

委託名称：鹿沼市庁舎本館・新館・東館耐震診断業務

施設名称：鹿沼市庁舎本館 本館棟

耐震診断業務報告書 (概要版)

平成24年 2月

株式会社 荒井設計

診断結果の概要

対象施設	施設名 鹿沼市庁舎本館 本館棟 付属棟		所在地 栃木県鹿沼市今宮町1688-1							
	建設年次 本館：昭和33年 付属棟：昭和55年		規模・面積 本館：RC造 地下1階 地上3階建 塔屋付 延床面積 2992.89 m ² 付属棟：鉄骨造 平屋建 延床面積 148.20 m ²							
	資料 意匠図及び構造図									
建物の特徴	建物の特徴 <ul style="list-style-type: none"> 本館は昭和33年に建設されたRC造3階建ての庁舎建物で、経過年数は54年である。 付属棟は、昭和55年に中庭部分に設けられた市民ホール部分となり、経過年数は32年である。 平面形状は1階は整形であるが、地階及び2・3階は東西に長い形となっている。又、北側に議会棟、西側に増築棟及び新館がエキスパンションジョイントを介して建築されている。 柱配置はX方向、Y方向とも均等に配置され、主要な柱形状は、Dx・Dy=750*500及び500*500である。 									
	構造的特徴 <ul style="list-style-type: none"> 基礎は地下部分が直接基礎となり、推定地耐力は300KN/m²である。平屋部分は杭基礎で杭径は200φ、支持力は150KN/本となっている。 柱主筋は25φ～16φが使われ、帯筋は各階とも9φ@250となっている。又、帯筋の末端は90°フックとなっている。 X方向において、全般に曲げ柱が多く、一部にせん断柱が混在する。耐力壁が偏在するため下階壁抜け柱となる部分があるが、圧壊のおそれはない。 Y方向においても、全般に曲げ柱が多く、一部にせん断柱が混在する。耐力壁が偏在するため下階壁抜け柱となる部分があるが、圧壊のおそれはない。 									
コンクリート	試験方法	1階	2階	3階	\bar{X}	σ_{n-1}	n	設計基準強度	15N/mm ²	
	コアによる強度	S33	31.6	26.8	29.7	31.0	4.3	9	診断採用強度	1F:18 2F:18 3F:18
	中性化	$\bar{p} = 0.15$	現地調査の結果、かぶり厚さが少ない箇所があるが、発錆が主筋に及んでいないので全体の平均値から判断した結果、耐久性は良いと思われる。							
診断の方法	診断の方針 <ul style="list-style-type: none"> 診断は第二次診断、判定値は0.75とし、これに不足する場合に補強をする。 地階及び塔屋は一次診断とし、判定値は1.00とする。 設計図書を基本とするが現状を優先させる。 本診断建物のコンクリート強度は1階、2階、3階においてそれぞれ、18N/mm²、18N/mm²、18N/mm²とした。 X、Y方向とも計算ソフトによる解析結果を用いた。 									
	使用ソフト 「株式会社構造システム社製」 データ入力・準備計算： BUS-5(RC/SRC/S造建築物の一貫構造計算 Ver.1.0.4.4) 耐震2次診断： DOC-RC/SRC(RC/SRC造建築物の1次・2次耐震診断 Ver.8.0.4.4) 評価番号： P評価11-RC									
	主な計算仮定 <ul style="list-style-type: none"> Fc=18N/mm²(1階)、Fc=18N/mm²(2階)、Fc=18N/mm²(3階)、Fc=15N/mm²(地階・塔屋) SR235:σy=294N/mm² S D値及び階位置補正：1/Fes及び1/Aiによる。 降伏ヒンジ位置は柱、梁、壁のフェイス位置とした。 その他は計算ソフトによる。 									
診断結果 I _{so} =0.75	方向	階	地階 I _{so} =1.0	1階	2階	3階	塔屋 I _{so} =1.0	備考		
	X(左)	I _s	1.97	0.33	1.67	3.75	0.99	×		
		CT・SD	2.19	0.37	1.86	4.16	1.10			
Y(左)	I _s	2.46	0.57	1.10	2.21	1.24	○			
	CT・SD	2.74	0.63	1.22	2.46	1.38				
<ul style="list-style-type: none"> 本診断建物のX方向及びY方向に於けるS_o指標の値は、エキスパンションジョイントによる低減となった。又、X方向1階は剛性率、Y方向1階は偏心率による低減となった。 構造亀裂、変形、変質、老朽化のT指標は、T=0.90とした。 X方向及びY方向の1階において、判定値を下回っているため、補強の必要がある。 塔屋部分のX方向において判定値を下回っているため、補強の必要がある。 煙突及び玄関庇において、曲げ耐力が不足しているためカットまたは補強の必要がある。 市民ホールの鉄骨梁接合部が脱落の恐れがあるため補強の必要がある。 										

補強計画の総括

施設名	施設名 鹿沼市庁舎本館 本館棟 付属棟					建設年次 本館：昭和33年 付属棟：昭和55年						
使用鉄筋	柱主筋 25φ～16φ					帯筋・ピッチ 1階～3階：9φ@250						
躯体の強度 (N/mm ²)	建設	コア強度			標準偏差		設計強度		採用強度			品質
	S33	1階：34.4 N/mm ² 2階：27.7 N/mm ² 3階：31.0 N/mm ²			1階：5.6 2階：1.8 3階：2.5		15		1階：18 N/mm ² 2階：18 N/mm ² 3階：18 N/mm ²			良
診断結果	方向	階	地階	1階		2階		3階		塔屋		
	X	I s	1.97	○	0.33	×	1.67	○	3.75	○	0.99	×
		CTSD	2.19		0.37		1.86		4.16		1.10	
	Y	I s	2.46	○	0.57	×	1.10	○	2.21	○	1.24	○
		CTSD	2.74		0.63		1.22		2.46		1.38	
	補強計画	補強設計、隣接建物など 補強方法として、耐力の向上を図るため、X方向の1階及びY方向の1階において枠付鉄骨ブレースの増設を行うこととした。										
補強数量	方向	補強工法	地階	1階	2階	3階	塔屋	計				
	X	SW 枠付鉄骨ブレース増設	—	8	—	—	—	8				
		K 既存開口部の改修	—	—	—	—	—	1	1			
	Y	SW 枠付鉄骨ブレース増設	—	3	—	—	—	3				
		全体	玄関庇及び片持梁のカット	—	1	—	—	—	1			
			煙突のカット	—	—	—	—	1	1			
		鉄骨梁接合部の脱落防止(柱頭部共)	—	—	11	—	—	11				
補強後	方向	階	地階 I _{so} =1.0	1階		2階		3階		塔屋 I _{so} =1.0		
	X	I s	1.97	○	0.80	○	1.67	○	3.74	○	2.45	○
		CTSD	2.19		0.89		1.86		4.16		2.73	
	Y	I s	2.46	○	0.89	○	1.10	○	2.21	○	1.24	○
		CTSD	2.74		0.99		1.22		2.46		1.38	
	備考	この補強においてT指標は診断時の値を用いることとし、補強後のI _s 値を求めた。 又、補強により1階のSD指標(剛性率・偏心率)が改善された。 この結果、X方向の1階から3階のI _s 値はそれぞれ 0.80、1.67、3.74 となり、 Y方向の1階から3階のI _s 値はそれぞれ 0.89、1.10、2.21 となり、判定値であるI _{so} 値=0.75を上回る結果となった。										

目 次

診断結果の概要

補強計画の概要

1. 建物一般事項

1) 建物概要	-----	1
2) 配置図・平面図・立面図	-----	2

2. 現地調査

1) 強度測定結果	-----	12
2) 中性化試験結果	-----	14

3. 耐震診断

1) 耐震診断の方針	-----	16
2) 解析仮定	-----	17
3) I s 値の一覧	-----	21
4) 地階（一次診断による I s 値）	-----	22
5) 塔屋（一次診断による I s 値）	-----	24
6) 診断結果の総括	-----	25

4. 補強提案

1) 補強案の検討	-----	26
2) 補強後の I s 値	-----	27
3) 補強位置図	-----	28
4) 概算工事費	-----	34

1. 建物一般事項

1) 建物概要

1) 名称等

建築物	名称	鹿沼市庁舎本館	本館棟	付属棟
	所在地	栃木県鹿沼市今宮町1688-1		
	用途	庁舎		
設計者	名称	(株)志村建築設計事務所		
	住所	東京都中央区日本橋		
	設計年月日	本館：昭和32年5月	付属棟：昭和54年3月	
施工者	名称	本館：島藤建設(株)	付属棟：佐野屋建設(株)	
	住所	本館：不明	付属棟：栃木県鹿沼市	
	竣工年月日	本館：昭和33年4月	付属棟：昭和55年3月	

2) 建築規模等

調査建物	本館	： 鉄筋コンクリート造	地下1階	地上3階建	塔屋付
				延床面積	2992.89 m ²
	付属棟	： 鉄骨造	平屋建	延床面積	148.20 m ²

建物の特徴

- ・ 本館は昭和33年に建設されたRC造3階建ての庁舎建物で、経過年数は54年である。付属棟は、昭和55年に中庭部分に設けられた市民ホール部分となり、経過年数は32年である。
- ・ 平面形状は1階は整形であるが、地階及び2・3階は東西に長い形となっている。又、北側に議会棟、西側に増築棟及び新館がエキスパンションジョイントを介して建築されている。
- ・ 屋上は陸屋根で塔屋及び煙突が付属している。又、1階の屋根は屋上緑化としている。
- ・ 柱配置はX方向、Y方向とも均等に配置され、主要な柱形状は、Dx・Dy=750*500及び500*500である。

構造的特徴

- ・ 基礎は地下部分が直接基礎となり、推定地耐力は300KN/m²である。平屋部分は杭基礎で杭径は200φ、支持力は150KN/本となっている。
- ・ 柱主筋は25φ～16φが使われ、帯筋は各階とも9φ@250となっている。又、帯筋の末端は90°フックとなっている。
- ・ X方向において、全般に曲げ柱が多く、一部にせん断柱が混在する。耐力壁が偏在するため下階壁抜け柱となる部分があるが、圧壊のおそれはない。
- ・ Y方向においても、全般に曲げ柱が多く、一部にせん断柱が混在する。耐力壁が偏在するため下階壁抜け柱となる部分があるが、圧壊のおそれはない。

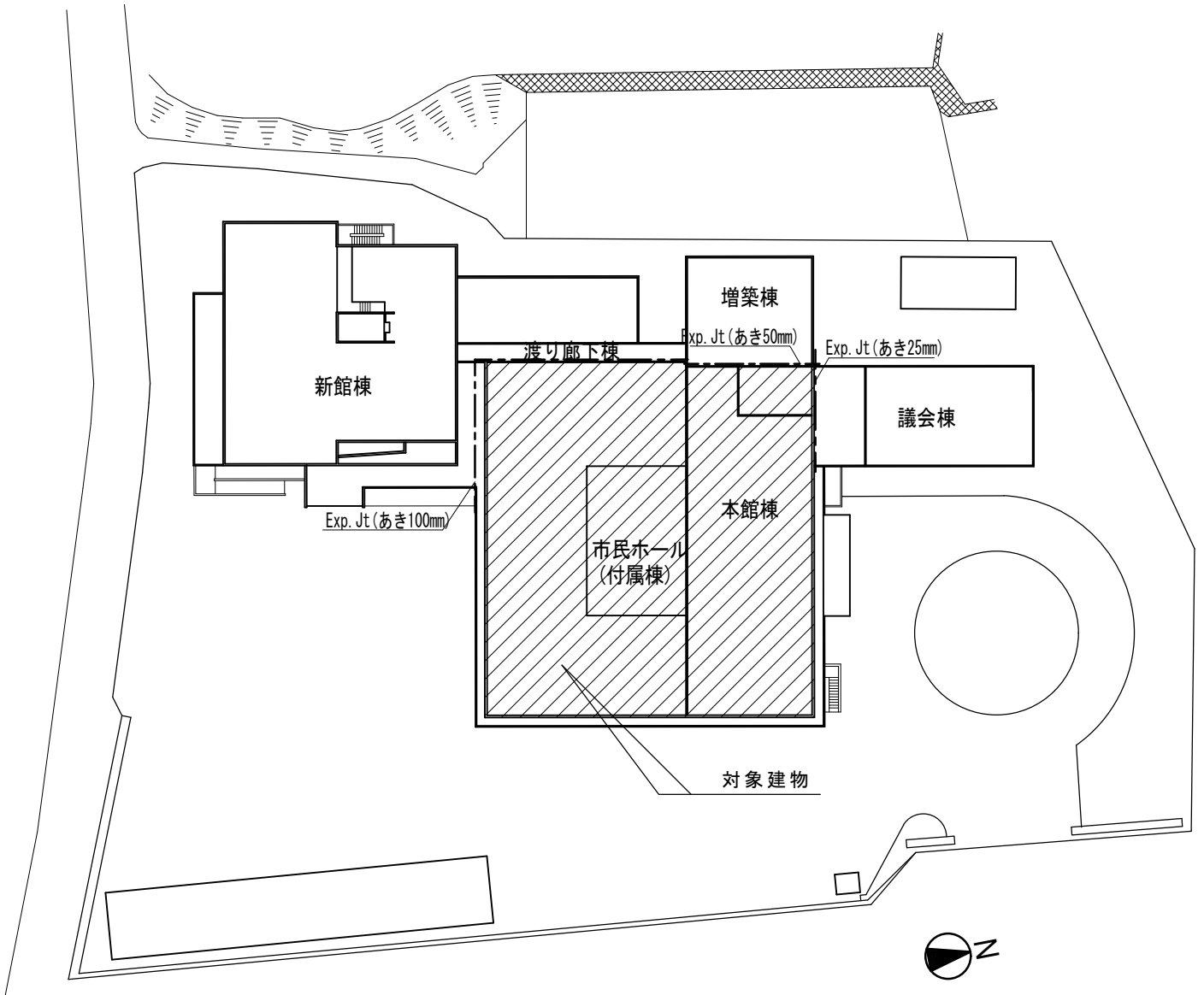
階	B1	1	2	3	塔屋	計(平均)
面積(m ²)	517.86	1467.85	517.86	517.86	44.82	3066.25
重量(KN)	8340.7	16336.8	6350.4	6161.1	482.4	37671.4
単位面積重量(KN/m ²)	16.11	11.13	12.26	11.90	10.76	12.29

