

第2章 CLTによる構造の試設計

2.1 CLT 建築物構法の類型化

2.1.1 平成 25 年度までの知見

平成 25 年度の国土交通省補助事業：「住宅市場整備促進事業(建築基準整備促進事業)、S 7. CLT を用いた木構造の設計法に関する検討、CLT パネル構法の構造性能と設計法に関する調査」の報告書(以下「H25 年度報告書」)では、CLT 建築物の構法について、製造原理的に大きさ、厚さの制限のない CLT パネルを構造躯体とする建築物には多様な構法があり得るが、建物 1 層分の高さの壁 CLT パネルの上に床 CLT パネルを載せて層を構成する、いわゆる床勝ちのプラットホーム構法とするのが、建物平面・立面のバリエーションへの対応力、所要の構造性能確保および施工性の点で合理的かつ一般的と考えられる、とされている。また、同じく H25 年度報告書では、図 2.1-1 に示すような小幅パネル及び大型パネルで構成される 5 層及び 3 層の鉛直構面に対して限界耐力計算による耐震性能評価を行い、次の結果を得ている。

- 「小幅パネル・5 層・腰壁無し」の場合は水平変形能力が高く、縮約一自由度系の加速度-変位曲線(Equivalent SDOF)は必要性能曲線と交差しており、限界耐力計算による所要の耐震性能を満足している。[図 2.1-2 (a)]
- 「小幅パネル・5 層・腰壁有り」の場合は腰壁の影響により水平変形能力が減少するが、縮約一自由度系の加速度-変位曲線は必要性能曲線と交点を持ち得ており、限界耐力計算による所要の耐震性能をぎりぎり満足している。[図 2.1-2 (b)]
- 「大型パネル・5 層」の場合は耐力・水平変形性能が小さく、限界耐力計算による所要の耐震性能を満足していない。[図 2.1-2 (c)]
- 「大型パネル・3 層」の場合は 5 層と同様に水平変形性能が小さいが、耐力が高いことにより限界耐力計算による所要の耐震性能を満足している。[図 2.1-2 (d)]

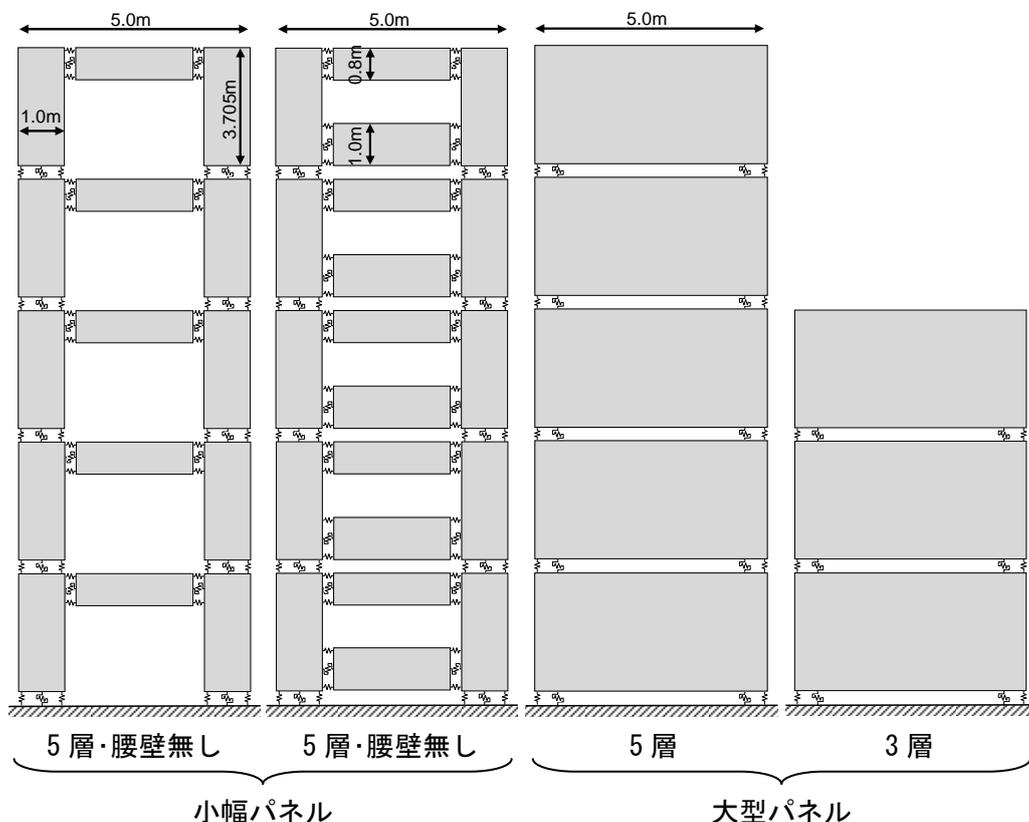
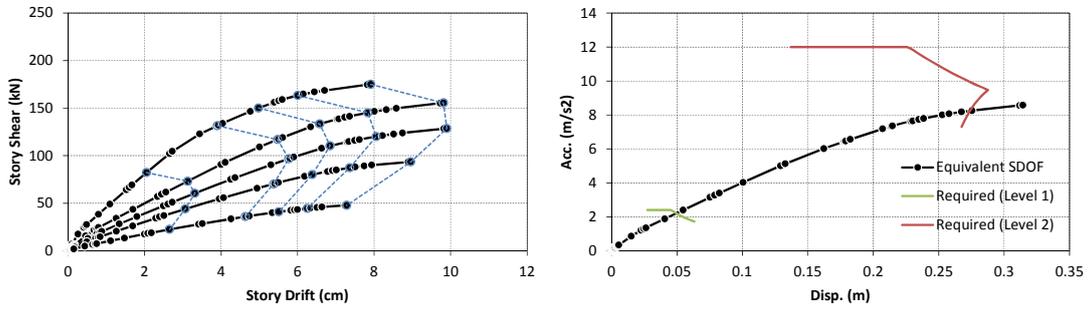
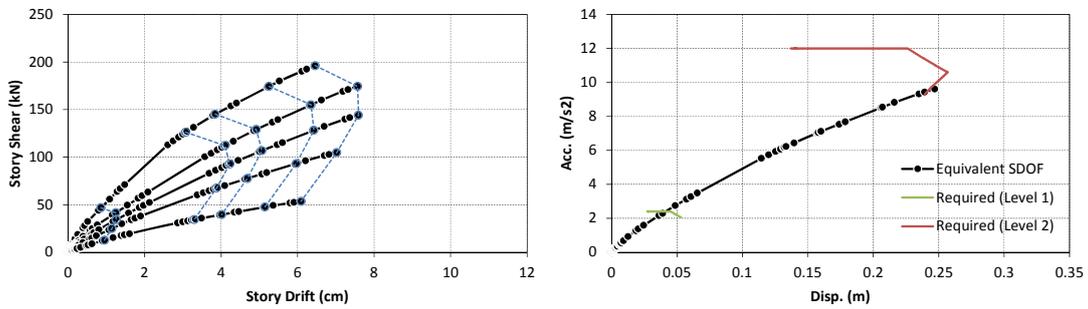


図 2.1-1 耐震性能表対象 CLT 壁構面 (H25 年度報告書)

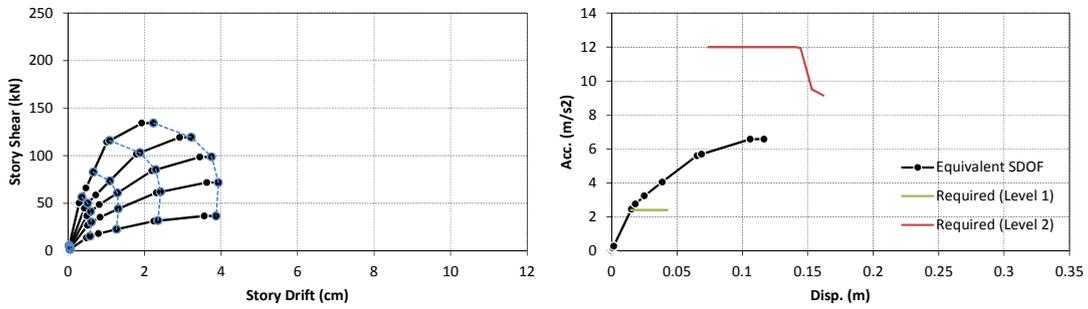
これらのうち、所要の耐震性能を満足しないとされるものについても、特に接合部の構造性能を工夫することによる耐震性能改善の可能性はあるが、総じて、小幅パネルによる壁構面は中高層建築物に適し、大型パネルによる壁構面は低層建築物に適するという傾向が指摘できる。



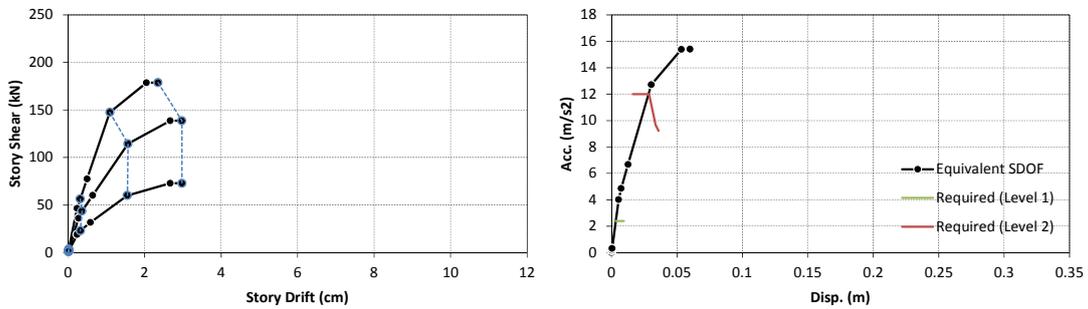
(a) 小幅パネル5層・腰壁無し



(b) 小幅パネル5層・腰壁有り



(c) 大型パネル5層



(d) 大型パネル3層

図 2.1-2 限界耐力計算による耐震性能評価 (H25 年度報告書)

2.1.2 本年度(平成26年度)の検討対象範囲

本年度の検討対象範囲の設定に当たり、再度、構法のバリエーションを図2.1-3のように抽出する。S1～L4、L1～L4はH25報告書を踏襲した、小幅パネル及び大型パネルを用いたプラットホーム構法である。これらのうち、S1、S2及びL1、L2は鉛直構面が床パネルの長辺を支持するか、あるいは短辺を支持するかの違いである。S3はS1に対して床パネルに横架材の役割を期待して垂れ壁パネルを省略したものである。

S4、L4は鉛直構面の上部に集成材等による臥梁を付加したものである。臥梁が頭つなぎの役割を果たすことに期待して床パネル離間防止金物は省略している。また、図2.1-4のような不整形な壁配置に対応するためには臥梁の配置は必須であり、特に戸建て住宅等の建築物に適した構法と考えられる。また、本事業の事業主体の一員である(株)日本システム設計が平成25、26年度に実施した下記5物件の構法はS1、S2又はL1、L2と同様であるが、これらの構法では、耐力壁線区画が全壁又は垂壁で囲まれるため、一般的他構法と同様に天井裏に設備配線を行うためには設備配線用の小径孔を全壁パネル又は垂壁パネルに設ける必要がある。一方、現時点においてはCLTパネルに設ける貫通孔に関する設計標準が存在しないので、設計段階ですべての貫通孔を特定したうえで、構造安全性を確認しておく必要がある。この点はプレキャストコンクリート造でも同様であるが、貫通孔に関する設計標準が存在しないためFEM解析等による構造安全性の検証が

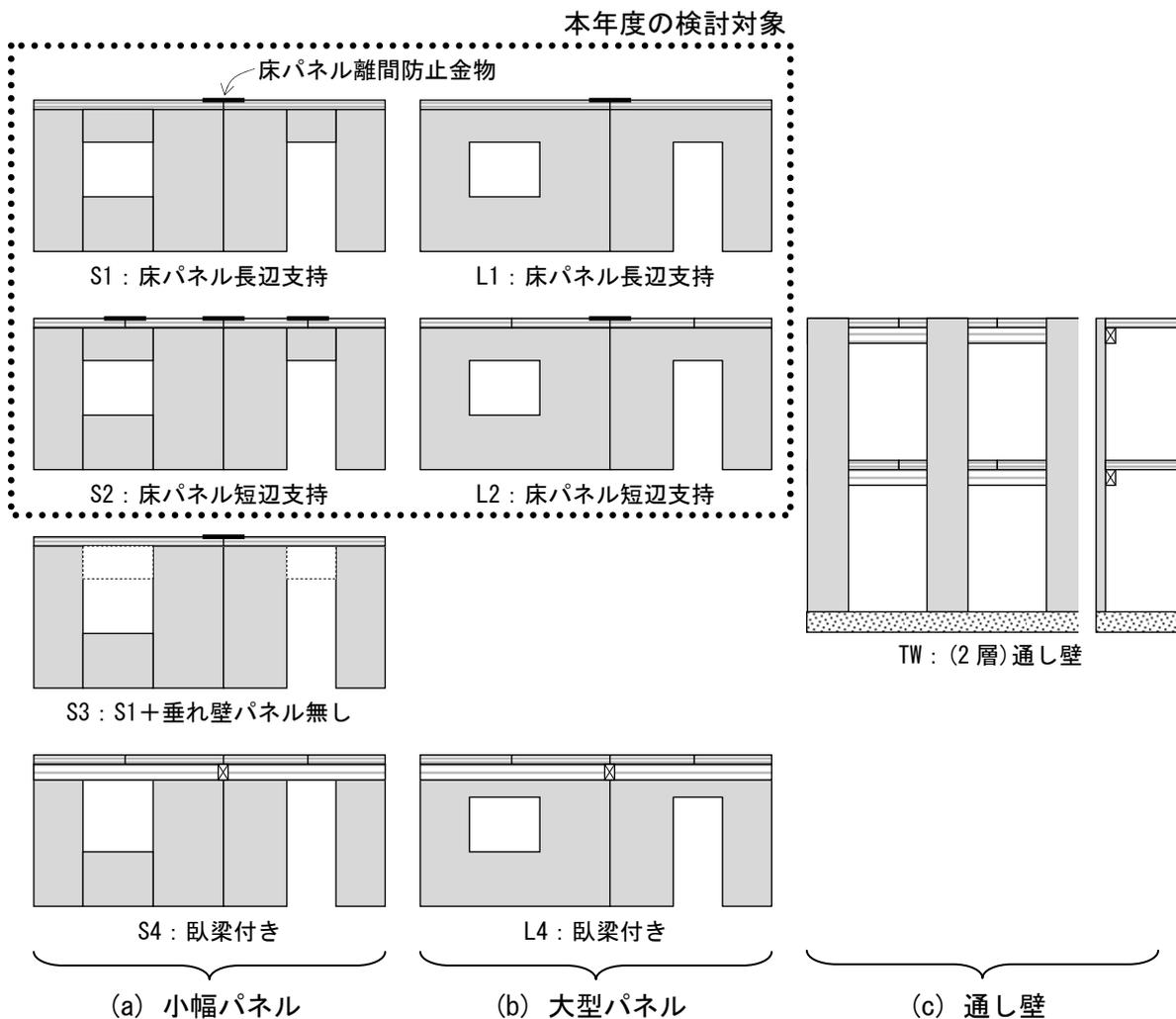


図 2.1-3 CLT 壁構面のバリエーション

必要となる。この点に関して、S4の構法であれば、一般的な他の木質構法と同様に、臥梁の下を通して配線することが可能となり、問題は大幅に改善される。S3でも同様の効果が期待できるが、鉛直構面が床パネル短辺を支持する場合は垂れ壁の省略が難しく、床パネル長辺を支持する場合に限定される可能性が高い。

TWはプラットホーム構法であるS1~L4、L1~L4と異なり、CLTパネルによる通し壁を用いた構法であり、いわゆるバルーン構法と類似である。通し壁が地震時の各層の層間変位を強制的に揃えるように働くことによる耐震性能の向上が期待できる。ただし、現時点では国内で製造可能なCLTパネルの最大長が6mであるので、通し壁は2層に限定される。

このほかの構法バリエーションとして、図2.1-5に示すようにCLT構造部分を構造コアとし、それに集成材等のフレームを付加した、総木質混構造も考えられる。

本年度の検討対象範囲は、図2.1-3のバリエーションのうち点線で囲んだS1、S2、L1、L2とする。これらの構法はプラットホーム構法として部材構成が基本的であり、H25報告書までの検討対象でもある。次節以降に示す試設計対象も原則としてこれらの構法を適用している。S1、S2、L1、L2を対象として、限界耐力計算および保有水平耐力計算による構造設計法が構築されれば、その他のバリエーションについては、接合部の構造性能に関する情報の追加で対応できると考えられる。

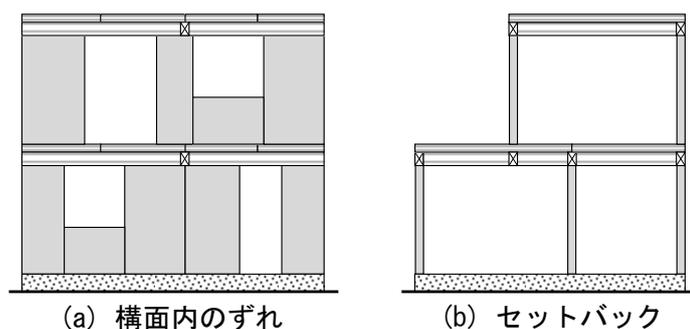


図 2.1-4 不整形な壁配置への対応

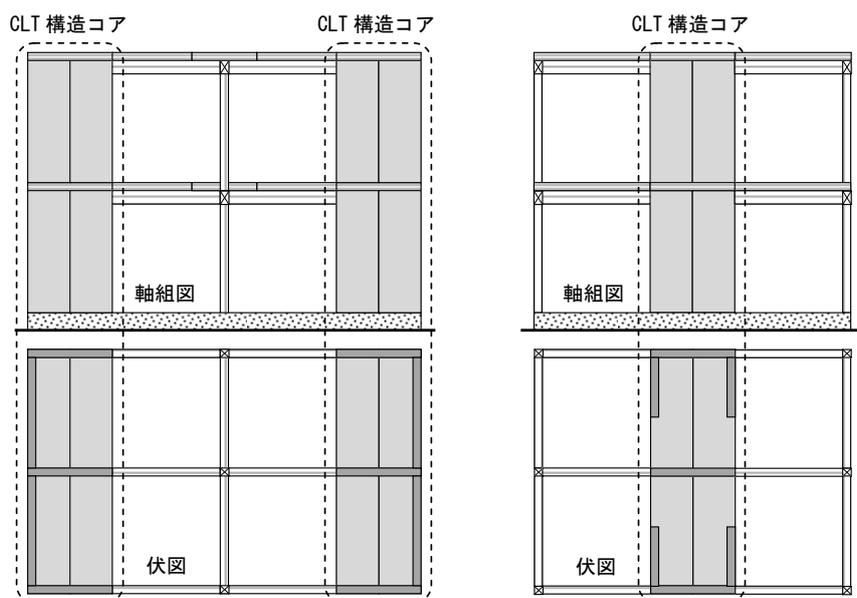


図 2.1-5 木質混構造の例

2.1.3 試設計の対象建物

本節に続く 2.2～2.5 節では表 2.1-1 に示す 5 種類の建物を対象として平面図、立面図の他に構造図として伏図、軸組図を示す。また、2.5 節にはそれらの図面の他に、構造検討過程を示す。

表 2.1-1 試設計の体仕様とする建築物

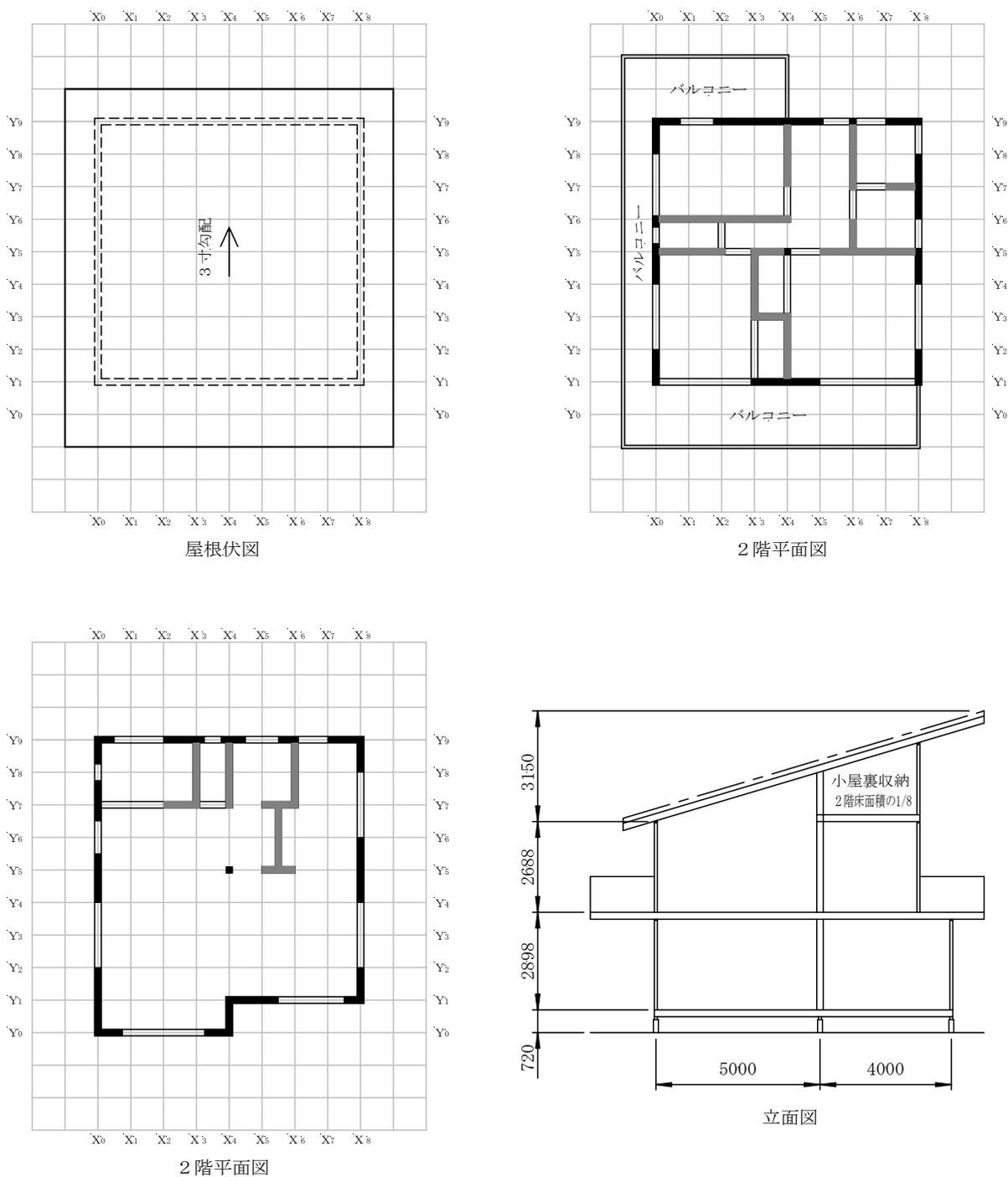
項 目		戸建て住宅 1	戸建て住宅 2	共同住宅 1	共同住宅 2	事務所ビル
壁 CLT パネル		3層 3ply, 90mm 厚			5層 5ply, 150mm 厚	
床 CLT パネル		7層 7ply, 210mm 厚				
接合部	壁-基礎(引張)	ビス止め金物			引きボルト	
	壁-基礎(せん断)	ビス止め金物				
	壁-壁(引張)	ビス止め金物			引きボルト	
	壁-床(せん断)	ビス止め金物				
	床-床(引張)	ビス止め金物				
	床-床(せん断)	合板スプライン				

2.2 低層戸建住宅

2.2.1 低層戸建住宅 その1

2.2.1.1 2階建CLT住宅の検討

1) 概要図



壁：黒塗りの部分CLT (X4-Y5 支持柱) グレートーンツーバイフォー壁による造作壁

図 2.2.1-1

2) 設計荷重

2-1 固定荷重

CLT 自重

MX60-3-3 厚さ 90mm	$90 \times 0.4 \times 10 = 360 \text{ N/m}^2$
MX60-5-5 厚さ 150mm	$150 \times 0.4 \times 10 = 600 \text{ N/m}^2$
MX60-5-7 厚さ 210mm	$210 \times 0.4 \times 10 = 840 \text{ N/m}^2$

屋根

瓦葺き(下地込み)	600 N/m ²	960 N/m ²
C L T (Mx60-3-3)	360 N/m ²	

天井

吊り天井(t=9.5×2)	300 N/m ²
---------------	----------------------

2階床

フローリング	180 N/m ²	1320 N/m ²
C L T (Mx60-5-7)	840 N/m ²	
吊り天井(t=9.5×2)	300 N/m ²	

バルコニー

防水層	210 N/m ²	1350 N/m ²
C L T (Mx60-5-7)	840 N/m ²	
吊り天井(t=9.5×2)	300 N/m ²	

C L T壁

サイディング	200 N/m ²	590 N/m ²
C L T (Mx60-3-3)	360 N/m ²	
せっこうボード(t=12)	120 N/m ²	

雑壁(ツーバイフォー壁)

せっこうボード(t=12)両面	240 N/m ²	360 N/m ²
枠組材	120 N/m ²	

1階床

フローリング	180 N/m ²	1020 N/m ²
C L T (Mx60-5-7)	840 N/m ²	

2-2 積雪荷重

積雪量 30 cm 単位積雪荷重 20 N/m²/cm

2-3 積載荷重

表 2.2.1-1 積載荷重表

床・小梁用 1800 N/m² 主架構用 1300 N/m² 地震用 600 N/m²

部位	荷重	根太	主架構用	地震用
2階床	固定荷重	1320	1320	1320
	積載荷重	1800	1300	600
	合計	3120	2620	1920
バルコニー	固定荷重	1350	1350	1350
	積載荷重	1800	1300	600
	合計	3150	2650	1950
1階床	固定荷重	1020	1020	1020
	積載荷重	1800	1300	600
	合計	2820	2320	620

2-4 風荷重

基準風速 36 m/s 粗度区分 III

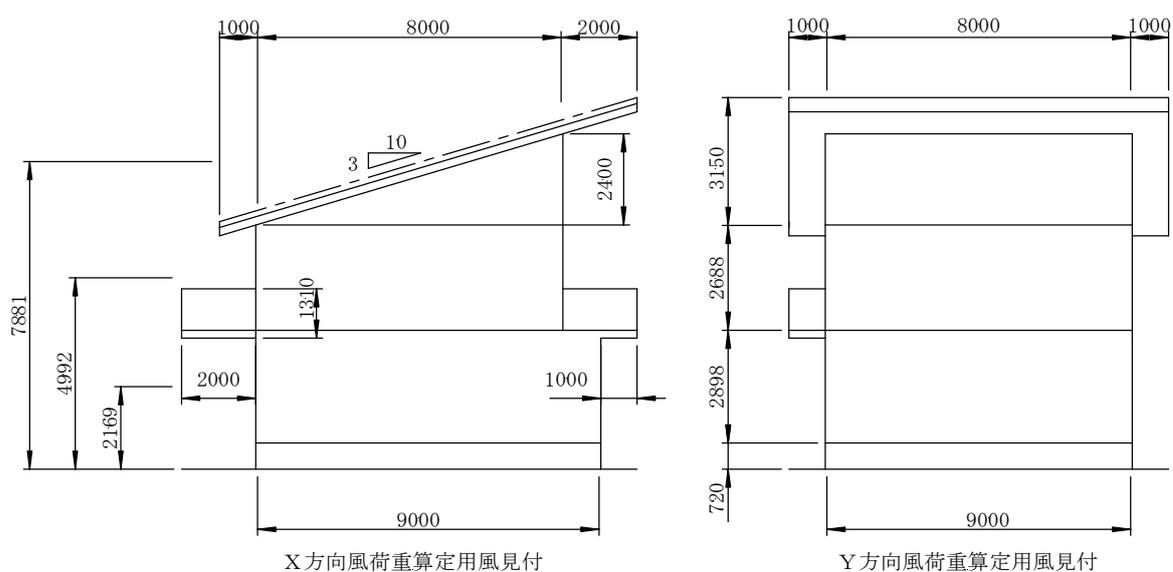


図 2.2.1-2

設計風圧力の算定

屋根高さ $H = 7.911 \text{ m}$

粗度区分Ⅲ $Z_b = 5.0 \text{ m}$ $Z_G = 450 \text{ m}$ $\alpha = 0.20$

$$H > Z_b \quad \therefore E_r = 1.7 \times \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha = 1.7 \times \left(\frac{7.911}{450} \right)^{0.2} = 0.757$$

ガスト影響係数 粗度区分Ⅲ $H > 10 \text{ m}$ $G_f = 2.5$

$$E = E_r^2 \times G_f = 0.757^2 \times 2.5 = 1.433$$

$$\text{設計風圧力 } q = 0.6 \times E \times V_0^2 = 0.6 \times 1.433 \times 34^2 = 994 \text{ N/m}^2$$

風力係数の算定

屋根風力係数

屋根勾配 3寸(16.70度)

風上側正の風力係数は、告示第1454号表3より屋根勾配10度と30度の風力係数を直線補間して算出する。

10度 風上側の係数 0.0

30度 風上側の係数 0.2

$$\text{風上風力係数} = 0.0 + \frac{0.2}{30 - 10} \times (16.70 - 10) = 0.06 \text{ (風上)}$$

$$\text{妻小壁 + 屋根 } 0.06 + 0.5 = 0.56$$

外壁

風上側 $0.8k_z$ 風下側 0.4

$$H \leq Z_b \quad k_z = 1.0 \quad H > Z_b \quad Z_i \leq Z_b \quad k_z = \left(\frac{Z_b}{H} \right)^{2\alpha}$$
$$Z_i > Z_b \quad k_z = \left(\frac{Z_i}{H} \right)^{2\alpha}$$

$$\text{妻小壁 } k_z = 1.0 \quad 0.8 k_z + 0.5 = 0.8 \times 1.0 + 0.5 = 1.30$$

1・2階外壁 (2階にて検討)

$$Z_i = 4.962 \text{ m} < Z_b \quad k_z = \left(\frac{Z_b}{H} \right)^{2\alpha} = \left(\frac{5.0}{7.881} \right)^{0.4} = 0.834$$

$$0.8 k_z + 0.4 = 0.8 \times 0.827 + 0.4 = 1.06$$

表 2.2.1-2

風荷重算定

方向	通り	速度圧 (N/m ²)	階	風力 係数	面積	Q _w (kN)	Σ Q _w (kN)	
Y	X 通り	944	2	0.56	10.0*3.150 = 31.50	16.65	27.51	
				1.07	8.0*2.688/2 = 10.75	10.86		
			1	1.07	8.0*2.688/2+1.31*1.0 = 12.06	12.18		23.89
				1.07	2.898*8.0/2 = 11.59	11.71		
X	Y 通り	944	2	1.20	8.0*2.400/2 = 9.60	10.87	21.73	
				1.07	8.0*2.688/2 = 10.75	10.86		
			1	1.07	8.0*2.688/2 = 10.75	10.86	24.03	
				1.07	(2.0+2.0)*1.31 = 5.24	5.29		
				1.07	9.0*2.898/2 = 13.04	13.17		
				1.07				

壁仕上げ面まで通り心より100mmとする。

2-5 地震荷重

表 2.2.1-3

地震荷重算定用建物重量

屋根重量(屋根勾配3寸)=960/cosθ+300=1302N/m²

階	項目	単位重量 (N/m ²)	面積	W _i	WE (kN)	Σ WE (kN)
2	屋根	1302	10.0*11.0	143.22	192.50	192.50
	妻小壁	590	8.0*2.40/2*2	11.33		
	内壁	360	26.0*2.688/2	12.58		
	外壁	590	(8.0+8.0)*2.688/2*2	25.37		
1	上階壁荷重		外壁下半分	37.95	267.36	459.86
	2階床	1920	8.0*8.0	122.88		
	バルコニー	1950	5.0*2+8.0*1.0+9.0*2.0	70.20		
	内壁	360	15.0*2.688/2	7.26		
	外壁	590	(9.0+8.0)*2.898/2*2	29.07		

地震荷重算定

$$Q_{Ei} = Z \times R_i \times A_i \times \sum W_i \times C_0$$

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \times \frac{2T}{1+3T}$$

$$T = 0.03 h = 0.03 \times 7881 = 0.24 \text{ 秒}$$

表 2.2.1-4

地震荷重

階	Σ WE kN	α _i	A _i	C ₀	C _i	Q _E kN
2	192.50	0.42	1.31	0.20	0.26	50.05
1	459.86	1.00	1.00		0.20	91.97

3) 必要壁量の検討

3-1 全体壁量の検討

C L T壁壁倍率、実験結果より P_y の値 20.72 kN/m (50%下限値) を 1.96kN で除した値
 $20.72/1.96=10.5 \rightarrow 10$ 倍として計算を行う。

表 2.2.1-5

2 階耐力壁

X 方向壁量

通 り	耐力壁倍率	壁 長 m	有効壁長 m	せん断耐力 N	地震力 N	判 定
Y1	10.0	2.00	20.000	39200	137200	0. K
Y9	10.0	5.00	50.000	98000		

Y 方向壁量

通 り	耐力壁倍率	壁 長 m	有効壁長 m	せん断耐力 N	地震力 N	判 定
X0	10.0	3.25	32.500	63700	142100	0. K
X8	10.0	4.00	40.000	78400		

1 階耐力壁

X 方向壁量

通 り	耐力壁倍率	壁 長 m	有効壁長 m	せん断耐力 N	地震力 N	判 定
Y0	10.0	1.50	15.000	29400	91970	0. K
Y1	10.0	1.50	15.000	29400		
Y9	10.0	3.00	30.000	58800		

Y 方向壁量

通 り	耐力壁倍率	壁 長 m	有効壁長 m	せん断耐力 N	地震力 N	判 定
X0	10.0	6.00	60.000	117600	196000	0. K
X8	10.0	4.00	40.000	78400		

3-2 建物ねじれ補正係数を考慮した各通り分担水平力

3-2-1 建物重心の算定

表 2.2.1-6

2階重心位置の計算

部位	単位重量 N/m ²	面積		重量 N	X方向		Y方向		
		m ²			距離	距離×重量	距離	距離×重量	
屋根	1302	(8.0+2.0)*(8.0+3.0)		110.00	143220	4.000	572880	3.500	501270
妻小壁	590	8.0*2.40/2		9.60	5664	0.000	0	3.667	20768
		8.0*2.40/2		9.60	5664	8.000	45312	3.667	20768
2階内壁	360	2.0*2.688/2		2.69	968	3.000	2904	4.000	3872
		2.0*2.688/2		2.69	968	4.000	3872	2.000	1936
		3.0*2.688/2		4.03	1452	4.000	5808	7.500	10890
		4.0*2.688/2		5.38	1935	6.000	11610	8.000	15480
		1.0*2.688/3		1.34	484	3.500	1694	3.000	1452
		8.0*2.688/2		10.75	3871	4.000	15484	5.000	19355
		4.0*2.688/2		5.38	1935	2.000	3870	6.000	11610
2階外壁	590	2.0*2.688/2		2.69	968	7.000	6776	8.000	7744
		8.0*2.688/2		10.75	6344	0.000	0	5.000	31720
		8.0*2.688/2		10.75	6344	8.000	50752	5.000	31720
		8.0*2.688/2		10.75	6344	4.000	25376	1.000	6344
				10.75	6344	4.000	25376	9.000	57096
—	—			—	192505	—	771714	—	742024

X方向重心(原点 X0-Y1) = 4.009 m
 Y方向重心(原点 X0-Y1) = 3.855 m

1階重心位置の計算

部位	単位重量 N/m ²	面積		重量 N	X方向		Y方向		
		m ²			距離	距離×重量	距離	距離×重量	
2階重量					192505	—	771714	—	742024
2階床	1920	8.0*8.0		64.00	122880	4.000	491520	5.000	614400
バルコニー	1950	5.0*2.0		10.00	19500	1.500	29250	10.000	195000
		1.0*8.0		8.00	15600	-0.500	-7800	5.000	78000
		9.0*2.0		18.00	35100	3.500	122850	0.000	0
2階内壁	360	2.0*2.688/2		2.69	968	3.000	2904	4.000	3872
		2.0*2.688/2		2.69	968	4.000	3872	2.000	1936
		3.0*2.688/2		4.03	1452	4.000	5808	7.500	10890
		4.0*2.688/2		5.38	1935	6.000	11610	8.000	15480
		1.0*2.688/3		1.34	484	3.500	1694	3.000	1452
		8.0*2.688/2		10.75	3871	4.000	15484	5.000	19355
		4.0*2.688/2		5.38	1935	2.000	3870	6.000	11610
1階内壁	360	2.0*2.688/2		2.69	968	7.000	6776	8.000	7744
		2.0*2.688/2		2.69	968	3.000	2904	8.000	7744
		2.0*2.688/2		2.69	968	4.000	3872	8.000	7744
		2.0*2.688/2		2.69	968	5.500	5324	6.000	5808
		2.0*2.688/2		2.69	968	6.000	5808	8.000	7744
		1.0*2.688/3		1.34	484	5.500	2662	5.000	2420
2階外壁	590	6.0*2.688/2		8.06	2903	3.000	8709	7.000	20321
		8.0*2.688/2		10.75	6344	0.000	0	5.000	31720
		8.0*2.688/2		10.75	6344	8.000	50752	5.000	31720
		8.0*2.688/2		10.75	6344	4.000	25376	1.000	6344
1階外壁	590	8.0*2.688/2		10.75	6344	4.000	25376	9.000	57096
		9.0*2.898/2		13.04	7694	0.000	0	4.500	34623
		1.0*2.898/2		1.45	855	4.000	3420	0.500	428
		8.0*2.898/2		11.59	6839	8.000	54712	5.000	34195
		4.0*2.898/2		5.80	3420	2.000	6840	0.000	0
1階外壁	590	4.0*2.898/2		5.80	3420	6.000	20520	1.000	3420
		8.0*2.898/2		11.59	6839	4.000	27356	9.000	61551
—	—			—	459868	—	1703183	—	2014641

X方向重心(原点 X0-Y1) = 3.704 m
 Y方向重心(原点 X0-Y1) = 4.381 m

3-2-2 ねじれ補正係数の算定

表 2.2.1-7

2階耐力壁

通り	KX	Y	KX・Y	KX・Y ²	αX	LY	gY	e _y	I _x	r _{ex}	R _{ex}
Y1	20.000	1.000	20.00	20.00	1.55	6.714	3.855	2.859	915	5.43	0.527
Y9	50.000	9.000	450.00	4050.00	0.78						
	70.000		470.00	4070.00							
通り	KY	X	KY・X	KY・X ²	αy	LX	gX	e _x	I _y	r _{ey}	R _{ey}
X0	32.500	0.000	0.00	0.00	1.06	4.414	4.009	0.405	1147	5.33	0.076
X8	40.000	8.000	320.00	2560.00	0.95						
	72.500		320.00	2560.00							

