ_s　N/mm^2	101.64	67.8	101.64	67.8
判定：$\sigma_{sa}=180N/mm^2$	○	○	○	○

４．側壁の計算

側壁の検討は、水平荷重を受けるボックスラーメンとして計算を行います。

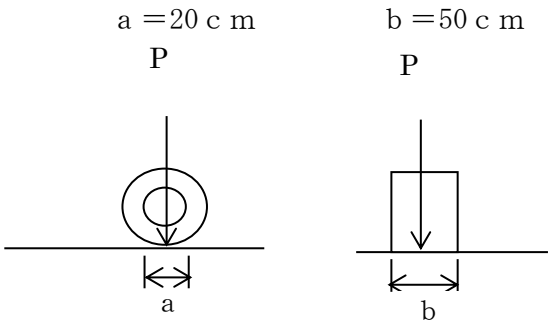
４－１　荷重の計算

水平荷重H_fは、次の計算になります。

$H_f = H_1 + H_2$　　ここで、H_1：土による水平土圧
H_2：後輪荷重による水平土圧

$H_1 = Ka \times \gamma_s \times h'$　　$h' = h + t_1 + Z/2$

$$H_2 = \frac{Ka \times T_W \times (1 + i)}{(a + 2 \times h') \times (b + 2 \times h')}$$



水平荷重は下図の様に深さh'によって検討します。

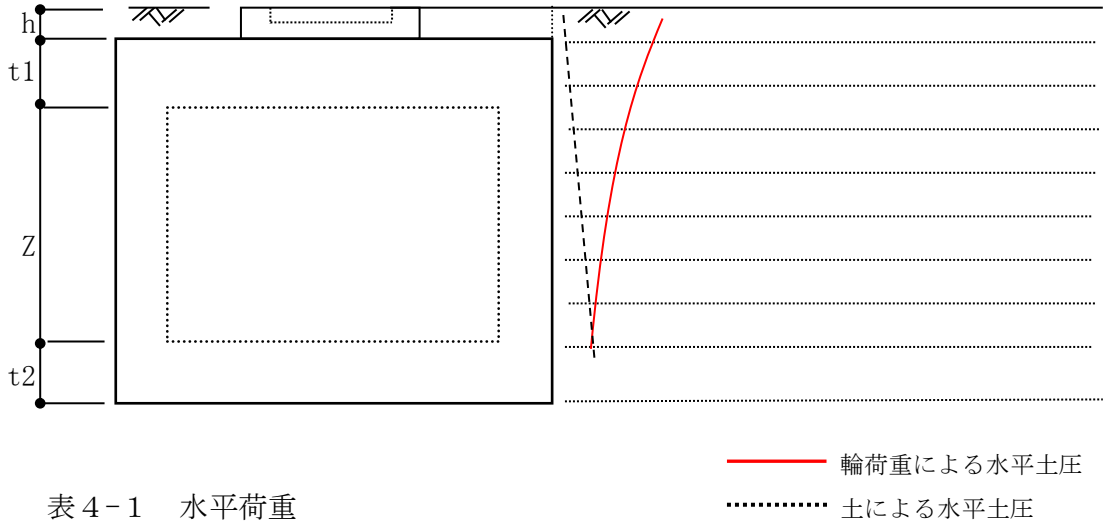
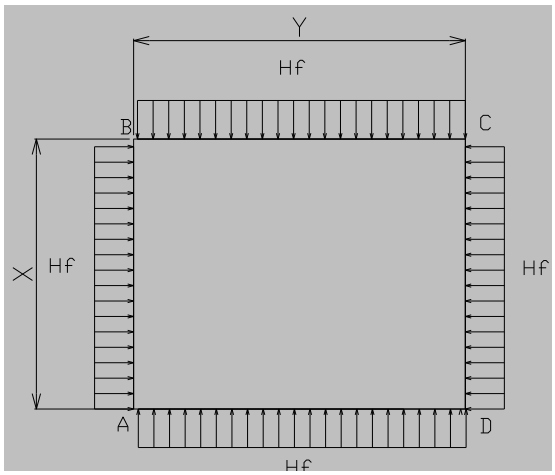