※面積は庇等を含む。

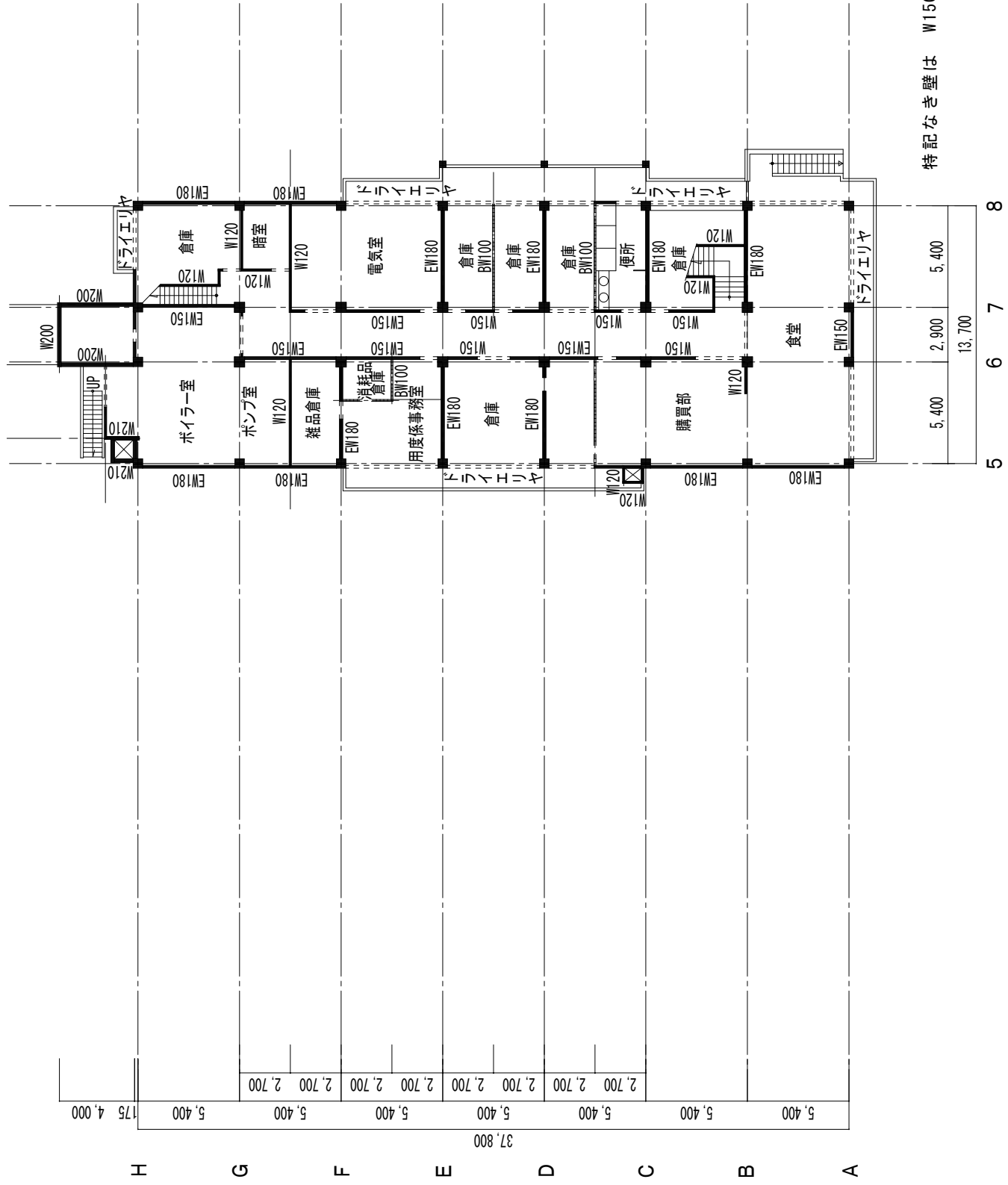
3) 設計図書の有無

意匠図	： 有	構造図	： 有
構造計算書	： 無	地質調査資料	： 無

2) 配置図・平面図・立面図

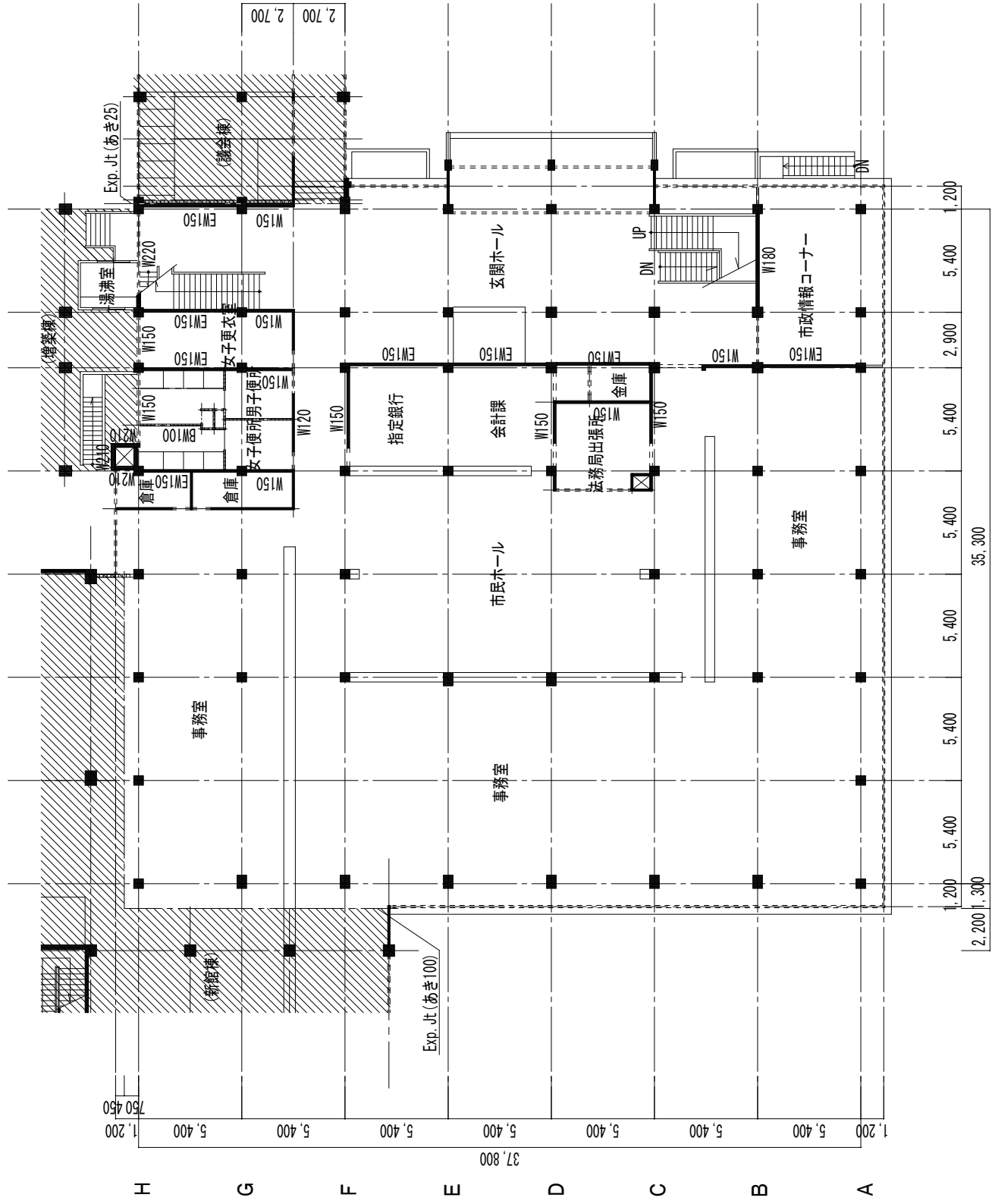


配置図 S=1:700

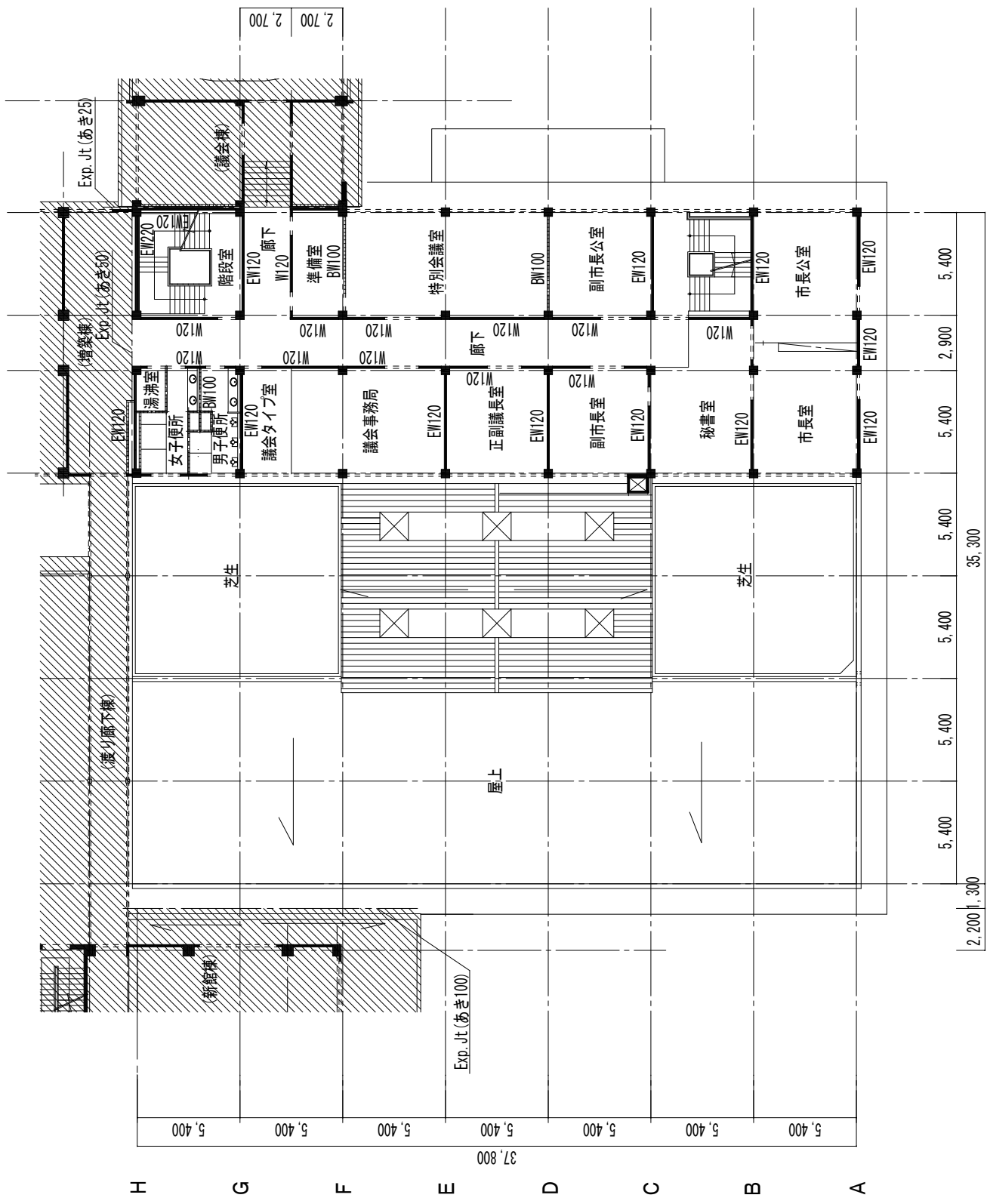


本館棟 地階平面図 1 : 300

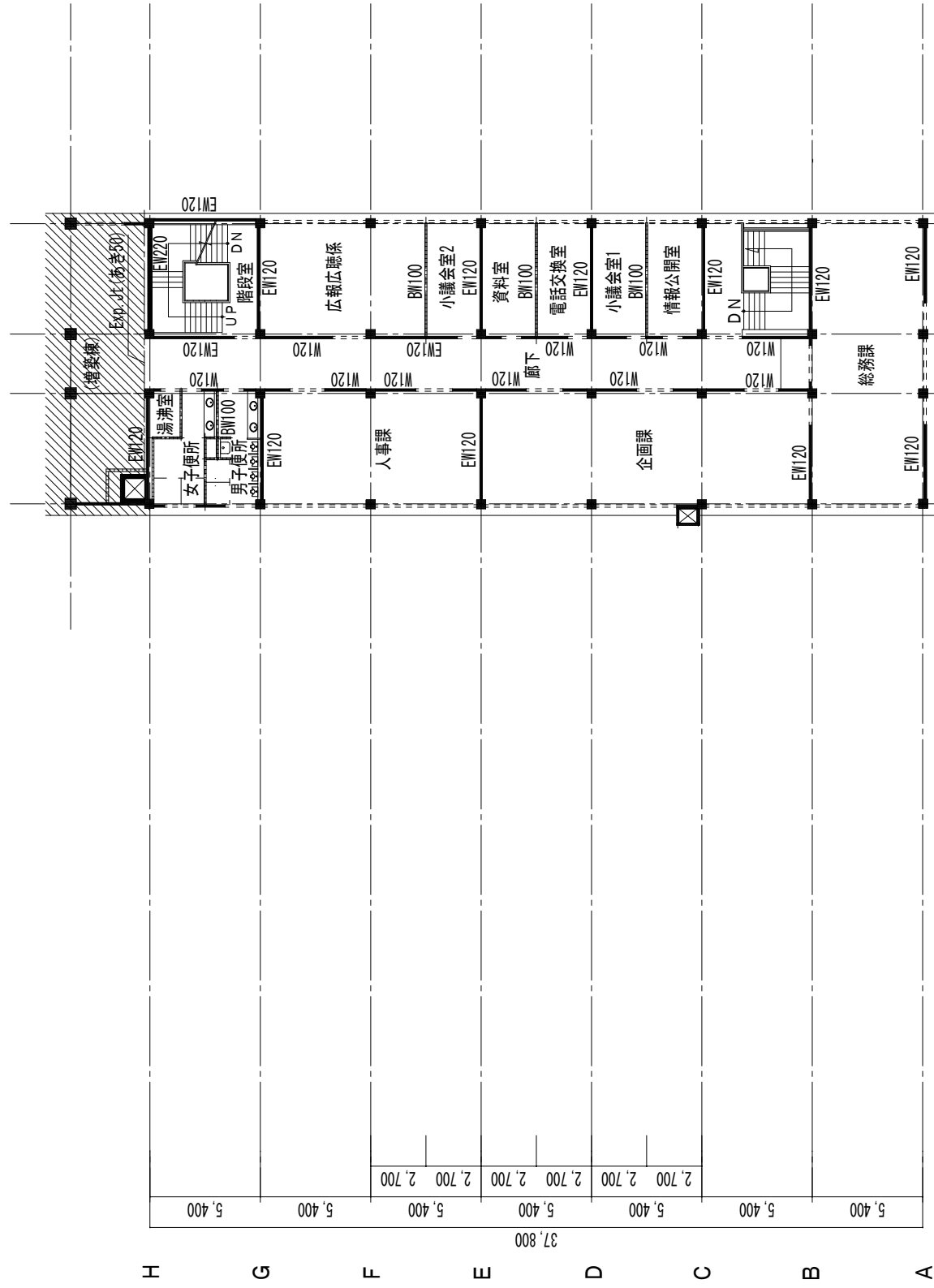
特記なき壁は W150 とする。



本館棟 1階平面図 1 : 300 特記なき壁は W120 とする。

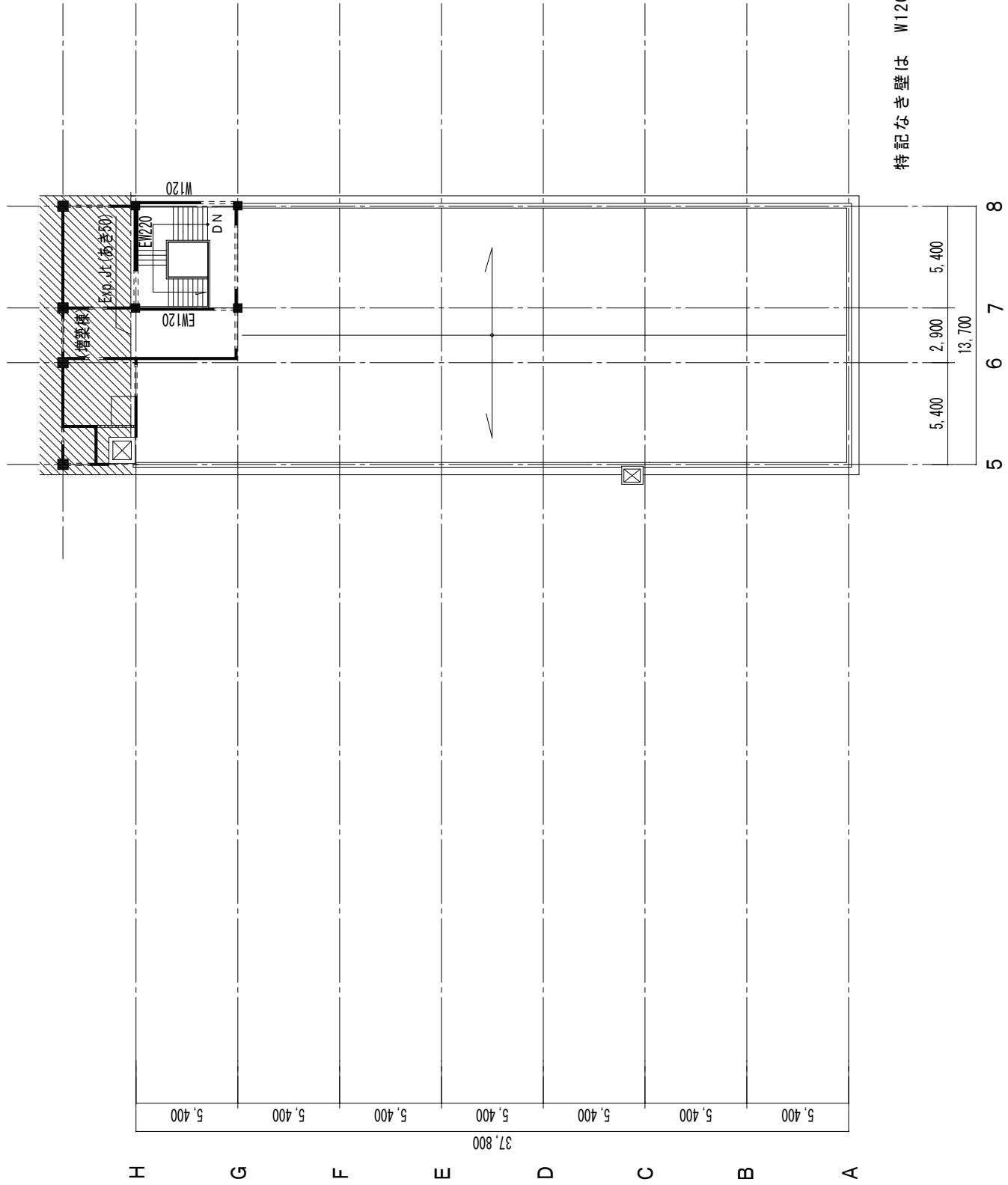


2 本館棟 2階平面図 1 : 300 特記なき壁は W120 とする。



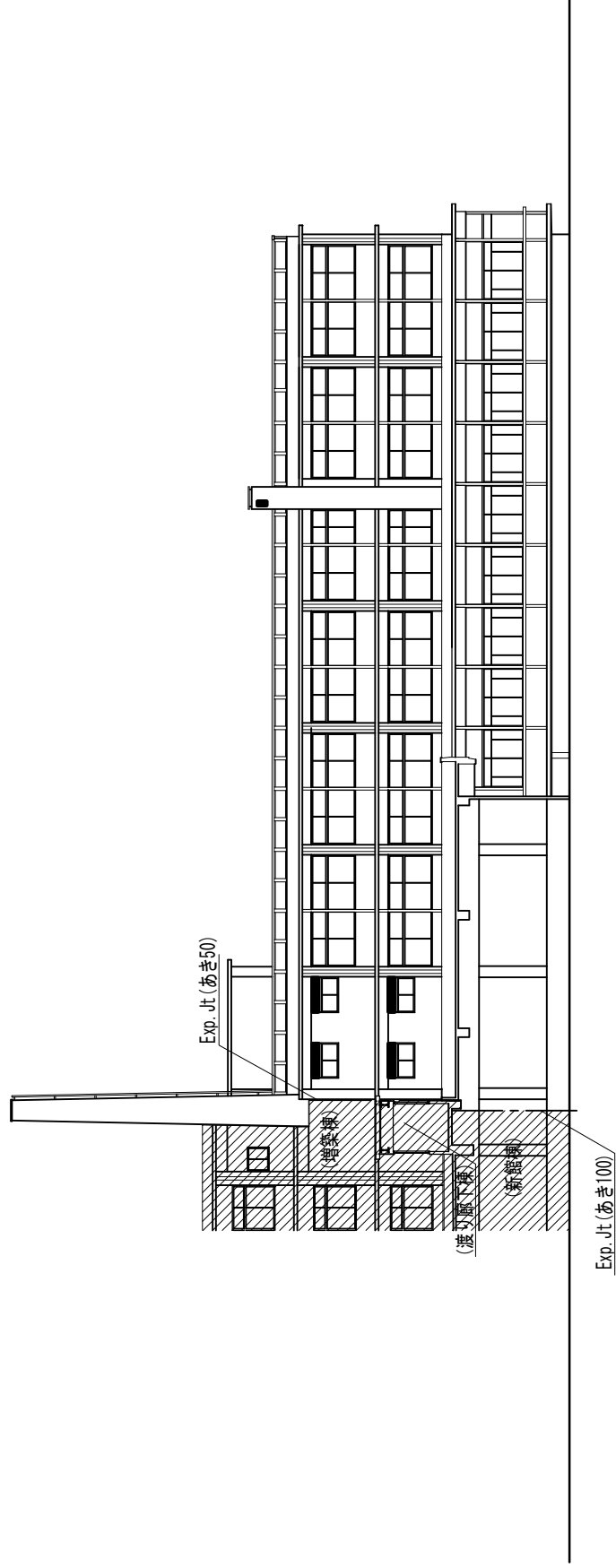
特記なき壁は W120 とする。

本館棟 3階平面図 1 : 300

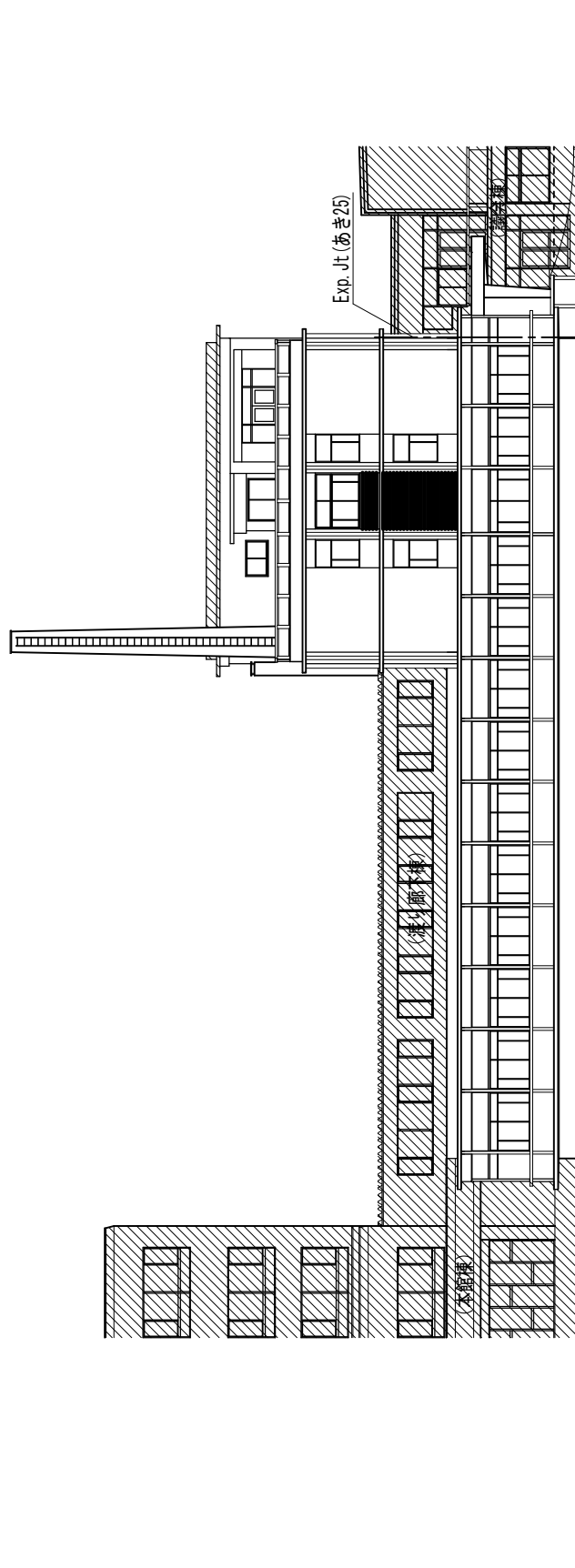


本館棟 R階平面図 1 : 300

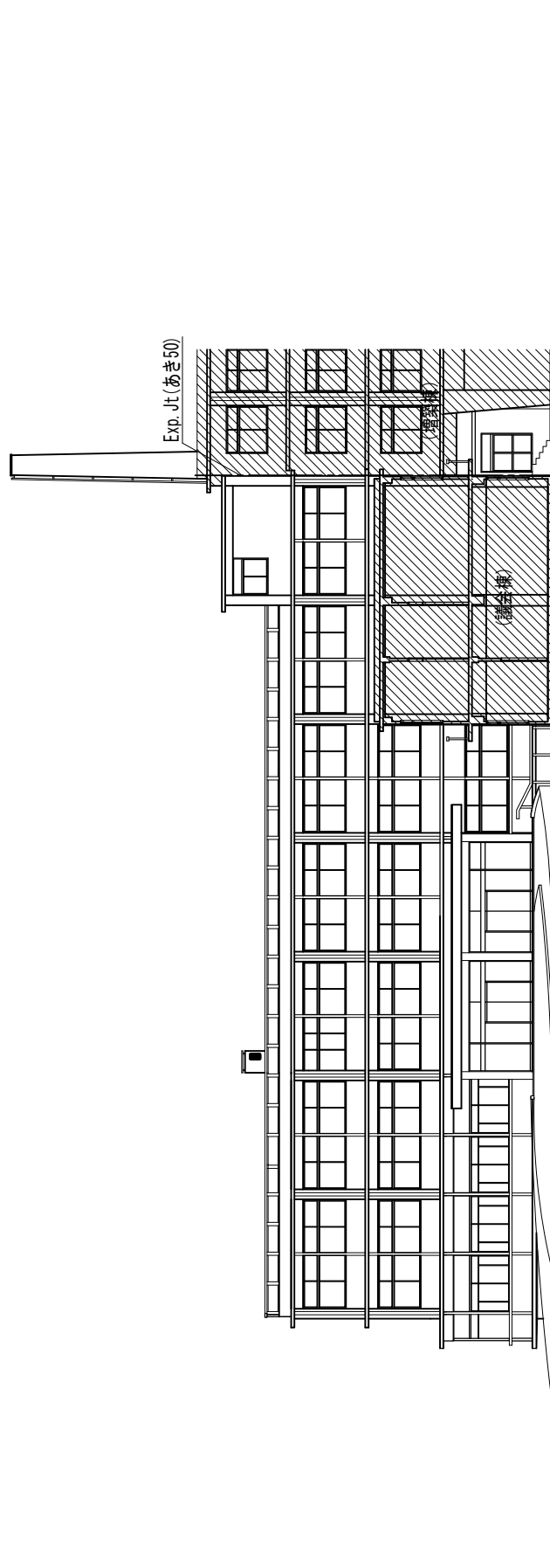
特記なき壁は W120 とする。



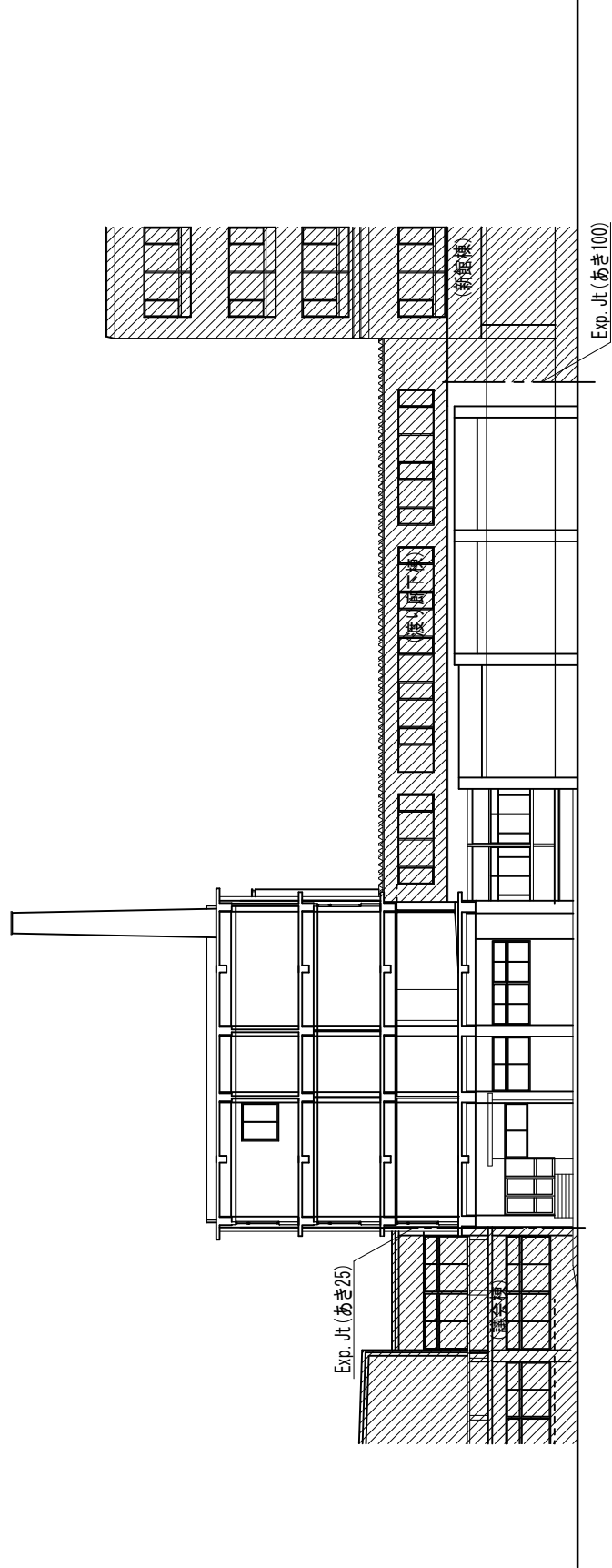
本館 南立面図 S = 1 : 300



本館 東立面図 S = 1 : 300



本館 北立面図 S = 1 : 300



本館 西立面図 S = 1 : 300

2. 現地調査

1) 強度測定結果

コンクリート強度はコンクリートコアによる強度について行われ、コンクリートコアによる測定は各階ともに3箇所ずつ行われた。コンクリートコアによる強度の測定結果は、下表の通りである。

テストピースによるコンクリート圧縮強度(N/mm ²)			
昭和33年建設			
3階	28.9	N/mm ²	x = 31.0
	30.3	N/mm ²	σ = 2.5
	33.7	N/mm ²	σB = 29.7
2階	29.3	N/mm ²	x = 27.7
	25.7	N/mm ²	σ = 1.8
	28.0	N/mm ²	σB = 26.8
1階	29.4	N/mm ²	x = 34.4
	40.5	N/mm ²	σ = 5.6
	33.4	N/mm ²	σB = 31.6
平均	個別		平均値
	x =	31.0	x = 31.0
	σ =	4.3	σ = 3.3
	n =	9	n = 3

$$\begin{aligned} \text{平均 } X &= 31.0 \text{ N/mm}^2 \\ \text{標準偏差 } \sigma_{n-1} &= 4.3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

コンクリートコアによるコンクリート強度は、
 $X - \sigma_{n-1}/2 = 28.87 \text{ N/mm}^2$ となった。

設計基準強度は、竣工年次より、 $F_c = 15 \text{ N/mm}^2$ とする。
 各階の採用コンクリート強度は、3階 18 N/mm^2
 2階 18 N/mm^2
 1階 18 N/mm^2 とする。

資料番号	年次	階	採取位置	直径(mm)	高さ(mm)		重さ(g)	嵩比重(kN/m ³)	コンクリート強度
C-1-1-1	S.33	1	壁	103.2	125.5	(132)	2422	22.61	29.4
C-1-1-2	S.33	1	壁	103.2	114.6	(121)	2224	22.74	40.5