1階耐力壁

通り	KX	Y	KX・Y	KX・Y ²	αX	LY	gY	e _y	I _x	r _{ex}	R _{ex}
Y0	15.000	0.000	0.00	0.00	1.04	4.750	4.381	0.369	1091	6.62	0.056
Y1	15.000	1.000	15.00	15.00	1.03						
Y9	30.000	9.000	270.00	2430.00	0.96						
	60.000		285.00	2445.00							
通り	KY	X	KY・X	KY・X ²	αy	LX	gX	e _x	I _y	r _{ey}	R _{ey}
X0	60.000	0.000	0.00	0.00	0.94	3.2	3.704	0.504	1536	5.13	0.098
X8	40.000	8.000	320.00	2560.00	1.09						
	100.000		320.00	2560.00							

3-2-3 ねじれ補正係数を考慮した各通り分担水平力

表 2.2.1-8

2階耐力壁

X方向

通り	壁倍率	風荷重 N	有効壁長 m	αX	分担水平力 N	せん断耐力 N	分担水平力 せん断耐力	判定
Y1	10.0	21730	20.000	1.55	9623	39200	0.25	0.K
Y9	10.0		50.000	1.00	15521	98000	0.16	0.K

Y方向

通り	壁倍率	風荷重 N	有効壁長 m	αy	分担水平力 N	せん断耐力 N	分担水平力 せん断耐力	判定
X0	10.0	27510	32.500	1.06	13072	63700	0.21	0.K
X8	10.0		40.000	1.00	15178	78400	0.19	0.K

1階耐力壁

X方向

通り	壁倍率	風荷重 N	有効壁長 m	αX	分担水平力 N	せん断耐力 N	分担水平力 せん断耐力	判定
Y0	10.0	45760	15.000	1.04	11898	29400	0.40	0.K
Y1	10.0		15.000	1.03	11783	29400	0.40	0.K
Y9	10.0		30.000	1.00	22880	58800	0.39	0.K

Y方向

通り	壁倍率	風荷重 N	有効壁長 m	αy	分担水平力 N	せん断耐力 N	分担水平力 せん断耐力	判定
X0	10.0	51400	60.000	1.00	30840	117600	0.26	0.K
X8	10.0		40.000	1.09	22410	78400	0.29	0.K

表 2.2.1-9

2 階耐力壁

X 方向

通 り	壁倍率	地震荷重 N	有効壁長 m	αX	分担水平力 N	せん断耐力 N	分担水平力 せん断耐力	判 定
Y1	10.0	50050	20.000	1.55	22165	39200	0.57	0.K
Y9	10.0		50.000	1.00	35750	98000	0.36	0.K

Y 方向

通 り	壁倍率	地震荷重 N	有効壁長 m	αy	分担水平力 N	せん断耐力 N	分担水平力 せん断耐力	判 定
X0	10.0	50050	32.500	1.06	23782	63700	0.37	0.K
X8	10.0		40.000	1.00	27614	78400	0.35	0.K

1 階耐力壁

X 方向

通 り	壁倍率	地震荷重 N	有効壁長 m	αX	分担水平力 N	せん断耐力 N	分担水平力 せん断耐力	判 定
Y0	10.0	91970	15.000	1.04	23912	29400	0.81	0.K
Y1	10.0		15.000	1.03	23682	29400	0.81	0.K
Y9	10.0		30.000	1.00	45985	58800	0.78	0.K

Y 方向

通 り	壁倍率	地震荷重 N	有効壁長 m	αy	分担水平力 N	せん断耐力 N	分担水平力 せん断耐力	判 定
X0	10.0	91970	60.000	1.00	55182	117600	0.47	0.K
X8	10.0		40.000	1.09	40099	78400	0.51	0.K

その他検討必要事項

4) 壁 C L T の検討

4-1 長期圧縮力(床 C L T へめり込み検討含む)の及び風圧力による面外曲げの検討

4-2 水平力作用時壁端部金物の検討

4-3 支持柱の検討

5) 屋根 C L T の検討

5-1 屋根 C L T の面外曲げ検討 (支点部分めり込み検討含む)

5-2 屋根 C L T と壁 C L T の緊結 (せん断力及び屋根吹き上げに対する検討)

6) 床 C L T の検討

6-1 床 C L T も面外曲げの検討 (支点部分めり込み検討含む)

6-2 床 C L T と壁 C L T の緊結(せん断力に対する検討)

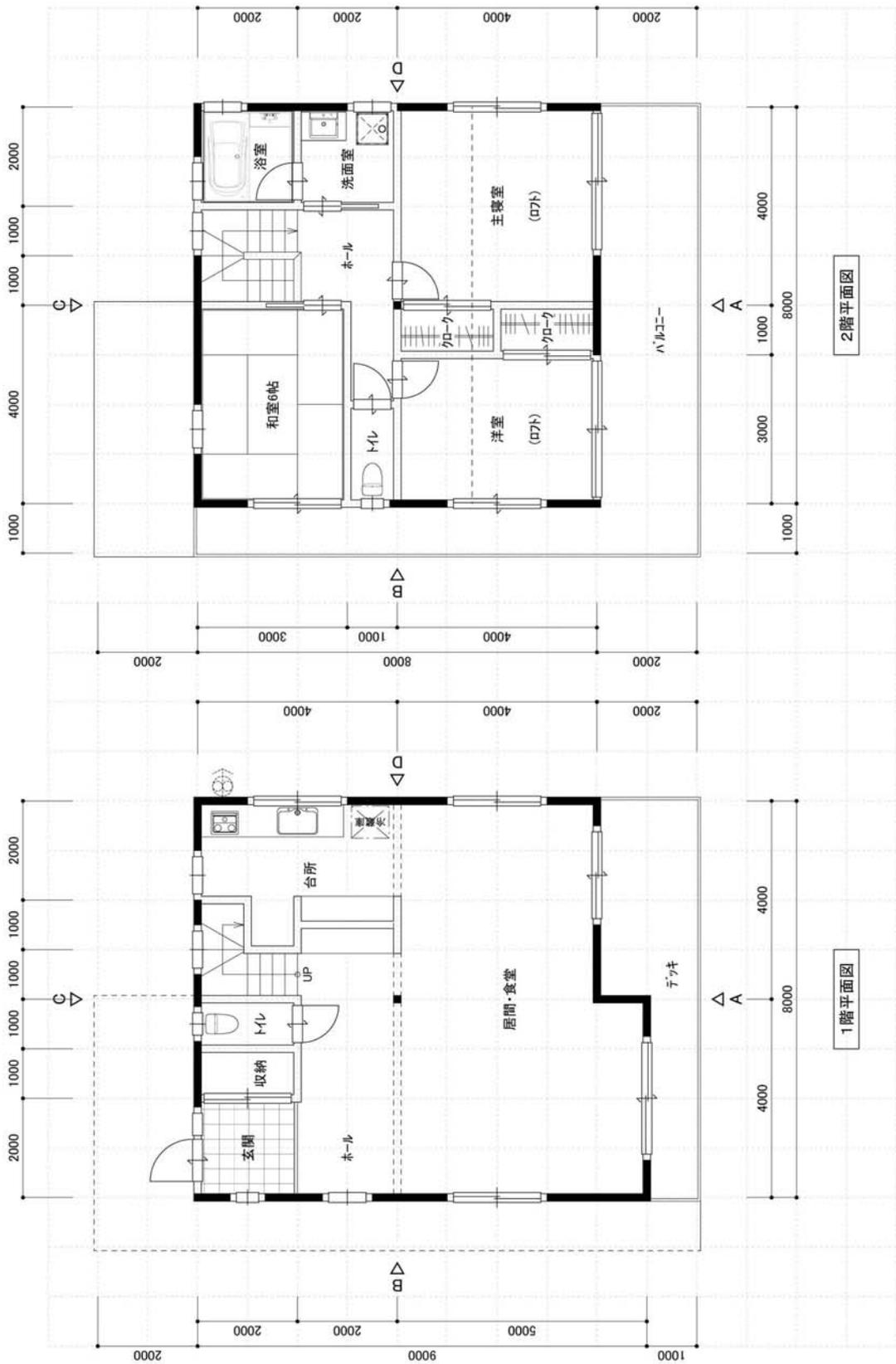
7) 基礎の検討

7-1 壁 C L T と基礎の緊結(アンカーボルトのせん断力及び引張力に対する検討)

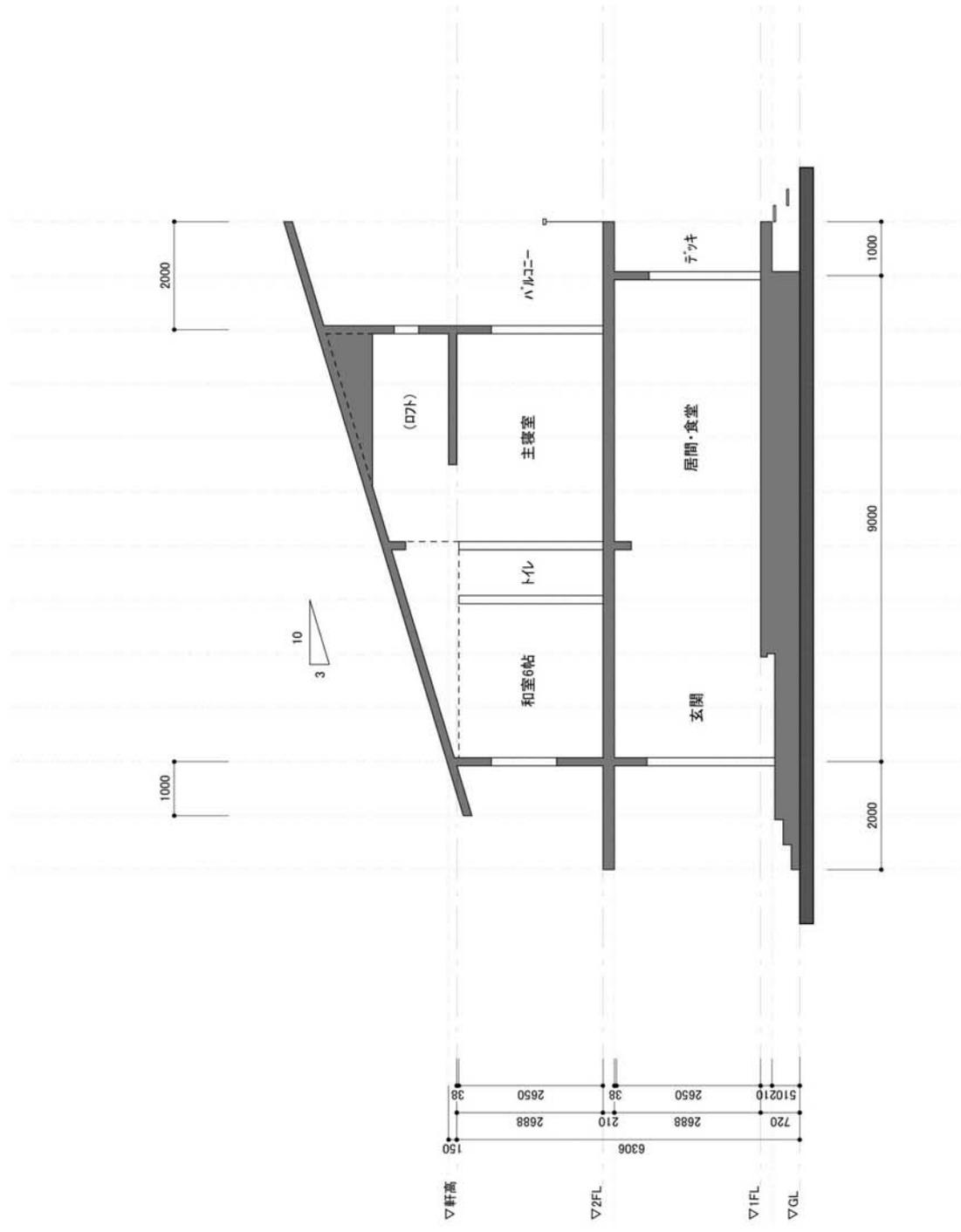
7-2 接地圧の検討

7-3 各部配筋検討

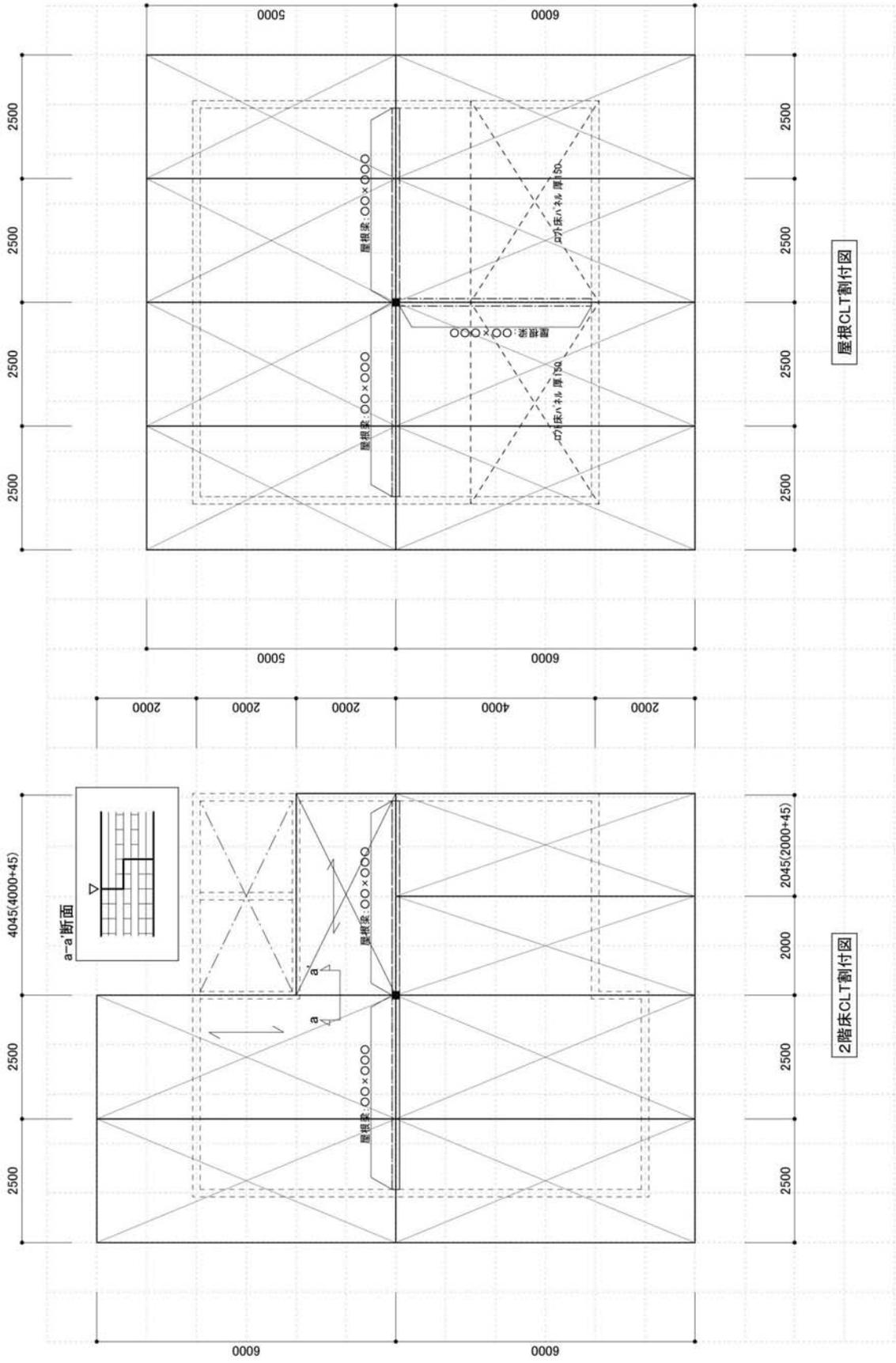
2.2.1.2 低層戸建住宅 意匠図



壁:CLT 床・屋根:CLT	低層 戸建住宅 (132㎡) 第2案	各階平面図	S=1/100	B-1
----------------	--------------------	-------	---------	-----



壁: CLT 床・屋根: CLT 低層 戸建住宅 (132m²) 第2案 断面図 S=1/100 B-2



壁: CLT 床・屋根: CLT

低層 戸建住宅 (132m²) 第2案

CLT割付図

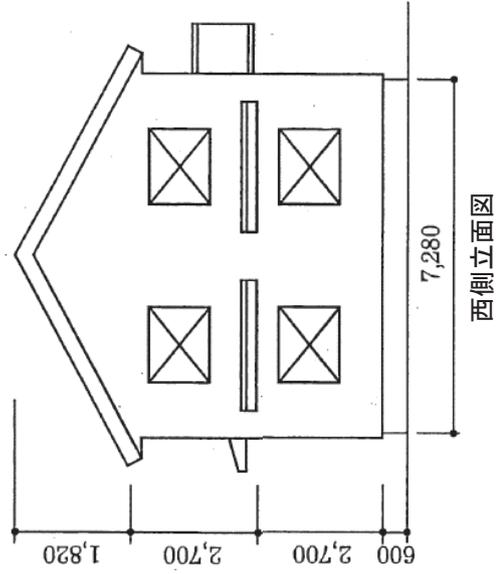
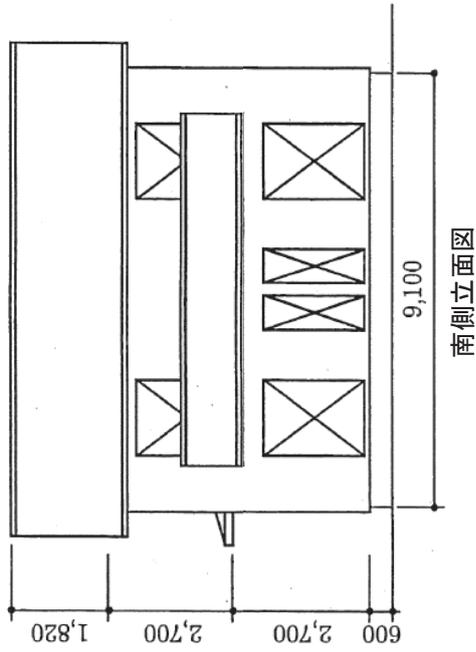
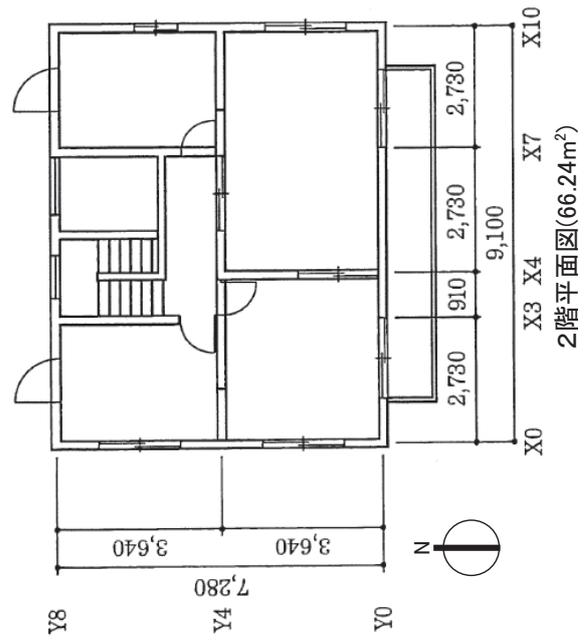
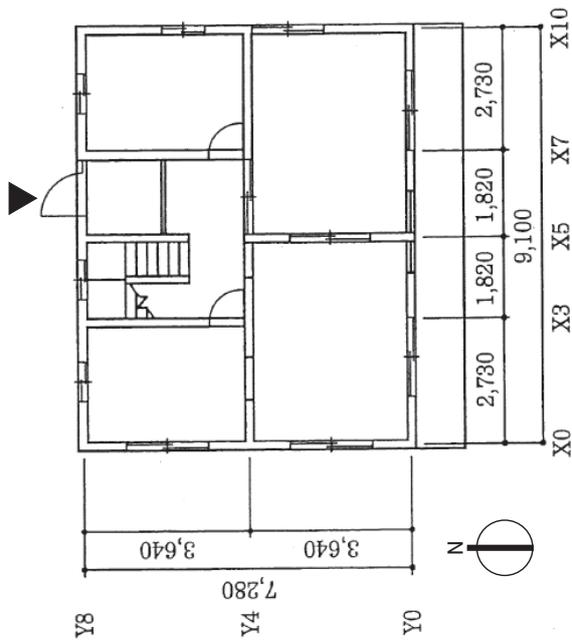
S=1/100

B-3

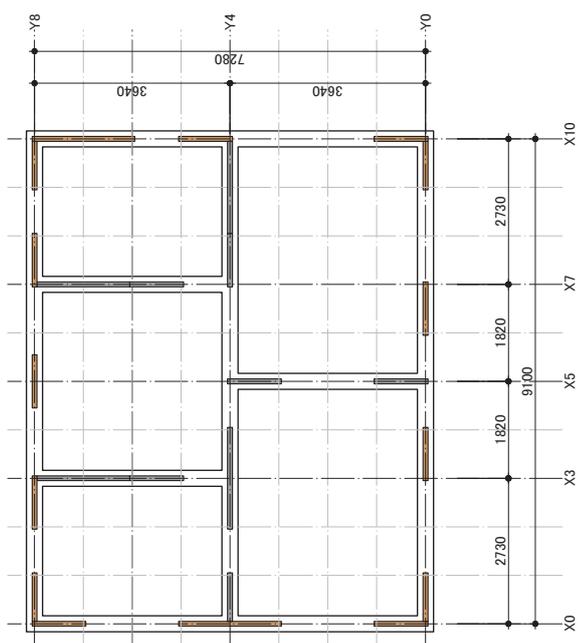
2.2.2 低層戸建住宅

建物タイプ (低層戸建住宅) 意匠図

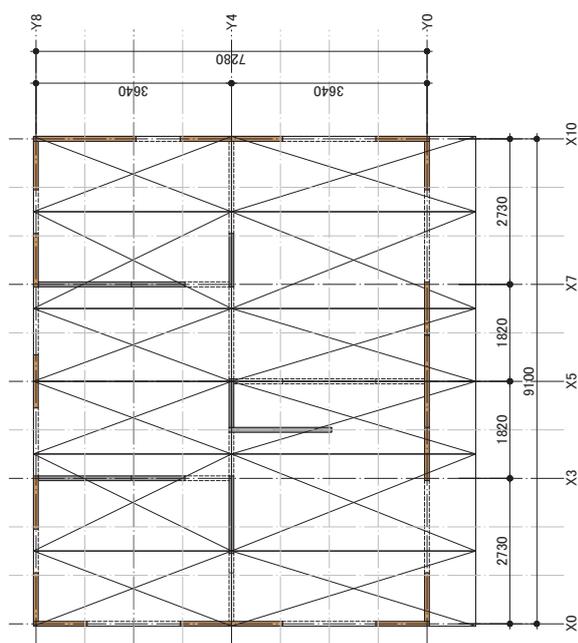
本試設計は、
2007年枠組壁工法建築物構造計算指針（社団法人 日本ツーバーハイフォー建築協会編）
「事例2 枠組壁工法3階建て構造計算例」を2階建てに変更したプランとした。



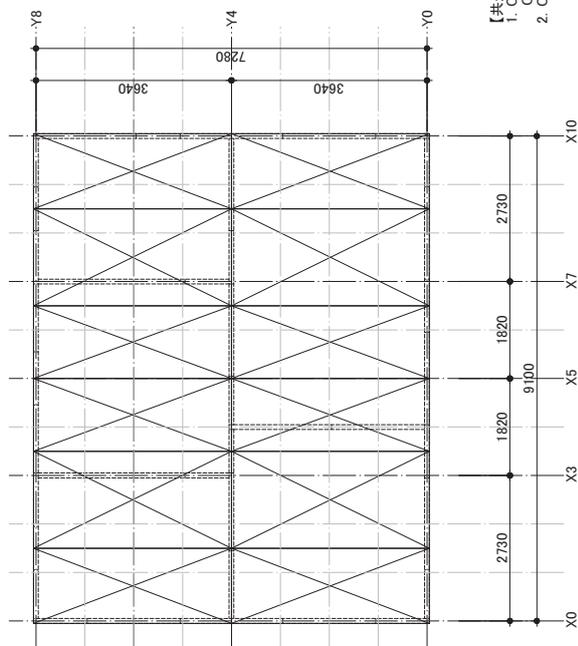
建物タイプ (低層戸建住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



1階伏図



2階伏図



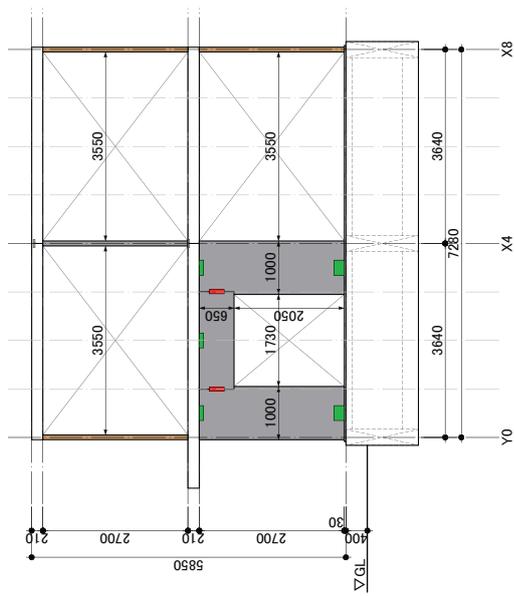
R階伏図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CL1壁パネル厚=90mm、CL1まぐさパネル厚=90mm
 2. CL1壁パネル・隠蔽パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カビパネル
 ■ 支持パネル

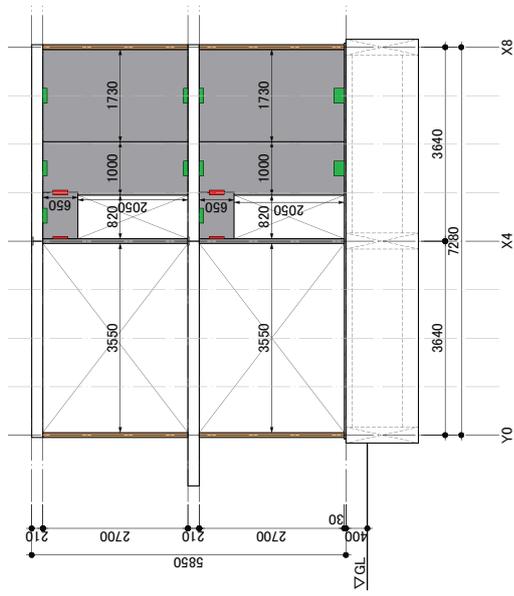
3. 破線は下階の壁及びまぐさ位置を示す。

図面番号	図面名	縮尺	図面番号
S-01 (CASE1)	伏図	1/100 [A3]	S-01 (CASE1)
作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面番号
仁平	2014.06.26	建物タイプ① 低層戸建住宅 (CASE1) 小幅パネルを用いた計画	S-01 (CASE1)
担当建築士/捺印	作成者	作成者	作成者
管理建築士/捺印	作成者	作成者	作成者
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大庭登樹(1975.13生 廣藤建設) 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648	株式会社日本システム設計		

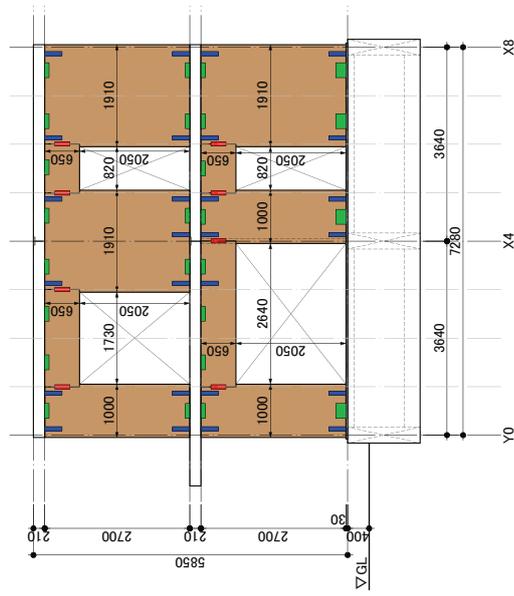
建物タイプ (低層戸建住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



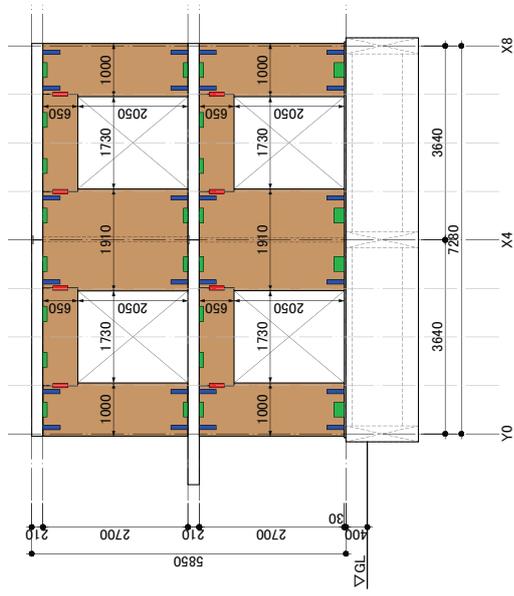
X5通リ軸組図



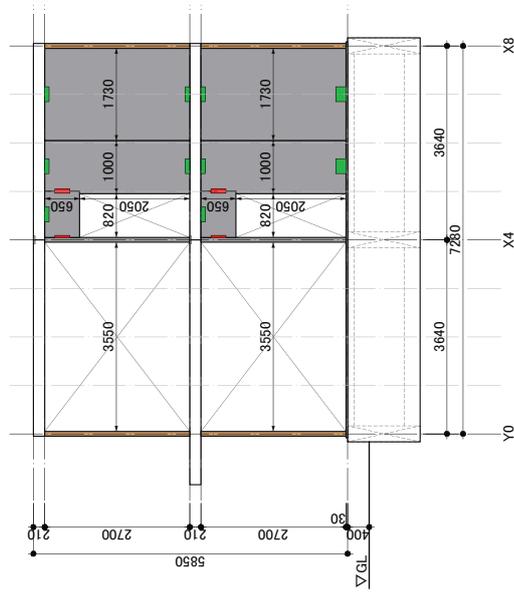
X3通リ軸組図



X10通リ軸組図



X0通リ軸組図

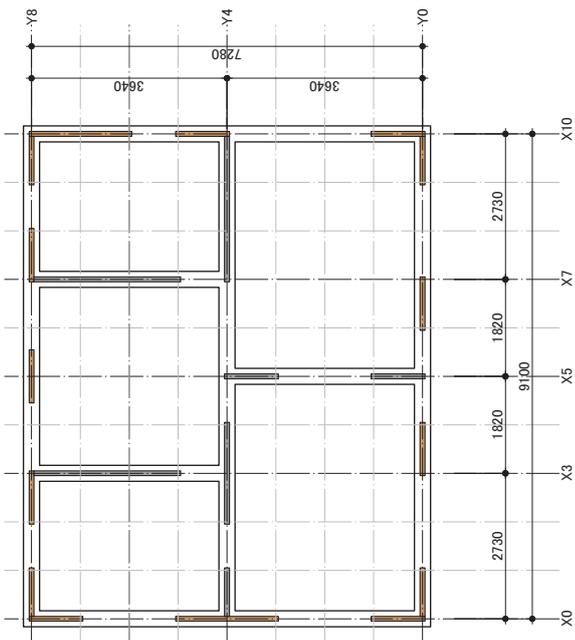


X7通リ軸組図

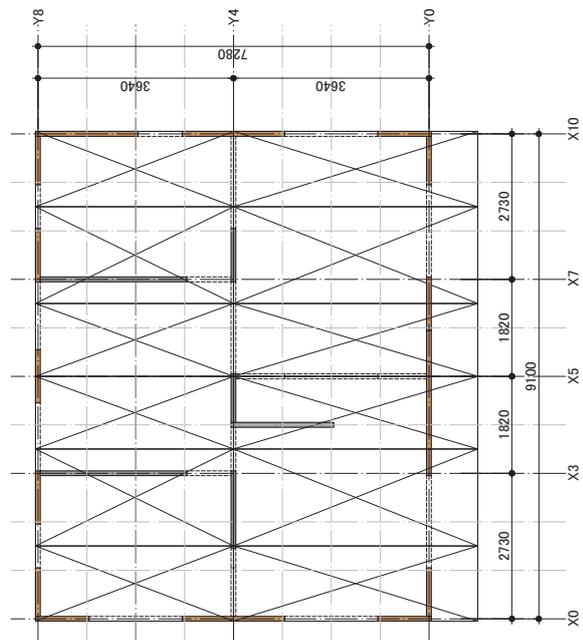
【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁ハナセル厚=90mm、CLTまくさいハナセル厚=80mm
 2. CLT床ハナセル厚=210mm、CLT壁ハナセルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐力ハナセル
 ■ 支持ハナセル

図面番号	S-02 (CASE1)
図面名	X通リ軸組図
縮尺	1/100 [A3]
プロジェクト名	建物タイプ① 低層戸建住宅 (CASE1) 幅入りハナセルを用いた組合
作成者	仁平
作成(変更日)	2014.06.26
担当建築士/捺印	
専任建築士/捺印	
事務所登録/一般建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一般建築士 大庄登樹192513号 業 構造設計 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648	
株式会社日本システム設計	

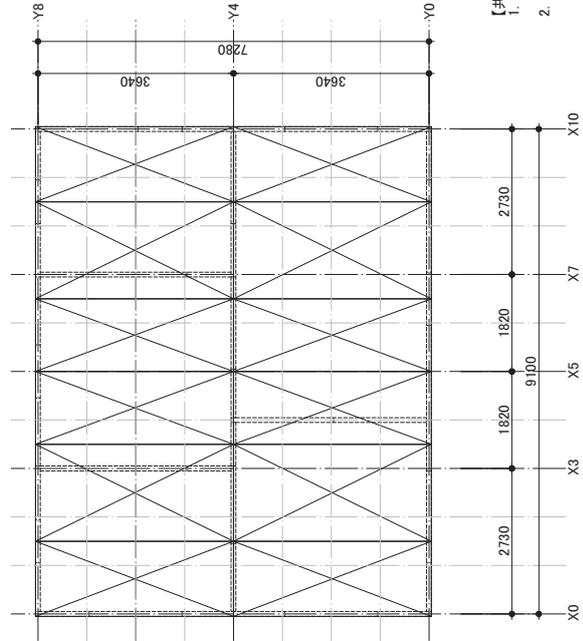
建物タイプ (低層戸建住宅) CASE2 大判パネル 構造図



1階伏図



2階伏図



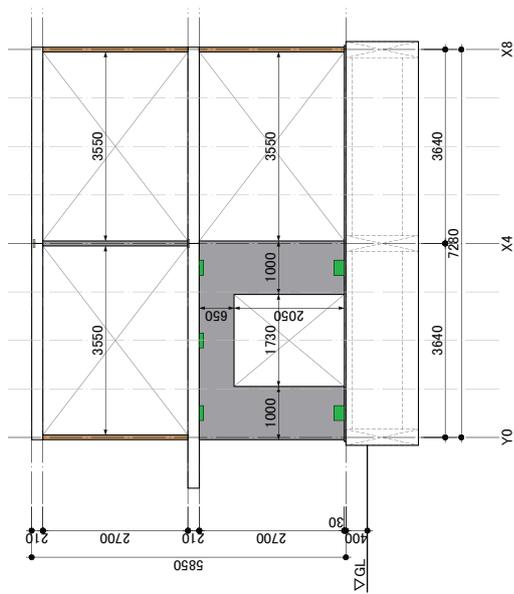
R階伏図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CL工壁パネル厚=90mm、CL工床パネル厚=210mm、CL工床パネル厚=90mm
 2. CL工壁パネル・履盤パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐力パネル
 ■ 支持パネル

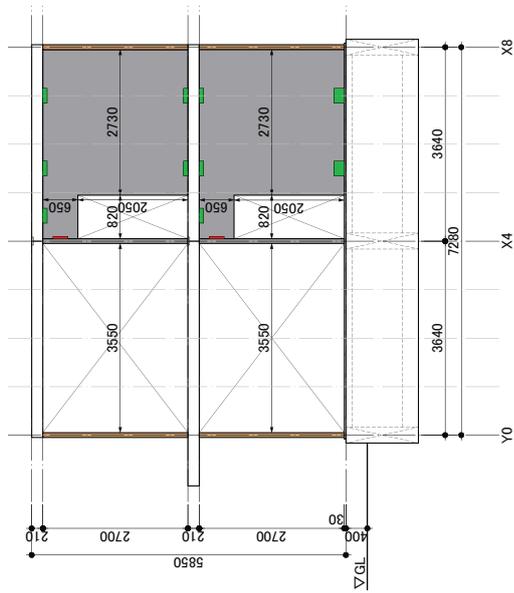
3. 破線は下階の耐力壁及びびまぐさ位置を示す。

管理建築士/捺印		担当建築士/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
			仁平		2014.06.26	建物タイプ① 低層戸建住宅 (CASE2大判パネルを用いた計画)	伏図	1/100 [A3]	S-01 (CASE2)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大庭孝樹(1975.13号 業 務 登 記 証) 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648									
株式会社日本システム設計									