表４－１　水平荷重

Z	h'	H_1	H_2	H_f
0.9	0.64	6.08	13.286	19.366

最大水平荷重　　H_f ＝　19.366 kN/㎡

4-2　水平ボックスラーメンの計算



4-2-1　側壁Ｚの計算

(1)形状寸法

$x =$ 0.97 m

$y =$ 0.97 m

$H_f =$ 19.366 kN/㎡

(2)係数及び荷重項の計算

断面２次モーメント　　b_0 ：板の単位幅

ＢＣ断面　$I_1 = \dfrac{b_0 \times t_3^3}{12} = 2858.333\ cm^4$

ＡＤ断面　$I_2 = \dfrac{b_0 \times t_3^3}{12} = 2858.333\ cm^4$

ＡＢ断面　$I_3 = \dfrac{b_0 \times t_3^3}{12} = 2858.333\ cm^4$

$$\alpha = \frac{I_1 \times y}{I_3 \times x} = 1$$

$$\beta = \frac{I_2 \times y}{I_3 \times x} = 1$$

$N_1 = 2 + \alpha = 3$

$N_2 = 2 + \beta = 3$

荷重項の計算

$$C_{AD} = \frac{H_f \times x^2}{12} = 1.518\ kN \cdot m$$

$$C_{BC} = \frac{H_f \times x^2}{12} = 1.518\ kN \cdot m$$

$$C_{AB}=\frac{H_f\times y^2}{12}=1.518\ \text{kN・m}$$

$$C_{BA}=\frac{H_f\times y^2}{12}=1.518\ \text{kN・m}$$

未知数の計算

$$\theta_A=\frac{N_1\times(C_{AB}-C_{AD})-(C_{BC}-C_{BA})}{N_1\times N_2-1}=0.00\ \text{kN・m}$$

$$\theta_B=\frac{N_1\times(C_{BC}-C_{BA})-(C_{AB}-C_{AD})}{N_1\times N_2-1}=0.00\ \text{kN・m}$$