C-1-1-3	S.33	1	壁	103.2	114.3	(116)	2232	22.88	33.4
C-1-2-1	S.33	2	壁	103.0	115.8	(110)	2281	23.17	29.3
C-1-2-2	S.33	2	壁	103.0	125.6	(129)	2407	22.54	25.7
C-1-2-3	S.33	2	壁	103.0	107.9	(109)	2095	22.83	28.0
C-1-3-1	S.33	3	壁	103.0	109.9	(115)	2117	22.66	28.9
C-1-3-2	S.33	3	壁	103.0	118.4	(127)	2325	23.10	30.3
C-1-3-3	S.33	3	壁	103.0	119.6	(125)	2331	22.92	33.7
								22.83	31.0

()はカット前の高さ

診断採用強度の決定

工期別	年次	F _c	設計基準強度以下の実測値	不良率	平均値	$X-1/2\sigma_{n-1} \rightarrow X_{1/2}$	採用強度
	S.33	21			31.0	$31-4.3/2=28.87$	1階 18
							2階 18
							3階 18

注) $X-1/2\sigma_{n-1} \rightarrow X_{1/2}$ 欄にはX及び σ_{n-1} の値を示してある。

2) 中性化試験結果

測定箇所	H-1-1-1		H-1-1-2		H-1-2-1		H-1-2-2		備考
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
位置	1階 柱		1階 柱		2階 柱		2階 柱		
測定高さ (mm)	FL+ 910		FL+ 670		FL+ 850		FL+ 580		
仕上げ	モルタル下地 VP仕上		モルタル下地 VP仕上		モルタル下地 VP仕上		モルタル下地 VP仕上		
かぶり厚さ (cm)	7.2	4.3	6.8	3.5	2.0	2.4	2.6	4.8	
中性化深さ (cm)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	2.8	0.0	0.0	
中性化係数	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.38	0.00	0.00	
	0.00		0.00		0.38		0.00		
中性化 残余年数 (年)	充分	充分	充分	充分	72.4	0.0	充分	充分	
	充分		充分		0.0		充分		
備考									

(注) 中性化係数: $\nu = \frac{n}{\sqrt{x}}$ 中性化残余年数: $L = \left(\frac{x}{\nu}\right)^2 - t$

また、t: 経過年数(年) n: 中性化深さ(cm) x: かぶり厚さ(cm)
(t = 53 年)

(注) 中性化係数はX, Y方向のうちの大きいものとする。

(注) 中性化残余年数はX, Y方向のうちの小さいものとする。

(注) 中性化残余年数は100年以上を充分と表記した。また、 $n > x$ の場合は、現在鉄筋にほとんど錆が認められない場合でも、これを0と表記した。

$\bar{\nu} = 0.15$ $\bar{\nu}$: 中性化係数平均値

ランク	中性化係数 ν	推定耐用年数	評 価
I	0.5以上	35年以下	耐久性は悪い。
II	0.5~0.4	35~55年	耐久性はやや低い。
III	0.4~0.3	55~100年	耐久性は適正である。
IV	0.3未満	約100年	耐久性は良好である。

※ 推定耐用年数は標準的なかぶり厚さの場合を示す。

※ 残余年数は耐用年数から経過年数を差し引いて求めた値である。

測定箇所	H-1-3-1		H-1-3-2		X	Y	X	Y	備考