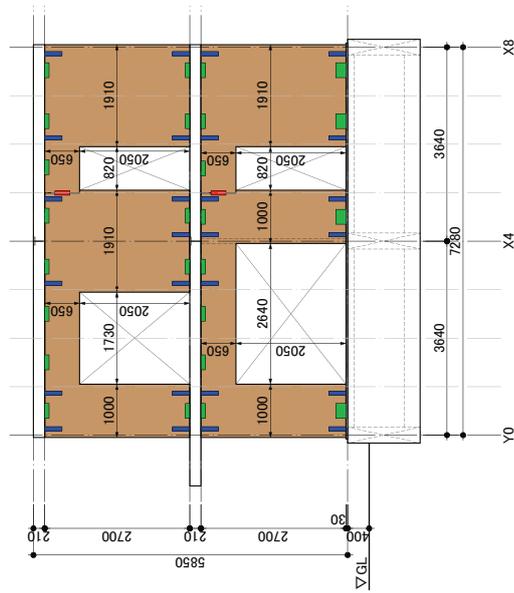
建物タイプ (低層戸建住宅) CASE2 大判パネル 構造図



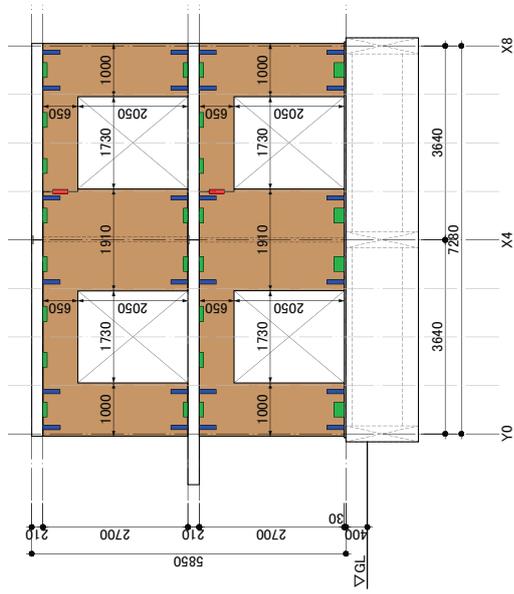
X5通リ軸組図



X3通リ軸組図



X10通リ軸組図



X0通リ軸組図

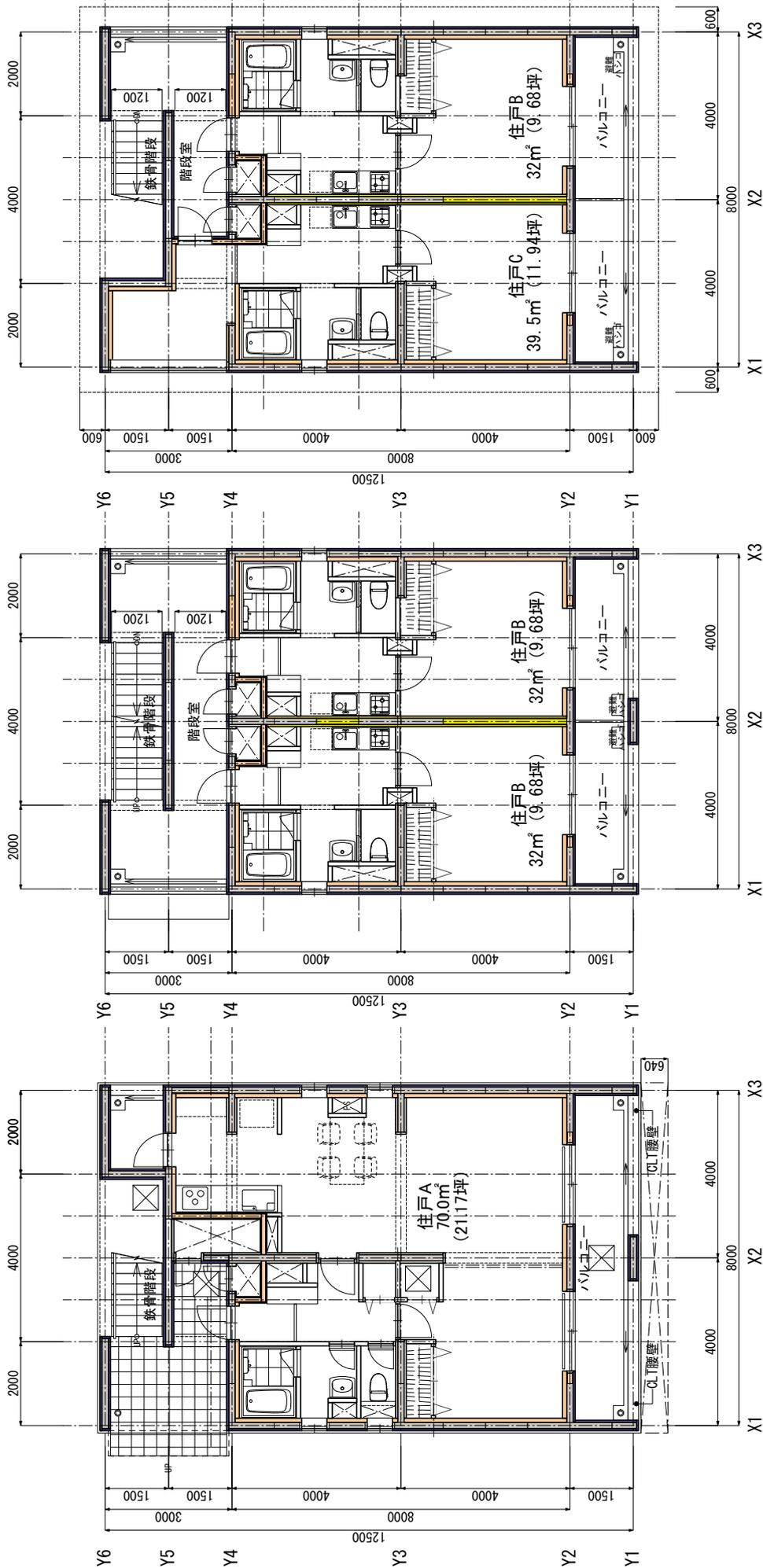


X7通リ軸組図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁ハネル厚=90mm, CLT床ハネル厚=210mm, CLT床ハネル厚=210mm。
 2. CLT壁ハネル・壁ハネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐力ハネル
 ■ 支持ハネル

図面番号	S-02 (CASE2)
図面名	X通リ軸組図
縮尺	1/100 [A3]
プロジェクト名	建物タイプ① 低層戸建住宅 (CASE2大判パネルを用いた場合)
作成(変更日)	2014.06.26
作成者	仁平
作成者	
担当建築士/捺印	
管理建築士/捺印	
事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区日本橋1-6-9 管理建築士/一級建築士 大田豊隆 152513号 東京都中央区日本橋1-6-9 TEL:03-3688-0618 FAX:03-3688-3648 株式会社日本システム設計	

2.3 低層戸建住宅
 建物タイプ (低層共同住宅) 意匠図



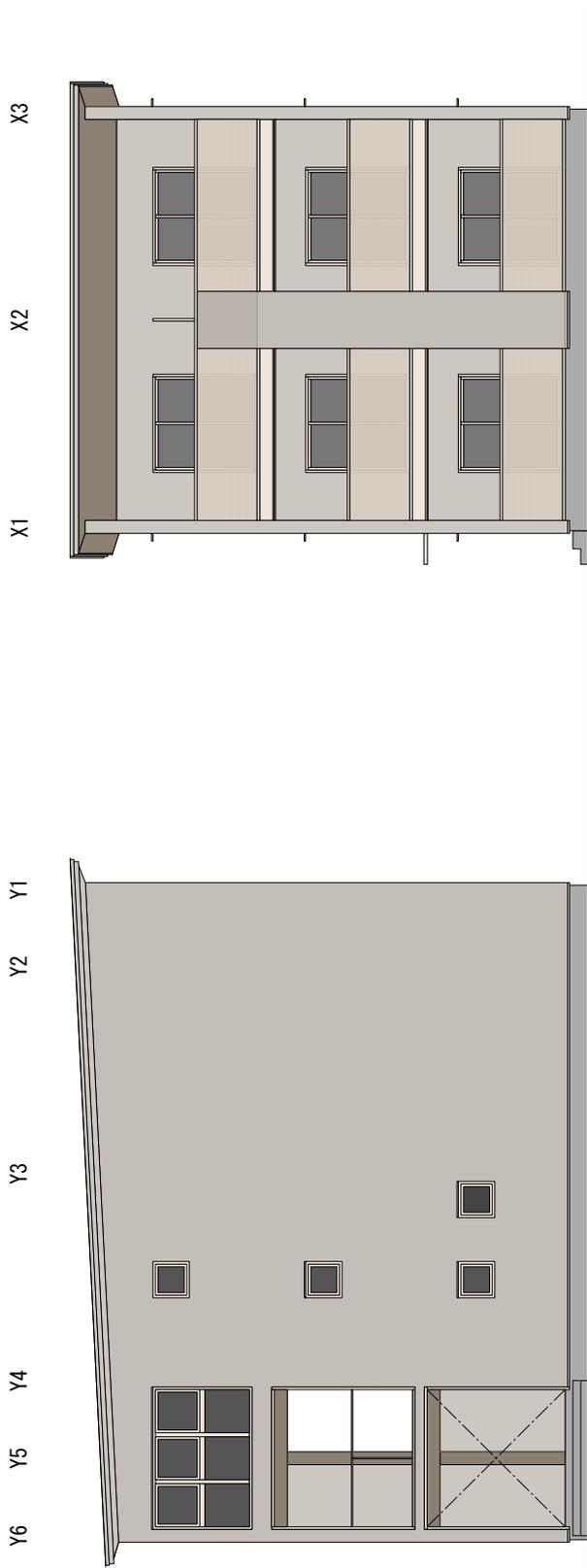
1階平面図 1/100

2階平面図 1/100

3階平面図 1/100

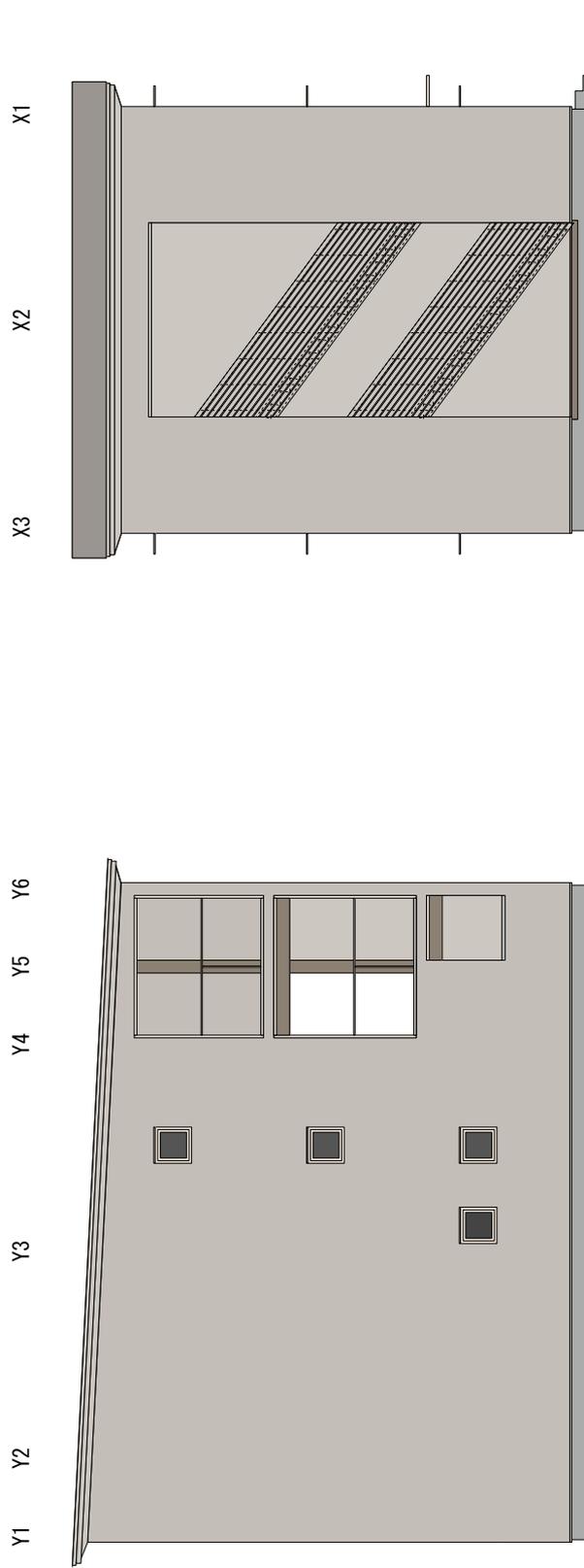
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理棟兼士/一級建築士 大臣登録192513号 業種登記簿 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648	管理棟兼士/捺印	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		渡邊	2014.06.26	建物タイプ② 低層共同住宅	平面図	1/100 [A3]	D-01

建物タイプ (低層共同住宅) 意匠図



西側立面図 1/100

南側立面図 1/100



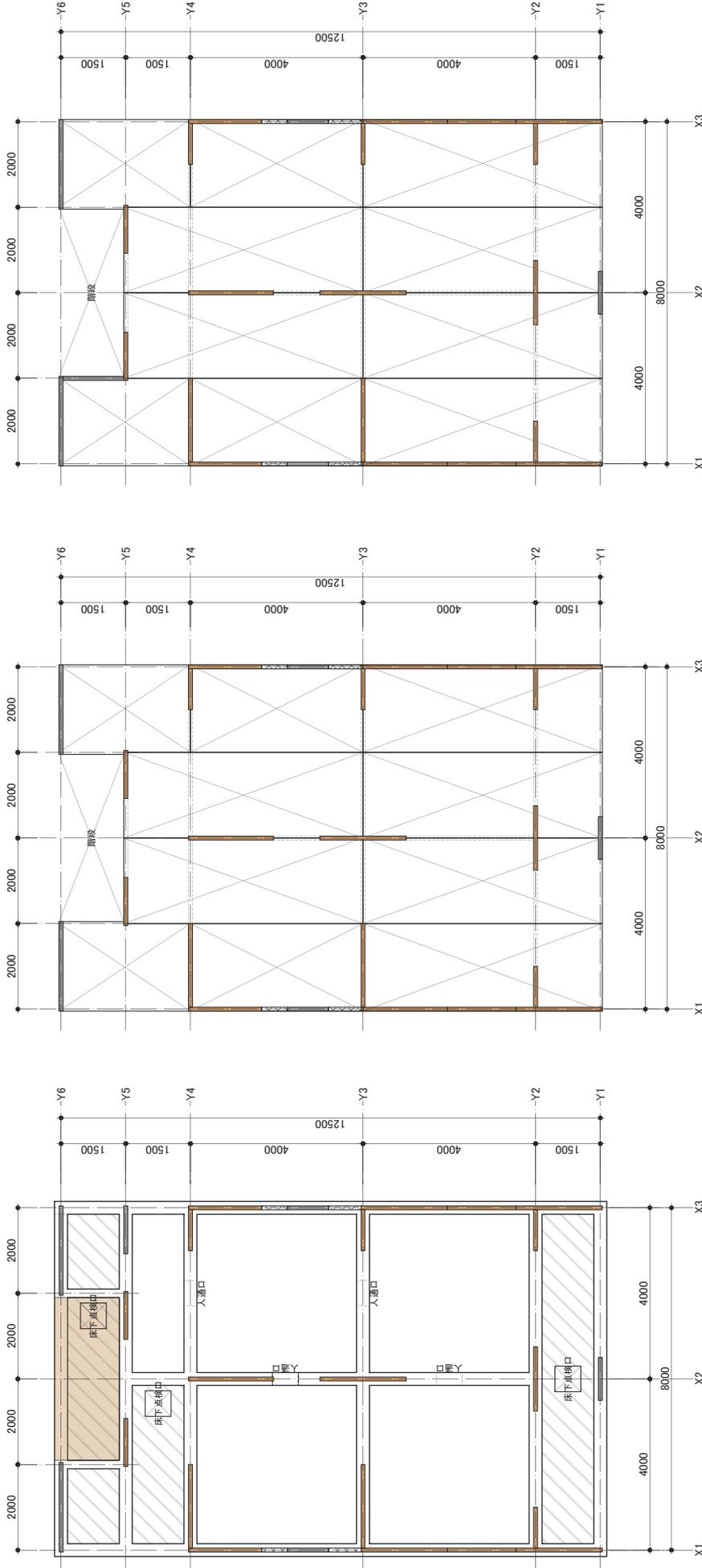
東側立面図 1/100

北側立面図 1/100

事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第1692号 管理棟登記/一級建築士 大石登樹 12513号 業種登記 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-9648		管理棟登記/捺印 担当建築士/捺印	作成者 渡邊	作成者 作成者	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ② 低層共同住宅	図面名 立面図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 D-02
---	--	--------------------------	-----------	----------------	-----------------------	--------------------------	------------	---------------------	--------------

株式会社日本システム設計

建物タイプ (低層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



1階伏図

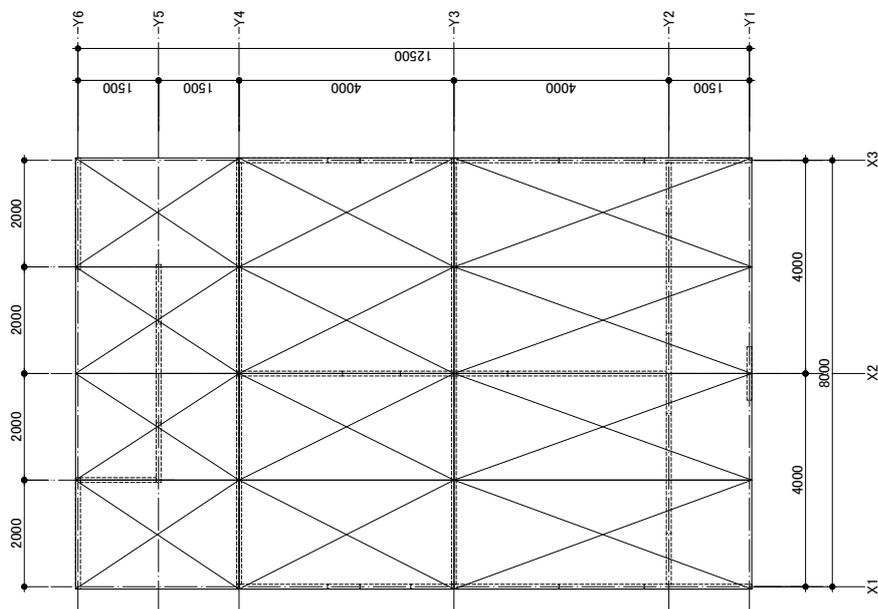
2階伏図

3階伏図

- 【共通事項】 特記なき限り下記とする。
1. CLT壁パネル厚=90mm、CLT床パネル厚=90mm、CLT柱パネル厚=210mm、CLTまぐさパネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・扉壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カハパネル
 ■ 支持パネル
 ■ 非耐カハパネル
 3. 破線は下階のまぐさ位置を示す。
 4. ■ : 二重スラブ
 5. ■ : FGI 天端より-200mm

管理建築士捺印	担当建築士捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	図面番号
		渡邊		2014.06.26	建物タイプ②、低層共同住宅 (CASE1 小幅パネルを用いた場合)	伏図-1	S-01 (CASE1)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大住登樹192513号 業種登記簿 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648							
株式会社日本システム設計							

建物タイプ (低層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



1階伏図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT厚/パネル厚=90mm、CLTまぐさ/パネル厚=90mm
 2. 破線は下階のCLTパネル位置を示す。

管理建築士/捺印	担当建築士/捺印	作成者	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		渡邊			2014.06.26	建物タイプ②、低層共同住宅 (CASE1 小幅パネルを用いた場合)	伏図-2	1/100 [A3]	S-02 (CASE1)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大田登 登録192513号 業種表記 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3686-0618 FAX.03-3686-3648 株式会社日本システム設計									

建物タイプ (低層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



X2-2000通り軸組図



X1通り軸組図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLTまぐさパネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・腰壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐力パネル
 ■ 支持パネル
 □ 非耐力パネル

管理建築士/捺印	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
管理建築士/捺印	渡邊	2014.06.26	建物タイプ②、低層共同住宅 (CASE1 小幅パネルを用いた場合)	X2通り軸組図-1	1/100 [A3]	S-03 (CASE1)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大住登樹192513号 業種登記簿 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648						
株式会社日本システム設計						

建物タイプ (低層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



X2+2000の通り軸組図

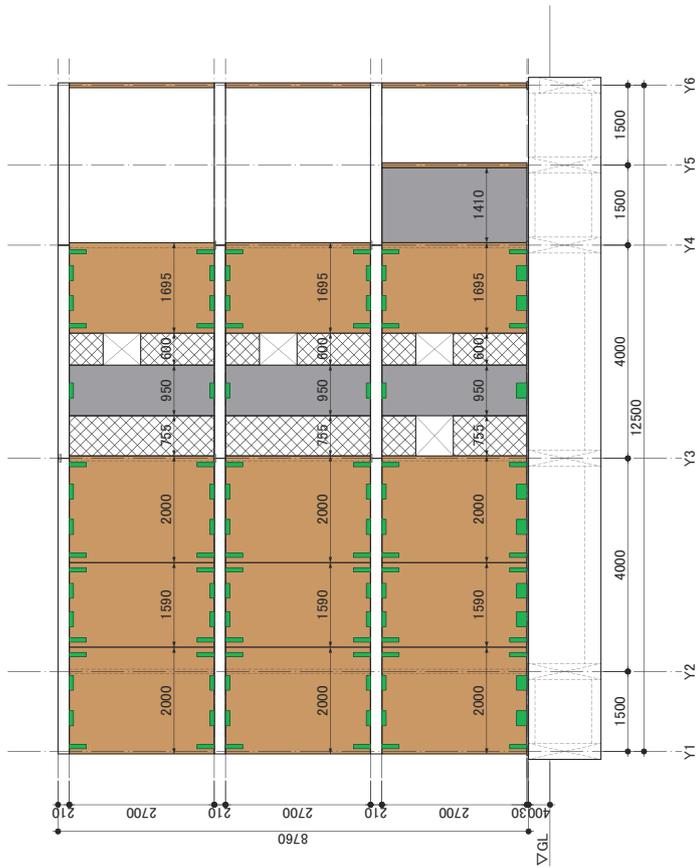


X2通り軸組図

【共通軸組】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLT床パネル厚=210mm、CLTまぐさパネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・腰壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐力パネル
 ■ 支持パネル
 □ 非耐力パネル

管理建築士/捺印	担当建築士/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		渡邊		2014.06.26	建物タイプ②、低層共同住宅 (CASE1 小幅パネルを用いた場合)	X2通り軸組図-2	1/100 [A3]	S-04 (CASE1)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大住登樹192513号 業種登記簿 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648								
株式会社日本システム設計								

建物タイプ (低層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図

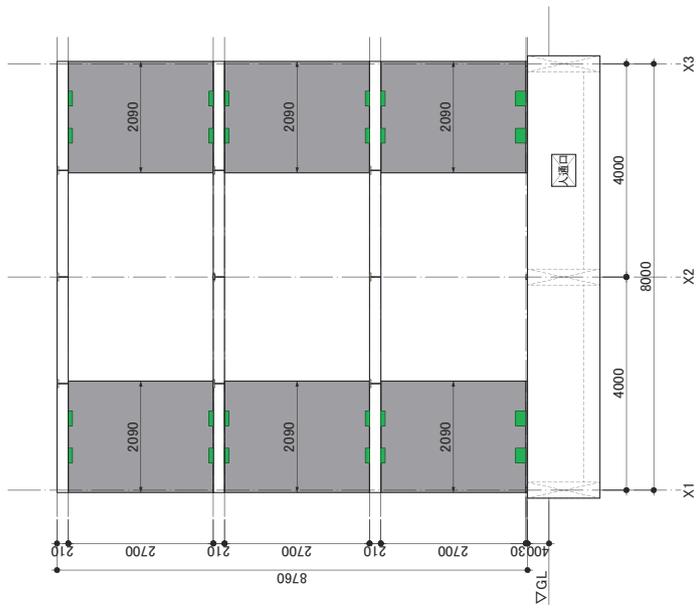


X3通り軸組図

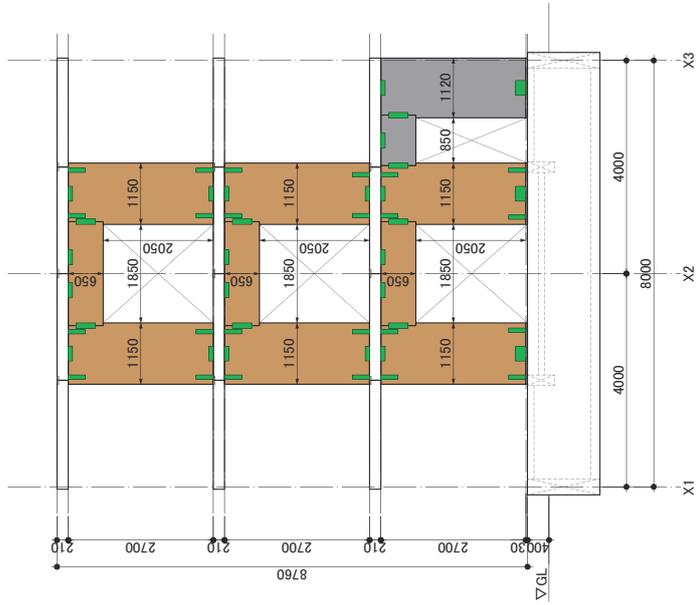
【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLT床パネル厚=210mm、CLTまぐさパネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・腰壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐力パネル
 ■ 支持パネル
 □ 非耐力パネル

管理棟表示/捺印	担当棟表示/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		渡邊		2014.06.26	建物タイプ②、低層共同住宅 (CASE1 小幅パネルを用いた場合)	X3通り軸組図-3	1/100 [A3]	S-05 (CASE1)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理棟表示/一級建築士 大住登樹192513号 栗橋基紀周 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648								
株式会社日本システム設計								

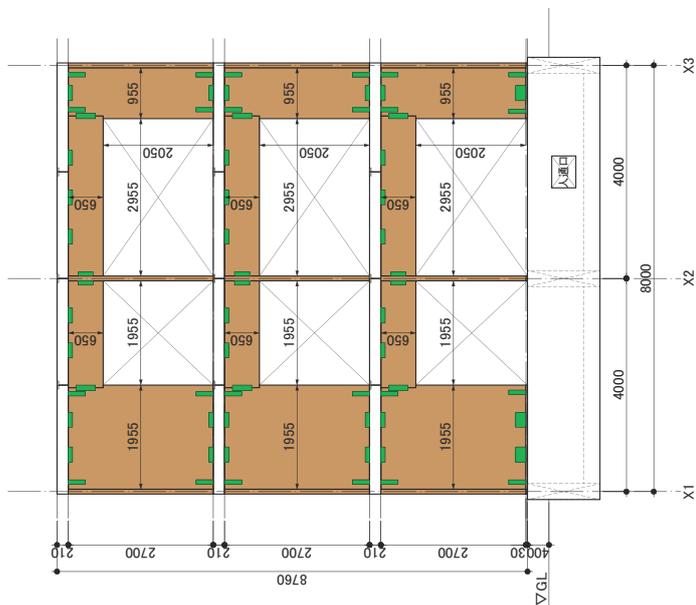
建物タイプ (低層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



Y6通リ 軸組図



Y5通リ 軸組図



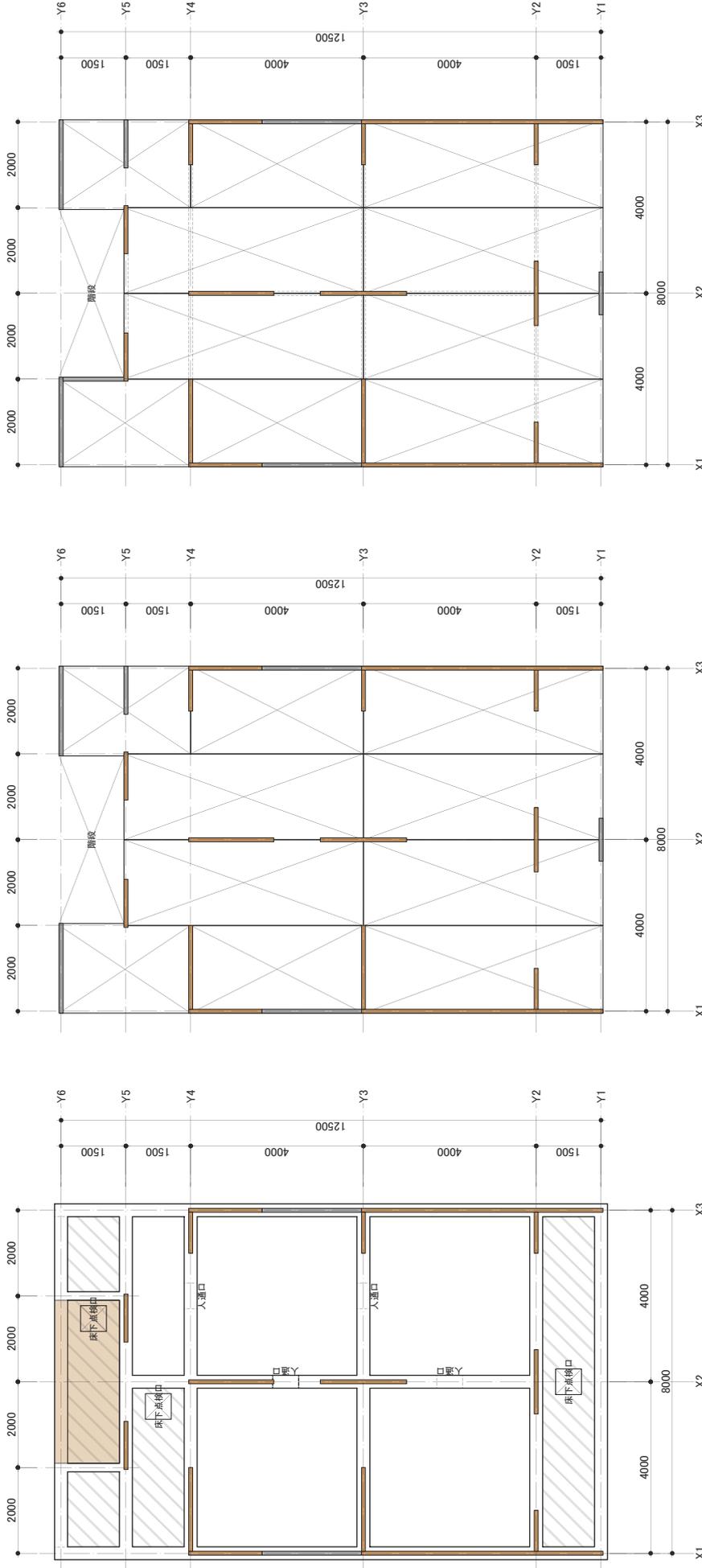
Y4通リ 軸組図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLT床パネル厚=210mm、CLTまぐさパネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・扉壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐力パネル
 ■ 支持パネル
 □ 非耐力パネル

図面番号	図面名	縮尺	図面番号
S-07 (CASE1)	X通り軸組図-2	1/100 [A3]	
プロジェクト名	作成者	作成(変更日)	図面番号
建物タイプ②、低層共同住宅 (CASE1、小幅パネルを用いた場合)	渡邊	2014.06.26	S-07 (CASE1)
担当建築士/捺印	作成者		
管理建築士/捺印			
事務所 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648 専務 建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理 建築士/一級建築士 大田登樹 192513号 業種登記簿 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648			

株式会社日本システム設計

建物タイプ (低層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



3階伏図

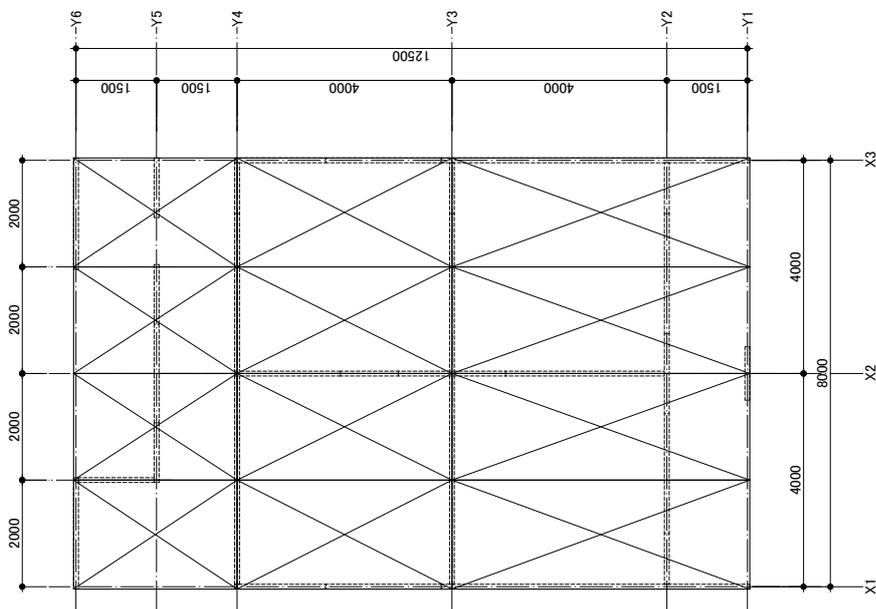
2階伏図

1階伏図

- 【共通事項】 特記なき限り下記とする。
1. CLT壁パネル厚=90mm、CLT床パネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・扉壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐久パネル
 ■ 非耐久パネル
 3. 破線は下階のまぐさ位置を示す。
 4. 〃 : 二重スラブ
 5. 〃 : FGI天端より-200mm

管理棟床土印	担当建築士/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面番号
		渡邊		2014.06.26	建物タイプ② 低層共同住宅 (CASE2 大判パネルを用いた構造)	S-01 (CASE2)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理棟床土/一級建築士 大住登樹192513号 栗橋基紀 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648			株式会社日本システム設計			
縮尺		1/100 [A3]		図面名		
伏図-1						

建物タイプ (低層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



R階伏図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT厚/パネル厚=90mm、CLTまぐさ/パネル厚=90mm
 2. 破線は下階のCLTパネル位置を示す。

管理建築士/捺印	担当建築士/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		渡邊		2014.06.26	建物タイプ② 低層共同住宅 (CASE2 大判パネルを用いた構造)	伏図-2	1/100 [A3]	S-02 (CASE2)

株式会社日本システム設計
 事務所 東京都中央区日本橋区本町2-5 TEL.03-3686-0618 FAX.03-3686-3648
 専務取締役/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号
 管理建築士/一級建築士 大田章 登録192513号 業種登記簿

建物タイプ (低層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



X2-2000の通り軸組図



X1の通り軸組図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLTまぐさパネル厚=80mm
 2. CLT壁パネル・腰壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カハパネル
 ■ 非耐カハパネル

図面番号	図面名	プロジェクト名	作成(変更日)	作成者	作成者	担当建築士/捺印	管理建築士/捺印
S-03 (CASE2)	X通り軸組図-1	建物タイプ② 低層共同住宅 (CASE2 大判パネルを用いた構造)	2014.06.26	渡邊			
縮尺	1/100 [A3]						
事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大住登樹192513号 栗橋基紀周 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648 株式会社日本システム設計							

建物タイプ (低層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



X2+2000の通り軸組図



X2通り軸組図

【共通軸組】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLT床パネル厚=210mm、CLT柱パネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・扉壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カハパネル
 ■ 非耐カハパネル

管理建築士捺印	担当建築士/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		渡邊		2014.06.26	建物タイプ② 低層共同住宅 (CASE2 大判パネルを用いた構造)	X2通り軸組図-2	1/100 [A3]	S-04 (CASE2)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大住登樹192513号 業種登記簿 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648								
株式会社日本システム設計								

建物タイプ (低層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図

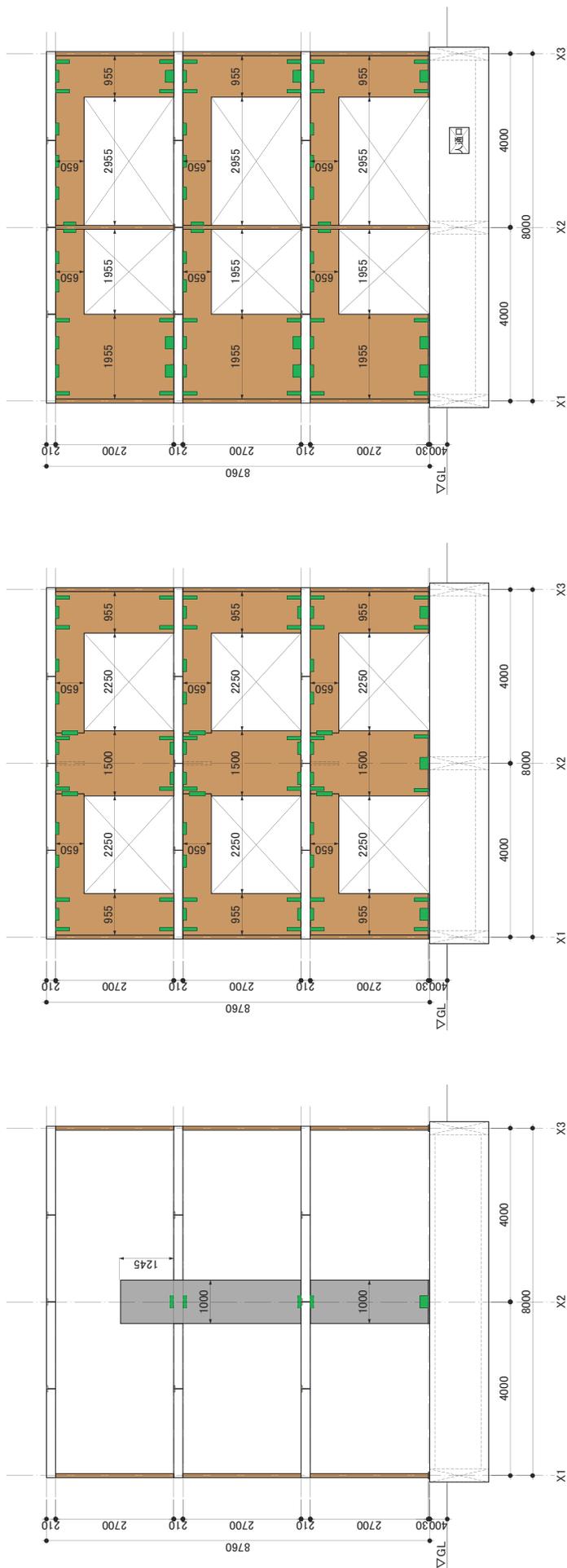


X3通り軸組図

【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLT床パネル厚=210mm、CLTまぐさパネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・腰壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カハパネル
 ■ 非耐カハパネル

管理棟表示/捺印	担当棟表示/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		渡邊		2014.06.26	建物タイプ② 低層共同住宅 (CASE2 大判パネルを用いた構造)	X3通り軸組図-3	1/100 [A3]	S-05 (CASE2)
事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理棟表示/一級建築士 大住登樹192513号 栗橋基紀 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648								
株式会社日本システム設計								