(3)曲げモーメント、せん断力の計算

端部曲げモーメントの計算

部材ＡＢのＡ点端モーメント

$M_{AB}=2\times\theta_A+\theta_B-C_{AB}=-1.52$ kN・m

部材ＡＤのＡ点端モーメント

$M_{AD}=\beta\times\theta_A+C_{AD}=1.52$ kN・m

部材ＢＡのＢ点端モーメント

$M_{BA}=2\times\theta_B+\theta_A+C_{BA}=1.52$ kN・m

部材ＡＤのＡ点端モーメント

$M_{BC}=\alpha\times\theta_B-C_{BC}=-1.52$ kN・m

各部材の曲げモーメント及びせん断力

部材ＡＢの計算

両端部のせん断力Ｓ及び反力Ｒの計算

$$S_A = \quad R_A = \frac{H_f \times y}{2} = 9.39 \quad kN$$

$$S_B = \quad -R_B = \frac{-Hf \times y}{2} = -9.39 \quad kN$$

中央部曲げモーメントの計算

$$M_{ABmax} = \frac{H_f \times y^2}{2} - \left| M_{AB} \right| = 0.76 \quad kN$$

部材ＢＣの計算

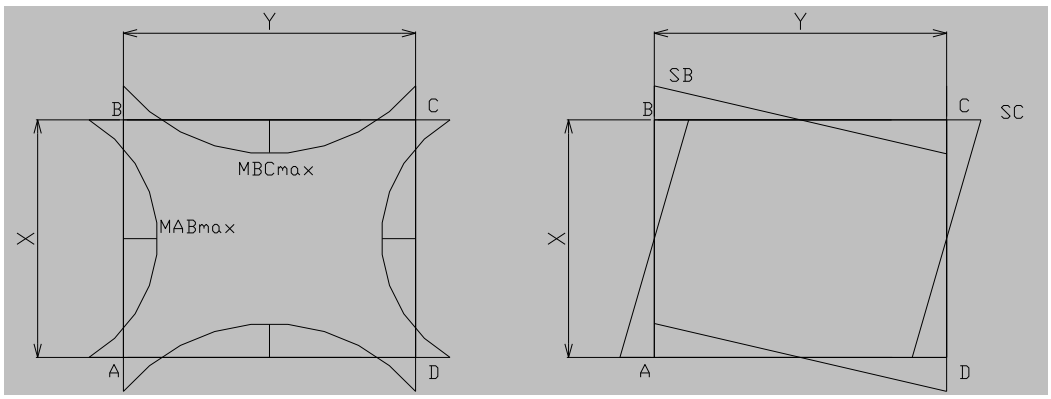
両端部のせん断力Ｓ及び反力Ｒの計算

$$S_B = \quad R_B = \frac{H_f \times x}{2} = 9.39 \quad kN$$

$$S_C = \quad -R_C = \frac{-Hf \times x}{2} \quad -9.39 \quad kN$$

中央部曲げモーメントの計算

$$M_{Bcmax} = \frac{H_f \times x^2}{8} - \left| M_{BC} \right| = 0.76 \quad kN・m$$



（4）　応力計算

偏心距離　$e = \dfrac{M}{N}$　　ここで、Mは上記計算値の各種となる

有効幅　$C = \dfrac{t_3}{2} - (t_3 - d)$

計算幅当りのモーメント

$M_s = N \times (e + C)$

$M_h = M_s \times b$　　ここで、ｂは下記ｂｓとなる。

側壁の計算幅（部材高）　　ｂｓ＝　　90 cm

各部における鉄筋比

$$P = \frac{A_s}{b \times d}$$

ここで、ｂはb_1、b_2に示し、A_sは各部における鉄筋量となり、ｄは各部における有効高とする。

中立軸比　$K = \sqrt{2 \times n \times p + (n \times p)^2} - n \times p$

ここで、コンクリートと鉄筋の弾性係数比　n=15

応力中心距離：　$j = 1 - K/3$

コンクリート圧縮応力度：　$\sigma_c = \dfrac{2 \times M_U}{K \times j \times b \times d^2}$

鉄筋の引張応力度：　$\sigma_s = \dfrac{M_U}{A_s \times j \times d}$

表４-２　側壁の応力度計算結果（m当り）

項目	長辺（短辺方向）		短辺（長辺方向）	
	端部	中央部	端部	中央部
ｂｓ　cm	90	90	90	90
d　cm	4	4	4	4
鉄筋径　D	10	10	10	10
断面積　cm^2	0.7133	0.7133	0.7133	0.7133
本数	4	4	4	4
A_s　cm^2	2.8532	2.8532	2.8532	2.8532
M　kN・cm	152	76	152	76
S　kN	9.39	0	9.39	0
N　kN	9.39	9.39	9.39	9.39
e　cm	16.2	8.1	16.2	8.1
C　cm	0.5	0.5	0.5	0.5
M_s　kN・cm	156.8	80.8	156.8	80.8
M_h　kN・cm	136.8	68.4	136.8	68.4
$P=A_s/(b \cdot d)$	0.00793	0.00793	0.00793	0.00793
K	0.383	0.383	0.383	0.383
$j=1-K/3$	0.872	0.872	0.872	0.872
σ_c　N/mm^2	5.69	2.84	5.69	2.84
判定：$\sigma_{ca}=8N/mm^2$	○	○	○	○
σ_s　N/mm^2	137.46	68.73	137.46	68.73
判定：$\sigma_{sa}=180N/mm^2$	○	○	○	○

5．結論

以上の計算結果より、床版、底版、側壁ともにコンクリートの許容圧縮応力度、許容せん断応力度、鉄筋の許容引張り応力度に対して満足している。（安全である。）

参考文献　　※一部抜粋

道路橋示方書・同解説　　【（社）日本道路協会】
共同溝設計指針　　【（社）日本道路協会】
構造力学公式集　　【（社）土木学会】
コンクリート標準示方書　　【（社）土木学会】