	X	Y	X	Y					
位置	3階 柱		3階 柱						
測定高さ (mm)	FL+ 590		FL+ 785						
仕上げ	モルタル下地 VP仕上		モルタル下地 VP仕上						
かぶり厚さ (cm)	1.4	4.4	4.1	4.2					
中性化深さ (cm)	1.7	0.3	0.5	2.0					
中性化係数	0.23	0.04	0.07	0.27					
	0.23		0.27						
中性化 残余年数 (年)	0.0	充分	充分	充分					
	0.0		充分						
備考									

(注) 中性化係数 : $\nu = \frac{n}{\sqrt{t}}$ 中性化残余年数 : $L = \left(\frac{x}{\nu}\right)^2 - t$

また、t : 経過年数(年) n : 中性化深さ(cm) x : かぶり厚さ(cm)
(t = 53 年)

(注) 中性化係数はX, Y方向のうちの大きいものとする。

(注) 中性化残余年数はX, Y方向のうちの小さいものとする。

(注) 中性化残余年数は100年以上を充分と表記した。また、 $n > x$ の場合は、
現在鉄筋にほとんど錆が認められない場合でも、これを0と表記した。

$\bar{\nu} = 0.15$ $\bar{\nu}$: 中性化係数平均値

ランク	中性化係数 ν	推定耐用年数	評 価
I	0.5以上	35年以下	耐久性は悪い。
II	0.5~0.4	35~55年	耐久性はやや低い。
III	0.4~0.3	55~100年	耐久性は適正である。
IV	0.3未満	約100年	耐久性は良好である。

※ 推定耐用年数は標準的なかぶり厚さの場合を示す。

※ 残余年数は耐用年数から経過年数を差し引いて求めた値である。

3 . 耐震診断

1) 耐震診断の方針

- (1) 診断の回数
第2次診断により診断を行った。
※ 診断は、(財)日本建築防災協会『2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準』に準拠して行う。
- (2) 判定値
判定値は $I_{so}=0.75$ とした。又、CTSD=0.375 とした。
- (3) 資料
資料としては、設計図書（意匠図、構造図）が利用できた。
構造計算書は入手できなかった。
- (4) 現況
現地調査結果に基づいて、現況と図面を照合した結果、概ね図面通りであった。
- (5) コンクリート強度
コンクリート設計基準強度は、設計図書に記載がなかったため竣工年次より 15 N/mm^2 とした。
本建物において、コンクリートコア強度測定結果によるコンクリート強度は、9本中全てで設計基準強度 15 N/mm^2 を上回っている。
よって診断採用強度は、1階から3階を設計基準強度の1.25倍の 18 N/mm^2 を採用した。
地階、塔屋は強度測定を行っていないので 15 N/mm^2 とした。
(測定強度が設計基準強度を上回っている場合は、原則として設計基準強度の1.25倍程度かつ 30 N/mm^2 を超えない範囲で、診断強度として測定強度を使ってもよい。)
- (6) 使用ソフト
診断は(株)構造システム社製の計算ソフトを用いた。
データ入力・準備計算 : BUS-5(RC/SRC/S造建築物の一貫構造計算 Ver.1.0.4.4)
耐震2次診断 : DOC-RC/SRC(RC/SRC造建築物の1次・2次耐震診断 Ver.8.0.4.4)
評価番号 : P評価11-改1-RC
- (7) 準備計算
構造計算書がないため、次の手順で準備計算を行った。
①設計図書を基に床の仕上げ重量を手計算により算定した。
②計算ソフト『BUS-5』により仕上げ重量を加味し、柱の長期軸力を算定した。
③上記同様に、建物重量を算定した。