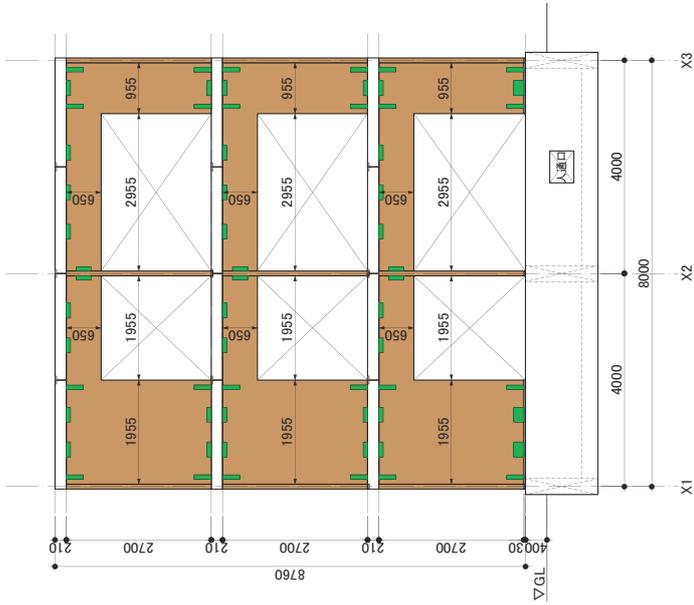
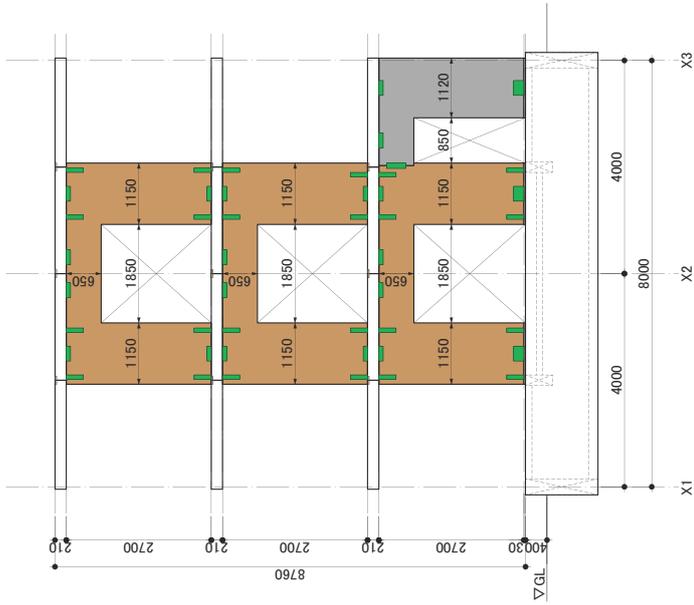
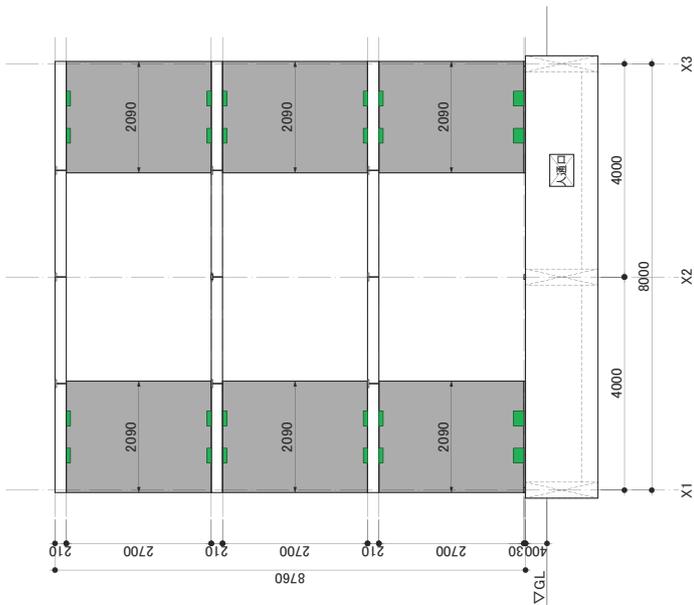
建物タイプ (低層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLT床パネル厚=210mm、CLT柱パネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・扉壁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カハパネル
 ■ 非耐カハパネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大田登樹192513号 業種登記簿 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3686-0618 FAX.03-3686-3648				管理建築士捺印	担当建築士捺印	作成者 渡邊	作成者	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ② 低層共同住宅 (CASE2 大判パネルを用いた構造)	図面番号 S-06 (CASE2)
									図面名 Y3通り軸組図-1	縮尺 1/100 [A3]

建物タイプ (低層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図

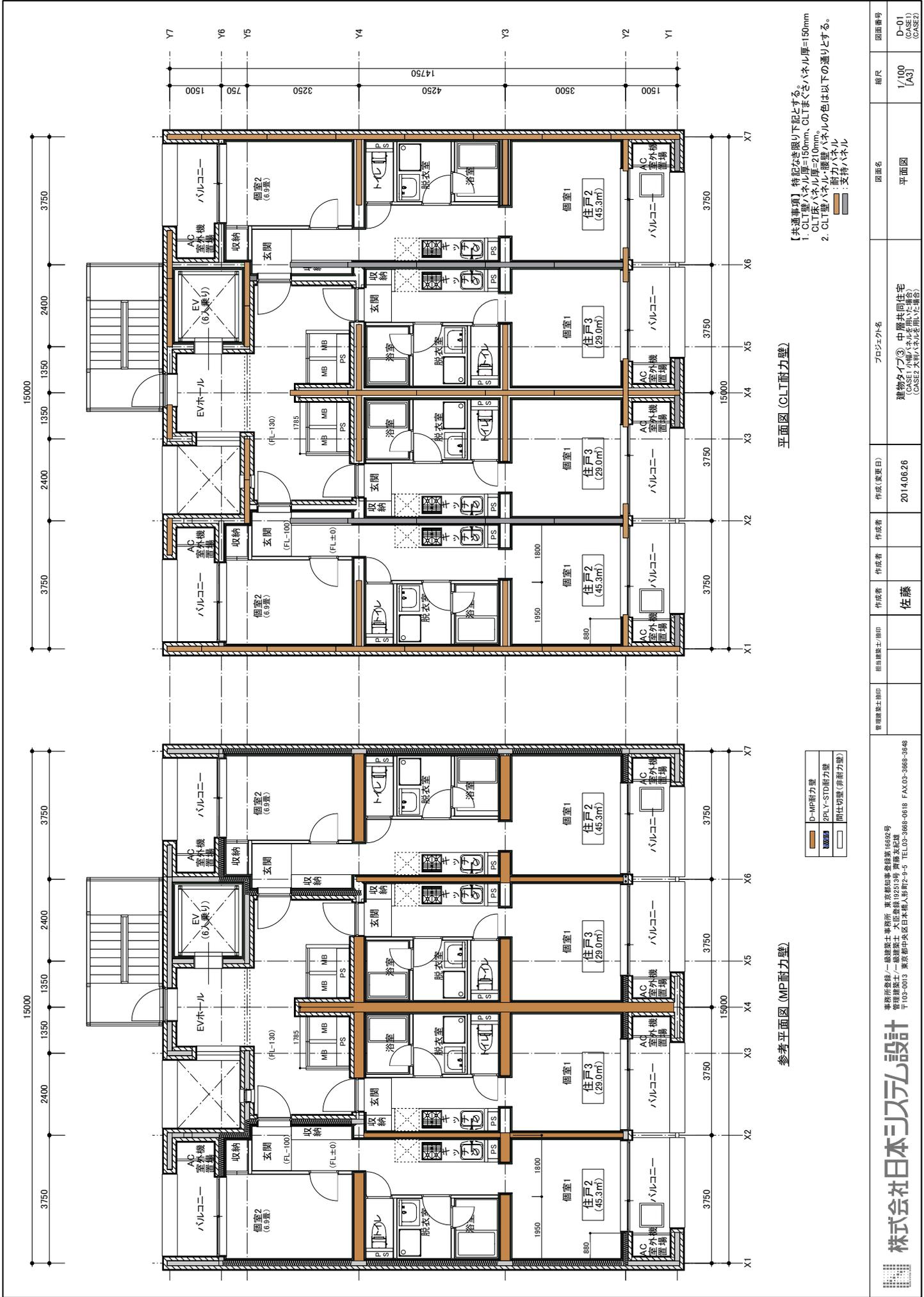


【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁パネル厚=90mm、CLTまぐさパネル厚=90mm
 2. CLT壁パネル・腰壁パネルの角は以下の通りとする。
 耐カハパネル
 非耐カハパネル

図面番号	S-07 (CASE2)
縮尺	1/100 [A3]
図面名	X通り軸組図-2
プロジェクト名	建物タイプ② 低層共同住宅 (CASE2 大判パネルを用いた構造)
作成(変更日)	2014.06.26
作成者	渡邊
担当建築士(捺印)	
管理建築士(捺印)	
事務所名称/一級建築士事務所 東京都知事登録第16892号 管理建築士/一級建築士 大庭登樹192513号 業種登記簿 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-5 TEL.03-3688-0618 FAX.03-3688-3648	

株式会社日本システム設計

2.4 中層共同住宅 建物タイプ (中層共同住宅) 意匠図



【共通事項】 特記なき限り下記とする。
 1. CLT壁ハネル厚=150mm, CLTまぐさハネル厚=150mm
 CLT床ハネル厚=210mm。
 2. CLT壁ハネル・腰壁ハネルの色は以下の通りとする。
 ■ : 耐力ハネル
 ■ : 支持ハネル

平面図 (CLT耐力壁)

参考平面図 (MP耐力壁)

- D-MP耐力量
- 2PLY-STD耐力量
- 間仕切壁 (非耐力壁)

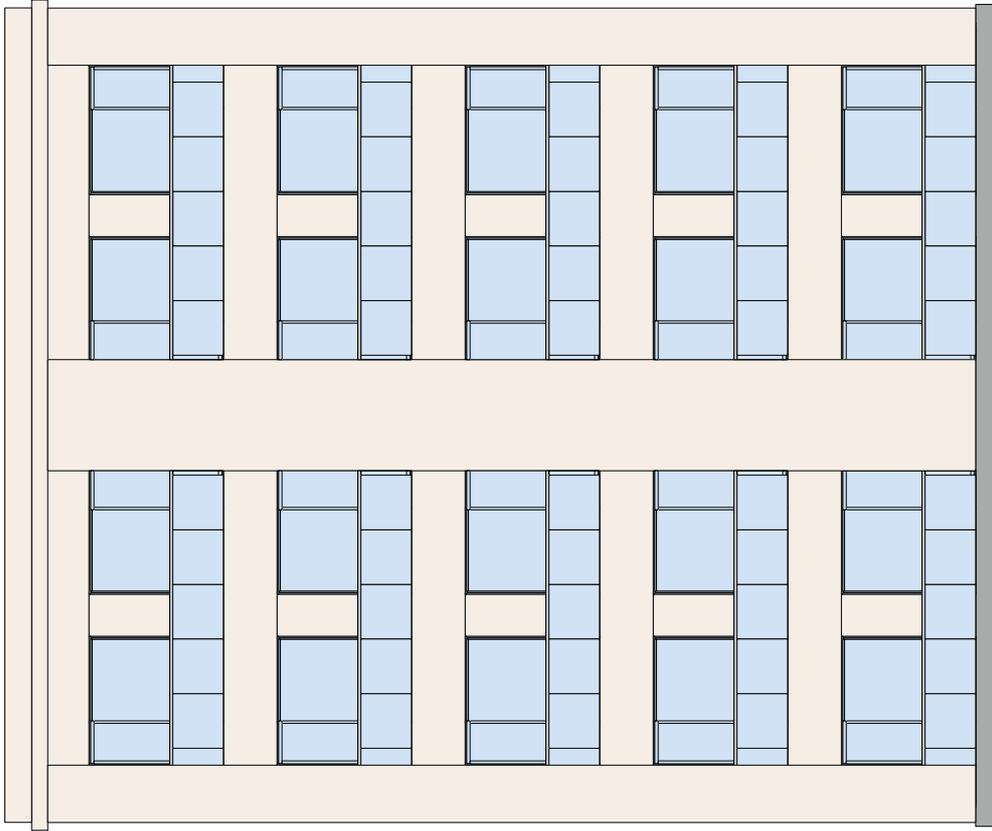
図面番号	図面名	縮尺	図面番号
D-01 (CASE1)	平面図	1/100 [A3]	D-01 (CASE2)

プロジェクト名	作成(変更)日	作成者	担当者/捺印
建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 中層ハネルを用いた概念 (CASE2 大軒ハネルを用いた概念)	2014.06.26	佐藤	

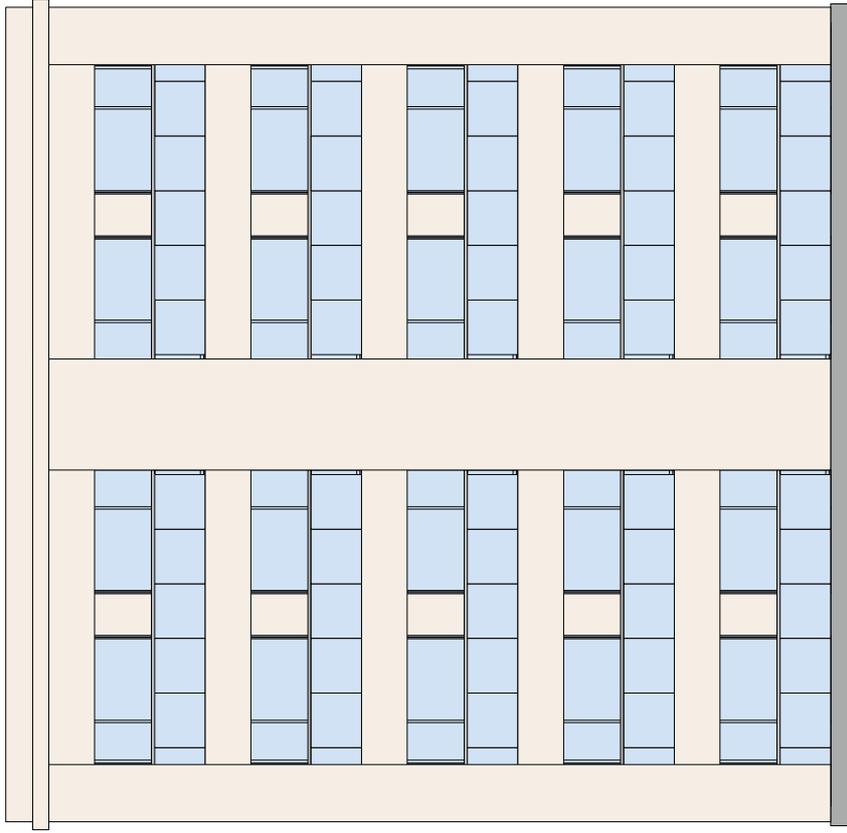
事務所登録/一般建築士事務所 東京都豊島区 6692号 管理棟 1251.3号 東陽 森記園 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-9-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648
--

株式会社日本システム設計

建物タイプ (中層共同住宅) 意匠図



南側立面図 (CASE1 小幅パネルを用いた場合)



南側立面図 (CASE2 大判パネルを用いた場合)

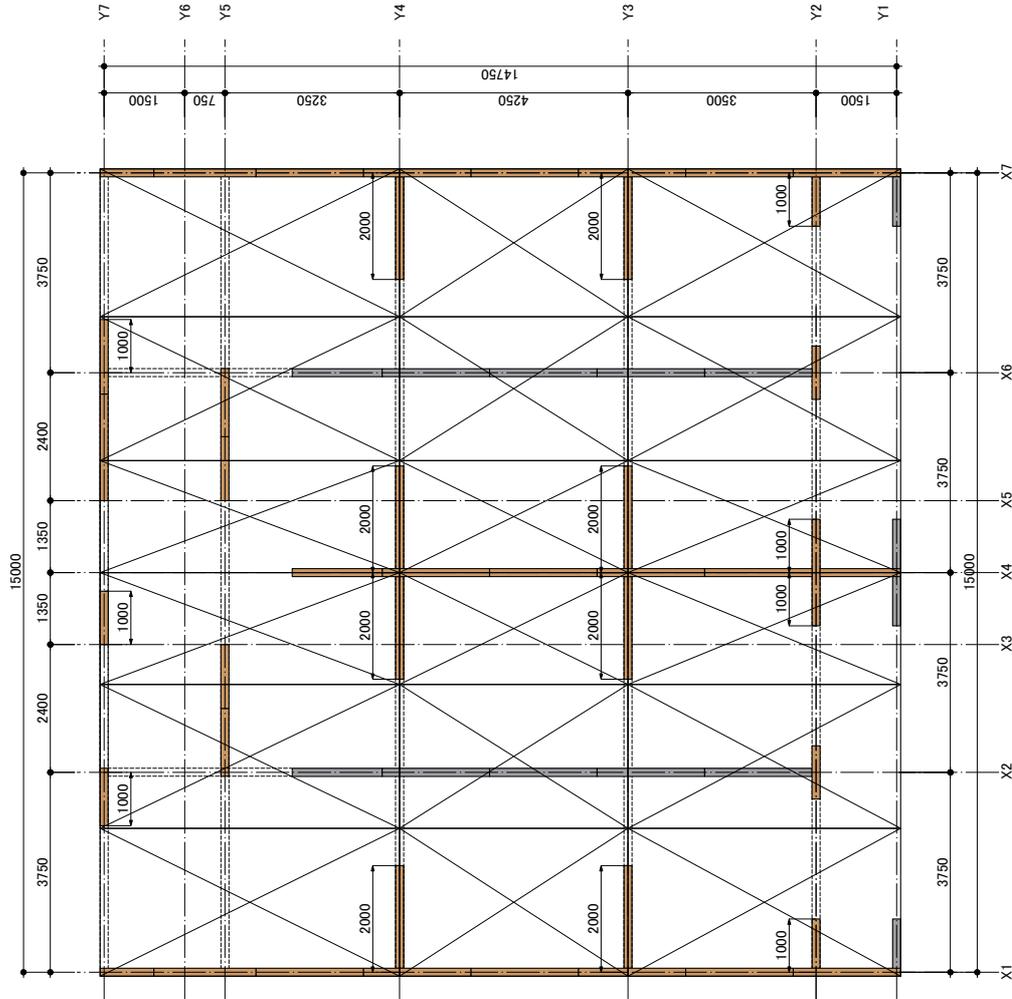


株式会社日本システム設計

事務所登録/一級建築士事務所 東京都港区豊洲第16692号
 管理棟兼士/一級建築士 大臣登録192513号 冨橋 義紀
 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-9-5 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3848

普通建築士/捺印	担当建築士/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		佐藤		2014.06.26	建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1 小幅パネルを用いた場合) (CASE2 大判パネルを用いた場合)	立面図	1/100 [A3]	D-02 (CASE1) (CASE2)

建物タイプ (中層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図

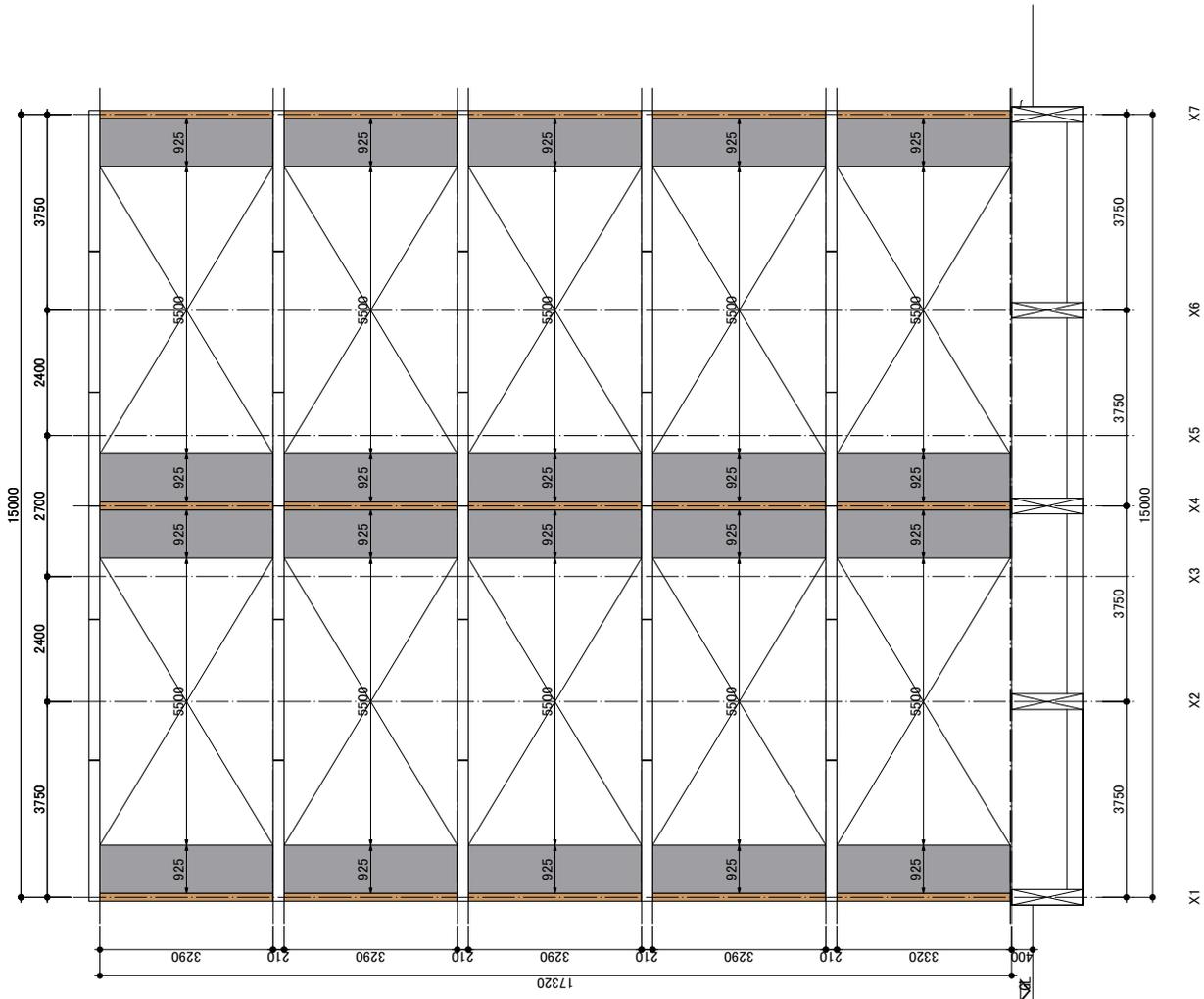


- 【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・壁間パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐力パネル
 ■ 耐力パネル
 ■ 支持パネル
 3. 破線は下階のまぐさ位置を示す。

伏図

事務所登録/一級建築士事務所 東京都豊島区 1692号 管理棟 19213号 豊島区 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-3-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648		管理棟 印 担当 印 作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 耐力パネルを用いた構造	図面名 伏図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-01 (CASE1)
--	--	----------------------------	-----------	-----------------------	---	-----------	---------------------	-------------------------

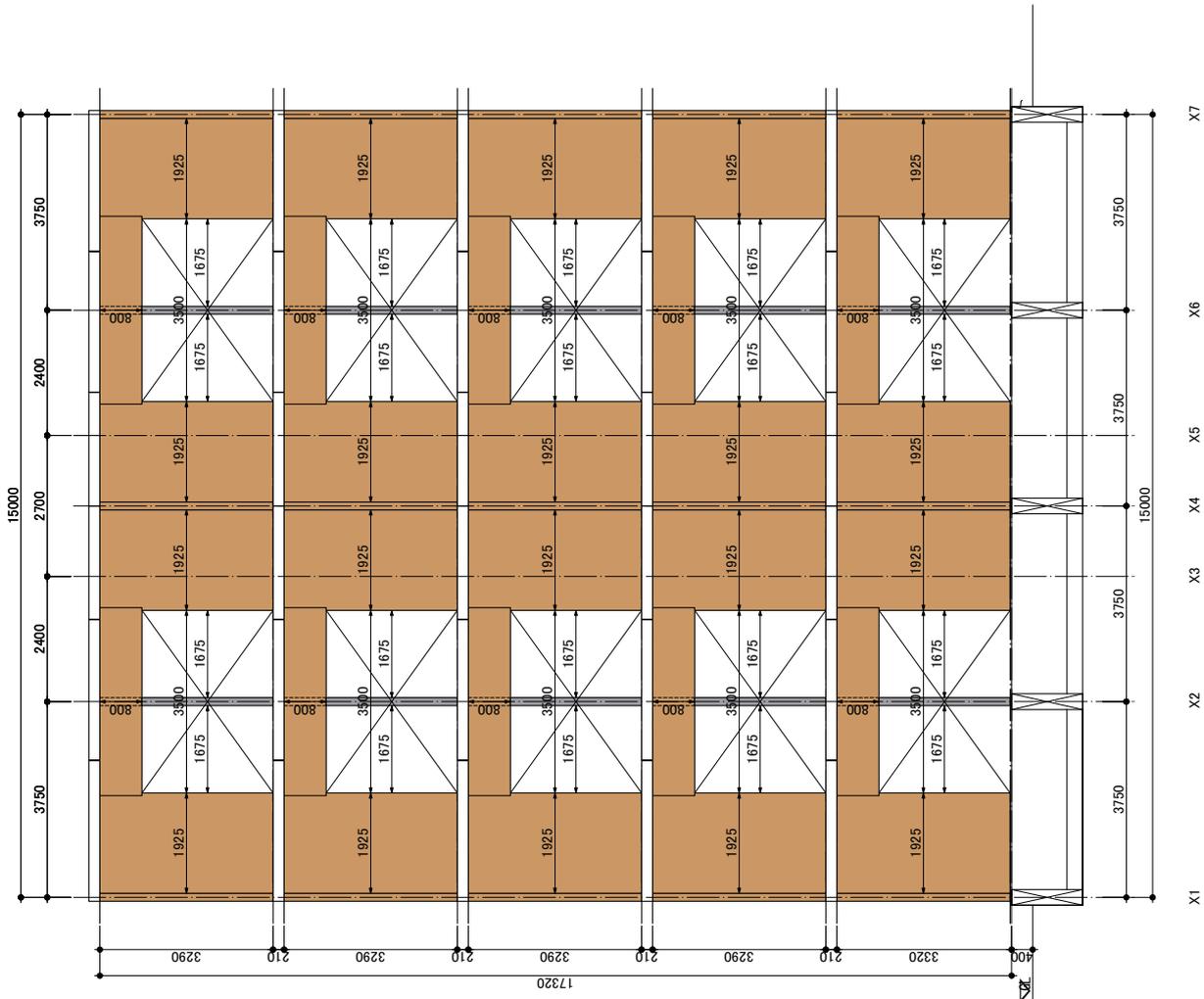
建物タイプ (中層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・壁面パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 間仕切りパネル
 ■ 支持パネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区新富町1-6-2号 管理棟 大正ビル12513号 京橋本館 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-3-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648	管理棟 建築士 印 担当 建築士 印 作成者 佐藤 作成者 作成者 作成 (変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 小幅パネルを用いた構造	図面名 Y1 通り詳細図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-02 (CASE1)
--	--	---	-----------------	------------------	-------------------------

建物タイプ (中層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図

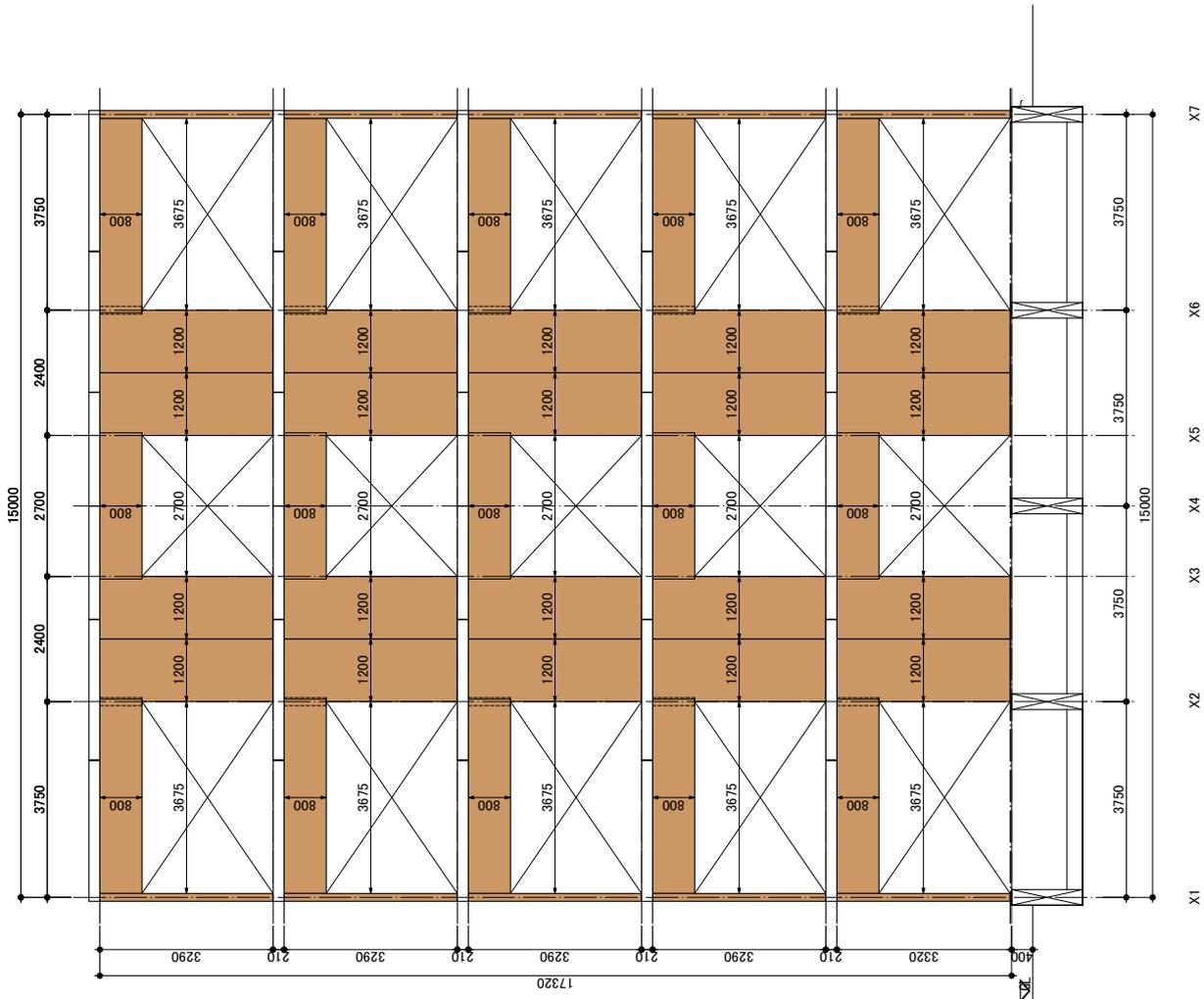


【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT層パネル厚=150mm、CLTまくらパネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・隠蔽パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 隠蔽パネル
 ■ 支持パネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区日本橋区本町2-3-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648 管理棟設計/一級建築士 大田泰隆 1925.13年 齊藤 泰紀園	専任建築士/捺印 担当建築士/捺印 作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 小幅パネルを用いた構造	図面名 Y3,Y4通り軸組図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-04 (CASE1)
--	-----------------------------------	-----------	-----------	-----------------------	---	-------------------	---------------------	-------------------------

株式会社日本システム設計

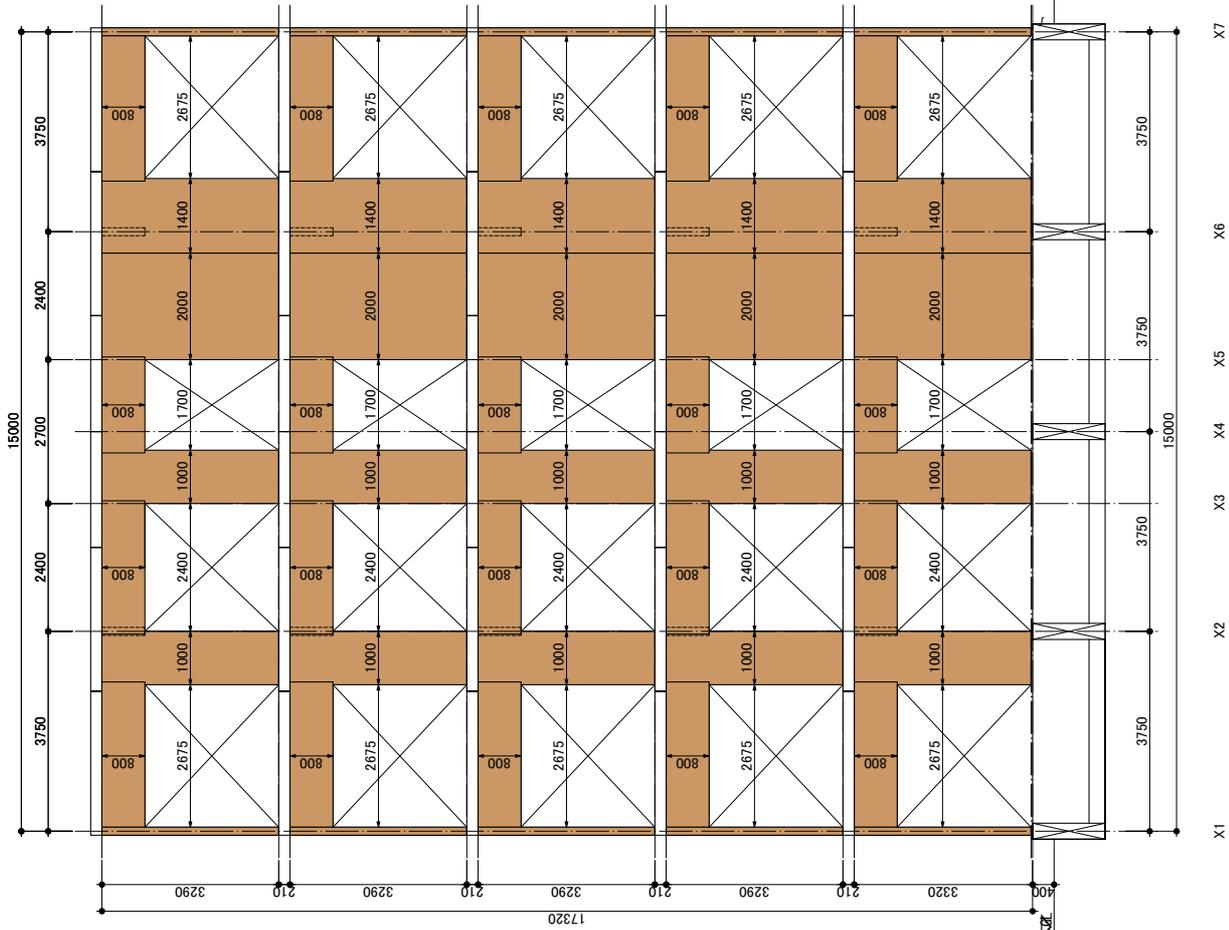
建物タイプ (中層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



【共通事項】特記なき限り下記とする
 1. CLT厚みパネル厚=150mm、CLT間幅=10mm、CLT間幅=10mm、CLT厚みパネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・隠蔽パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 小幅パネル

事務所登録/一般建築士事務所 東京都中央区日本橋区本町2-3-5 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3848 管理建築士/一般建築士 大田泰隆 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3848 〒103-0013 東京都中央区日本橋区本町2-3-5		相当建築士/捺印 管理建築士/捺印	作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 小幅パネルを用いた構造	図面番号 S-05 (CASE1)
株式会社日本システム設計		図面名 Y5通り軸組図		縮尺 1/100 [A3]			

建物タイプ (中層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図

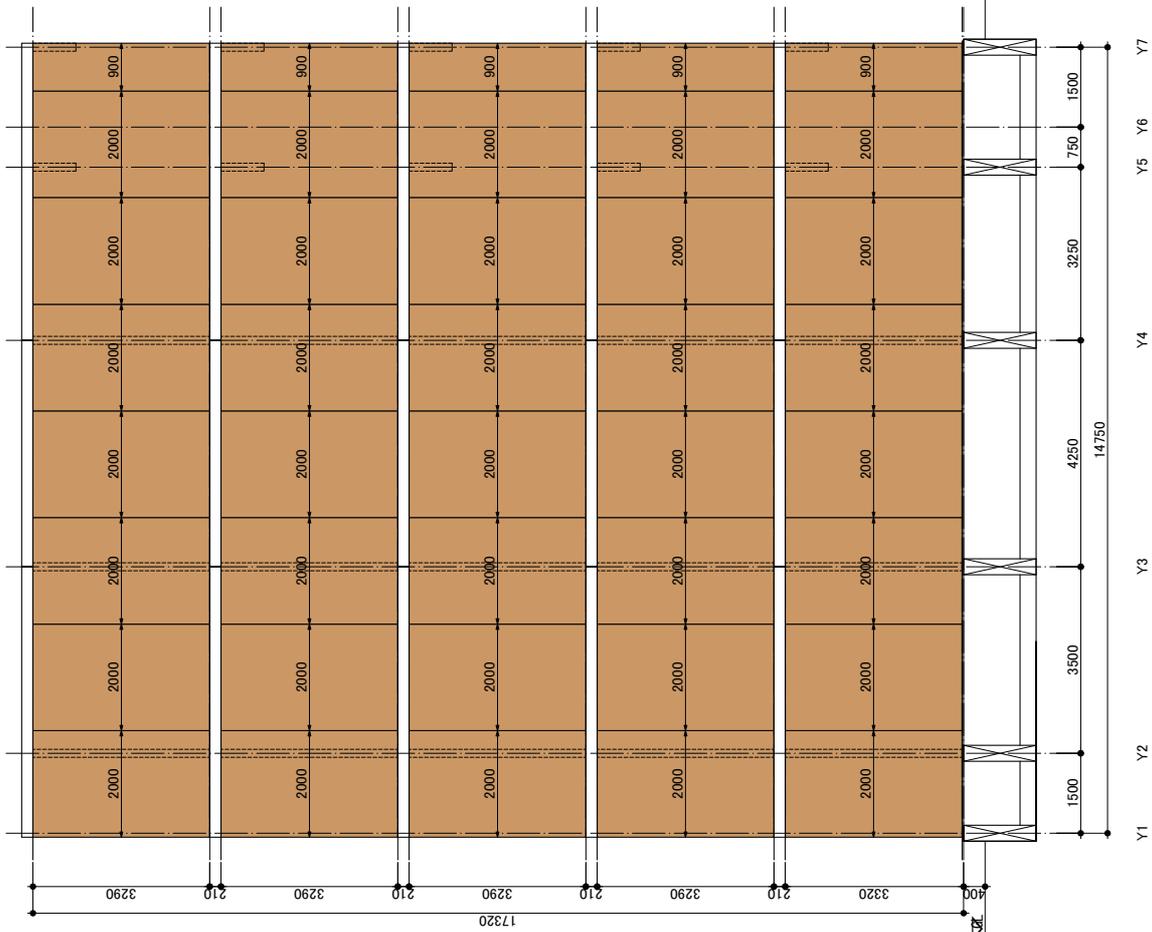


【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm、CLT柱パネル厚=100mm、CLT梁パネル厚=100mm、CLT床パネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・梁パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 小幅パネル
 ■ RCパネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区本町2-3-5 TEL.03-3668-3648 FAX.03-3668-3648
 管理棟設計/一級建築士 大田泰隆 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648

管理棟設計/印	担当建築士/印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		佐藤		2014.06.26	建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 小幅パネルを用いた構造	Y7通り軸組図	1/100 [A3]	S-06 (CASE1)