2) 解析仮定

(1) 使用構造部材の種類及び強度

使用構造部材 (耐震診断用)

・コンクリート $F_c = 18 \text{ N/mm}^2$ (3階)
 $F_c = 18 \text{ N/mm}^2$ (2階)
 $F_c = 18 \text{ N/mm}^2$ (1階)

・鉄筋 柱主筋・梁主筋 SR235
 あばら筋 SR235
 帯筋・壁筋 SR235

・鉄筋及び鋼材の降伏点強度

SR235 $\sigma_y = 294 \text{ N/mm}^2$
 SR235 $\sigma_{wy} = 294 \text{ N/mm}^2$

(各階柱の帯筋の末端は 90° フックとなっている)

(2) 階位置補正

 E_o 、 C_r 、 S_o の算定にあたっての外力分布は $1/A_i$ によるものとした。

階	A_i	$1/A_i$
3F	1.523	0.656
2F	1.295	0.772
1F	1.000	1.000

(3) 柱の軸力及び建物重量

- a. 柱の長期軸力及び建物重量は、一貫計算ソフト BUS-5(構造システム)により算定した。
- b. 付属棟(市民ホール)は鉄骨造であるが、独立した構造体として成立しないため、本体のRC造が負担するものとした。

(4) 開口の入力

- a. 開口は図面、現地調査による開口をBUS-5(構造システム)に入力した。
- b. 開口寸法は開口内法寸法に上下左右各100mmを加えた寸法とした。
- c. 450mm x 450mm以下の開口は無視した。

(5) 柱の帯筋の入力について

- a. 柱の帯筋は柱頭・中央・柱脚とも同じピッチとして入力した。
- b. 各階帯筋の末端部が 90° フックなので、帯筋の間隔は設計数値の2倍の500mmとした。

(6) 鉛直部材の終局強度の算定

- a. 鉛直部材の終局強度は、DOC-RC/SRC(構造システム)により算出した。
- b. 終局強度の計算は、構成する材料の性質を表すいくつかの要素に分割し、それらの全塑性状態での強度を求めた。ただし30cm以下の袖壁は無視した。又、袖壁付柱の柱中央部の鉄筋は無視し各 π -ス内に含まれる鉄筋は π -ス内に均等に分布するものとした。

(7) メカニズム時の柱耐力

a. メカニズム時の柱耐力は、仕様により下記の通り算出した。

楕円構造システム DOC-RC/SRC 概要偏の抜粋

鉛直部材の終局強度の計算は、「SCREEN」で採用している計算手法と同じく完全塑性理論に基づいています。すなわち、計算精度を上げるために断面を、その構成する材料の性質をあらわすいくつかの要素に分割し、それらの全塑性状態での強度を求めるという方法です。この要素のことをここでは、ピースと呼びます。DOC-RC/SRCでは各鉛直部材のパターン別に、鉄筋コンクリート部分については、下表に示すように3～7個のピースに分割します。ただし、10cm未満のそで壁を無視します。(本診断は30cm未満を無視)

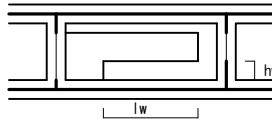
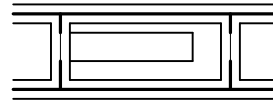
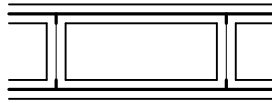
鉄筋コンクリート断面のピース分割図

断面タイプ	鉄筋コンクリート断面分割状態	セグメント数	断面ピース数	備考
1		3	7	④の鉄筋無視
2		2	5	
3		1	3	②の鉄筋無視
4		5	7	
5		4	5	
6		3	3	
7		1	3	45cm未満の雑壁を無視

Lc: 壁端部補強筋または柱主筋中心よりコンクリート縁までの距離

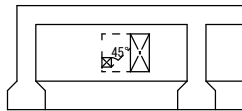
(8) 曲げ降伏位置

- a. ラーメン部材の節点での曲げ降伏位置は原則としてそれぞれの部材のフェイス位置とした。

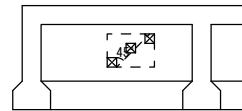


l_w/h_w が2以上の場合、腰壁の剛域を考慮する。

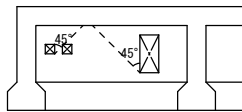
- b. 壁に複数開口がある場合は、隣り合う2つの開口の左右で小さい方の開口のそれぞれの角から 45° の線を引いたとき、その線が大きい方の開口と接触するのであれば、その2つの開口は包絡し、1つの開口としてモデル化することとする。



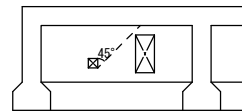
A・包絡をする。



B・包絡をする。



C・左側は包絡をするが、右側はしなくても良い。



D・包絡をしなくても良い。

(9) 下階壁抜け柱のあるフレーム

下階壁抜けのあるフレームは、手計算及び電算により柱軸力比を計算した。柱破壊タイプは電算結果を用いた。

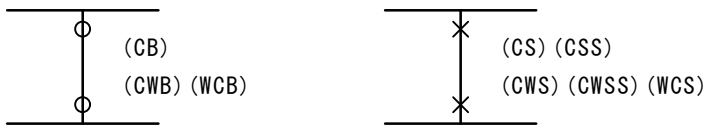
(10) 袖壁の扱い

柱に連続する壁の長さが30cm以下、かつ壁厚の3倍以下の壁については、無視するものとする。ただし、柱が小さくその影響を無視できないものと判断される場合は、考慮することとする。

(11) 破壊モードの決定

メカニズム時の柱の破壊モードは下記により決定した。

両端柱で耐力が決定している場合は、柱の破壊モードをそのまま用いた。



破壊モード及び靱性指標（F値）の範囲

<柱>

CB : 曲げ柱 (1.00 ≤ F ≤ 3.20)

CS : せん断柱 (1.00 ≤ F ≤ 1.27)

CSS : 極脆性柱 (F=0.80)

CWB : 曲げそで壁付柱 (1.00 ≤ F ≤ 1.10)

CWS : せん断そで壁付柱 (1.00 ≤ F ≤ 1.10)

CWSS : 極脆性そで壁付柱 (F=0.80)

<壁>

WB : 曲げ壁 (1.00 ≤ F ≤ 2.25)

WS : せん断壁 (1.00 ≤ F ≤ 1.10)

WCB : 柱付曲げ壁 (1.00 ≤ F ≤ 2.25)

WCS : 柱付せん断壁 (1.00 ≤ F ≤ 1.10)

※袖壁付柱と柱付壁の区分 : h_s (階高) / L_w (柱せいと壁長さの和) ≥ 1.5 の時、袖壁付柱とし
それ以外を柱付壁とする。

(12) 部材の靱性

DOC-RC/SRC (構造システム) の出力によるものとした。

(13) 形状指標

耐震診断基準によるが、平面剛性、断面剛性の値には、 $1 / F_{es}$ を用いた。

(14) 経年指標

経年指標は $T = 0.90$ とした。

(15) 外部階段又は突出物の取り扱い

玄関庇の出の長さが 2 m を超えるので、地震時鉛直荷重 1 G として別途検討を行った。

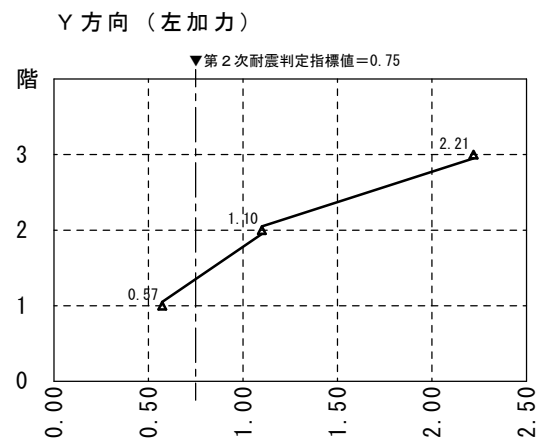
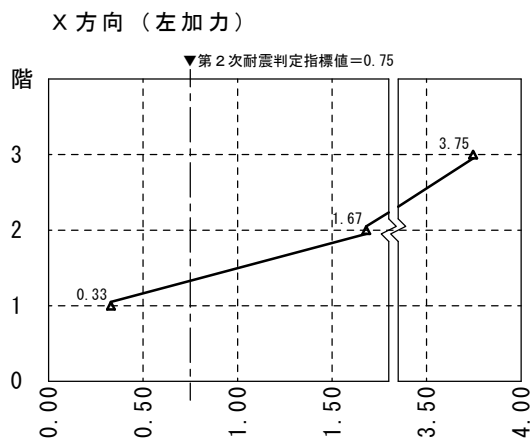
他、煙突についても水平 1 G の検討を行った。

(16) 剛床等

階段部分以外に吹抜けは無いので、剛床は成り立つものとした。

3) I_s 値の一覧

建物名称		鹿沼市庁舎本館 本館棟				建設年月日			昭和33年4月			
診断年月日		平成24年1月				解析方法			—————			
診断次数		2次診断				構造耐震判定指標			$I_{s0} = E_s \times Z \times G \times U = 0.75$			
方向	階	適用式	C	F	破壊形式	E _o	S _D	T	I _s	CTUSD	qu	判定
X (左)	3F	(5)	2.95	1.00	CB WCB WS	4.501	0.926	0.90	3.75	4.16		OK
	2F	(5)	1.55	1.00	CB WCB・WCS WS	2.012	0.926	0.90	1.67	1.86		OK
	1F	(5)	0.47	1.00	CB・CS WCB・WCS WS	0.467	0.800	0.90	0.33	0.37		NG
Y (左)	3F	(5)	1.75	1.00	CB・CWB WCS WS	2.663	0.926	0.90	2.21	2.46		OK
	2F	(5)	1.02	1.00	CB・CWB WCB・WCS WS	1.327	0.926	0.90	1.10	1.22		OK
	1F	(5)	0.83	1.00	CB WCB・WCS WS	0.827	0.768	0.90	0.57	0.63		NG

構造耐震指標 (I_s 値) 分布図

4) 地階 (一次診断による I s 値)



本館棟 地階平面図 1:300

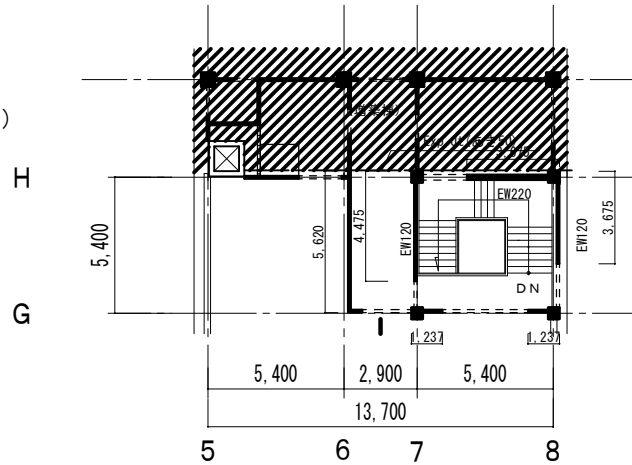
壁断面積 (*10 ⁶ mm ²)						
	X 方向		合計	Y 方向		合計
独立柱 ho/D ≥ 6	500*500*11	= 2.75	2.75	500*500*14	= 3.50	3.50
	2550(max)/500=5.1	0本		2550(max)/500=5.1	0本	
両側柱壁	180*5400*6	= 5.83	6.26	180*5400*6	= 5.83	7.45
	150*2900*1	= 0.43		150*5400*2	= 1.62	
片側柱壁	180*(2600+2300)	= 0.88	2.28	120*2750	= 0.33	3.54
	120*(1690+1250+3000)	= 0.71		150*(4175+4575+2075)	= 1.62	
	120*(3870+1910)	= 0.69		150*(4175+1950+4525)	= 1.59	
柱無し壁	120*5400*2	= 1.29	1.29	150*(2450+1425+1525)	= 0.81	1.25
				150*1110	= 0.16	
				120*(735+1646)	= 0.28	
C	$C_c = (\tau \cdot A_c / \Sigma W) \cdot (F_c / 20)$ $= (1.0 \cdot 2750000 / 8340700) \cdot (15 / 20)$ $= 0.24$			$C_c = (\tau \cdot A_c / \Sigma W) \cdot (F_c / 20)$ $= (1.0 \cdot 3500000 / 8340700) \cdot (15 / 20)$ $= 0.31$		
	$C_w = (\tau \cdot A_w / \Sigma W) \cdot (F_c / 20)$ $= \{(3.0 \cdot 6260000 + 2.0 \cdot 2280000 + 1.0 \cdot 1290000) / 8340700\} \cdot (15 / 20)$ $= 2.21$			$C_w = (\tau \cdot A_w / \Sigma W) \cdot (F_c / 20)$ $= \{(3.0 \cdot 7450000 + 2.0 \cdot 3540000 + 1.0 \cdot 1250000) / 8340700\} \cdot (15 / 20)$ $= 2.75$		
E o	$E_o = (1/A_i) \cdot (C_w + \alpha_1 \cdot C_c) \cdot F_w$ $= 1.0 \cdot (2.21 + 0.7 \cdot 0.24) \cdot 1.0$ $= 2.37$			$E_o = (1/A_i) \cdot (C_w + \alpha_1 \cdot C_c) \cdot F_w$ $= 1.0 \cdot (2.75 + 0.7 \cdot 0.31) \cdot 1.0$ $= 2.96$		
I s	$I_s = E_o \cdot S_D \cdot T$ $= 2.37 \cdot 0.926 \cdot 0.90$ $= 1.97$			$I_s = E_o \cdot S_D \cdot T$ $= 2.96 \cdot 0.926 \cdot 0.90$ $= 2.46$		

I s値一覧

構造耐震判定指標 $I_{so} = E \cdot Z \cdot G \cdot U = 1.00$ (一次診断) $A_i = 1.00$ $CTSD = (1/A_i) \cdot C \cdot S_D$

方向	C	F	E o	S D	T	I s	CTSD	判定
X	2.37	1.00	2.37	0.926	0.90	1.97	2.19	OK
Y	2.96	1.00	2.96	0.926	0.90	2.46	2.74	OK

5) 塔屋 (一次診断による I s 値)

 $\Sigma W = 482.4\text{KN}$ (荷重計算より)


本館棟 R階平面図 1:300

壁断面積 (*10 ⁶ mm ²)					
	X 方向	合計	Y 方向	合計	
独立柱	450*450*1 = 0.20	0.20	450*450*2 = 0.40	0.40	
ho/D \geq 6	1670(max)/450=3.7 0本		2225(max)/450=4.9 0本		
両側柱壁					
片側柱壁	220*3675 = 0.80 120*1237*2 = 0.29	1.09	120*(4475+3675) = 0.97	0.97	
柱無し壁			120*5620 = 0.67	0.67	
C	$C_c = (\tau \cdot A_c / \Sigma W) * (F_c / 20)$ $= (1.0 * 200000 / 482400) * (15 / 20)$ $= 0.31$ $C_w = (\tau \cdot A_w / \Sigma W) * (F_c / 20)$ $= (2.0 * 1090000 / 482400) * (15 / 20)$ $= 3.38$		$C_c = (\tau \cdot A_c / \Sigma W) * (F_c / 20)$ $= (1.0 * 400000 / 482400) * (15 / 20)$ $= 0.62$ $C_w = (\tau \cdot A_w / \Sigma W) * (F_c / 20)$ $= \{ (2.0 * 970000 + 1.0 * 670000) / 482400 \} * (15 / 20)$ $= 4.05$		
E o	$E_o = (1 / A_i) * (C_w + \alpha_1 * C_c) * F_w$ $= 0.333 * (3.38 + 0.7 * 0.31) * 1.0$ $= 1.19$		$E_o = (1 / A_i) * (C_w + \alpha_1 * C_c) * F_w$ $= 0.333 * (4.05 + 0.7 * 0.62) * 1.0$ $= 1.49$		
I s	$I_s = E_o \cdot SD \cdot T$ $= 1.19 * 0.926 * 0.90$ $= 0.99$		$I_s = E_o \cdot SD \cdot T$ $= 1.49 * 0.926 * 0.90$ $= 1.24$		

I s値一覧

構造耐震判定指標 $I_{so} = E * Z * G * U = 1.00$ (一次診断) $A_i = 3.00$ $CTSD = (1/A_i) * C * SD$

方向	C	F	E o	SD	T	I s	CTSD	判定
X	3.59	1.00	1.19	0.926	0.90	0.99	1.10	NG
Y	4.48	1.00	1.49	0.926	0.90	1.24	1.38	OK

6) 診断結果の総括

(A) 建物の特徴

- ・本館は昭和33年に建設されたRC造3階建ての庁舎建物で、経過年数は54年である。付属棟は、昭和55年に中庭部分に設けられた市民ホール部分となり、経過年数は32年である。
- ・平面形状は1階は整形であるが、地階及び2・3階は東西に長い形となっている。又、北側に議会棟、西側に増築棟及び新館がエキスパンションジョイントを介して建築されている。
- ・屋上は陸屋根で塔屋及び煙突が付属している。又、1階の屋根は屋上緑化としている。
- ・柱配置はX方向、Y方向とも均等に配置され、主要な柱形状は、 $D_x \cdot D_y = 750 \times 500$ 及び 500×500 である。

(B) コンクリートの強度及び品質

- ・コンクリート設計基準強度は、設計図書に記載がなかったため竣工年次より 15 N/mm^2 とした。
本建物において、コンクリートコア強度測定結果によるコンクリート強度は、9本中全てで設計基準強度 15 N/mm^2 を上回っている。
- ・研り調査の結果、かぶり厚さが少ない箇所があり、中性化が一部で進んでいるが、鉄筋の発錆はほとんど見られなかった。又、配筋状況については設計図書との食い違いは見られなかった。
よって診断採用強度は、1階から3階を設計基準強度の1.25倍の 18 N/mm^2 を採用した。地階、塔屋は強度測定を行っていないので 15 N/mm^2 とした。

(C) 構造的特徴

- ・基礎は地下部分が直接基礎となり、推定地耐力は 300 KN/m^2 である。平屋部分は杭基礎で杭径は 200ϕ 、支持力は 150 KN/本 となっている。
- ・柱主筋は $25 \phi \sim 16 \phi$ が使われ、帯筋は各階とも $9 \phi @ 250$ となっている。又、帯筋の末端は 90° フックとなっている。
- ・X方向において、全般に曲げ柱が多く、一部にせん断柱が混在する。
耐力壁が偏在するため下階壁抜け柱となる部分があるが、圧壊のおそれはない。
- ・Y方向においても、全般に曲げ柱が多く、一部にせん断柱が混在する。
耐力壁が偏在するため下階壁抜け柱となる部分があるが、圧壊のおそれはない。

(D) S_o 、T指標

- ・本診断建物のX方向及びY方向に於ける S_o 指標の値は、エキスパンションジョイントによる低減となった。又、X方向1階は剛性率、Y方向1階は偏心率による低減となった。
- ・構造亀裂、変形、変質、老朽化のT指標は、 $T = 0.90$ とした。

(E) 判定値 $I_{s0} = 0.75$ に対する I_s 指標

- ・X方向の I_s 値は、1階、2階、3階でそれぞれ、0.33、1.67、3.75 となり1階において判定値を下回っている。
- ・Y方向の I_s 値は、1階、2階、3階でそれぞれ、0.57、1.10、2.21 となり1階において判定値を下回っている。

(F) 補強の要否

- ・X方向及びY方向の1階において、判定値を下回っているため、補強の必要がある。
- ・塔屋部分のX方向において判定値を下回っているため、補強の必要がある。
- ・煙突及び玄関庇において、曲げ耐力が不足しているためカットまたは補強の必要がある。
- ・市民ホールの鉄骨梁接合部が脱落の恐れがあるため補強の必要がある。

4. 補強提案

1) 補強案の検討

1) 補強案の概要

- ・ 本建物のX方向は、曲げ柱が多く、耐力壁は2階及び3階に多く偏在している。
1階部分は耐力壁が少ないため、耐震性がかなり低い。したがって、1階において判定である I_{so} 値を下回るため補強を必要とする。
- ・ Y方向は、1階から3階までの耐力壁及び柱付壁があり、柱は曲げ柱となる。
1階部分は耐力壁が少ないため、耐震性が若干低い。したがって、1階において判定である I_{so} 値を下回るため補強を必要とする。
- ・ 補強方法として、耐力の向上を図るため、X方向の1階及びY方向の1階において枠付鉄骨ブレースの増設を行うこととした。

2) 補強後の I_{so} 値

方向	階	E_o	S D	T	I_s	C T S D	判定
X (右)	3	4.497	0.926	0.90	3.74	4.16	OK
	2	2.013	0.926		1.67	1.86	OK
	1	0.969	0.926		0.80	0.89	OK

方向	階	E_o	S D	T	I_s	C T S D	判定
Y (左)	3	2.663	0.926	0.90	2.21	2.46	OK
	2	1.327	0.926		1.10	1.22	OK
	1	1.076	0.926		0.89	0.99	OK

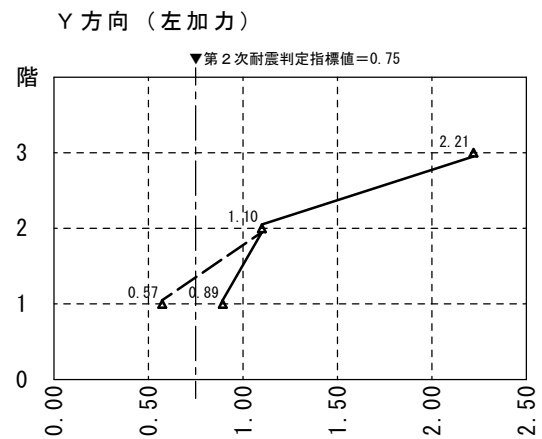
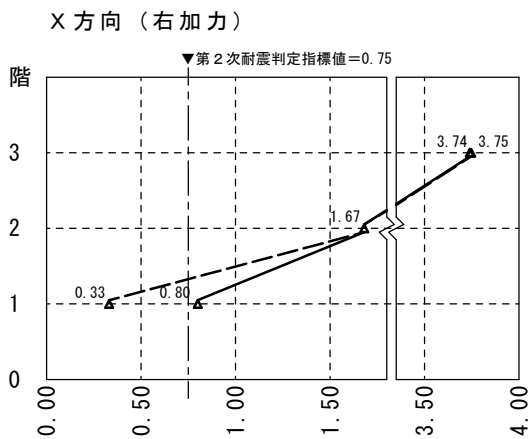
- ・ この補強においてT指標は診断時の値を用いることとし、補強後の I_{so} 値を求めた。
又、補強により1階のS D指標(剛性率・偏心率)が改善された。
この結果、X方向の1階から3階の I_{so} 値はそれぞれ 0.80、1.67、3.74 となり、
Y方向の1階から3階の I_{so} 値はそれぞれ 0.89、1.10、2.21 となり、判定値である I_{so} 値=0.75を上回る結果となった。

2) 補強後の I s 値

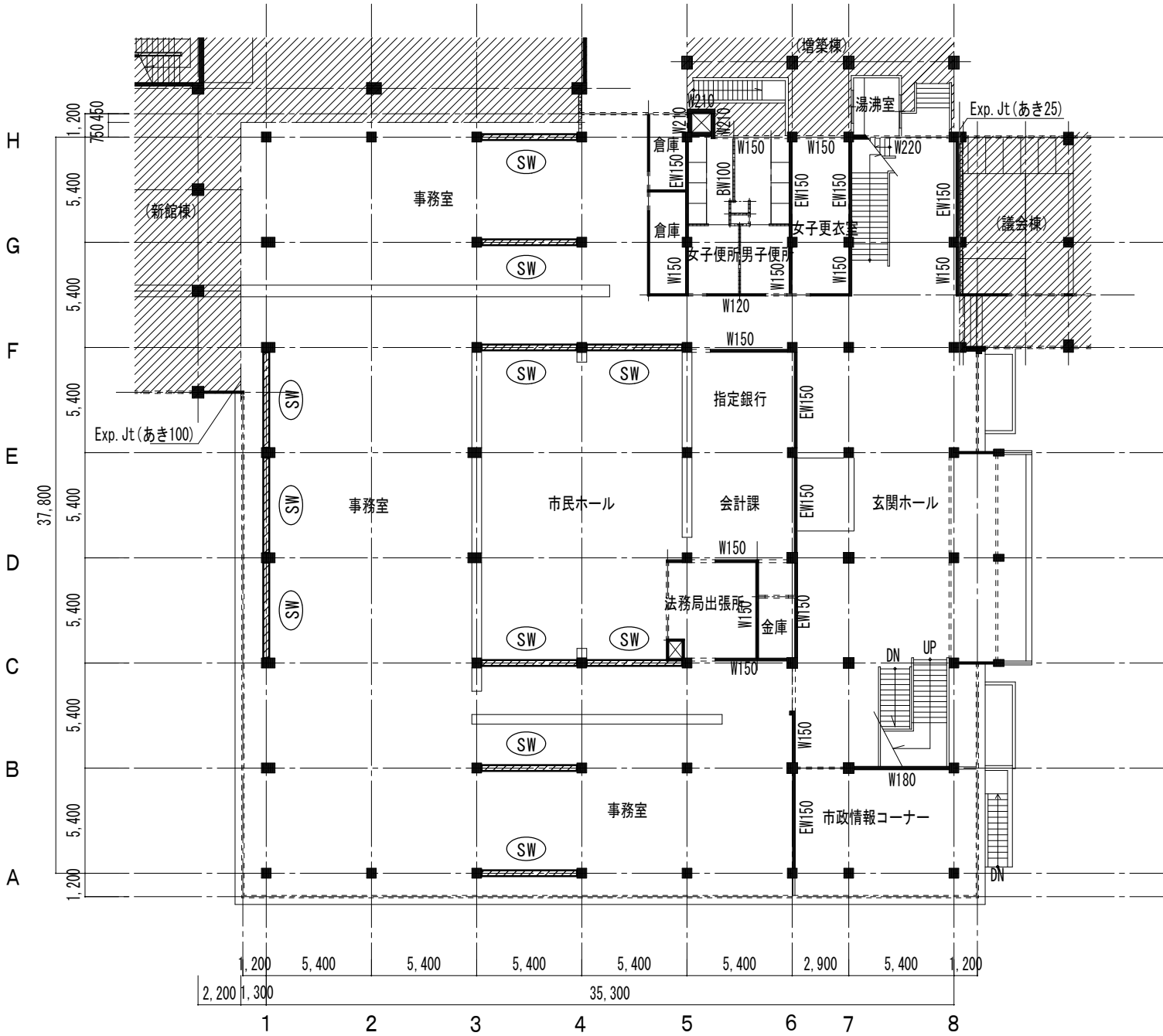
建物名称		鹿沼市庁舎本館 本館棟				建設年月日			昭和33年4月			補強前の I s 値
診断年月日		平成24年1月				解析方法			——			
診断次数		2次診断				構造耐震判定指標			$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U = 0.75$			
方向	階	適用式	C	F	破壊形式	E _o	S D	T	I s	CTUSD	判定	
X (右)	3F	(5)	2.95	1.00	CB WCB WS	4.497	0.926	0.90	3.74	4.16	OK	3.75
	2F	(5)	1.55	1.00	CB WCB・WCS WS	2.013	0.926	0.90	1.67	1.86	OK	1.67
	1F	(5)	0.97	1.00	CB・CS WCB・WCS WS	0.969	0.926	0.90	0.80	0.89	OK	0.33
Y (右)	3F	(5)	1.75	1.00	CB WCB WS	2.663	0.926	0.90	2.21	2.46	OK	2.21
	2F	(5)	1.02	1.00	CB WCB・WCS WS	1.327	0.926	0.90	1.10	1.22	OK	1.10
	1F	(5)	1.08	1.00	CB・CS WCB・WCS WS	1.076	0.926	0.90	0.89	0.99	OK	0.57