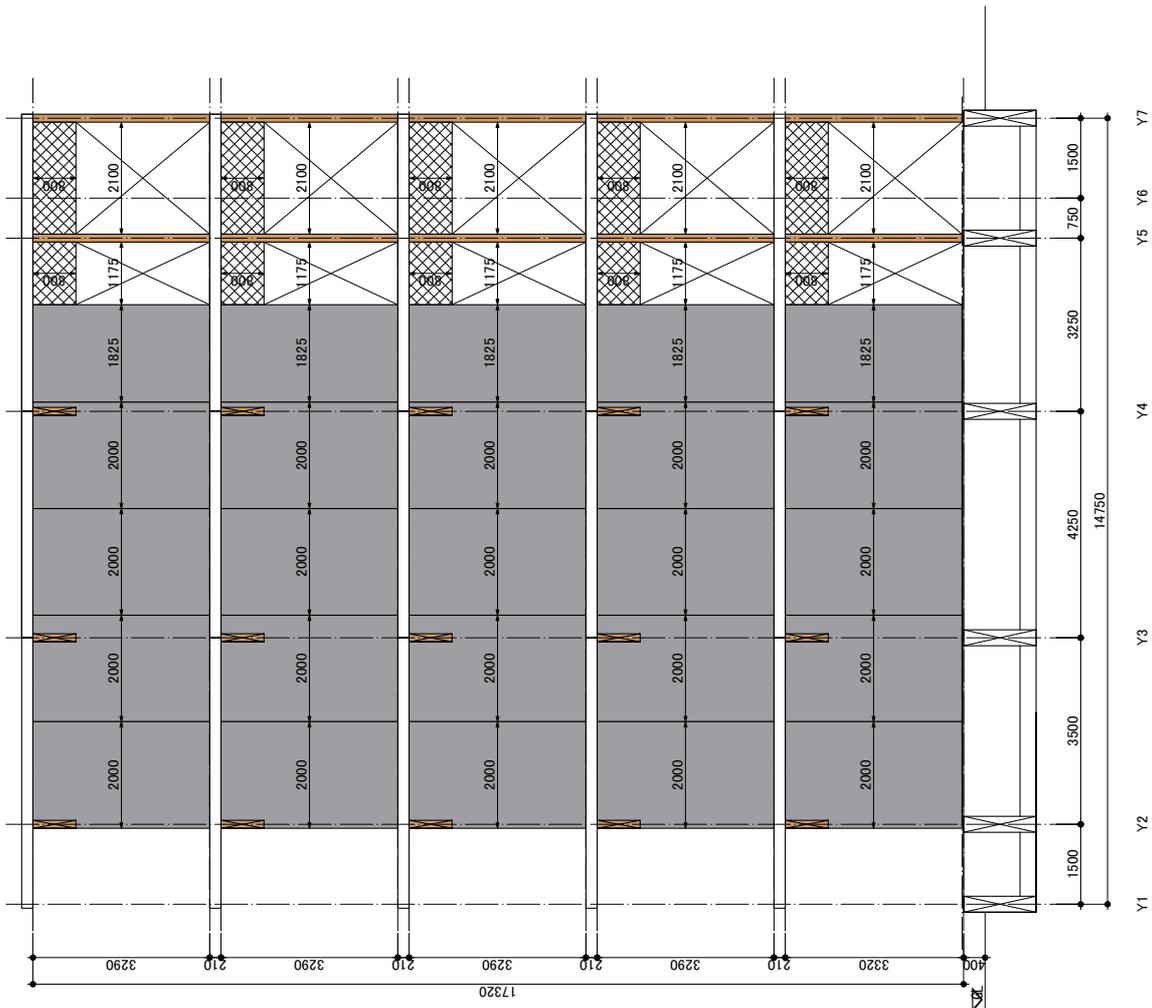
建物タイプ (中層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・CLT床パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 小幅パネル

事務所登録/一般建築士事務所 東京都中央区日本橋区本町2-3-5 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3848 管理棟設計/一般建築士 大田泰隆 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3848 〒103-0013 東京都中央区日本橋区本町2-3-5		専任建築士/捺印 担当建築士/捺印	佐藤	作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 小幅パネルを用いた構造	図面名 X1.17 通り軸組図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-07 (CASE1)
---	--	----------------------	----	-----------	-----------	-----------------------	---	--------------------	---------------------	-------------------------

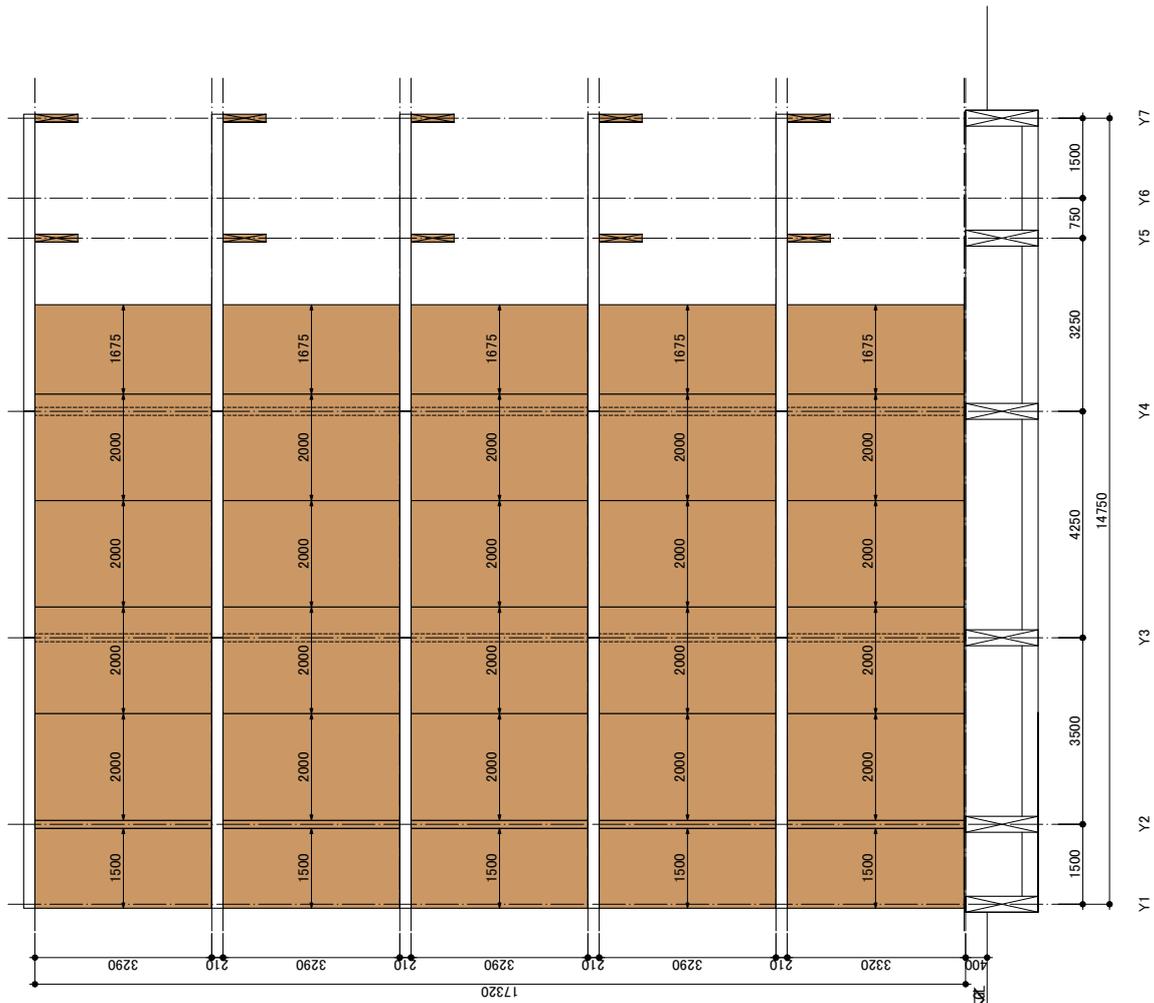
建物タイプ (中層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



【共通事項】特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm、CLTまぐさパネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・壁間パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 廊下パネル
 ■ 支持パネル
 ■ 非廊下パネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都知事登録第16692号 管理建築士/一級建築士 大臣登録192513号 齊藤 義紀 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-3-5 TEL.03-3666-0618 FAX.03-3666-3448				担当建築士/捺印 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 小幅パネルを用いた構造	図面名 X2.X6 通り軸組図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-08 (CASE1)
---	--	--	--	----------------	-----------	-----------------------	---	--------------------	---------------------	-------------------------

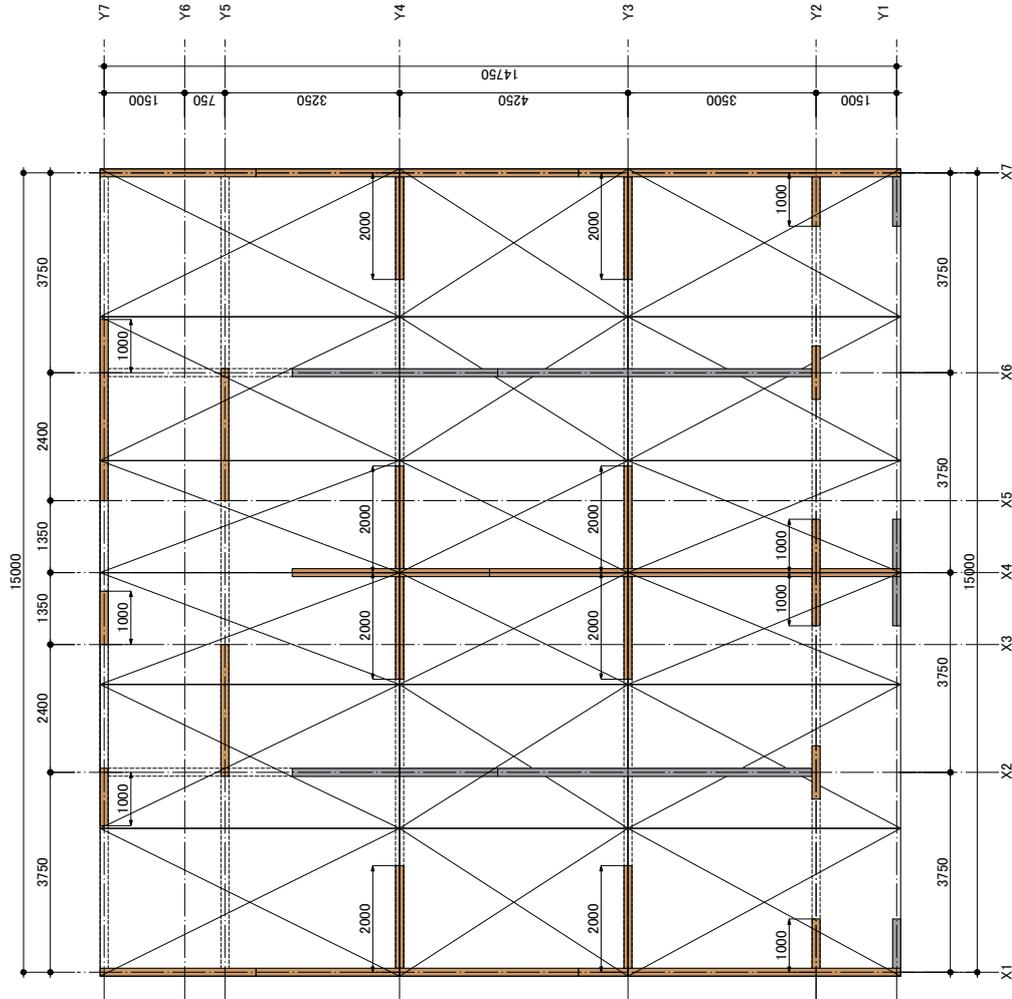
建物タイプ (中層共同住宅) CASE1 小幅パネル 構造図



【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・CLT床パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 小幅パネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区日本橋1-10-1 日本橋本町1丁目10番1号 管理棟 東京都中央区日本橋1-10-1 日本橋本町1丁目10番1号 〒103-0013 東京都中央区日本橋1-10-1 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3848		専任建築士/捺印 佐藤	専任建築士/捺印 佐藤	作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE1) 小幅パネルを用いた構造	図面名 X4通り詳細図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-09 (CASE1)
--	--	----------------	----------------	-----------	-----------	-----------------------	---	----------------	---------------------	-------------------------

建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図

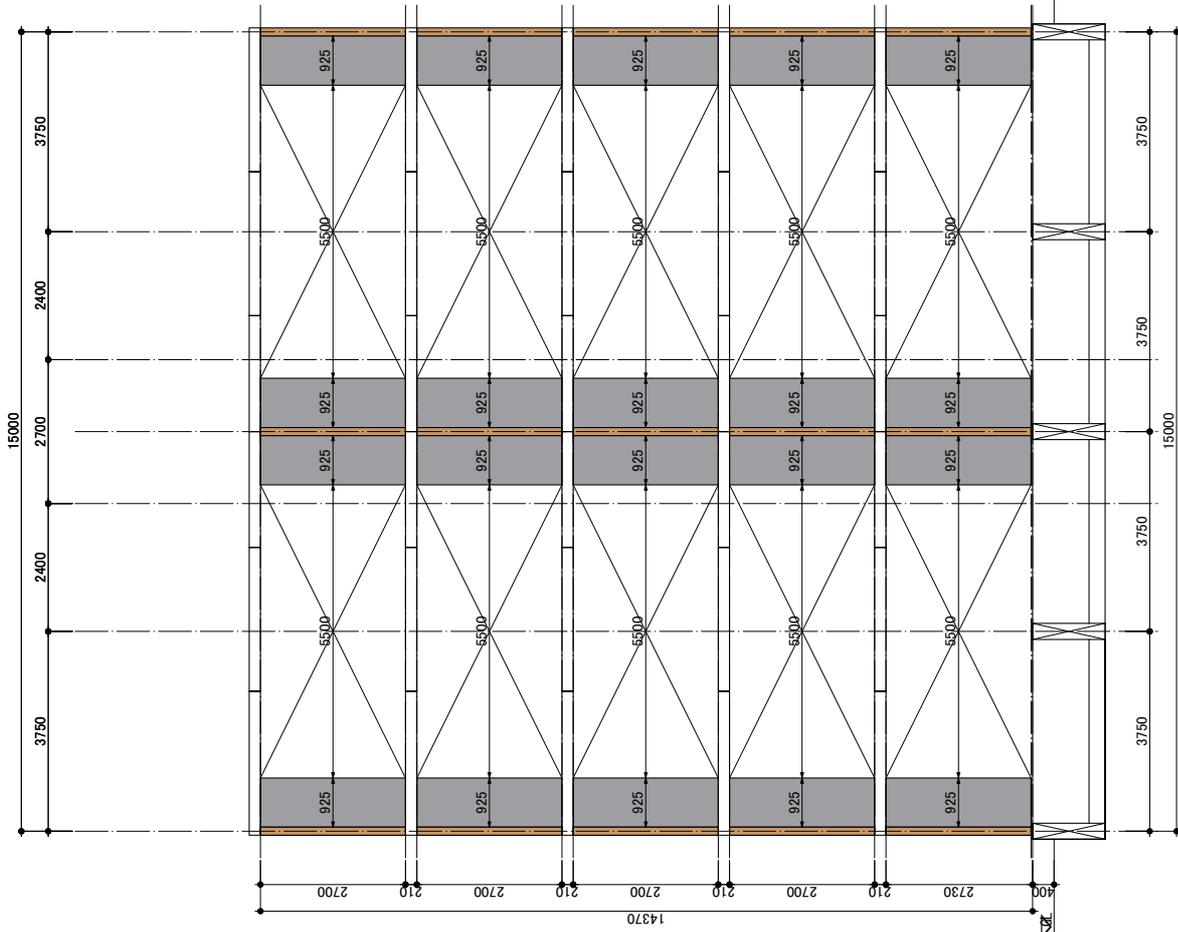


- 【共通事項】 特記なき限り下記とする
1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm、CLTまぐさパネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・壁間パネルの厚=100mm、CLT床パネルの厚は以下の通りとする。
 ■ 耐力パネル
 ■ 耐力パネル
 ■ 支持パネル
 3. 破線は下階のまぐさ位置を示す。

伏図

事務所登録/一級建築士事務所 東京都豊島区 1692号 管理建築士/一級建築士 大田泰隆 192513号 所属 東京都 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-3-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648				管理建築士/捺印 管理建築士/捺印	作成者 佐藤	作成者 作成者 作成者 作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2大判パネルを用いた構造)	図面名 伏図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-01 (CASE2)
---	--	--	--	--------------------------	-----------	--	--	-----------	---------------------	-------------------------

建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



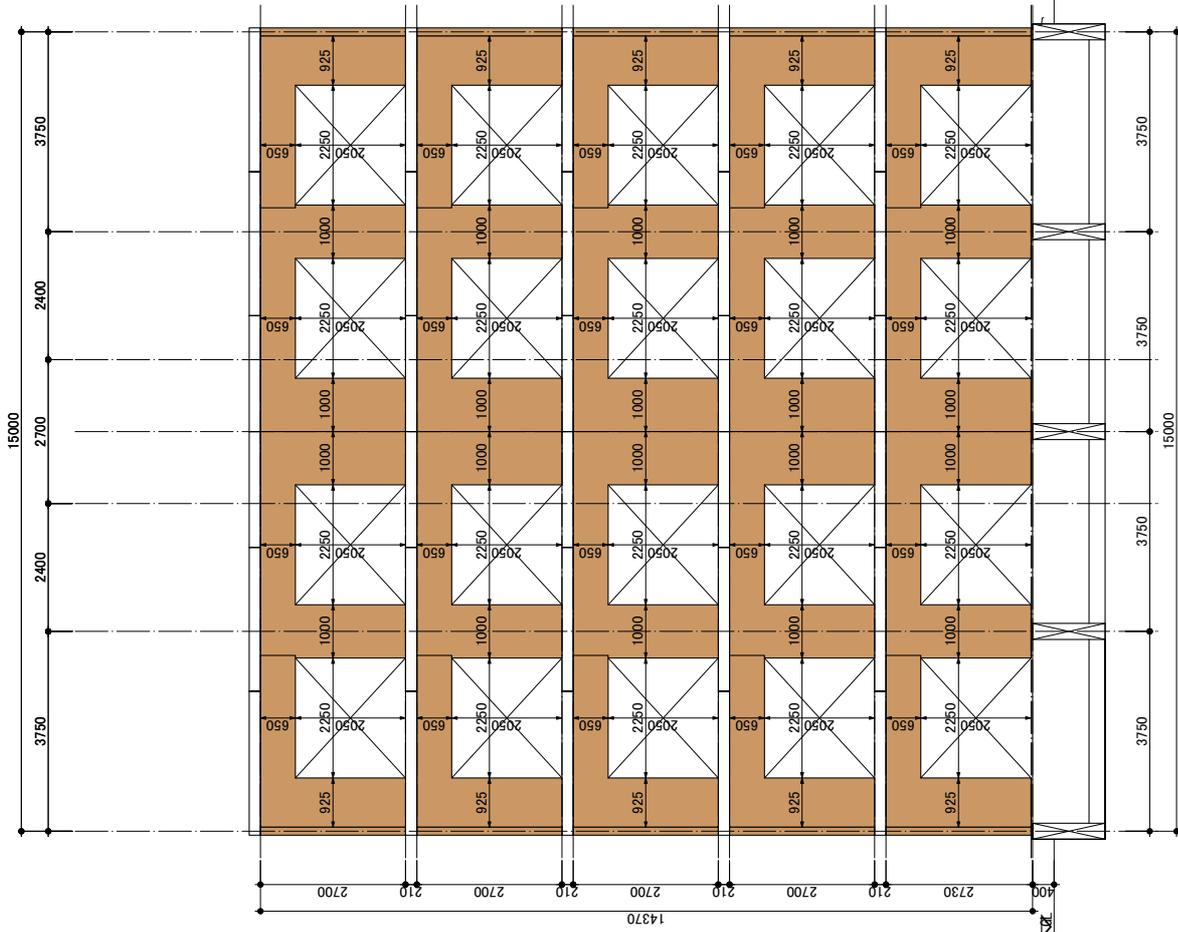
【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm、CLTまぐさパネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・隠蔽パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 隠蔽パネル
 ■ 支持パネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都事務登録第16692号
 管理建築士/一級建築士 大田泰隆(1921.3年 茨城県 鹿嶋市)
 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-3-5 TEL.03-3666-0618 FAX.03-3666-3648

株式会社日本システム設計

管理建築士/捺印	相当建築士/捺印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		佐藤		2014.06.26	建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2大判パネルを用いた構造)	Y1通り詳細図	1/100 [A3]	S-02 (CASE2)

建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図

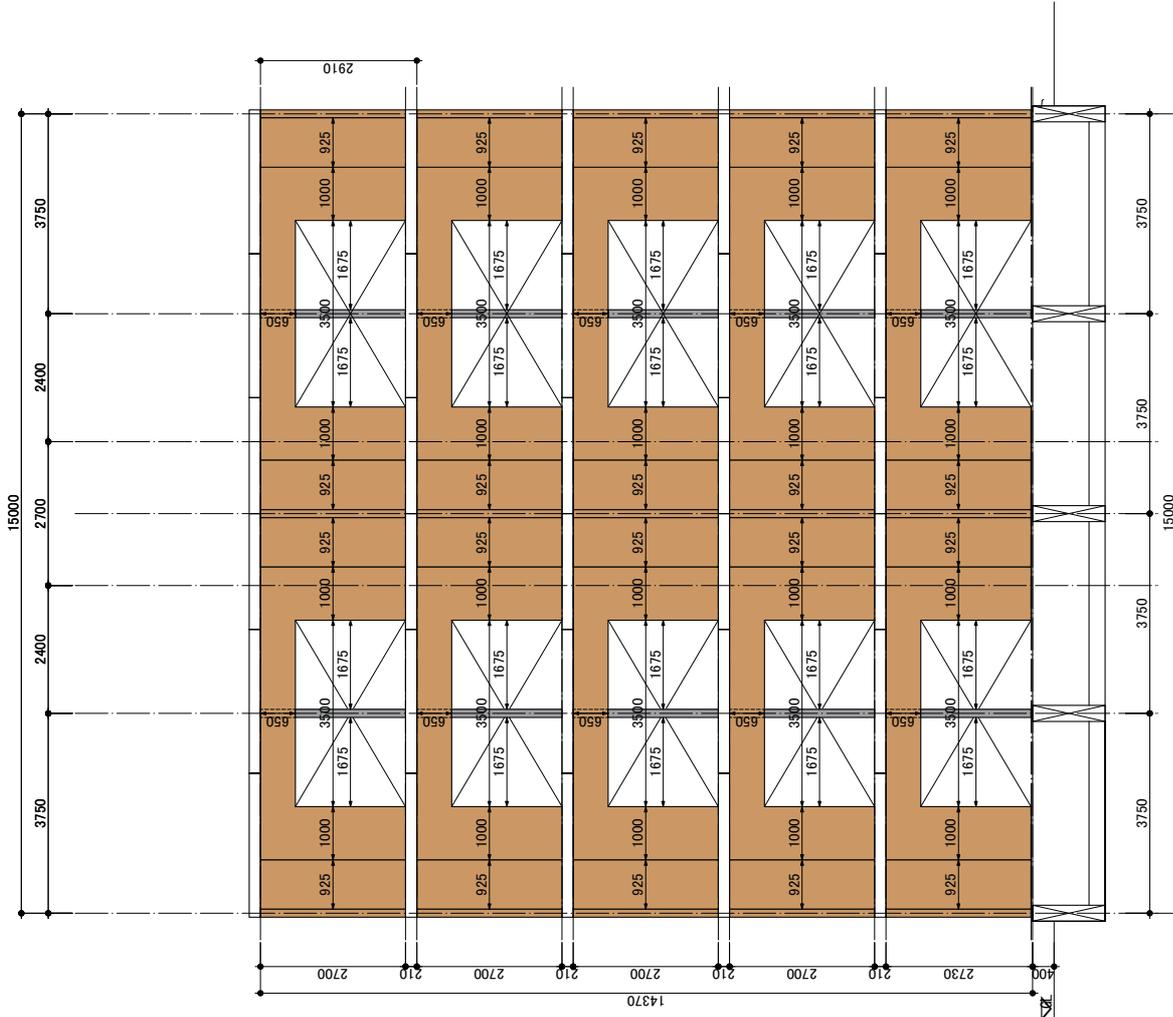


【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・壁面パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カパネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区新富町1-6-9 株式会社 日本システム設計
 管理棟 東京都中央区日本橋人形町2-3-5 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3848

管理棟 印	担当 印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		佐藤		2014.06.26	建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2)大判パネルを用いた構造	Y2通り詳細図	1/100 [A3]	S-03 (CASE2)

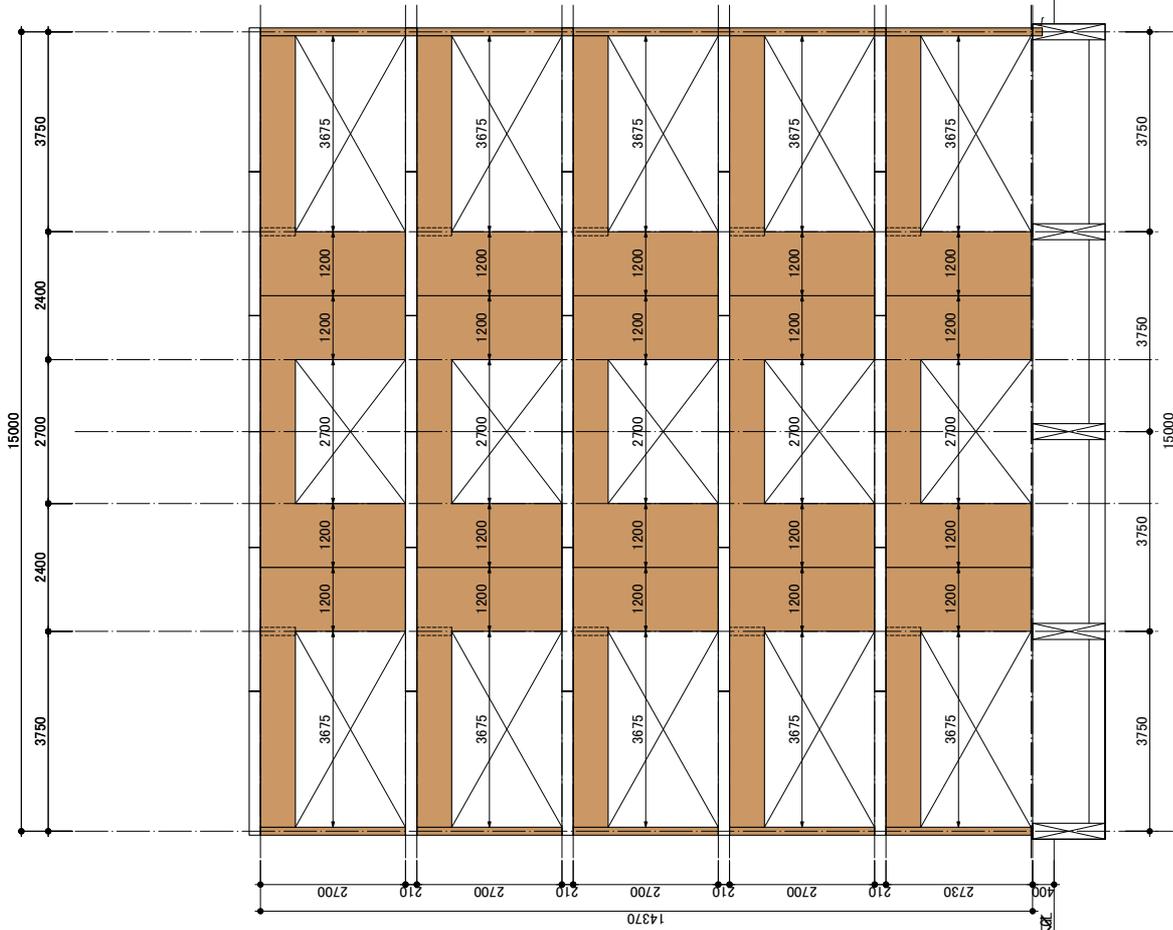
建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT厚ハパネル厚=150mm、CLTまくさハパネル厚=150mm
 2. CLT厚ハパネル厚=100mm、CLTまくさハパネル厚=150mm
 3. CLT厚ハパネル・継ぎハパネルの色は以下の通りとする。
 ■ 廊下ハパネル
 ■ 支持ハパネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区日本橋区本町1-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648 管理建築士/一級建築士 大田泰隆 1921.3年 齊藤 泰起 〒103-0013 東京都中央区日本橋区本町2-3-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648		図面番号 S-04 (CASE2)
図面名 Y3,Y4通り軸組図	縮尺 1/100 [A3]	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2)大判パネルを用いた軸組
作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26
管理建築士/捺印	担当建築士/捺印	作成者 佐藤

建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



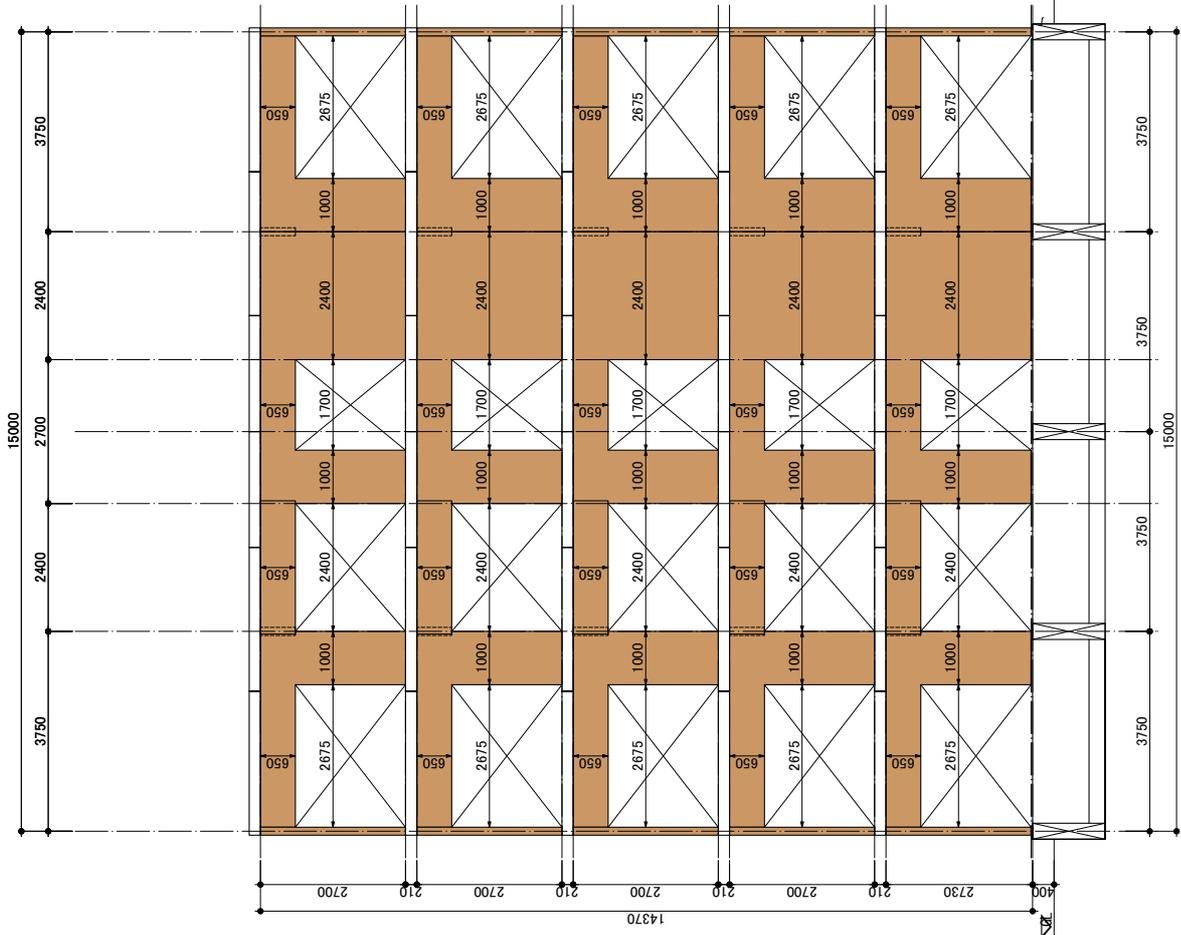
【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm、CLTまぐさパネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・隠蔽パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カパネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区日本橋 6692号
 管理棟 大正ビル15213号 京橋 京橋区
 〒103-0013 東京都中央区日本橋 2-3-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648

株式会社日本システム設計

管理棟 印	担当 印	作成者	作成者	作成(変更日)	プロジェクト名	図面名	縮尺	図面番号
		佐藤		2014.06.26	建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2)大判パネルを用いた構造	Y5通り詳細図	1/100 [A3]	S-05 (CASE2)

建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図

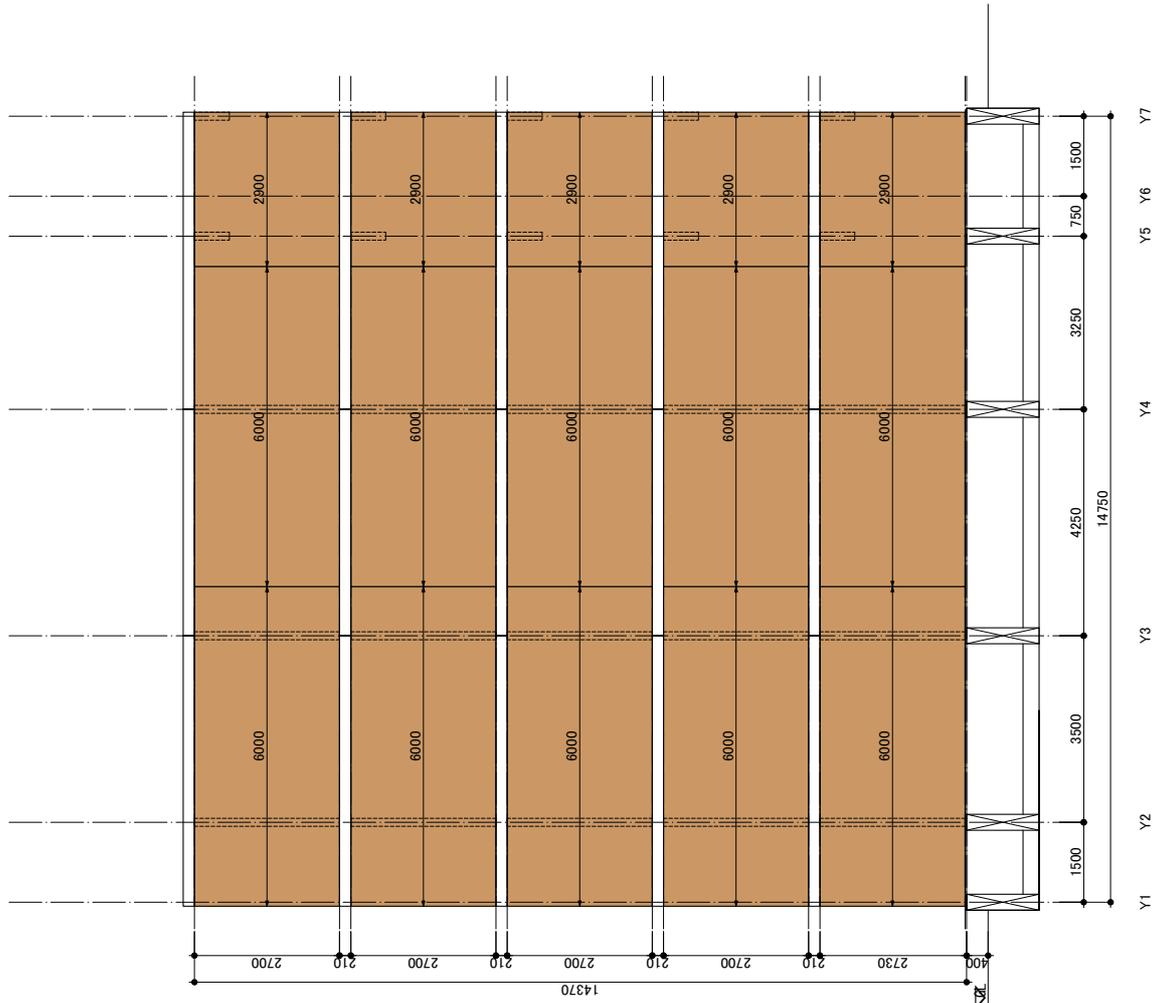


【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm
 2. CLT壁パネル・隠蔽パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 耐カガパネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都豊島区 16692号 管理建築士/一級建築士 大田泰隆 192513号 所属 豊島区 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-3-5 TEL.03-3668-0618 FAX.03-3668-3648		管理建築士/捺印 担当建築士/捺印	作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2大判パネルを用いた計画)	図面名 Y7通り詳細図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-06 (CASE2)
--	--	----------------------	-----------	-----------	-----------------------	--	----------------	---------------------	-------------------------

株式会社日本システム設計

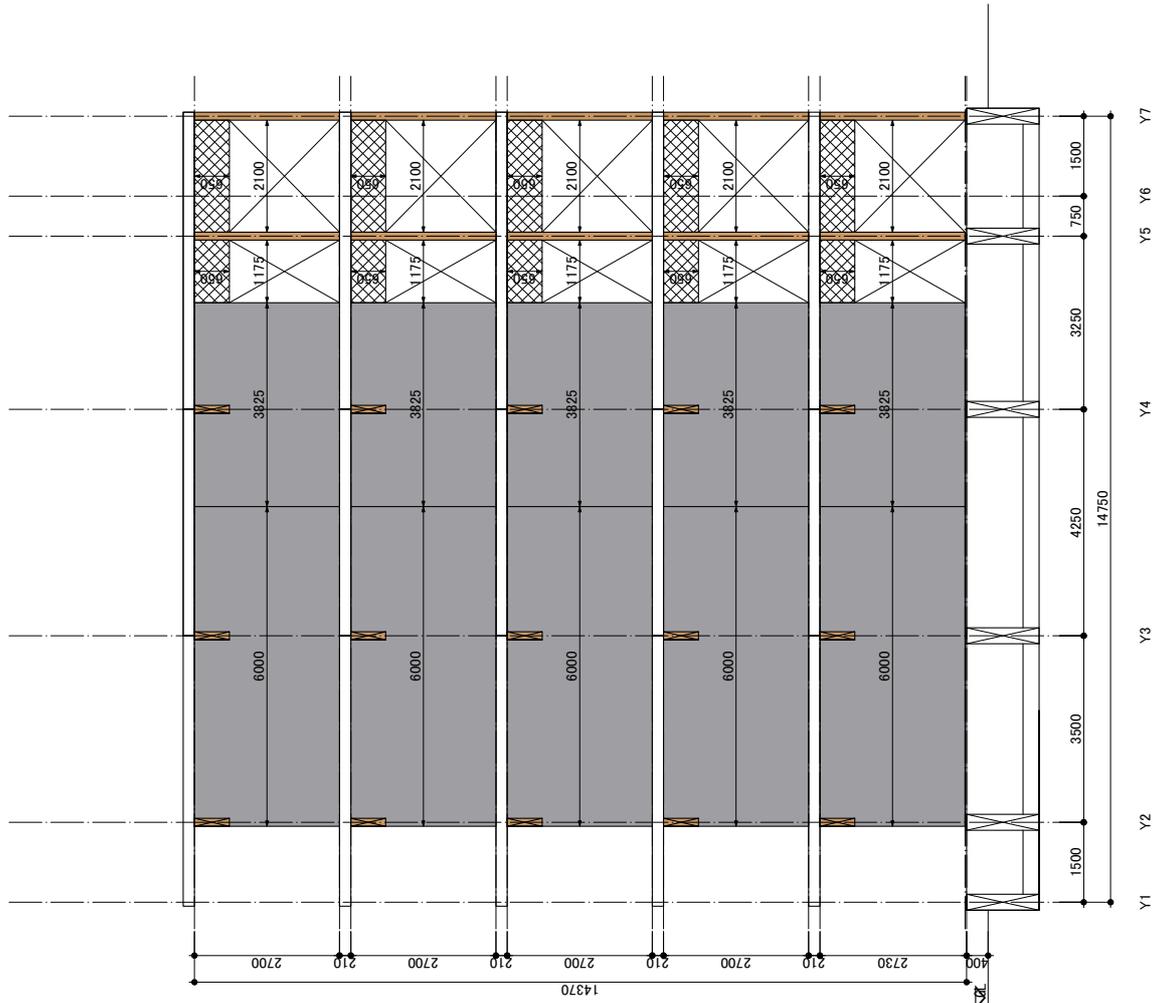
建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT壁パネル厚=150mm、CLT床パネル厚=150mm、CLT柱パネル厚=100mm、CLT梁パネル厚=100mm
 2. CLT壁パネル・壁柱パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 大判パネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都豊島区 1692号 管理棟 大田区 1921-13号 東横 森北 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-9-5 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3848		専任建築士/捺印 担当建築士/捺印	作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2大判パネルを用いた構造)	図面名 X1.17通り軸組図	縮尺 1/100 [A3]	図面番号 S-07 (CASE2)
--	--	----------------------	-----------	-----------	-----------------------	--	-------------------	---------------------	-------------------------

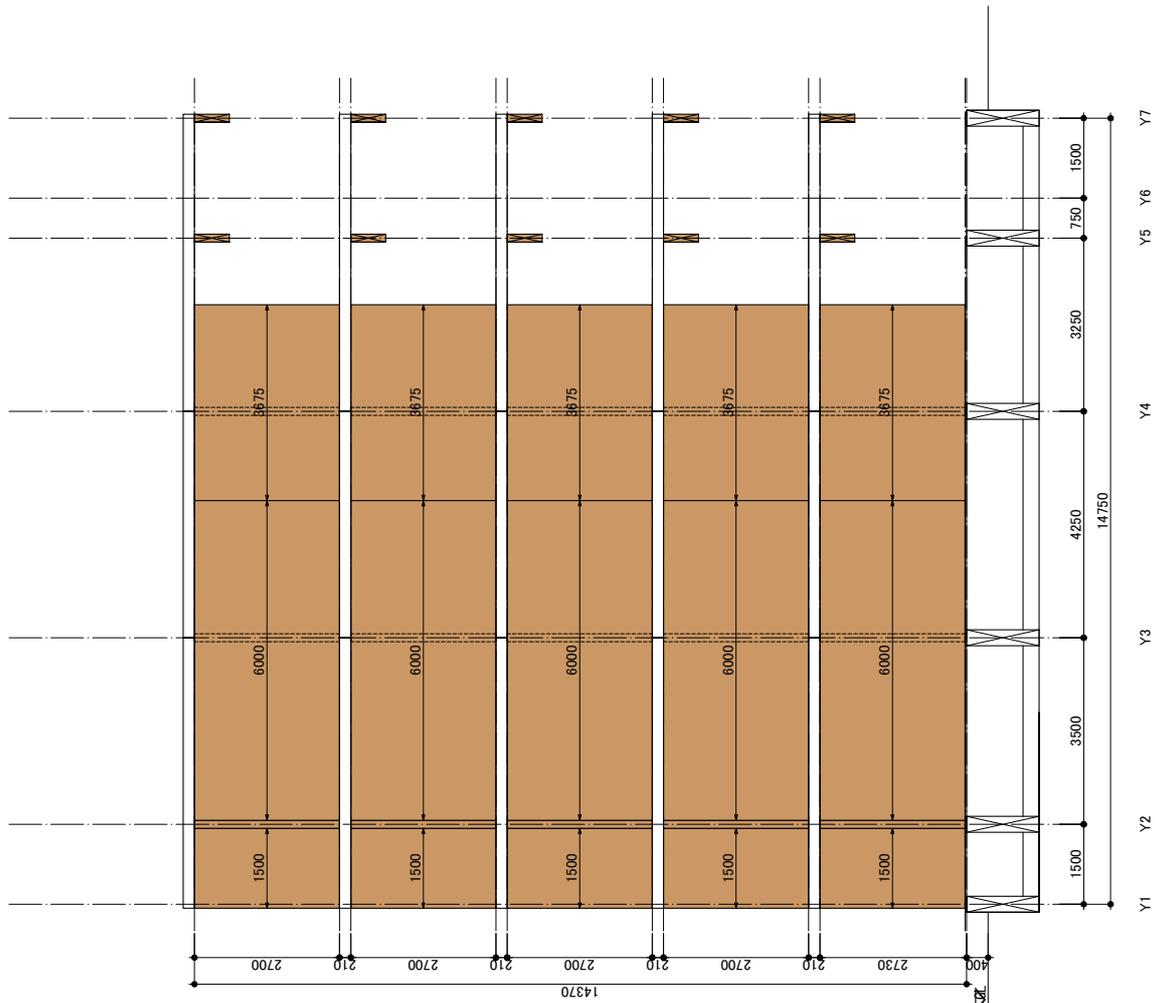
建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT厚ハパネル厚=150mm、CLTまぐさパネル厚=150mm
 2. CLT厚ハパネル・隠蔽パネルの色は以下の通りとする。
 ■ 隠蔽パネル
 ■ 支持パネル
 ■ 非隠蔽パネル

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区日本橋 16692号 管理棟 大正堂 192513号 京橋 森北園 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-3-5 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3448		専任建築士/捺印 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2)大判パネルを用いた構造	図面番号 S-08 (CASE2)
株式会社日本システム設計		図面名 X2.X6 通り軸組図	縮尺 1/100 [A3]			

建物タイプ (中層共同住宅) CASE2 大判パネル 構造図



【共通事項】 特記なき限り下記とする
 1. CLT厚みパネル厚=150mm、CLT最大寸法パネル厚=150mm
 2. CLT厚みパネル厚=10mm、CLT最大寸法パネル厚=150mm
 3. CLT厚みパネル厚=10mm、CLT最大寸法パネル厚=150mm

事務所登録/一級建築士事務所 東京都中央区日本橋1-10-1 日本橋三井ビルディング10F 管理棟登記/一級建築士 大田 啓介 東京都中央区日本橋1-10-1 日本橋三井ビルディング10F 〒103-0013 東京都中央区日本橋1-10-1 TEL.03-3868-0618 FAX.03-3868-3448		相当建築士/捺印 佐藤	作成者 佐藤	作成者 佐藤	作成(変更日) 2014.06.26	プロジェクト名 建物タイプ③ 中層共同住宅 (CASE2)大判パネルを用いた構造	図面番号 S-09 (CASE2)
株式会社日本システム設計		図面名 X4通り詳細図	図面番号 S-09 (CASE2)	図面縮尺 1/100 [A3]			

2.5 中層事務所建築の試設計

2.5.1 参考とした文献及び研究

参考とした文献及び研究は、以下の通りである。

- JAS** 2013年12月制定 直交集成板の日本農林規格
- 報告書 文献① 2011年3月 銘建工業(株)
: 国産材(杉)直交積層材(クロスラミナ)の製作および性能実験の報告
- 文献② 2012年3月 木構造振興(株)
: CLTパネルを用いた中高層建築物の構造計画と接合部性能の検証事業報告書
- 文献③ 2013年3月 木構造振興(株)
: CLTパネルを用いた中高層建築物の構造計画と接合部性能の検証事業報告書
- 文献④ 2014年3月 木構造振興(株)
: CLTパネルを用いた中高層建築物の接合部性能の検証事業報告書
- 文献⑤ 2013年3月 (株)日本システム設計
: クロス・ラミネイティド・ティンバー構法の損傷限界・安全限界に関する検討
- 文献⑥ 2014年3月 (株)日本システム設計
: CLTパネル構法の構造性能と設計法に関する調査報告書
- 文献⑦ 2013年3月 (株)日本システム設計
: わが国初のCLTによる3階建て共同住宅(*Journal of Timber Engineering*)
- 研究 2012年以降の建築学会大会梗概集～
- 海外の文献 2011年 FPInnovations : CLT Handbook Canadian Edition
2013年 FPInnovations : CLT Handbook U.S. Edition
- その他 2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書
木質構造に関する(一社)日本建築学会の指針等

2.5.2 CLT 中層オフィスビルの試設計のための要素・接合部のモデル化方法

2.5.2.1 CLT パネルの特徴

CLT パネルはラミナを貼り合わせた部材であり、強軸方向（最外層のラミナの繊維方向）、弱軸方向（その直交方向）で積層するため、直交異方性材料といえる。ラミナの寸法は(30)×(105以上)が標準的であるが、幅はぎ（幅方向の接着）はしない場合とする場合がある。しない場合は一般的な直交異方性材料とも異なる。

この材料を建築の構造設計に用いるには、以下に関する剛性や耐力の諸元が必要となる。

- ①強軸方向の面外曲げ、②弱軸方向の面外曲げ、③強軸方向の面外せん断
- ④弱軸方向の面外せん断、⑤強軸方向の面内引張、⑥弱軸方向の面内引張
- ⑦強軸方向の面内圧縮、⑧弱軸方向の面内圧縮、⑨強軸方向の面内曲げ
- ⑩弱軸方向の面内曲げ、⑪面内せん断、⑫強軸方向の座屈、⑬弱軸方向の座屈
- ⑭面外方向めり込み、⑮強軸方向面内方向めり込み、⑯弱軸方向面内方向めり込み

現在、直交集成板の JAS が発行されているが、その中で明記されているのは、上記のうち、①に関するヤング係数と強度のみであり、しかも等級区分機による A 種構成の場合のみである。また、ヤング係数は、図 2.5.2-1 の試験に対する、せん断変形が無いと考えた場合の曲げヤング係数である。

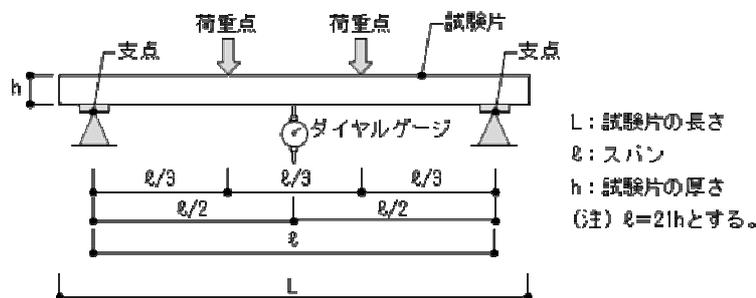


図 2.5.2 -1 直交集成板の JAS における曲げ試験図

例として、Mx-60-5-7 (A 種構成) の規格を示すと表 2.5.2 -1 になる。

表 2.5.2 -1 Mx-60-5-7 (A 種構成) の規格

	構成	強度等級	構成の区分	曲げヤング係数 (10^3N/mm^2)		曲げ強さ (N/mm^2)
				平均値	下限値	
異等級構成	A 種構成	Mx-60-5-7	5 層 7 プライ	4.8	4.0	11.0

ただし、構成するラミナにも規格があり、それは表 2.5.2 -2 のようになる。

表 2.5.2-2 Mx-60-7 (A 種構成) を構成するラミナの規格

ラミナの位置	等級区分機 による等級	曲げヤング係数 (10^3N/mm^2)		曲げ強さ (N/mm^2)		引張り強さ (N/mm^2)	
		平均値	下限値	平均値	下限値	平均値	下限値
外層	M60A	6.0	5.0	27.0	20.0	16.0	12.0
内層	M30A (以上)	3.0	2.5	19.5	14.5	11.5	8.5

従って、規格が示されていない諸元は、これまでの研究結果や文献を根拠に、構成するラミナや、組み合わせ、類似する材料の規格から考える必要がある。

2.5.2.2 CLT パネルの各諸元の計算方法

(1) CLT パネルの諸元の与え方の基本

CLT パネルの諸元を導く際は、全断面に対する値を算出することとする。また、機械等級区分による A 種構成とし、CLT パネル全体の曲げヤング係数と、曲げ強度が判明しているものとする。許容応力度に関しては、各強度を 1/3 したのちに、荷重継続係数を乗ずる一般的な方法で算出する。

(2) 強軸方向の面外曲げと面外せん断

1) 面外曲げと面外せん断の取り扱い

強軸方向の面外曲げは、①JAS の規格をそのまま使う方法、②JAS の試験方法から、面外せん断の変形を取り除いて新たに計算する方法 の 2 種類が考えられる。①の場合は、そのまま JAS のヤング係数をそのまま使えるが、せん断変形はしないものとして計算する必要がある。ただし、せん断力に関しては、耐力を計算する必要がある。②の場合は、新たに面外方向曲げに対するヤング係数、および面外せん断に対するせん断弾性係数を計算する必要がある。

②の場合の計算方法を次項以降に示す。

2) 剛性

CLT ハンドブックでは、Shear Analogy Method により、面外方向の有効曲げ剛性、有効せん断剛性の計算方法が以下のように示されている。

$$(EI)_{\text{eff}} = (EI)_A + (EI)_B = \sum_{i=1}^n \left(E_i \cdot b_i \cdot \frac{h_i^3}{12} \right) + \sum_{i=1}^n \left(E_i \cdot A_i \cdot z_i^2 \right)$$

$$(GA)_{\text{eff}} = \frac{a^2}{\frac{h_1}{2 \cdot G_1 \cdot b_1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{h_i}{G_i \cdot b_i} + \frac{h_n}{2 \cdot G_n \cdot b_n}}$$

n: ラミナプライ数

E_i, G_i : i プライラミナのヤング係数、せん断弾性係数

A_i : i プライラミナの断面積

b_i, h_i : i プライラミナの巾、成

z_i : 全プライ一体時の中立軸と i プライラミナ重心の距離

a: 最外プライラミナ重心間の距離

解析の際には、 $\kappa=1.2$ とする。これは、直方体に対する形状係数であり、解析の際に一般的に用いられている。

JAS にあるラミナの曲げヤング係数をラミナの繊維方向ヤング係数(E0)と考え、以下の式で繊維直交方向ヤング係数(E90)、繊維平行方向-繊維直交方向のせん断弾性係数(G0)、繊維直交方向

一繊維直交方向のせん断弾性係数(GR)を計算する。

CLT Handbook : E0/E90=30, E0/G0=16, G0/GR=10、文献⑦ : E0/E90=30, E0/G0=13, G0/GR=4

JAS の試験方法と形状で上記の方法により計算した変形を分母に、JAS の曲げヤング係数を用いて計算した変形を分子とした比を表 2.5.2-3 に示す。CLT Handbook と文献⑦で比較する。異等級構成 (Mx) の場合と同一等級構成の場合 (S) で異なることがわかる。

表 2.5.2-3 CLT Handbook と文献⑦のパラメータを用いた場合と JAS に従った場合の変形の比較

		CLT Handbook						文献⑦							
		3-3	3-4	5-5	5-7	7-7	9-9			3-3	3-4	5-5	5-7	7-7	9-9
Mx	60	0.73	0.74	0.83	0.90	0.87	0.90	Mx	60	0.94	0.96	1.00	1.04	1.02	1.03
	90	0.63	0.62	0.74	0.80	0.80	0.83		90	0.88	0.89	0.96	0.98	0.99	1.00
	120	0.55	0.54	0.66	0.74	0.72	0.77		120	0.83	0.82	0.90	0.95	0.93	0.96
S	30	0.87	0.93	1.00	1.01	1.03	0.97	S	30	1.01	1.09	1.11	1.09	1.12	1.05
	60	0.87	0.89	0.95	0.97	0.97	0.97		60	1.01	1.04	1.06	1.05	1.06	1.05
	90	0.87	0.88	0.94	0.98	0.96	0.97		90	1.01	1.03	1.04	1.06	1.04	1.05
	120	0.87	0.87	0.93	0.97	0.97	0.97		120	1.01	1.02	1.03	1.05	1.06	1.05

3) 強度

JAS においては、強軸方向の面外曲げ強度は規定されている。そのため、曲げ強度に関してはこの値を用いる。

JAS の値を用いない場合は、以下の方法による（実際には、JAS 優先のため、この方法は用いない）。

全断面有効とすると、

$$Z=bt^2/6 \quad \sigma_b=M/Z \quad Z: \text{断面係数、} b, t: \text{CLT パネル全体の幅、成、} \sigma_b: \text{曲げ応力度、} \\ M: \text{曲げモーメント}$$

である。実際の応力度は以下のように計算される。

$$\sigma_{breal} = \frac{M}{Z_{eff}} \quad \sigma_{breal}: \text{実際の応力度、} \quad Z_{eff} = \frac{(EI)_{eff}}{E_s \cdot y_s} \quad : \text{有効断面係数}$$

E_s : 曲げモーメントの加わる方向と同じ方向のラミナのうち、最も外側の層のラミナのヤング係数

y_s : 中立軸から上記ラミナの外側の面までの距離

従って、 σ_b と σ_{breal} の間には以下の関係がある。

$$\sigma_{breal} = \frac{Z}{Z_{eff}} \sigma_b$$

従って、全断面有効として σ_b を計算した後、 Z/Z_{eff} を応力調整係数として、乗じた値が、曲げモーメントの加わる方向と同じ方向のラミナのうち、最も外側の層のラミナの引張強度を F_t 以下となることを検定すればよい。

比較のために、JAS の曲げ強度と、ラミナから求めた場合の面外曲げ強度と比較する。 F_t から

等価な F_b を計算するので、上記の応力調整係数の逆数を F_t に乗ずることとなる。 $(EI)_{eff}$ は CLT Handbook でも文献⑦でも同じ結果となるので、ラミナから求めた場合の面外曲げ強度は同じとなる。下表に、ラミナから求めた曲げ強度/JASの曲げ強度を示す。

表 2.5.2-4 ラミナから求めた曲げ強度/JAS の曲げ強度

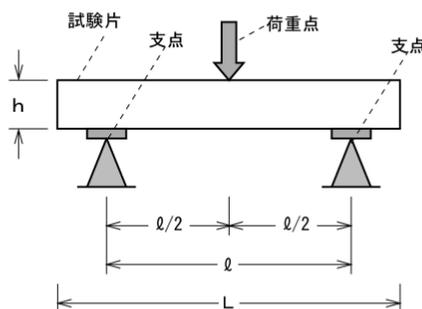
		3-3	3-4	5-5	5-7	7-7	9-9
Mx	60	0.95	1.01	0.95	0.95	0.99	1.05
	90	0.96	1.03	0.95	0.97	0.97	1.01
	120	0.96	1.03	0.95	0.97	0.96	0.99
S	30	0.93	1.01	0.94	0.94	1.01	1.13
	60	0.95	1.01	0.95	0.96	1.04	1.17
	90	0.96	1.03	0.96	0.97	1.04	1.17
	120	0.96	1.03	0.95	0.98	1.04	1.17

せん断強度に関しては、明確な規定はないが、JAS では、規格外の大きさのラミナを使用した場合のせん断強度の規定があり(図 2.5.2-2)、下図の試験方法で算出した場合の値は 1.5N/mm^2 となっている。せん断力は $1/2Pb$ となるので、 $F_s=1.5Q/bh$ となる。長方形断面のせん断力分布係数として 1.5 を考慮していると考えられる。

CLT のせん断力分布係数は、より複雑な形状であり、最大でも 1.5 とはならないが、仕様を決定する実験式自体に 1.5 を用いているので、応力調整係数として 1.5 倍することとし、強度としては 1.5N/mm^2 とする。ただし、各種実験においては、強度はこれ以上あることが報告されている。

$$\text{せん断強さ (MPa又はN/mm}^2\text{)} = \frac{3P_b}{4bh}$$

P_b は、最大荷重 (N)
 b は、試験片の幅 (mm)
 h は、試験片の厚さ (mm)



L は、試験片の長さ
 l は、スパン
 h は、試験片の厚さ
 (注) $l=5h$ とする。

図 2.5.2-2 直交集成板の JAS におけるせん断試験図

(3) 弱軸方向の面外曲げと面外せん断

1) 剛性

弱軸方向の面外曲げと面内せん断は強軸と同じ方法で計算できる。JAS では、曲げに関する規格がないため、この計算方法を用いざるを得ない。

2) 強度

JAS においては、弱軸方向の面外曲げ強度は規定されていない。そのため、曲げ強度に関して

は強軸と同様の計算をする。せん断強度に関しても規定がないので、強軸方向と同じとする。

(4) 強軸方向・弱軸方向の面内引張・圧縮・曲げ

1) 剛性

面内方向の引張・圧縮は直交ラミナの剛性を無視する。圧縮は繊維直交方向の剛性が寄与する可能性があるが、値が小さいので無視する。曲げに関しては、幅はぎをしていない場合でも、直交方向のラミナが接着されているため、格子梁と面材の中間の性状を示すと考えられる。各種実験では面材として挙動する結果が得られているので、ここでは面材として考える。以下の式でヤング係数 E を計算する。

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

E_i : CLT パネルの方向（強軸または弱軸）に対する i プライのラミナの曲げヤング係数（平均値）

CLT パネルの方向が繊維直交方向の場合、 $E_i=0$ とする。

t_i : CLT パネルを構成する i プライのラミナの厚さ（一般的には 30mm）

n : CLT パネルを構成するラミナのプライ数

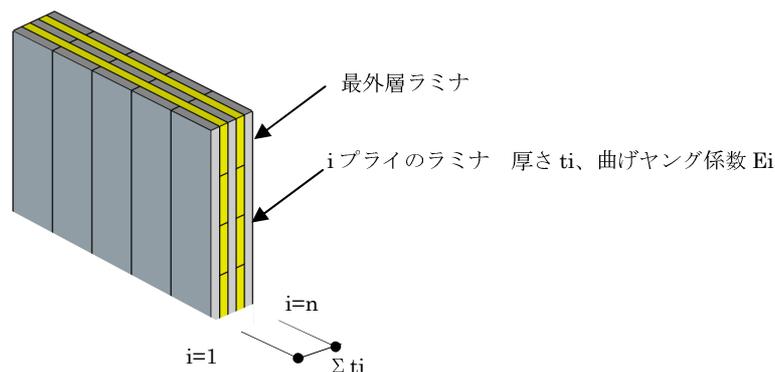


図 2.5.2 -3 CLT パネルの面内曲げ剛性

このヤング係数は全断面に対するものであるため、引張・圧縮・曲げは一般の線材と同様に扱える。

2) 強度

JAS にラミナの引張強度が記載されているが、同様なラミナで構成された集成材では、ラミナの引張強度よりも大きい値が集成材の引張強度として規定されている。集成材ではひき板の積層数により、圧縮と引張りの基準強度が異なる。ラミナの枚数から統計学を用いて計算されたものと考えられるが、その根拠は明記されていない。CLT パネルでも同様の扱いができると考え、引張強度の算定の際には、同様のラミナで構成された集成材の引張強度を援用することとする。また、断面検定の際には、計算された応力度に調整係数を乗じて応力度を算出する。構成するラミナの繊維平行方向には、ラミナのヤング係数に比例した応力度となる。以下の式で調整係数 R が計算される。

$$R = \frac{E}{E_i}$$

同一等級構成としている場合は、強軸方向と弱軸方向の 2 つの調整係数のみが算出される。

ラミナの圧縮強度は JAS に記載されていないため、引張強度と同様の扱いとし、類似のラミナで構成された集成材の圧縮強度を用いる。

曲げに関しては、幅はぎがない場合もあるため、集成材の曲げと同じ扱いはできない。引張側は引張強度、圧縮側は圧縮強度を用いることとする。

(5) 強軸方向・弱軸方向面内せん断

1) 剛性

せん断弾性係数は、木材の断面には放射方向と接線方向があるため本来は向きによって違うが、各ラミナのせん断方向のせん断弾性係数は慣用的に繊維方向ヤング係数の 1/15 としている。CLT パネルでは、あるラミナにせん断力が加わった場合に、そのラミナと直交するラミナは接着され、かつ直交ラミナも幅方向に幅はぎが無いという複雑な状況である。また、直交ラミナのせん断弾性係数は、繊維方向に加力した場合の木口面のずれであるなど、さらに複雑な状況のため、実験から導かれた値を用いることとする。せん断剛性は既往の研究結果から、全厚さに対して、500N/mm² とする。

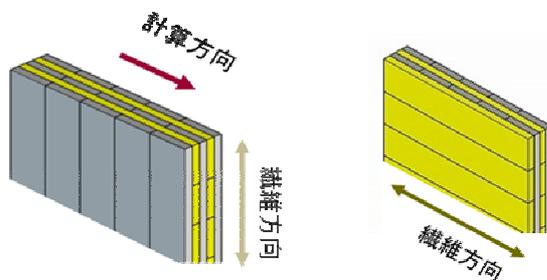


図 2.5.2-4 CLT パネルの面内せん断剛性

計算方向と直交方向のラミナを無視する場合は、以下のように計算できる。

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n G_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

G_i : CLT パネルの方向 (強軸または弱軸) に対する i プライのラミナのせん断弾性係数 (平均値)

CLT パネルの方向が計算方向と平行方向の場合、 $G_i=0$ とする。

t_i : CLT パネルを構成する i プライのラミナの厚さ (一般的には 30mm)

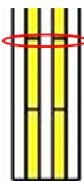
n : CLT パネルを構成するラミナのプライ数

2) 強度

JAS には、面内せん断に対して強度が示されていない。そのため、同じ樹種のラミナで構成された集成材の基準強度を用いる。せん断力は、計算方向と直交方向にも加わるので、弱軸方向のラミナの厚さの和で有効断面積を計算する。従って、応力度に関しては、

CLT パネルの厚さ / 弱軸方向のラミナの厚さの和 $\times 1.5$

を応力調整係数とし、計算された応力度に乗ずる。



幅はぎがないことがあるので、この断面でチェックする。

図 2.5.2-5

計算方向と直交方向のラミナを無視する場合は、下記のように各ラミナ毎に応力調整係数を算出し、応力度を計算する。

$$R_i = \frac{G_i}{G} \times 1.5$$

実験では、これよりもかなり大きい強度を示しているが、ここではこの計算方法を使用する。

(6) 強軸方向・弱軸方向座屈

座屈に関しては、強度のみの計算となる。CLT Handbookに基づき、有効断面二次半径を計算し、告示式を用いる。

$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{l}{i_{\text{eff}}}$$

$$i_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{I_{\text{eff}}}{A_{\text{tot}}}} \quad : \text{有効断面二次半径}$$

A_{tot} : 繊維方向が圧縮力方向に平行なラミナの合計断面積

$$I_{\text{eff}} = \frac{\phi(EI)_{\text{eff}}}{E_{\text{mean}}} \quad : \text{有効断面二次モーメント} \quad \phi = 0.85$$

E_{mean} : 繊維方向が圧縮力方向に平行なラミナの平均ヤング係数

$$\lambda_{\text{eff}} \leq 30 \text{ のとき} \quad F_k = F_c$$

$$30 < \lambda_{\text{eff}} \leq 100 \text{ のとき} \quad F_k = (1.3 - 0.01\lambda_{\text{eff}}) \cdot F_c$$

$$100 < \lambda_{\text{eff}} \text{ のとき} \quad F_k = \frac{3000}{\lambda_{\text{eff}}^2} \cdot F_c$$

ここで F_k : CLT パネルの設計用圧縮強度

(7) 面内圧縮・引張・曲げの複合応力

面内圧縮と面内曲げ、面内引張と面内曲げの複合応力は以下のように計算し、検定する。

$$\text{圧縮と曲げの場合 :} \quad \frac{\sigma_b}{f_c} + \frac{\sigma_c}{f_k} \leq 1 \quad f_c : \text{許容圧縮応力度、} f_k : \text{許容座屈応力度}$$

$$\text{圧縮と引張の場合 :} \quad \frac{\sigma_b}{f_t} + \frac{\sigma_t}{f_t} \leq 1 \quad f_t : \text{許容引張応力度}$$

(8) 面外方向めり込み

CLT パネルのめり込み実験は、幅が狭い試験体を対象に行っており、幅が広い場合の影響は定かではない。ここでは、稲山のめり込み式を若干変更して用いることとする。

各パネルのめり込みバネは、全長で等変位めり込みバネを計算したのち、左端、中央、右端の長さを全長の 1/4、1/2、として、算定する。これにより、全体圧縮とパネルの回転による圧縮をある程度模擬できる。

稲山のめり込み式は、

$$N = \frac{x_p y_p C_x C_y E_{\perp} \delta}{Z_0} \quad \delta_y = \frac{Z_0 F_m}{E_{\perp} \sqrt{C_x C_y C_{xm} C_{ym}}} \quad N_y = x_p y_p F_m \sqrt{\frac{C_x C_y}{C_{xm} C_{ym}}}$$

$$C_x = 1 + \frac{2Z_0}{3x_p} \times \left(2 - e^{-\frac{3x_1}{2Z_0}} - e^{-\frac{3x_2}{2Z_0}} \right) \quad C_{xm} = 1 + \frac{4Z_0}{3x_p}$$

$$C_y = 1 + \frac{2Z_0}{3ny_p} \times \left(2 - e^{-\frac{3ny_1}{2Z_0}} - e^{-\frac{3ny_2}{2Z_0}} \right) \quad C_{ym} = 1 + \frac{4Z_0}{3ny_p}$$

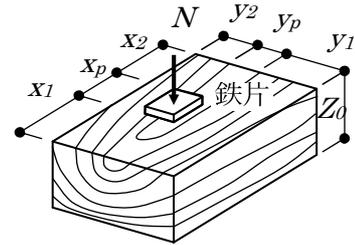


図 2.5.2 -6

E_{\perp} : 全面横圧縮ヤング係数 ($E_{\perp}=1/50E_0$)

E_0 : 繊維方向基準弾性係数

n : 繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数 ($n=5\sim 7$)

F_m : 縁端距離を無限大にしたときのめり込み降伏応力度
($=0.8 \times F_{cv}$)

F_{cv} : 材中間部部分圧縮基準材料強度

稲山式のめり込み式を CLT パネルの構成に合わせて操作する。CLT は繊維方向が交互に配置されることから、 C_x, C_{xm} にも n を考慮することとする。 n は繊維方向の場合 1 となり、繊維直交方向の場合樹種に応じた n となることから、以下のように計算を行う。

$nx = \text{全プライ数} / \{1/\text{強軸方向のプライ数} \times 1 + 1/(\text{弱軸方向のプライ数} \times n)\}$

$ny = \text{全プライ数} / \{1/\text{弱軸方向のプライ数} \times 1 + 1/(\text{強軸方向のプライ数} \times n)\}$

パネルの両面からめり込みを受けるような場合には、板厚の中央で変形がゼロになると考え、板厚の半分を Z_0 とする。また、床パネルを異等級構成とした場合に等価なヤング係数は直列となるため、以下のように計算する。

$E_{eq} = \text{プライ数} / \{ \Sigma (1/\text{各プライのヤング係数}) \}$

(9) 強軸方向・弱軸方向面内めり込み

繊維方向めり込みと繊維直交方向めり込みの和である。形状が異なるが、円形接合具の $ks0, ks90$ を用いる。ただし、このめり込みは、めり込み方向のヤング係数および断面積がモデル化されているときは、不必要であるともいえる。

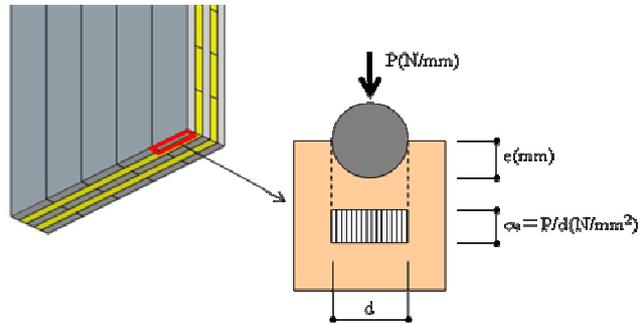


図 2.5.2 -7

2.5.2.3 各種接合部

(1) 想定される接合部

CLT 構造で想定される接合部は以下のとおりである。

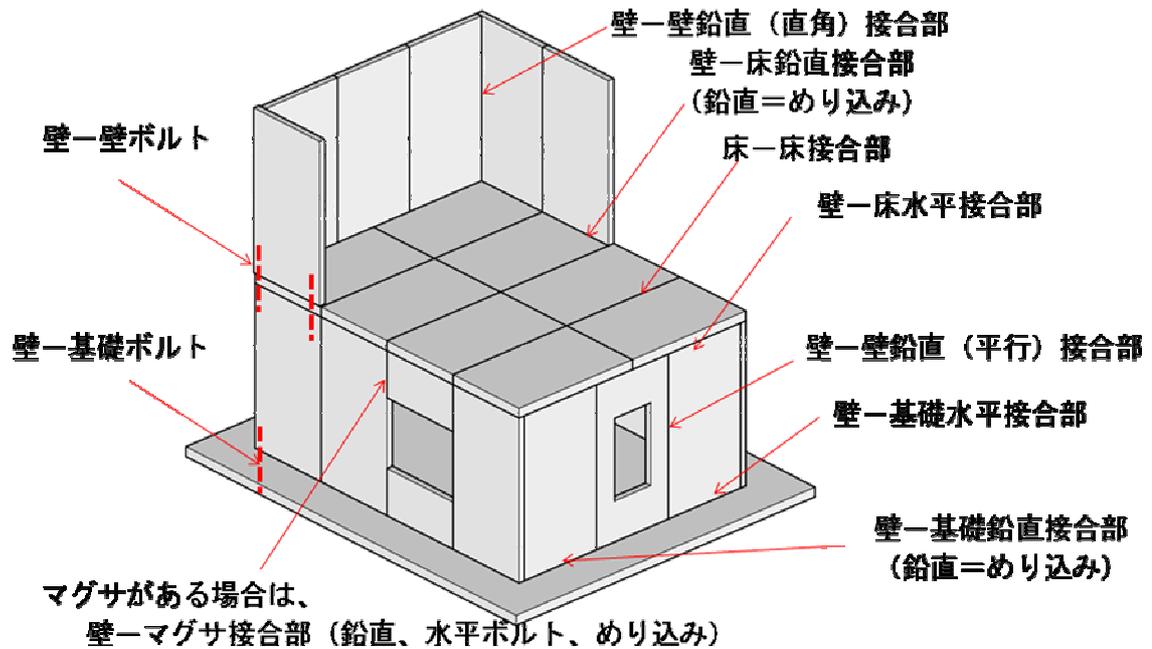


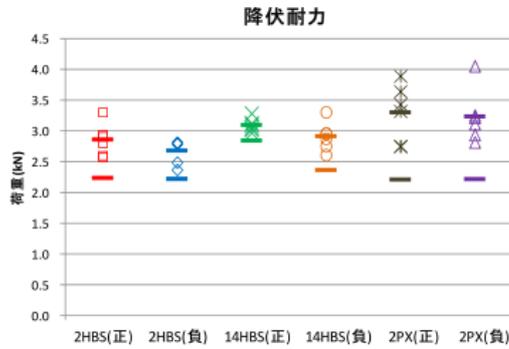
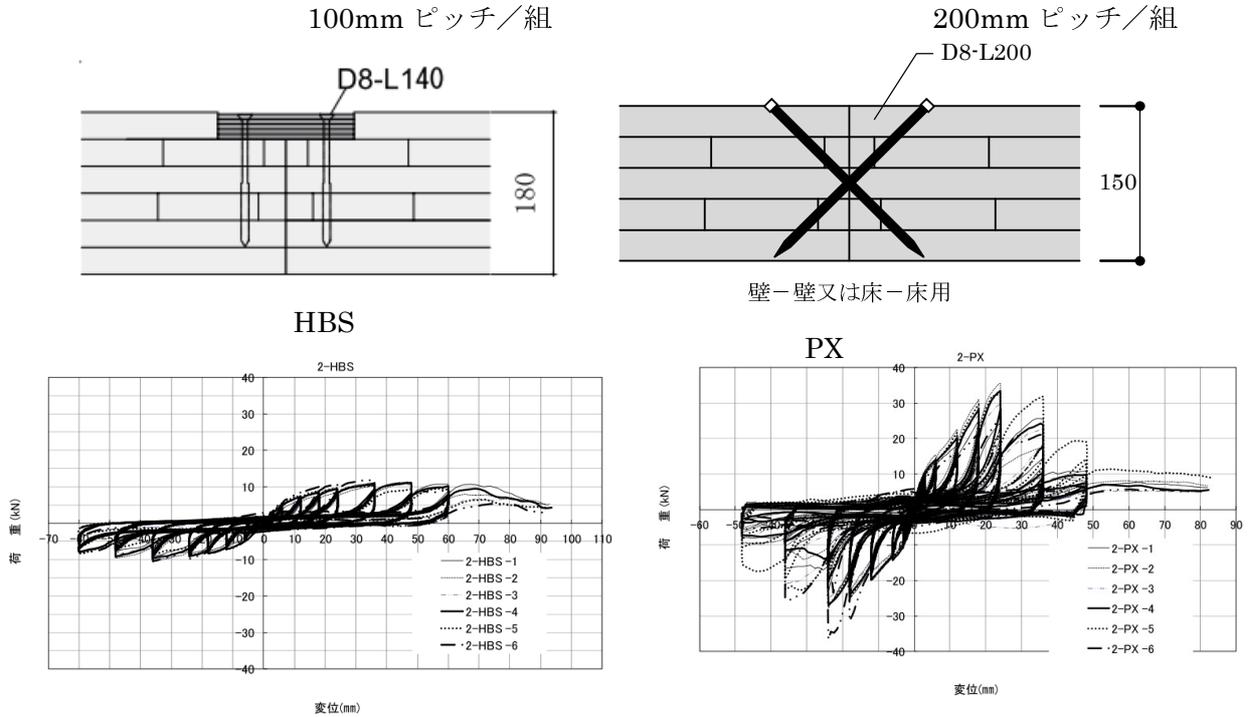
図 2.5.2-8 CLT 構造における各種接合部

上記のうち、壁-床鉛直接合部、壁-基礎鉛直接合部は、めり込みだけであるため、CLT パネルの諸元として前述してある。

ほとんどの接合部に関しては、実験による値を使用せざるを得ないが、実験は、CLT パネルに使用した材料により異なる。

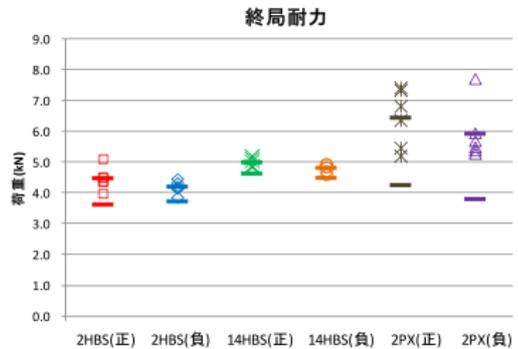
(2) 床-床接合部

文献④で以下の2種類に関する実験がなされている。実験に対してバイリニアに置換する場合の諸元は示されている。



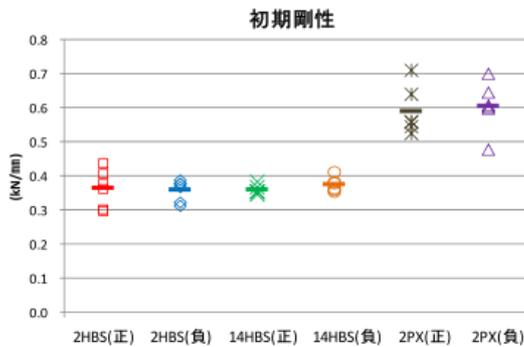
※上側の「-」は平均値、下側の「-」は5%下限値を示す。

図 5.4.1-1 降伏耐力の比較



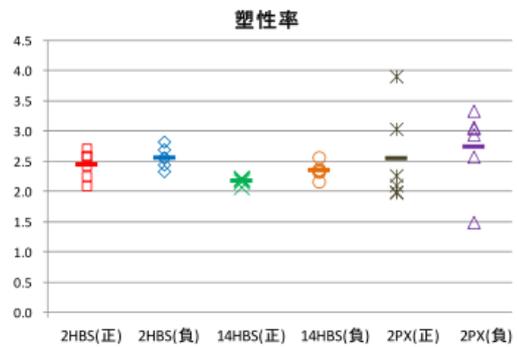
※上側の「-」は平均値、下側の「-」は5%下限値を示す。

図 5.4.1-2 終局耐力の比較



※「-」は平均値を示す。

図 5.4.1-3 初期剛性の比較



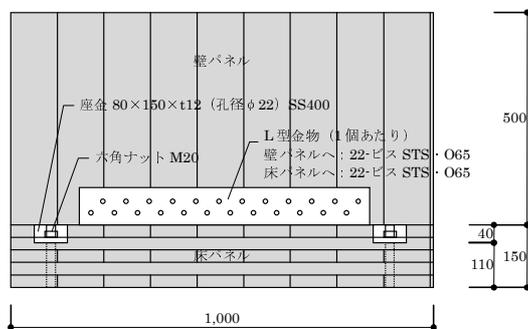
※「-」は平均値を示す。

図 5.4.1-4 塑性率の比較

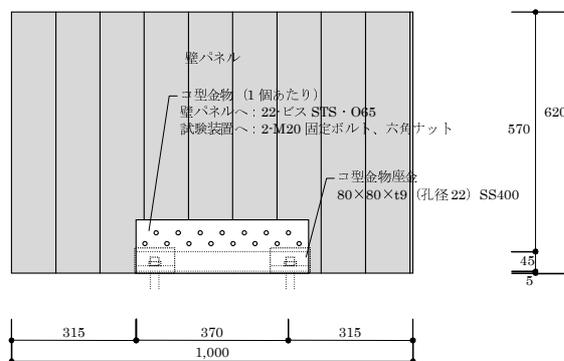
図 2.5.2-9 文献④における床-床接合部の実験

(3) 壁-床水平接合部、壁-基礎水平接合部

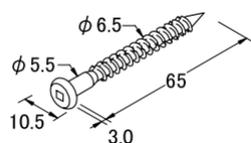
以下の接合金物に対して、文献②でせん断試験、文献③で引張試験、曲げ試験の報告がされている。