構造耐震指標 (I s 値) 分布図

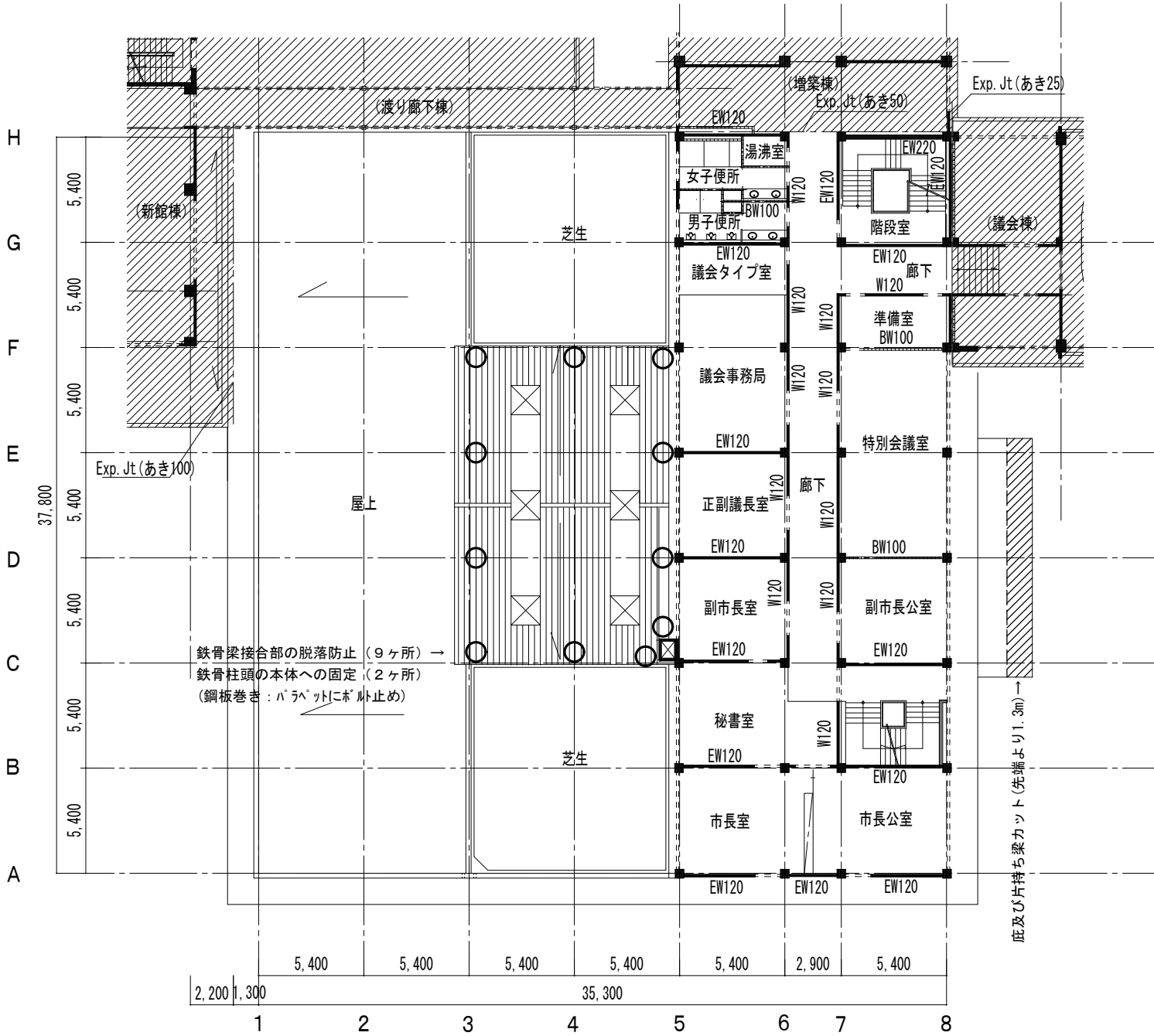
凡例	
補強後	▲——▲
補強前	▲---▲

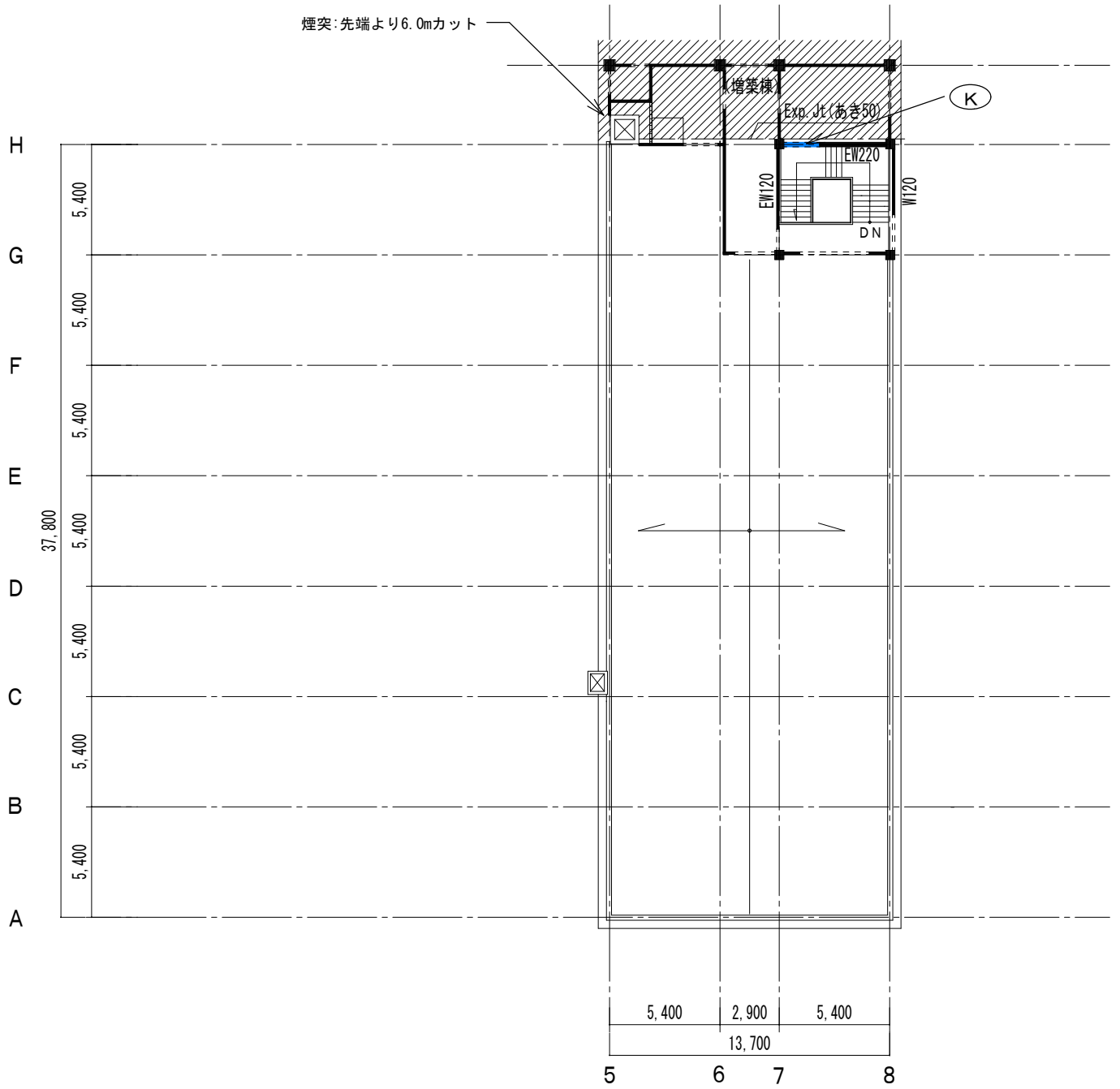


3) 補強位置図

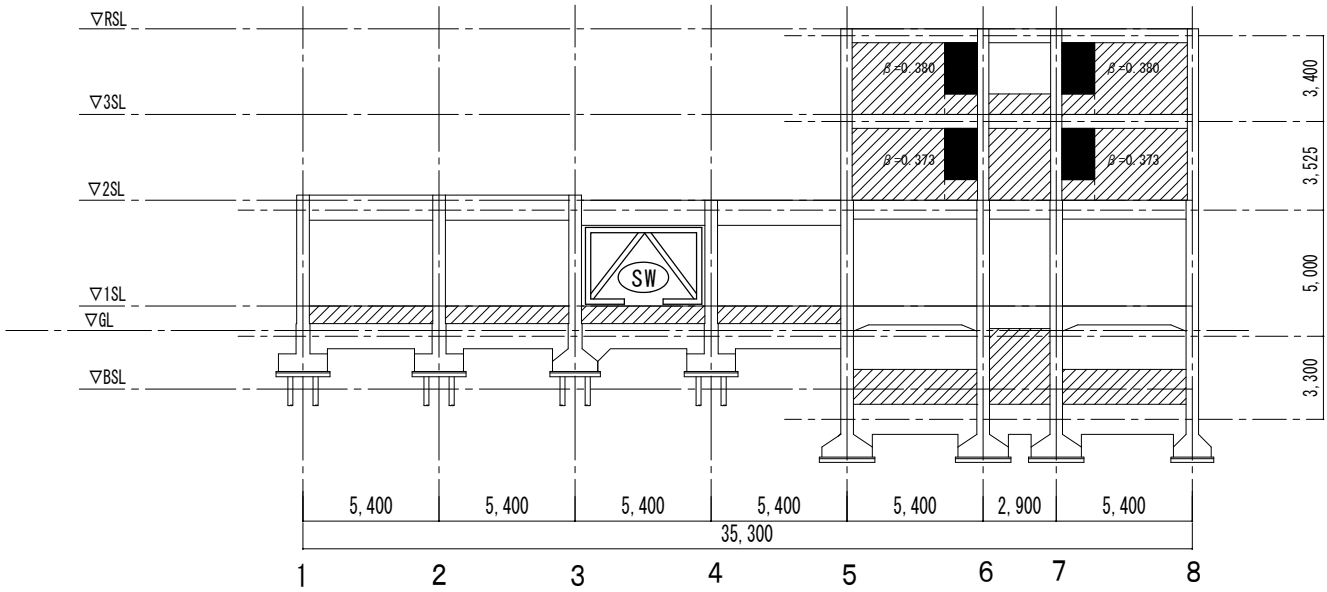


本館棟 1階平面図 1:300

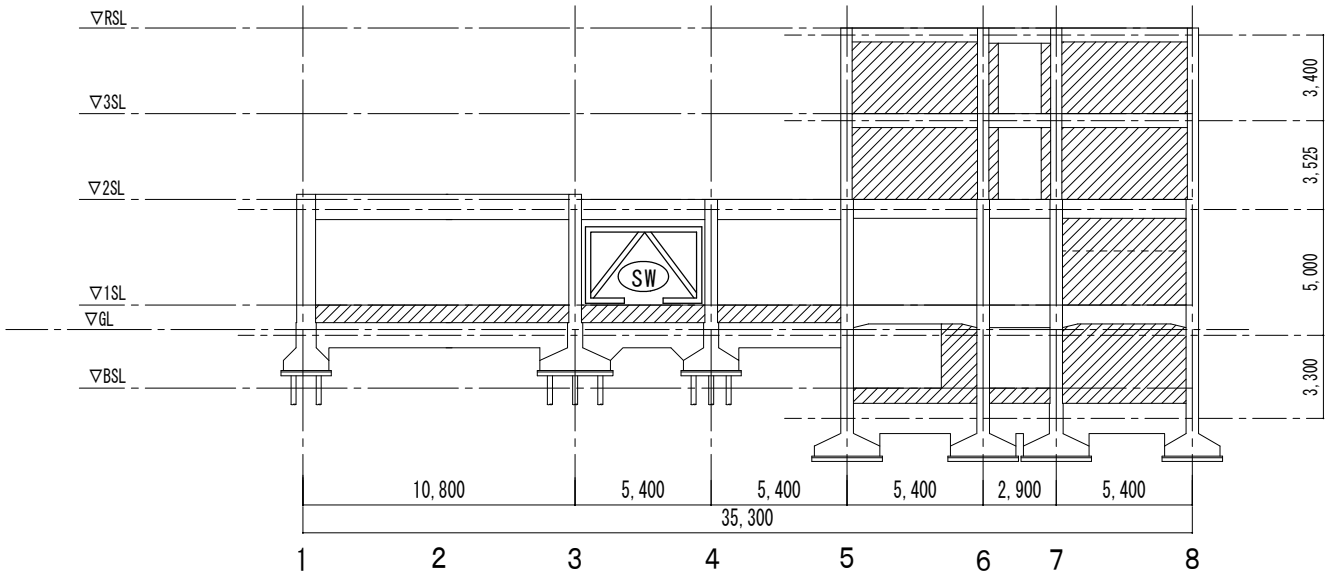




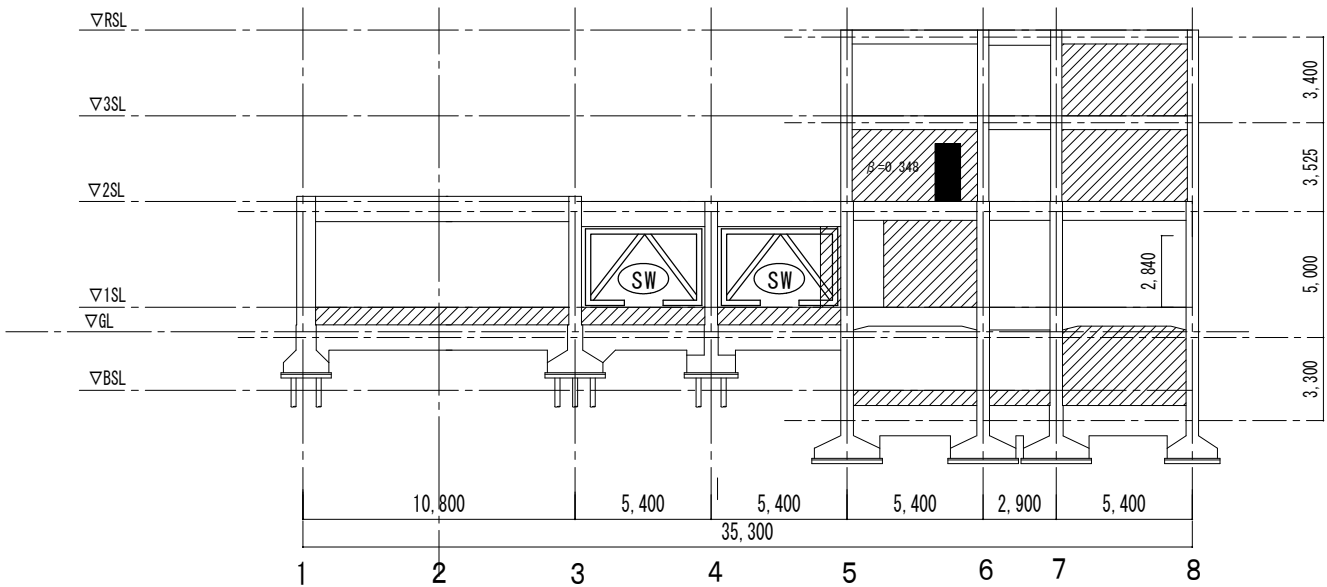
本館棟 R階平面図 1 : 300