L型金物 (壁パネル-床パネル)



U型金物 (壁パネル-基礎)



STS-O65 ビス

図 2.5.2 -10 文献②での壁-床、壁-基礎接合部の実験

文献にはのっていないが、せん断に関しては、L型金物に関しては、ビス1組(壁パネルへのビスと、床パネルへのビス)あたり、U型金物に関してはビス1本(壁パネルへのビス)あたりの等価バイリニアおよび骨格曲線が以下のように算出されている。

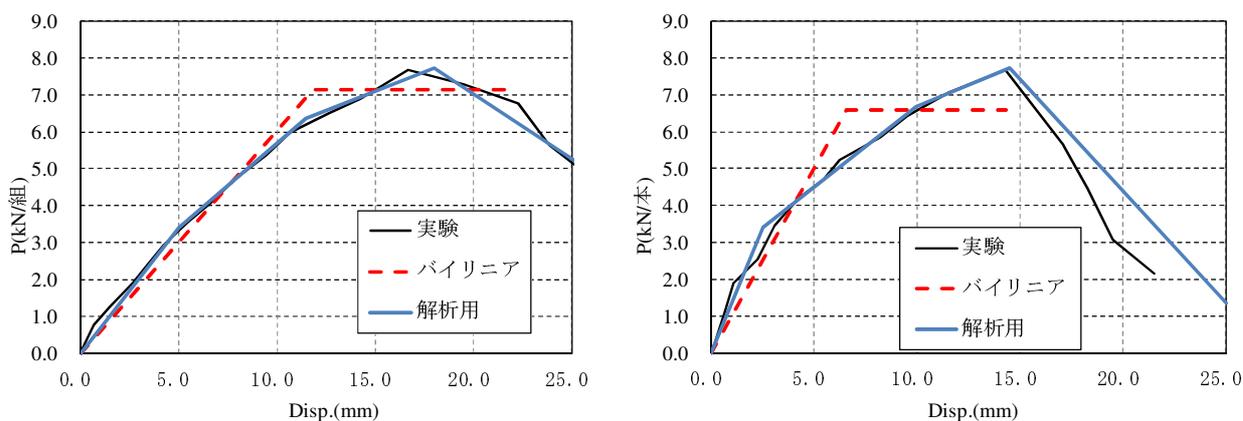


図 2.5.2 -11 L型金物、U型金物の骨格曲線

(4) 壁－壁鉛直（直角）接合部

この接合部に対しての直接の実験はないが、壁－床水平接合部に用いた、L 型金物の実験を流用できる。ただし、接合部の方向とラミナの関係が壁－床水平接合部とは 90° 異なる。

(5) 壁－壁鉛直（水平）接合部

以下の仕様に対して、文献①でせん断実験が報告されている。これは、CLT の厚さ、接合具の長さは異なるが、床－床接合部の HBS と同様の仕様である。

CLT	スプライン		接合具
90mm 厚 3 層 ひき板ヤング率 混合	JAS 構造用 LVL 厚さ 30mm ×幅 149mm カラマツ 120E-385F	外側 配置	Wood Screw Rothoblass 社製 HBS D8-L100 4 本 平打ち



写真 6.2 破壊状況

図 2.5.2 -12 文献①における壁－壁接合部の実験

また、床－床接合部の HBS、PX、後述する壁－マグサ接合部（せん断）も同様に使用できると考えられる。

(6) 壁－壁ボルト、壁－基礎ボルト

壁－基礎ボルトに対応した各種実験がなされているが、実際の建物では、ボルト長さが剛性に影響するので、実験よりも長いボルトを用いる際は、そのボルト剛性を直列として全体剛性を調整する必要があることに注意が必要である。

壁－壁ボルトは、壁－基礎ボルトが直列に配され、かつボルト長さが変更されたものとして計算が可能である。

文献①では、ビス留めホールダウン金物、ボルト留めホールダウン金物を使用した実験がなされている。

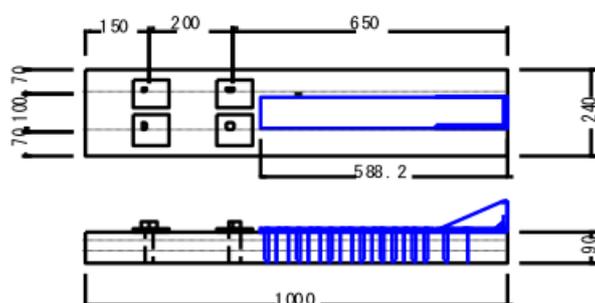


図 2.5.2 -13 文献①における壁－基礎ボルト実験

文献②では、ボルト留め金物（CLT 面より外にボルト配置）ビス留め金物（CLT 面より内側にボルト配置）、引きボルト、グールドインロッドの実験がなされている。文献③、文献⑤では、引きボルトの実験がなされている。文献④では、LSB の実験がなされている。



ボルト留め金物



ビス留め金物



引きボルト



グールドインロッド



LSB

図 2.5.2 -14 各種壁－壁ボルト、壁－基礎ボルト

このうち、接合部耐力や剛性の計算方法が明示されているのは、引きボルトのみである。ビス留め金物に関しては、ビス 1 本あたりの耐力が判明している。

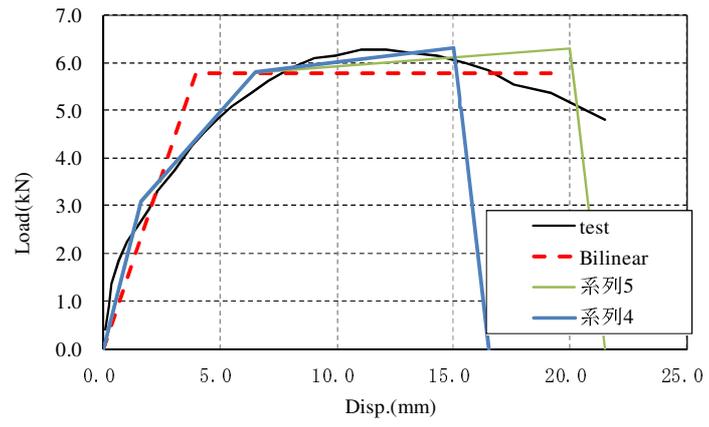


図 2.5.2 -15 ビス留め金物のビス 1 本あたりの骨格曲線

(7) 壁-マグサ接合部

壁-マグサ接合部は、引きボルト-モーメント接合とせん断接合に分かれる。引きボルト-モーメント接合のうち、引きボルトは壁-基礎ボルトで示された計算方法が存在する。圧縮側はマグサの外層ラミナを水平方向とすると、壁パネルと、マグサパネルで繊維直交めり込みとなるが、隣接する部分に繊維方向のラミナが存在するため、単純なめり込み式によってめり込み剛性を計算できない。そのため、別途検討し、めり込み係数がラミナの性状から求められた。壁パネルの長さ方向に応力が広がる可能性があるが、ここでは無視する。また、軸力は0と仮定する。下記のような応力状態となる。壁パネルとマグサパネルの接触部分の圧縮応力分布は三角形部分布とする。

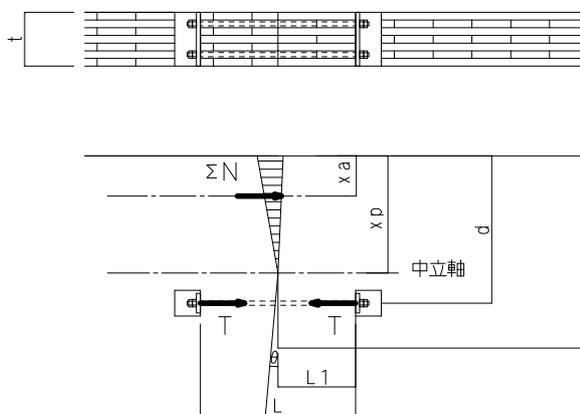


図 2.5.2 -16

圧縮応力の合力 ΣN と変形角 θ の関係は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \text{接触部分の最大変形（上端）} &: xp \cdot \theta & \text{最大応力度（上端）} & k \cdot xp \cdot \theta \\ \Sigma N &= k \cdot xp \cdot \theta \cdot xp/2 \cdot t = 1/2 \cdot k \cdot t \cdot xp^2 \cdot \theta \end{aligned}$$

ボルト側の剛性（ボルト剛性とすべり剛性の直列）を Kt とし、変形を δt とすると、 $\delta t = T/Kt$
力のつり合いより、 $\Sigma N = T$

変形のつり合いより、 $(d-xp) \cdot \theta = \delta t$

従って、

$$Kt \cdot (d-xp) = 1/2 \cdot k \cdot t \cdot xp^2 \rightarrow d-xp = 1/2Kt \cdot k \cdot t \cdot xp^2 \rightarrow a \cdot xp^2 + xp - d = 0 \quad (a = 1/2Kt \cdot k \cdot t)$$

2次方程式なので、 xp が求まる。

モーメントは

$$M = \Sigma N \cdot (xp-xa) + T \cdot (d-xp)$$

$xa = 1/3xp$ 、 $\Sigma N = T$ なので、

$$M = 2/3T \cdot xp + T \cdot (d-xp) = T \cdot (d-1/3xp) = Kt \cdot (d-xp) \cdot \theta \cdot (d-1/3xp)$$

従って、回転剛性は

$$K_{\theta} = M / \theta = Kt \cdot (d-xp) \cdot (d-1/3xp)$$

となる。

めり込みに関しては、耐力が不明なので、今回は無視し、引張側の降伏および最大耐力で決定するとする。

降伏に関しては T_y とすると、

$$M_y = T_y \cdot (d-1/3xp) \quad \theta_y = M_y / K_{\theta}$$

となる。

せん断接合部に関する実験はあるが、壁-床水平接合部に用いた、L型金物の実験も流用できる。ただし、壁側のラミナ方向と接合部方向の関係が壁-床水平接合部とは 90° 異なる。

2.5.2.4 境界梁としての CLT 床パネル有効幅の計算方法

境界梁として、どの程度の幅が寄与するかは以下の方法で計算する。強軸方向に配される場合のみを対象とする。

1) 床パネルと壁の位置関係により、境界梁計算用長さ (Leq) を計算する。

床パネル上に壁パネルが 2 組ある場合、 $a+c \geq b$ の場合、 $Leq=b$ 、 $a+c < b$ の場合、 $Leq=a+c$ とする。

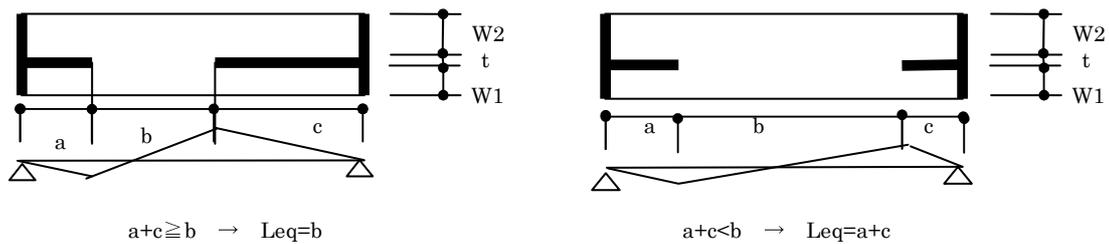


図 2.5.2 -17

床パネル上に壁パネルが 1 組ある場合、 $a \leq b$ の場合、 $Leq=2a$ とし、 $a > b$ の場合、 $Leq=2b$ とする。

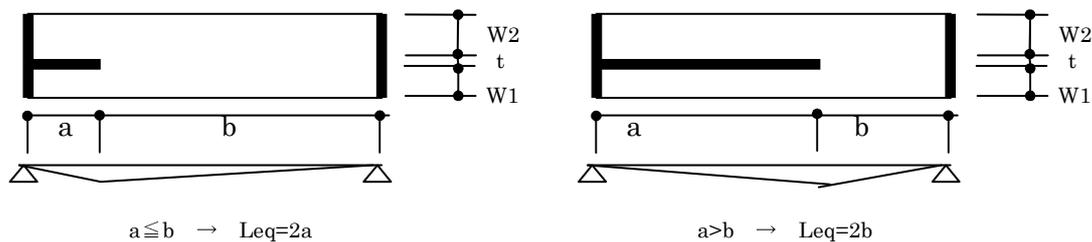


図 2.5.2 -18

2) 境界梁幅を計算する。

W_i は上図のように、壁パネルと床パネルの位置から定める。

① $Leq/(W_i \times 2)$ 計算

② W_i に対する α 計算

$$0 < Leq/(W_i \times 2) \leq 1.5 : \alpha_i = 0.55 \times Leq/(W_i \times 2)$$

$$1.5 < Leq/(W_i \times 2) \leq 4 : \alpha_i = 0.825 + 0.07 \times \{Leq/(W_i \times 2) - 1.5\}$$

$$4 < Leq/(W_i \times 2) : \alpha_i = 1$$

③ Beq 計算

$$Beq_i = \alpha_i \times W_i \quad Beq = \sum Beq_i$$

④ 壁 CLT 厚 t との和の計算

$$Beq + t$$

2.5.3 建物概要と設計方針

2.5.3.1 建築物概要

階数：地上4階

建築面積：187.2 m²

延床面積：748.8 m²

構造種別：木造（CLT）

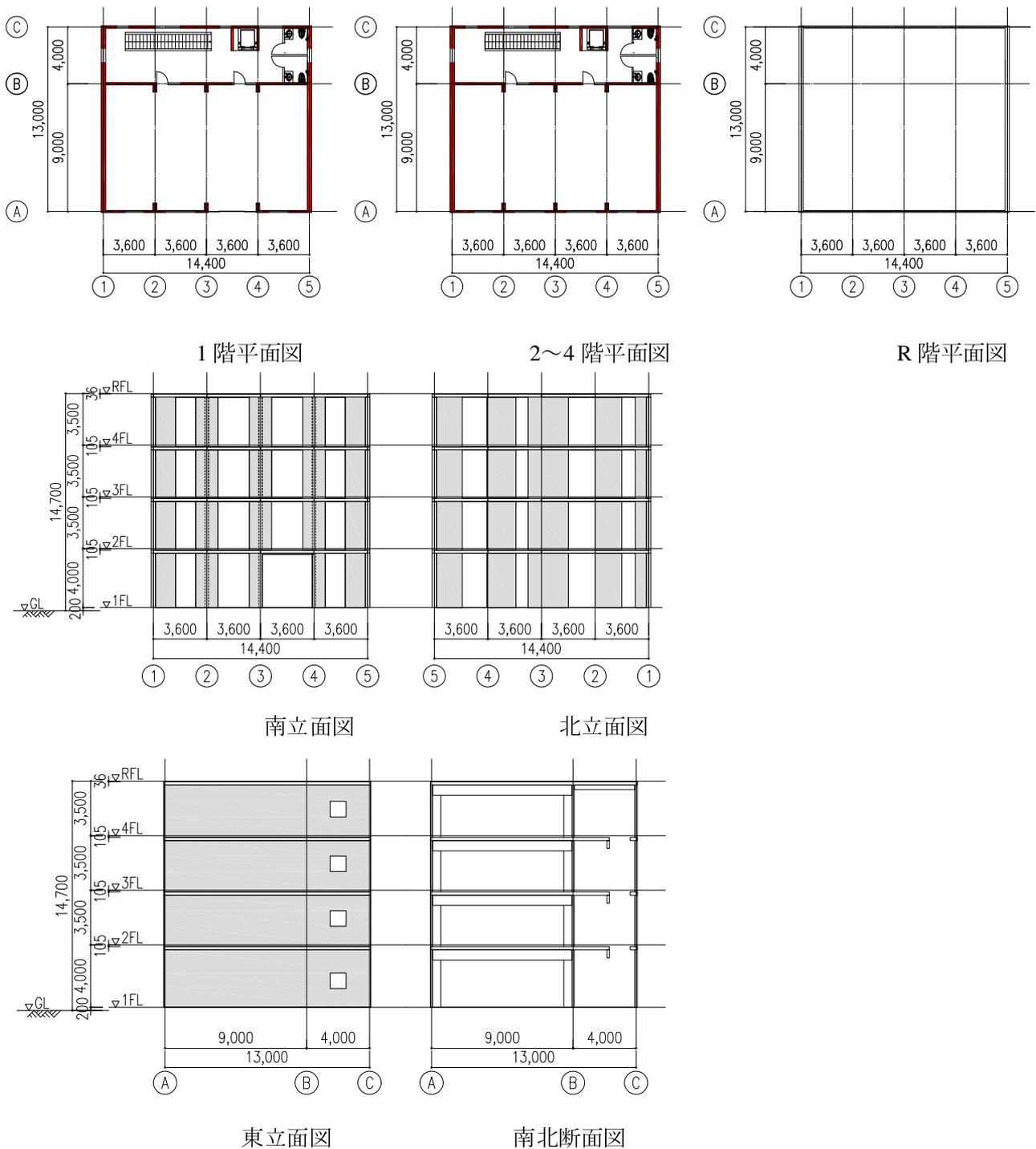


図 2.5.3-1 建築一般図

2.5.3.2 設計方針

- ・設計はルート3とする。
- ・1次設計は、 $Co=0.2$ とし、各部を許容応力以下とする。ただし、2次設計の Ds を0.6以上としているため、1次設計の余裕は大きいため、検討を省略する。
- ・2次設計は、靱性に全く期待しない場合 ($Ds=1.0$) と、靱性に一定程度期待する場合 ($Ds=0.6$) とする。 $Ds=0.6$ の場合は以下の式から、塑性率 μ を1.89とした場合である。

$$Ds = \sqrt{\frac{1}{2\mu-1}} \quad \mu = \frac{\frac{1}{Ds^2}+1}{2} = \frac{\frac{1}{0.6^2}+1}{2} = 1.89$$

- ・ $Ds=1.0$ の場合は、マグサなし、 $Ds=0.6$ の場合は、マグサなしとマグサありの2ケースの設計をする。計3ケースとなる。各ケースをモデル1～3と名付ける。
- ・解析は、実験結果や接合部の計算結果をもとにした、バイリニアもしくはマルチリニアとする。2次設計では、CLTパネル自体は、強度との比較を行う。接合部に関しては、最大耐力との比較をおこなう。1次設計は上記の理由から省略するが、CLTパネルの短期許容耐力は荷重継続係数(2/3)を強度に乗じて計算する。接合部の短期許容耐力は、ボルトが先行降伏する場合は、ボルトの有効断面積×短期許容引張応力度を短期許容耐力とする。その他の場合は、木造で一般的に行われる等価バイリニアへの変換を行い、降伏耐力と最大耐力を計算し、 \min (降伏耐力、2/3 最大耐力)を短期許容耐力とする(次図)。

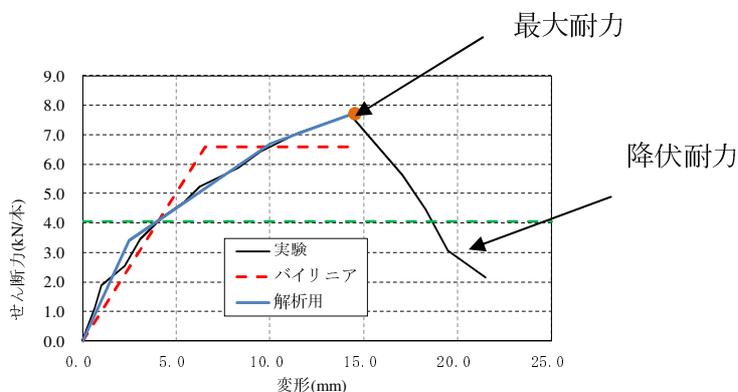


図 2.5.3-2

- ・オフィス部分は、スパンが大きいため、集成材梁をY方向に掛け、CLTパネルを支持する。集成材梁は集成材柱で支持する。集成材梁端部および集成材柱に関する検討は省略する。
- ・床面は十分な剛性・耐力を持つ接合部を持つものとし、剛床と考える。

2.5.3.3 使用材料

(1) CLT パネル

1) 床パネル

Mx-60-5-7（異等級構成5層7プライ）、A種構成、スギ、幅はぎなし、曲げヤング係数・曲げ強度規定あり

2) 壁パネル

モデル1（Ds=1.0）の場合

S-60-5-5（同一等級構成5層5プライ）、A種構成、スギ、幅はぎなし、曲げヤング係数・曲げ強度規定あり

2重

モデル2、3（Ds=0.6）の場合

S-60-7-7（同一等級構成7層7プライ）、A種構成、スギ、幅はぎなし、曲げヤング係数・曲げ強度規定あり

3) 接合金物

表 2.5.3-1 接合金物

部位	モデル1 Ds=1.0 マグサなし	モデル2 Ds=0.6 マグサなし	モデル3 Ds=0.6 マグサあり	
壁－床水平接合	L金物	同左	同左	ビス本数は各ケース異なる。
壁－基礎水平接合	U金物	同左	同左	ビス本数は各ケース異なる。
壁－壁鉛直(直角)接合	L金物	同左	同左	ビス本数は各ケース異なる。
壁－壁鉛直(水平)接合	長ビス斜め打(Px)	同左	鋼製プレート	ビス本数は各ケース異なる。
壁－壁ボルト	引きボルト	同左	同左	Ds=1.0とDs=0.6で異なる。
壁－基礎ボルト	引きボルト	同左	同左	Ds=1.0とDs=0.6で異なる。
壁－マグサモーメント	－	－	引きボルト	
壁－マグサせん断	－	－	マグサ金物	

2.5.3.4 パネル割

接合部の配置やそれに伴う剛性・耐力などに影響するため、パネル割は重要である。パネル割はマグサなしの場合は以下とする。海外では大型パネルもあるが、今回は想定していない。2 m 幅以下として、パネル割を決定した。

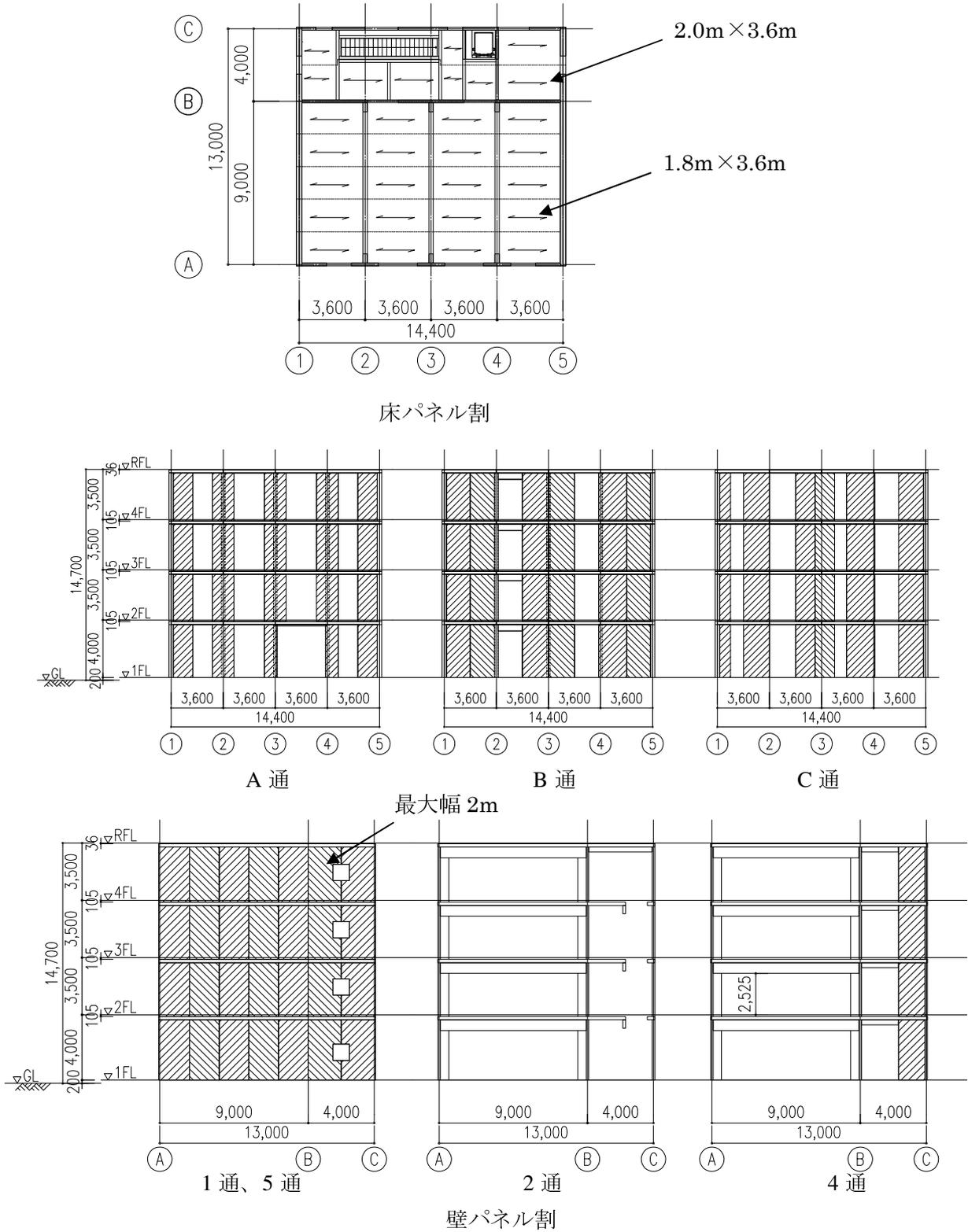


図 2.5.3-3 パネル割

マグサありの場合は、X方向にマグサをつける。

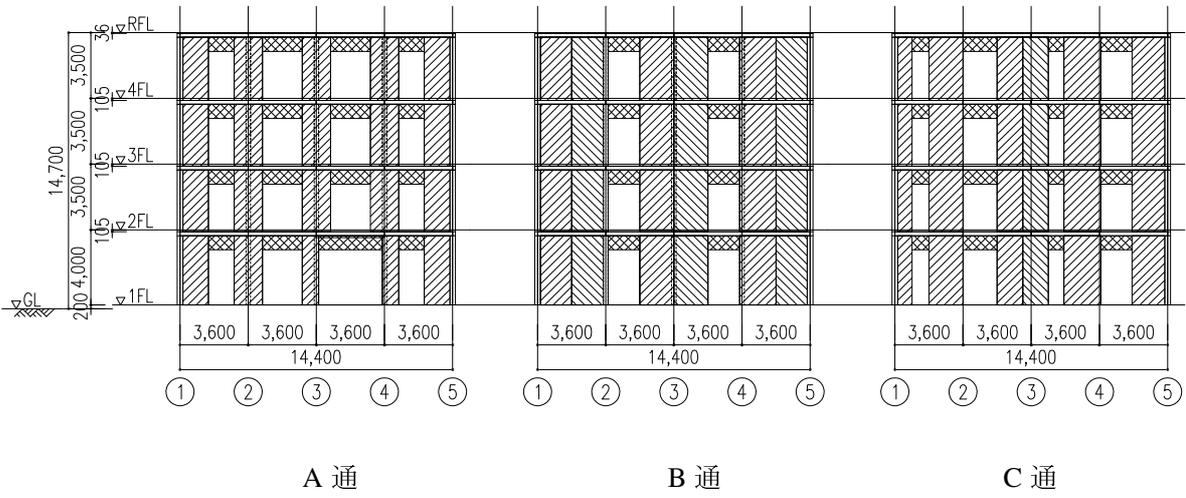


図 2.5.3 -4 マグサありの場合の壁パネル割

2.5.4 荷重と外力

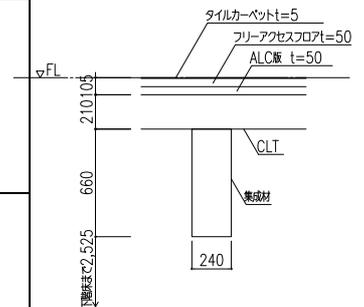
2.5.4.1 固定荷重と積載荷重

(1) 床荷重

固定荷重と積載荷重は以下とした。

表 2.5.4-1 固定荷重と積載荷重

階	部位	断 面	自 重		設 計 荷 重				備 考	
			床 小計	小梁大梁 小計	床板	小梁	大梁	地震		
RF	屋根	仕上	100		D	2500	←	←	←	
		シート防水	150							
		強化石膏ボード t=15+21mm	350							
		CLTパネル t=210mm (γ=5.0)	1050		L	900	900	600	300	
		グラスウール	50							
		天井下地	60							
強化石膏ボード t=15+21mm	350									
集成材梁	300		T	3400	3400	3100	2800			
		2410								
4 ~ 2	事務所床	タイルカーペット t=5mm	50		D	2400	←	←	←	
		フリーアクセスフロア	200							
		ALC版 t=50mm	325							
		CLTパネル t=210mm (γ=5.0)	1050		L	2900	2900	1800	800	
		天井下地	60							
		強化石膏ボード t=15+21mm	350							
集成材梁	300		T	5300	5300	4200	3200			
		2335								



(2) 壁重量

壁はモデル1の場合は2重、モデル2、3の場合は1重であるので、重量が異なる。

1) モデル1の場合

外壁 (CLT耐震壁)サイディング	t=15	170	
ALC版	t=35	228	
CLTパネル	t=150×2	1500	
断熱材	t=100	20	
強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
		2268 N/m ²	→ 2300 N/m ²
内壁 (CLT耐震壁)強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
CLTパネル	t=150×1	750	
強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
		1450 N/m ²	→ 1500 N/m ²
内壁 (CLT耐震壁)強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
CLTパネル	t=150×2	1500	
強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
		2200 N/m ²	→ 2200 N/m ²

2) モデル2の場合

外壁 (CLT耐震壁)サイディング	t=15	170	
ALC版	t=35	228	
CLTパネル	t=210	1050	
断熱材	t=100	20	
強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
		1818 N/m ²	→ 1900 N/m ²
内壁 (CLT耐震壁)強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
CLTパネル	t=210	1050	
強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
		1750 N/m ²	→ 1800 N/m ²

3) 共通部分

内壁 (非耐震壁) 強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
軸組		200	
強化石膏ボード	t=15+21mm	350	
		900 N/m ²	→ 900 N/m ²

外壁 (ガラス)	FL10	t=10	250	→	600 N/m ²
	FL10	t=10	250		
	サッシ枠		100		
	<hr/>				

2.5.4.2 地震荷重

(1) モデル1

表 2.5.4 -2 地震荷重 (モデル1)

Ai分布による地震力の算出

H (m)	14.5	=(3.5+3.5+3.5+4.0)	
α	1		
T (s)	0.44		
Tc (s)	0.6		第2種地盤
Rt	1.00		
Z	1.0		

階	Wi (kN)	Σwi (kN)	αi	Ai	C0	Ci	Qi (kN)	W/A (kN/m ²)
4階(RF重量)	768.99	769.0	0.190	1.794	0.2	0.359	276.0	4.1
3階(4F重量)	1088.69	1857.7	0.459	1.384	0.2	0.277	514.2	5.8
2階(3F重量)	1081.86	2939.5	0.726	1.169	0.2	0.234	687.3	5.8
1階(2F重量)	1109.84	4049.4	1.000	1.000	0.2	0.200	809.9	5.9

(2) モデル2、3

表 2.5.4 -3 地震荷重 (モデル2、3)

Ai分布による地震力の算出

H (m)	14.5	=(3.5+3.5+3.5+4.0)	
α	1		
T (s)	0.44		
Tc (s)	0.6		第2種地盤
Rt	1.00		
Z	1.0		

	Wi (kN)	Σwi (kN)	αi	Ai	C0	Ci	Qi (kN)	W/A (kN/m ²)
4階(RF重量)	739.76	739.8	0.193	1.787	0.2	0.357	264.4	4.0
3階(4F重量)	1030.24	1770.0	0.461	1.382	0.2	0.276	489.2	5.5
2階(3F重量)	1022.58	2792.6	0.727	1.168	0.2	0.234	652.4	5.5
1階(2F重量)	1047.22	3839.8	1.000	1.000	0.2	0.200	768.0	5.6

(3) 壁長さ

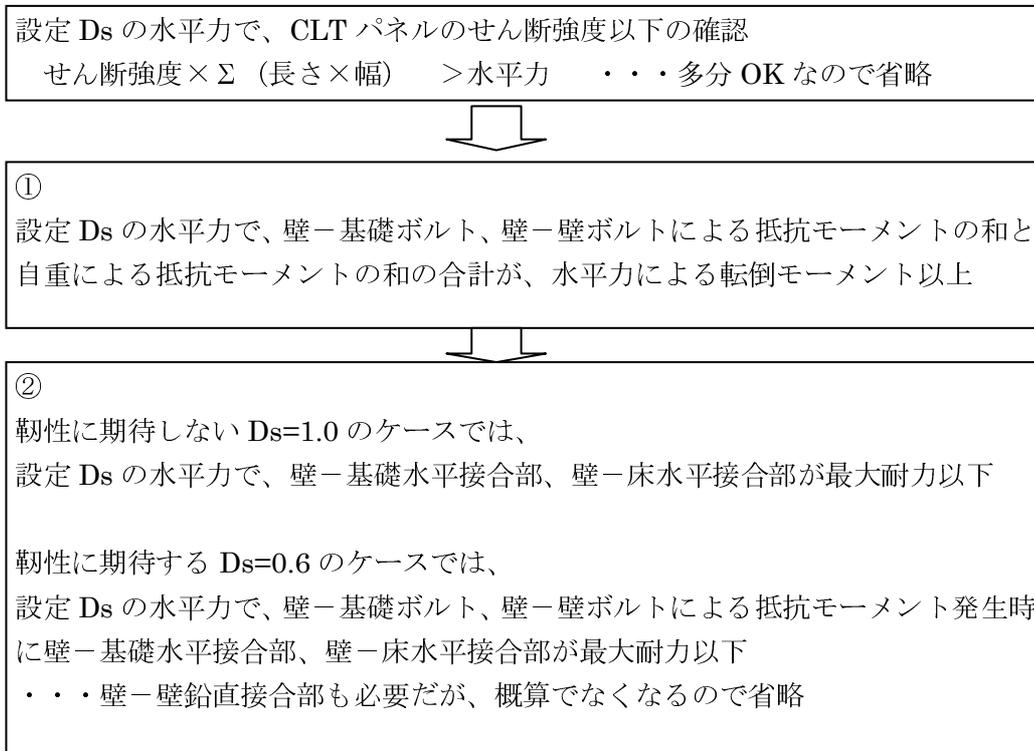
表 2.5.4 -4 壁長さ

階	X		Y	
	壁長さ	壁長さ/床面積	壁長さ	壁長さ/床面積
	cm	cm/m ²	cm	cm/m ²
4階	2684	14.34	2965	15.84
3階	2684	14.34	2965	15.84
2階	2684	14.34	2965	15.84
1階	2554	13.64	2965	15.84

2.5.5 接合部決定のための概略検討

2.5.5.1 概略検討フロー

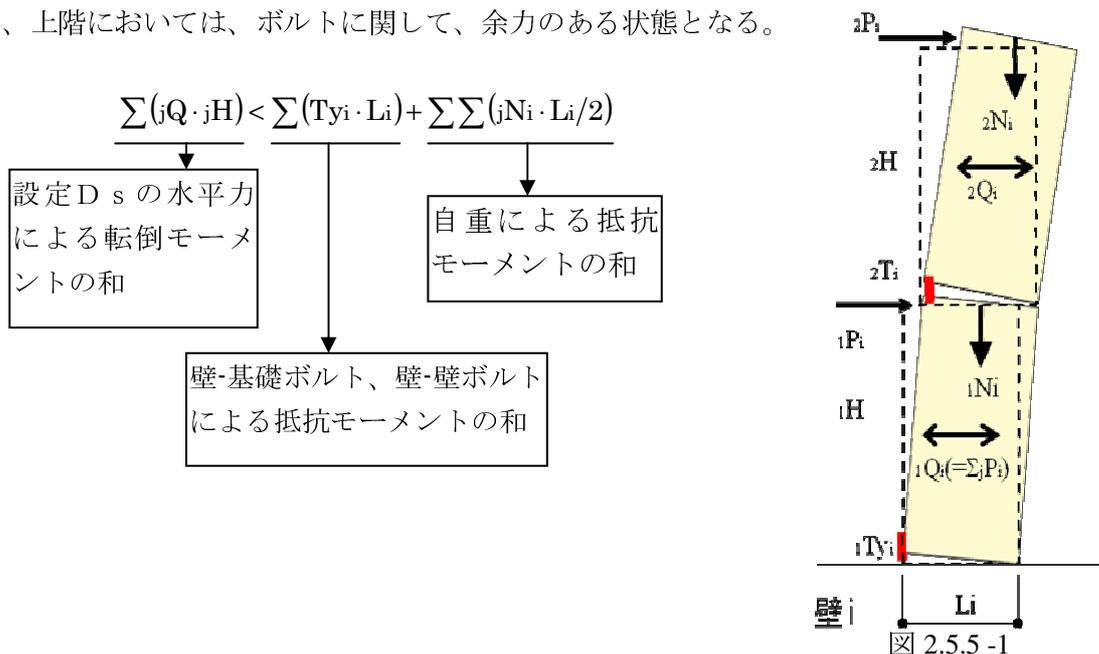
接合部決定のため、以下のように検討を行う。



2.5.5.2 抵抗モーメントと転倒モーメントの比較

(1) 計算方法

下記の計算を繰り返し行い、必要となるボルトを設定する。下層の応力が大きくなり、同一の CLT パネルの厚さにおいては下部の納まりで可能なボルト断面が決まる。本建物では 1 階柱脚と 2 階柱脚について検討し、3,4 階柱脚、4 階柱頭については、2 階柱脚と同じボルトとする。従って、上階においては、ボルトに関して、余力のある状態となる。