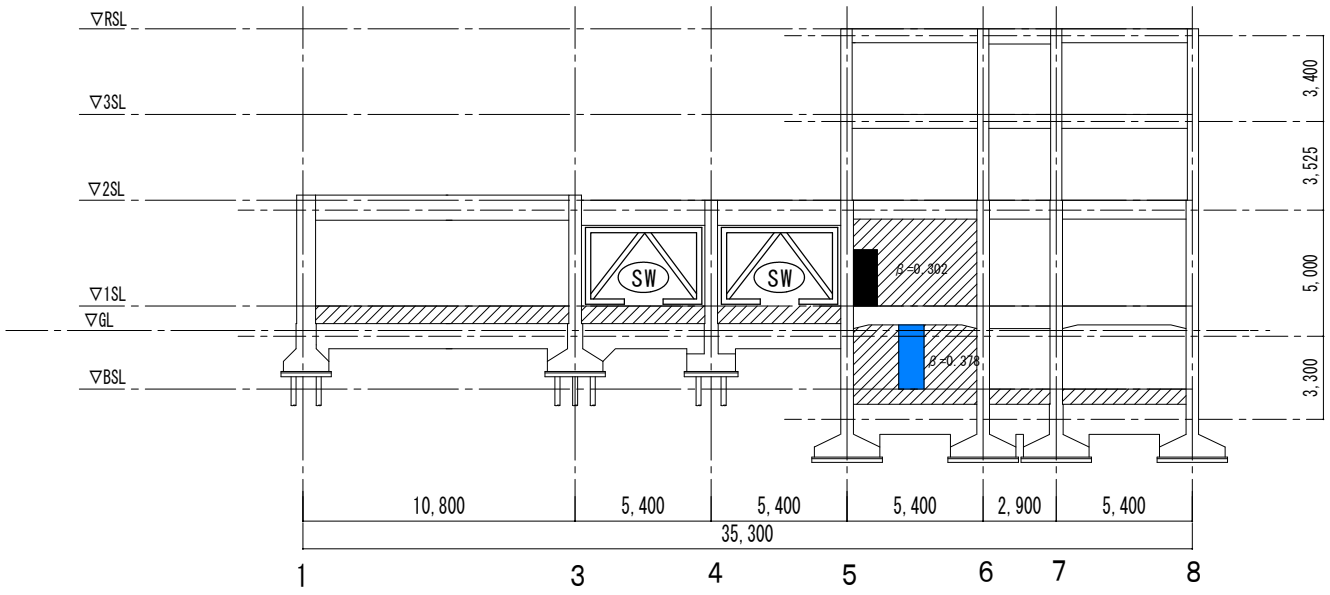
A 通り行^レル化図 1 : 300



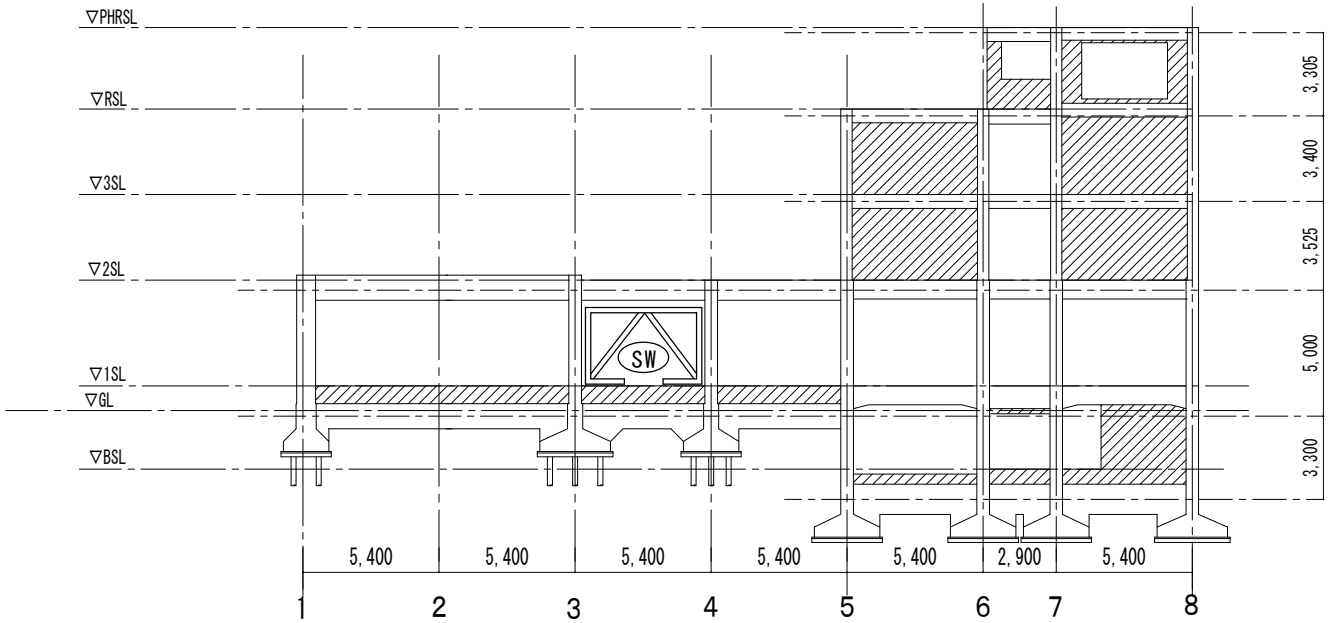
B 通り行^レル化図 1 : 300



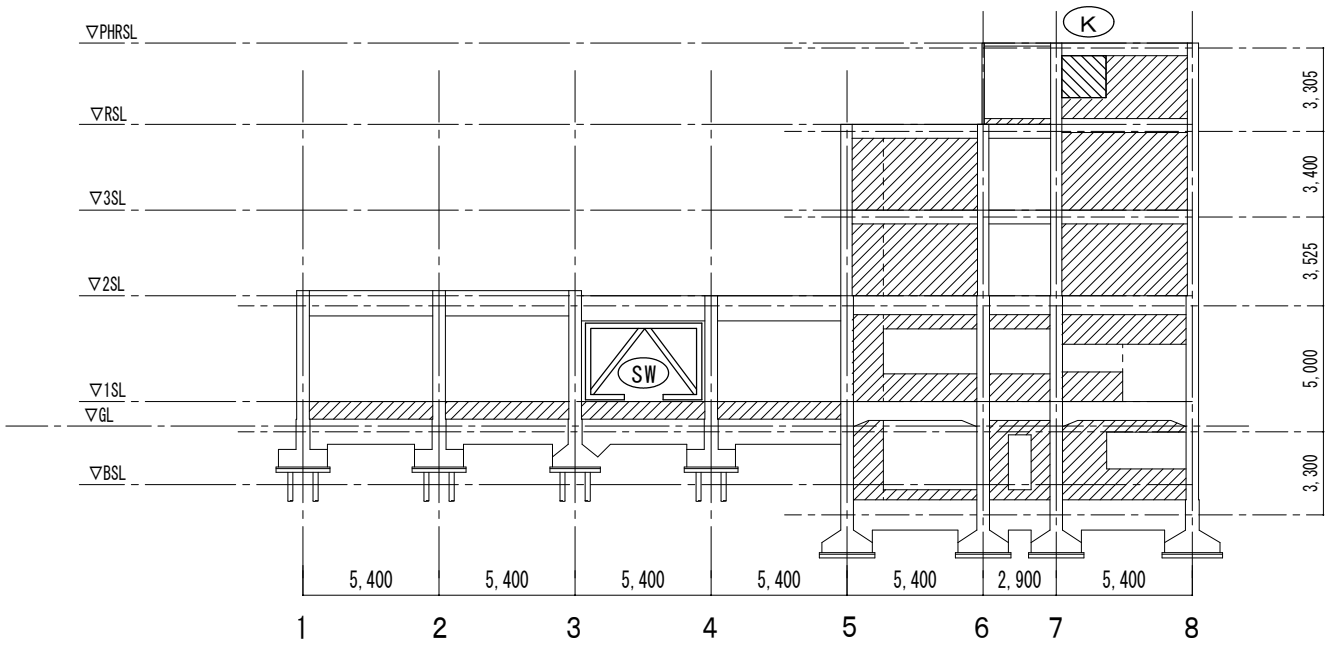
C 通り行^レル化図 1 : 300



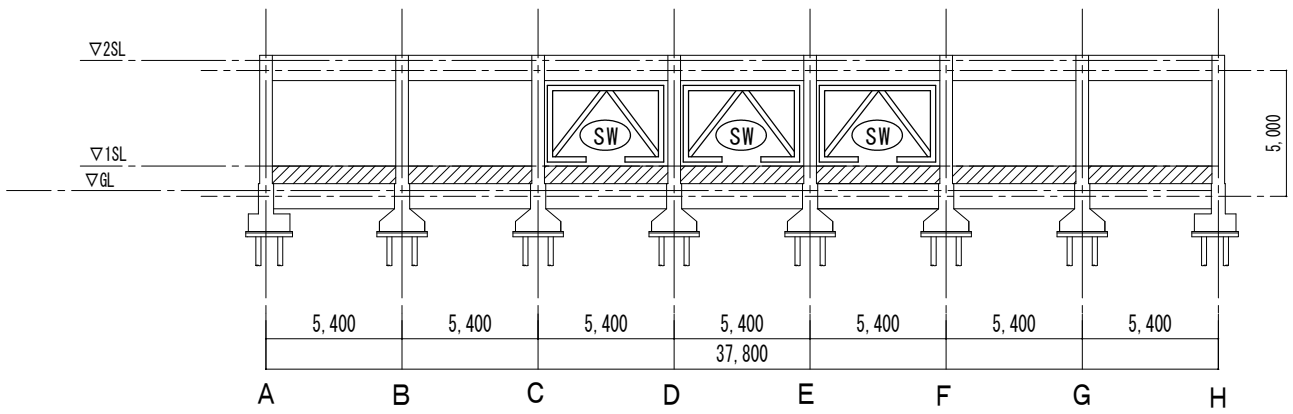
F 通りを^レル化図 1 : 300



G 通りを^レル化図 1 : 300



H通り断面図 1 : 300



1通り断面図 1 : 300