(2) 計算結果

モデル1 (Ds=1.0) の場合について計算した結果、直交架構を無視すると、X、Y方向ともかなり大きな引きボルトを採用しても転倒モーメント<抵抗モーメントとはならないことが判明した。しかし、CLTが平面的にT形や十形に配置されている場合は、壁―壁鉛直(直角)接合部のL型金物により直交架構が抵抗することが考えられる。そこで、隣接する直交架構のCLTパネル1枚が支える重量および、パネルについている鉛直方向のボルトによる抵抗モーメントを加えることとした。直交架構考慮した場合、Y方向に関しては、転倒モーメント<抵抗モーメントとなったが、X方向では抵抗モーメントが不足した。しかし、X方向には、境界梁として機能するCLT床パネルが存在することから、このまま検討を続行することとした。

表 2.5.5-1 転倒モーメントと抵抗モーメント (モデル1)

		直交架構無視		直交架構考慮		
		1階	2階	1階	2階	
転倒モーメント		42054	25856	42054	25856	
抵抗モーメント	X方向	正加力	20540	13803	23152	15913
		負加力	20235	13544	23589	15827
	Y方向	正加力	28488	19763	61652	40085
		負加力	28175	19420	61339	39742

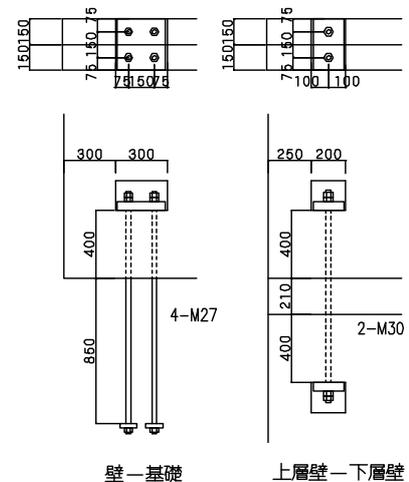


図 2.5.5-2 モデル1の引きボルト

モデル2、3 (Ds=0.6) は、他の部位が最大耐力に達する前に引きボルトが降伏して靱性能を発揮することを考えているので、引きボルトの耐力をモデル1 (Ds=1.0) の時に比べかなり小さく抑えている。そのため、結果として、Ds=1.0と同じように直交架構無視の場合のX,Y方向、直交架構考慮の場合のX方向は転倒モーメント>抵抗モーメントとなった。これもモデル1の場合と同様に考え、このまま検討を続行することとした。

表 2.5.5-2 転倒モーメントと抵抗モーメント (モデル2, 3)

		直交架構無視		直交架構考慮		
		1階	2階	1階	2階	
転倒モーメント		23479	14464	23479	14464	
抵抗モーメント	X方向	正加力	8126	7725	9598	9209
		負加力	7850	7486	9986	9129
	Y方向	正加力	14341	12760	22632	21051
		負加力	14008	12403	22300	20694

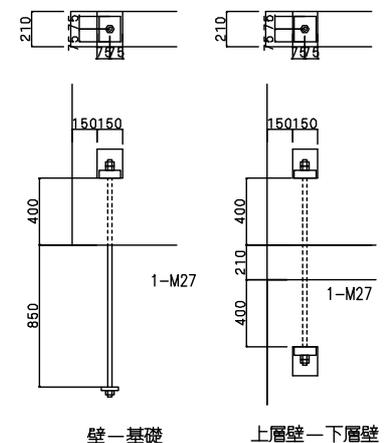


図 2.5.5-3 モデル2, 3の引きボルト

(2) モデル2、3 (Ds=0.6)

靱性を確保するため、壁-床水平接合部、壁-基礎水平接合部はアンカーボルトが全て降伏した応力で決定する。

表 2.5.5 -5 壁-基礎水平接合部計算 (1階柱脚、モデル2、3)

X方向		差		最大値	
転倒モーメント	23479 kNm				
鉛直荷重による抵抗モーメント	左→右 4090 kNm 右→左 3814 kNm	19389 kNm	19665 kNm	19665 kNm	
水平力	3756 kN				

壁パネル形状	厚さ t mm	幅 W mm	A通					B通					C通					合計
			300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300		
アンカーボルト	呼び		2-M27	1-M30	2-M30	1-M30	1-M30	1-M30	1-M30									
	軸部径 φ _{AB} mm		24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85			
	軸部断面積 A _{AB} mm ²		970	485	485	485	485	485	485	485	970	485	485	485	485			
	降伏応力度 f _{yAB} N/mm ²		325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325			
	降伏軸力 N _{yAB} kN		315	158	158	158	158	158	158	158	315	158	158	158	158			
ABによる抵抗モーメント	M _{AB} kNm		426	236	137	137	213	563	567	563	236	284	426	307	272	4367		
正鉛直荷重による抵抗モーメント	M _{vi} kNm		25	181	40	174	25	2090	747	1097	149	155	139	198	212	5231		
加抵抗モーメント合計	M _{tot} kNm		450	418	177	312	237	2652	1315	1659	385	438	564	505	484	9538		
力せん断力	Q _i kN		72	67	28	50	38	424	210	265	62	70	90	81	77	1538		
	せん断応力度 τ N/mm ²		0.178	0.148	0.108	0.191	0.094	0.396	0.195	0.248	0.274	0.130	0.111	0.138	0.150			
	U型金物ビス必要本数 =Q _i /7.68		9	9	4	6	5	55	27	35	8	9	12	11	10			
負鉛直荷重による抵抗モーメント	M _{vi} kNm		25	181	166	32	485	1080	806	2110	8	102	278	115	231	5619		
加抵抗モーメント合計	M _{tot} kNm		450	418	303	169	698	1643	1374	2673	244	386	704	422	503	9988		
力せん断力	Q _i kN		72	67	49	27	112	263	220	428	39	62	113	68	80	1598		
	せん断応力度 τ N/mm ²		0.178	0.148	0.186	0.104	0.276	0.245	0.203	0.399	0.174	0.114	0.139	0.115	0.155			
	U型金物ビス必要本数 =Q _i /7.68		9	9	6	4	15	34	29	56	5	8	15	9	10			
	U型金物ビス設定本数		30	30	20	20	30	80	80	80	20	40	60	40	40			

Y方向		差		最大値	
転倒モーメント	23479 kNm				
鉛直荷重による抵抗モーメント	左→右 9691 kNm 右→左 9359 kNm	13788 kNm	14120 kNm	14120 kNm	
水平力	3756 kN				

壁パネル形状	厚さ t mm	幅 W mm	1通	3a通	4通	5通	合計
			300	150	150	300	
アンカーボルト	呼び		3-M30	1-M30	1-M30	3-M30	
	軸部径 φ _{AB} mm		24.85	24.85	24.85	24.85	
	軸部断面積 A _{AB} mm ²		1455	485	485	1455	
	降伏応力度 f _{yAB} N/mm ²		325	325	325	325	
	降伏軸力 N _{yAB} kN		473	158	158	473	
ABによる抵抗モーメント	M _{AB} kNm		621.8	252	252	621.8	12941
正鉛直荷重による抵抗モーメント	M _{vi} kNm		469.8	94	13.8	4760	9691
加抵抗モーメント合計	M _{tot} kNm		1091.7	346	390	10973	22632
力せん断力	Q _i kN		174.6	55	62	1756	3621
	せん断応力度 τ N/mm ²		0.443	0.231	0.260	0.445	
	U型金物ビス必要本数 =Q _i /7.68		22.7	7	8	229	
負鉛直荷重による抵抗モーメント	M _{vi} kNm		41.92	129	141	4896	9359
加抵抗モーメント合計	M _{tot} kNm		1041.1	381	393	11115	22300
力せん断力	Q _i kN		166.6	61	63	1778	3568
	せん断応力度 τ N/mm ²		0.422	0.294	0.262	0.451	
	U型金物ビス必要本数 =Q _i /7.68		21.7	8	8	232	
	U型金物ビス設定本数		400	30	30	400	

表 2.5.5 -6 壁-壁水平接合部計算 (1階柱頭以上、モデル2、3)

X方向		差		最大値	
転倒モーメント	14464 kNm				
鉛直荷重による抵抗モーメント	左→右 3689 kNm 右→左 3450 kNm	10775 kNm	11014 kNm	11014 kNm	
水平力	3192 kN				

壁パネル形状	厚さ t mm	幅 W mm	A通					B通					C通					合計
			300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300		
アンカーボルト	呼び		2-M27	1-M30	2-M30	1-M30	1-M30	1-M30	1-M30									
	軸部径 φ _{AB} mm		24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85	24.85			
	軸部断面積 A _{AB} mm ²		970	485	485	485	485	485	485	485	970	485	485	485	485			
	降伏応力度 f _{yAB} N/mm ²		325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325			
	降伏軸力 N _{yAB} kN		315	158	158	158	158	158	158	158	315	158	158	158	158			
ABによる抵抗モーメント	M _{AB} kNm		426	236	137	137	213	563	567	563	236	284	426	307	272	4367		
正鉛直荷重による抵抗モーメント	M _{vi} kNm		352	173	35	170	18	1619	699	1049	114	143	112	184	175	4842		
加抵抗モーメント合計	M _{tot} kNm		777	409	173	307	231	2182	1266	1612	351	426	537	491	447	9209		
力せん断力	Q _i kN		172	90	38	68	51	482	280	358	77	94	119	108	99	2033		
	せん断応力度 τ N/mm ²		0.424	0.201	0.146	0.260	0.126	0.450	0.259	0.332	0.344	0.174	0.146	0.185	0.191			
	U型金物ビス必要本数 =Q _i /7.68		22	12	5	9	7	63	36	46	10	12	15	14	13			
負鉛直荷重による抵抗モーメント	M _{vi} kNm		18	173	162	27	368	1033	758	1809	6	90	251	101	167	4762		
加抵抗モーメント合計	M _{tot} kNm		443	409	299	165	580	1595	1325	2172	242	374	677	408	439	9129		
力せん断力	Q _i kN		98	90	68	38	128	352	292	479	53	83	149	90	97	2015		
	せん断応力度 τ N/mm ²		0.242	0.201	0.253	0.139	0.318	0.329	0.271	0.448	0.227	0.150	0.184	0.154	0.187			
	U型金物ビス必要本数 =Q _i /7.68		13	12	9	5	17	48	38	62	7	11	19	12	13			
	U型金物ビス設定本数		30	30	20	20	30	80	80	80	20	40	60	40	40			

Y方向		差		最大値	
転倒モーメント	14464 kNm				
鉛直荷重による抵抗モーメント	左→右 9691 kNm 右→左 9359 kNm	4773 kNm	5105 kNm	5105 kNm	
水平力	3192 kN				

壁パネル形状	厚さ t mm	幅 W mm	1通	3a通	4通	5通	合計
			300	150	150	300	
アンカーボルト	呼び		3-M30	1-M30	1-M30	3-M30	
	軸部径 φ _{AB} mm		24.85	24.85	24.85	24.85	
	軸部断面積 A _{AB} mm ²		1455.0	485.0	485.0	1455.0	
	降伏応力度 f _{yAB} N/mm ²		325	325	325	325	
	降伏軸力 N _{yAB} kN		473	158	158	473	
ABによる抵抗モーメント	M _{AB} kNm		621.8	252	252	621.8	12941
正鉛直荷重による抵抗モーメント	M _{vi} kNm		391.8	84	129	3980	8110
加抵抗モーメント合計	M _{tot} kNm		1013.6	336	381	10198	21051
力せん断力	Q _i kN		223.7	74	84	2251	4646
	せん断応力度 τ N/mm ²		0.567	0.309	0.351	0.571	
	U型金物ビス必要本数 =Q _i /7.68		29.1	10	11	293	
負鉛直荷重による抵抗モーメント	M _{vi} kNm		347.2	95	108	4078	7753
加抵抗モーメント合計	M _{tot} kNm		9690	348	361	10296	20694
力せん断力	Q _i kN		213.9	77	80	2273	4568
	せん断応力度 τ N/mm ²		0.542	0.320	0.332	0.576	
	U型金物ビス必要本数 =Q _i /7.68		27.8	10	10	296	
	U型金物ビス設定本数		400	30	30	400	

2.5.6 各部のモデル化および耐力

2.5.6.1 壁パネル

(1) モデル化

壁エレメントとしてモデル化する。壁頭と壁脚に剛梁を設ける。鉛直部材は壁板を模擬した中央の梁部材のみとする。断面 2 次モーメント、断面積、せん断断面積は全断面有効として計算し、ヤング係数、せん断弾性係数で調整する。

(2) 面内引張強度・圧縮強度・せん断強度・面外めり込み強度

本建物はどのモデルでも、構成するラミナは M60A であり、以下の基準を満たす。

表 2.5.6-1 CLT のラミナ M60A の規格

曲げヤング係数 (10^3N/mm^2)		曲げ強さ (N/mm^2)		引張り強さ (N/mm^2)	
平均値	下限値	平均値	下限値	平均値	下限値
6.0	5.0	27.0	20.0	16.0	12.0

このラミナに対応する集成材のラミナは L60 であり、以下の基準を満たす。

表 2.5.6-2 集成材のラミナ L60 の規格

曲げヤング係数 (10^3N/mm^2)	曲げ強さ (N/mm^2)		引張り強さ (N/mm^2)	
下限値	平均値	下限値	平均値	下限値
5.0	27.0	20.5	16.5	12.0

L60 のラミナを用いた同一等級構成集成材は JAS では以下の規格となる。

表 2.5.6-3 L60 のラミナを用いた同一等級構成集成材の規格

強度等級	曲げヤング係数 (95%以上) (10^3N/mm^2)		曲げ強さ (95%以上) (N/mm^2)
	平均値	下限値	下限値
E55-F225	5.5	4.5	22.5

告示では、この規格に対し、以下の数値を与えている。

表 2.5.6-4 E55-F225 の基準強度 (告示)

ひき板の積層数	基準強度(N/mm^2)		
	圧縮 F_c	引張り F_t	曲げ F_b
4 枚以上	18.6	16.2	22.5
3 枚	16.9	14.9	22.5
2 枚	16.9	13.5	22.5

樹種はスギなので、せん断の基準強度、めり込みの基準強度はそれぞれ、 2.7N/mm^2 、 6.0N/mm^2 である。

今回用いる S60-5-5 の場合、強軸方向に 3 枚、弱軸方向に 2 枚であり、S60-7-7 の場合、強軸方向に 4 枚、弱軸方向に 3 枚なので、基準強度は以下の値とする。

表 2.5.6-5 設定した S60 の基準強度

方向	S60-5-5				S60-7-7			
	基準強度(N/mm ²)				基準強度(N/mm ²)			
	圧縮 Fc	引張り Ft	せん断 Fs	めり込み Fcv	圧縮 Fc	引張り Ft	せん断 Fs	めり込み Fcv
強軸方向	16.9	14.9	2.7	6.0	18.6	16.2	2.7	6.0
弱軸方向	16.9	13.5	2.7	6.0	16.9	14.9	2.7	6.0

(3) 弾性係数・応力調整係数・強度のまとめ

面内の各種強度・応力調整係数、面外めり込みの強度は以下となる。

表 2.5.6-6 S60 の設定した各種強度・応力調整係数

厚さ	全層	mm	S-60-5-5		S-60-7-7	
			強軸	弱軸	強軸	弱軸
	方向毎合計	mm	90	60	120	90
ヤング 係数	ラミナ	Ei	6000		6000	
	全体	E	3600	2400	3429	2571
せん断弾性係数	G	N/mm ²	500		500	
応力調整 係数	軸方向	R	1.667	2.500	1.750	2.333
	せん断	Rs	1.500		2.625	
基準強度	圧縮	Fc	16.9	16.9	18.6	16.9
	引張	Ft	14.9	13.5	16.2	14.9
	せん断	Fs	2.7		2.7	
	めり込み	Fcv	6.0		6.0	

直交異方性が与えられない解析ソフトでは、ポワソン比を仮に与え、解析用の G を計算する。その後、断面調整係数により、等価な GA とする。例えば、S-60-5-5 の場合、 $\nu=0.3$ とすると、 $G=E/(2\nu+1)=3600/2.6=1384.6$ となる。この G と上記の G との比、 $500/1384.6=0.36$ を断面調整係数として与える。

(4) 座屈

繊維方向と繊維直交方向のヤング係数、せん断弾性係数の関係を文献⑦の $E0/E90=30$, $E0/G0=13$, $G0/GR=4$ とする。

座屈に関しては、以下のように有効断面二次半径が計算される。

表 2.5.6-7 有効断面二次半径の計算

強度等級				hi	zi	Ei		Eibi ³ /12	EiAizi ²	E _{leff}	i _{eff}	
S60-5-5	t	150	I	281250000	30	60	6000	平行	1.35E+10	6.48E+11	E _{mean} 1.34E+12	45.9
	t/2	75	E _{JAS}	4200	30	30	6000	直交	0	0		
	a	120	δ	0.0004696	30	0	6000	平行	1.35E+10	0	6000	
	t _{tot}	90			30	-30	6000	直交	0	0	i _{eff}	
					30	-60	6000	平行	1.35E+10	6.48E+11	1.89E+08	
								4.05E+10	1.296E+12			
S60-7-7	t	210	I	771750000	30	90	6000	平行	1.35E+10	1.458E+12	E _{mean} 3.29E+12	62.4
	t/2	105	E _{JAS}	3600	30	60	6000	直交	0	0		
	a	180	δ	0.0005478	30	30	6000	平行	1.35E+10	1.62E+11	6000	
	t _{tot}	120			30	0	6000	直交	0	0	i _{eff}	
					30	-30	6000	平行	1.35E+10	1.62E+11	4.67E+08	
					30	-60	6000	直交	0	0		
					30	-90	6000	平行	1.35E+10	1.458E+12		
								5.4E+10	3.24E+12			

座屈に関しては、有効断面二次半径のみの調整となる。

2.5.6.2 床パネル

(1) モデル化

境界梁として有効幅を持ち、成を CLT の全成とした梁部材としてモデル化する。断面 2 次モーメント、断面積、せん断断面積は全断面有効として計算し、ヤング係数、せん断弾性係数で調整する。

(2) 面外剛性

Mx-60-5-7 の場合、最外層のラミナは M60A であり、以下となる。

表 2.5.6-8 CLT のラミナ M60A の規格

ラミナの位置	等級区分機 による等級	曲げヤング係数 (10^3N/mm^2)		曲げ強さ (N/mm^2)		引張り強さ (N/mm^2)	
		平均値	下限値	平均値	下限値	平均値	下限値
外層	M60A	6.0	5.0	27.0	20.0	16.0	12.0
内層	M30A (以上)	3.0	2.5	19.5	14.5	11.5	8.5

このラミナ構成の曲げヤング係数の平均値を使い、繊維方向、繊維直交方向のヤング係数、せん断弾性係数を計算する。その際に、繊維方向と繊維直交方向のヤング係数、せん断弾性係数の関係を文献⑦の $E_0/E_{90}=30$, $E_0/G_0=13$, $G_0/G_R=4$ とする。計算を下表に示す。E_{eff} と G_{eff} を使うことにする。

表 2.5.6-9 Mx60-5-7 の等価ヤング係数、せん断弾性係数の計算

強度等級	t	210	I	771750000	h _i	z _i	E _i	Gi	E _i b _i ³ /12	E _i A _i z _i ²	h _i /G _i b _i (2h _i /G _i b _i)	E _{eff}	E _{eff}	G _{Aeff}	G _{eff}	
Mx60-5-7	t/2	105	E _{JAS}	4800	30	90	6000	平行	461.5	1.35E+10	1.458E+12	0.0000325	4.27E+12	5536	2.4E+07	113.0
	a	180	δ _{JAS}	0.0004109	30	30	3000	直交	57.7	0	0	0.00052				
					30	0	3000	平行	230.8	6.75E+09	0	0.00013				
					30	-30	3000	直交	57.7	0	0	0.00052				
					30	-60	6000	平行	461.5	1.35E+10	6.48E+11	0.000065				
					30	-90	6000	平行	461.5	1.35E+10	1.458E+12	0.0000325				
								合計		6.08E+10	4.212E+12	0.001365				

(3) 弾性係数・応力調整係数・強度のまとめ

床パネルではヤング係数を 5536N/mm² とし、せん断弾性係数を 113N/mm² とする。直交異方向性が与えられない解析ソフトでは、ポワソン比を仮に与え、解析用の G を計算する。その後、断面調整係数により、等価な GA とする。例えば、 $\nu=0.3$ とすると、 $G=E/(2\nu+1)=5536/2.6=2129$ となる。この G と上記の G との比、 $113/2129=0.053$ を断面調整係数として与える。

表 2.5.6-10 床パネルの弾性係数・応力調整係数・強度

ヤング係数 E(N/mm ²)	せん断弾性係数 G(N/mm ²)	応力調整係数	曲げ強度 F _b (N/mm ²)	せん断強度 F _s (N/mm ²)
5536	113	せん断 1.5	11.0	1.5

有効幅

有効幅は以下のように計算される。下図に A 通の有効幅計算のための長さを示す。

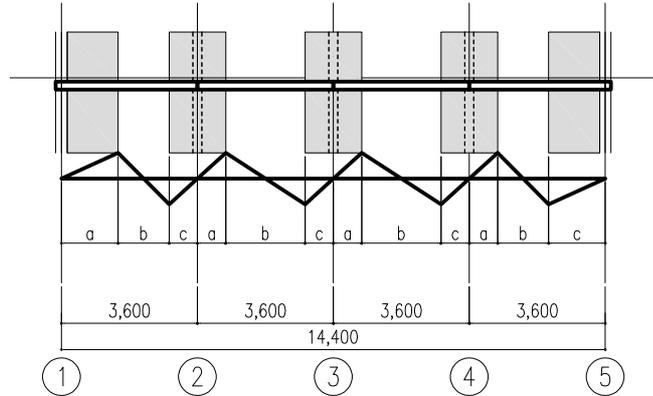


図 2.5.6-1 有効幅計算のための長さ (A 通)

表 2.5.6-11 有効幅計算 (モデル1)

通階		A通			B通			C通				
		全階			2~4階	R階		2~4階		R階		
区間		1~2,4~5	2~3,3~4	2~3,3~4	2~3	3~4	1~2	4~5	1~2	2~3	4~5	
南側	a	mm			1800	1800	1800	900	1800	900	1800	1800
	b	mm			1800	1800	1800	900	1800	900	1800	1800
	c	mm			0	0	0	0	0	1800	0	0
	Leq	mm			3600	3600	3600	1800	3600	900	3600	3600
	W1	mm			1650	1650	1800	1850	1850	1850	1850	1850
	$\alpha 1$				0.6	0.6	0.55	0.267568	0.535135	0.133784	0.535135	0.535135
北側	a	mm	1500	750	1800	1800	1800					
	b	mm	1350	2100	1800	1800	1800					
	c	mm	750	750	0	0	0					
	Leq	mm	1350	1500	3600	3600	3600					
	W2	mm	1650	1650	1850	1850	1850					
	$\alpha 2$		0.225	0.250	0.535	0.535	0.535135					
合計	Beq	mm	371	413	1980	1980	1980	495	990	248	990	990
壁CLT厚	t	mm	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
採用	B	mm	700	700	2300	2300	2300	800	1300	550	1300	1300

表 2.5.6-12 有効幅計算 (モデル2, 3)

通階		A通			B通			C通				
		全階			2~4階	R階		2~4階		R階		
区間		1~2,4~5	2~3,3~4	2~3,3~4	2~3	3~4	1~2	4~5	1~2	2~3	4~5	
南側	a	mm			1800	1800	1800	900	1800	900	1800	1800
	b	mm			1800	1800	1800	900	1800	900	1800	1800
	c	mm			0	0	0	0	0	1800	0	0
	Leq	mm			3600	3600	3600	1800	3600	900	3600	3600
	W1	mm			1710	1710	1710	1910	1910	1910	1910	1910
	$\alpha 1$				0.578947	0.578947	0.578947	0.259162	0.518325	0.129581	0.518325	0.518325
北側	a	mm	1500	750	1800	1800	1800					
	b	mm	1350	2100	1800	1800	1800					
	c	mm	750	750	0	0	0					
	Leq	mm	1350	1500	3600	3600	3600					
	W2	mm	1710	1710	1910	1910	1910					
	$\alpha 2$		0.217	0.241	0.518	0.518	0.518325					
合計	Beq	mm	371	413	1980	1980	1980	495	990	248	990	990
壁CLT厚	t	mm	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
採用	B	mm	600	600	2200	2200	2200	700	1200	450	1200	1200

2.5.6.3 各種接合部

(1) 床—床接合部

床—床接合部は、各種接合方法があるが、ここでは、既往の実験結果のある、Pxを使用することとする。

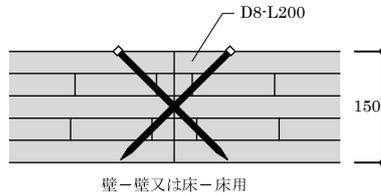


図 2.5.6-2 床—床接合部 Px

実験結果では、1本の初期剛性は0.6kN/mmとなり、降伏耐力は2.2kNとなっている。また、終局耐力は5.0kNである。床—床接合部は2次設計でも降伏耐力以下とすることとし、弾性として解析する。

本建物の場合、床版は1800幅程度である。従って、1800ピッチに床—床接合部がある。CLTのせん断剛性は、 $500 \times 210 \times 1000 / 1800 / 1000 / 1.2 = 48.6 \text{ kN/mm}$ となる。床—床接合部は $0.6 \times 10 = 6 \text{ kN/m}$ となる。CLT版と直列の関係となるため、床の剛性を考慮する場合には、床—床接合部の変形は無視できないことがわかる。しかし、接合部を考慮した床の剛性が鉛直剛性に比べて大きいことが確認できたので、今回は省略する。

(2) 壁—床接合部、壁—基礎接合部

L型金物、U型金物を使うこととする。ビス本数は外力に応じて決定することとし、後述する。

(3) 壁—壁ボルト、壁—基礎ボルト

脆性的な破壊を防ぐために、ボルト先行降伏とする。計算により剛性、耐力の計算の容易な引きボルト接合とする。

ボルトは、300幅のパネルには2組つけることとする。配置は、壁—壁接合部で応力が伝達されるため、パネル毎に引張金物を設けるのではなく、建物隅部および開口部毎に設けることとする。

引張金物バネは1階は壁—基礎間、2~4階は壁—壁間（間の床パネルには接続しない）、R階は壁—床間に配置する。

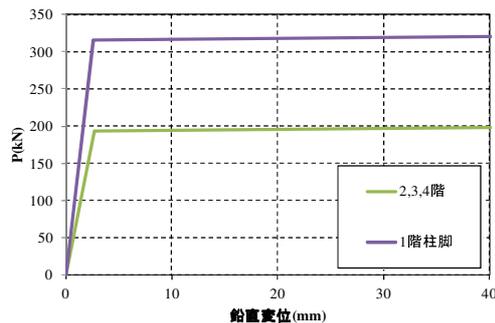
1) モデル1 (Ds=1.0) の場合

1重の値を示す。2重の場合は、剛性・耐力を2倍する必要がある。

a. 1階柱脚~4階柱脚

表 2.5.6-13 壁—壁ボルト、壁—基礎ボルトの計算（モデル1、4階柱頭以外）

				1枚あたり				
				2.3.4階	1階			
形状 性能	CLT	厚さ	W	mm	150	150		
		ラミナ	厚さ	t	mm	30	30	
			ボルト平行方向プライ数	n		3	3	
			ボルト直交方向プライ数	m		2	2	
			ボルト平行方向プライ数(降伏用)	n'		2	2	
			ボルト直交方向プライ数(降伏用)	m'		1	1	
			繊維方向ヤング係数	E_{\parallel}	N/mm ²	6000	6000	
			繊維直交方向ヤング係数	E_{\perp}	N/mm ²	240	240	
			繊維方向圧縮強度	$F_{\parallel c}$	N/mm ²	16.9	16.9	
			繊維直交方向圧縮強度(告示めり込み強度)	$F_{\perp c}$	N/mm ²	6	6	
			繊維方向引張強度(JAS引張強度)	$F_{\parallel t}$	N/mm ²	12	12	
			接合面のせん断強度	F_{\parallel}	N/mm ²	1.6	1.6	
			ボルト	本数	s	本	1	2
				長さ	l_b	mm	505	1250
		基準強度		F	N/mm ²	325	325	
		呼び径				M30	M27	
		軸部直径		ϕ_B	mm	27.51	24.85	
		断面積(1本あたり)		A_B	mm ² /本	594.39	485.00	
		断面積合計		ΣA_B	mm ²	594.39	970.00	
		ボルト穴直径		D	mm	33	30	
	ヤング係数	E_B		N/mm ²	205000	205000		
	座金	サイズ		CLT幅方向	l_w	mm	200	300
			CLT厚さ方向	w_w	mm	150	150	
	切欠き部	縁距離	座金穴端~CLT端	l_e	mm	250	350	
		端距離	座金直下~CLT下端	l_s	mm	400	400	
初期剛性	座金直下	繊維方向	めり込み剛性	k_{\parallel}	N/mm ³	16.73	16.73	
			加圧面積	$A_{\parallel c}$	mm ²	17406	25586	
		繊維直交方向	めり込み剛性	k_{\perp}	N/mm ³	4.52	4.52	
		加圧面積	$A_{\perp c}$	mm ²	11738	18000		
	剛性	面圧性能による剛性	K_c	N/mm	344321	509501		
		ボルトの剛性	K_B	N/mm	241287	159080		
全体の剛性		K_P	N/mm	141870	121229			
	上下2組の影響(2,3,4階のみ)				70935	121229		
降伏耐力	座金直下	繊維方向	加圧面積(降伏用)	$A_{\parallel c'}$	mm ²	11406	16586	
		繊維直交方向	加圧面積(降伏用)	$A_{\perp c'}$	mm ²	5869	9000	
		降伏耐力	P_{yA}	kN	228	334		
	ボルト	降伏耐力	P_{yB}	kN	193	315		
	降伏耐力	$\min(P_{yA}, P_{yB})$	P_y	kN	193	315		
最大耐力	平行ラミナの引張		P_{pull}	kN	270	378		
	座金直下の積層面のせん断		P_{shear1}	kN	512	768		
	座金直下面端の接着積層面のせん断		P_{shear2}	kN	640	896		
	ボルト		P_{yB}	kN	193	315		
	最大耐力		$\min(P_{pull}, P_{shear1}, P_{shear2}, P_{yB})$	P_{max}	kN	193	315	

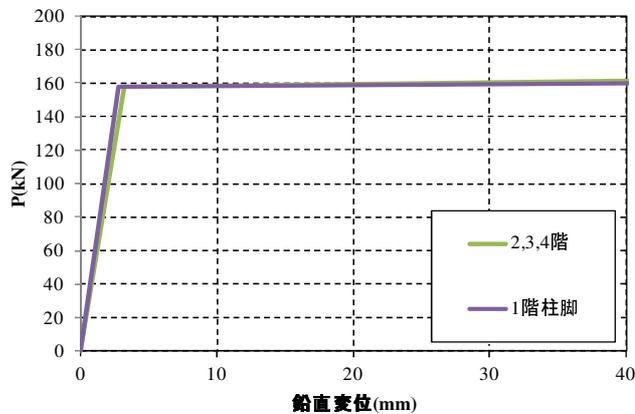


モデル2、3 (Ds=0.6) の場合

a. 1階柱脚～4階柱脚

表 2.5.6 -15 壁－壁ボルト、壁－基礎ボルトの計算 (モデル2, 3, 4階柱頭以外)

				1枚あたり			
				2,3,4階	1階		
形状性能	CLT	厚さ	W	mm	210	210	
		ラミナ	厚さ	t	mm	30	30
			ボルト平行方向プライ数	n		4	4
			ボルト直交方向プライ数	m		3	3
			ボルト平行方向プライ数(降伏用)	n'		3	3
			ボルト直交方向プライ数(降伏用)	m'		2	2
			繊維方向ヤング係数	$E_{//}$	N/mm ²	6000	6000
			繊維直交方向ヤング係数	E_{\perp}	N/mm ²	240	240
			繊維方向圧縮強度	$F_{//c}$	N/mm ²	16.9	16.9
			繊維直交方向圧縮強度(告示めり込み強度)	$F_{\perp c}$	N/mm ²	6	6
			繊維方向引張強度(JAS引張強度)	$F_{//t}$	N/mm ²	12	12
		接着面のせん断強度	F_g	N/mm ²	1.6	1.6	
	ボルト	本数	s	本	1	1	
		長さ	l_B	mm	505	1250	
		基準強度	F	N/mm ²	325	325	
		呼び径			M27	M27	
		軸部直径	ϕ_B	mm	24.85	24.85	
		断面積(1本あたり)	A_B	mm ² /本	485.00	485.00	
		断面積合計	ΣA_B	mm ²	485.00	485.00	
ボルト穴直径		D	mm	30	30		
ヤング係数		E_B	N/mm ²	205000	205000		
座金		サイズ	CLT幅方向	l_w	mm	150	150
	CLT厚さ方向		w_w	mm	150	150	
	切欠き部	縁距離	l_n	mm	150	150	
		端距離	l_e	mm	400	400	
初期剛性	座金直下	繊維方向	めり込み剛性	$k_{//}$	N/mm ³	16.73	16.73
			加圧面積	$A_{//c}$	mm ²	8293	8293
		繊維直交方向	めり込み剛性	k_{\perp}	N/mm ³	4.52	4.52
			加圧面積	$A_{\perp c}$	mm ²	13500	13500
	剛性	面圧性能による剛性		K_C	N/mm	199807	199807
		ボルトの剛性		K_B	N/mm	196882	79540
		全体の剛性		K_P	N/mm	99167	56892
上下2組の影響(2,3,4階のみ)					49583	56892	
降伏耐力	座金直下	繊維方向	加圧面積(降伏用)	$A_{//c'}$	mm ²	8293	8293
		繊維直交方向	加圧面積(降伏用)	$A_{\perp c'}$	mm ²	9000	9000
		降伏耐力	P_{yA}	kN	194	194	
	ボルト	降伏耐力	P_{yB}	kN	158	158	
		降伏耐力	$\min(P_{yA}, P_{yB})$	P_y	kN	158	158
最大耐力	平行ラミナの引張		P_{pull}	kN	216	216	
	座金直下の積層面のせん断		P_{shear1}	kN	576	576	
	座金直下両端の接着積層面のせん断		P_{shear2}	kN	576	576	
	ボルト		P_{yB}	kN	158	158	
	最大耐力		$\min(P_{pull}, P_{shear1}, P_{shear2}, P_{yB})$	P_{max}	kN	158	158

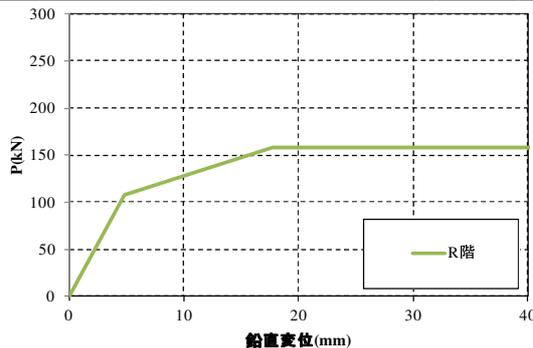


4 階柱頭

4 階柱頭は R 階の床パネルに対する座金のめり込みも考慮する。めり込み降伏後のめり込み剛性は弾性剛性の 1/8 とする。

表 2.5.6-16 壁一壁ボルトの計算 (モデル 2, 3, 4 階柱頭)

				1枚あたり		
				R階		
壁側 形状 性能	CLT	厚さ	W	mm	210	
		ラミナ	厚さ	t	mm	30
			ボルト平行方向プライ数	n		4
			ボルト直交方向プライ数	m		3
			ボルト平行方向プライ数(降伏用)	n'		3
			ボルト直交方向プライ数(降伏用)	m'		2
			繊維方向ヤング係数	$E_{//}$	N/mm ²	6000
			繊維直交方向ヤング係数	E_{\perp}	N/mm ²	240
			繊維方向圧縮強度(JAS曲げ強度)	$F_{//c}$	N/mm ²	16.9
			繊維直交方向圧縮強度(告示めり込み強度)	$F_{\perp c}$	N/mm ²	6
			繊維方向引張強度(JAS引張強度)	$F_{//t}$	N/mm ²	12
		接着面のせん断強度	F_g	N/mm ²	1.6	
		ボルト	本数	s	本	1
	長さ		l_B	mm	610	
	基準強度		F	N/mm ²	325	
	呼び径				M27	
	軸部直径		ϕ_B	mm	24.85	
	断面積(1本あたり)		A_B	mm ² /本	485.00	
	断面積合計		ΣA_B	mm ²	485.00	
	ボルト穴直径		D	mm	30	
	ヤング係数		E_B	N/mm ²	205000	
	座金		サイズ	CLT幅方向	l_w	mm
		CLT厚さ方向		w_w	mm	100
切欠き部	縁距離	座金穴端~CLT端	l_h	mm	150	
	端距離	座金直下~CLT下端	l_k	mm	400	
屋根側 形状	CLT	厚さ	t_i	mm	210	
		繊維方向ヤング係数	E_{eq}	N/mm ²	4200	
		めり込み計算用繊維直交方向ヤング係数	$E_{eq\perp}$	N/mm ²	84	
	座金	サイズ	めり込み降伏応力度	F_m	N/mm ²	4.8
			CLT幅方向	x_0	mm	150
初期剛性	壁側座金直下	繊維方向	めり込み剛性	$k_{//}$	N/mm ³	16.73
			加圧面積	$A_{//c}$	mm ²	793
		繊維直交方向	めり込み剛性	k_{\perp}	N/mm ³	4.52
			加圧面積	$A_{\perp c}$	mm ²	13500
	床側めり込み	準備計算	nx			1.296
			ny			2.333
			Cx2m			2.44
			Cy2m			1.80
	剛性	面圧性能による剛性	K_C	N/mm	74319	
		ボルトの剛性	K_B	N/mm	162992	
床パネルめり込みによる剛性		K_{cv}	N/mm	39528		
全体の剛性		K_p	N/mm	22277		
降伏耐力	壁側座金直下	繊維方向	加圧面積(降伏用)	$A_{//c'}$	mm ²	4543
		繊維直交方向	加圧面積(降伏用)	$A_{\perp c'}$	mm ²	9000
	ボルト	降伏耐力	P_{yA}	kN	131	
		降伏耐力	P_{yB}	kN	158	
	床側めり込み	降伏耐力	P_{ycv}	kN	108	
	降伏耐力	$\min(P_{yA}, P_{yB}, P_{ycv})$	P_y	kN	108	
最大耐力	平行ラミナの引張	P_{pull}	kN	216		
	座金直下の積層面のせん断	P_{shear1}	kN	576		
	座金直下両端の接着積層面のせん断	P_{shear2}	kN	576		
	ボルト	P_{yB}	kN	158		
	最大耐力	$\min(P_{pull}, P_{shear1}, P_{shear2}, P_{yB})$	P_{max}	kN	158	



壁－床鉛直接合部（めり込み）

本建物では以下のように計算される。

1) 床パネルの面外圧縮ヤング係数

表 2.5.6-17 床パネルの面外圧縮ヤング係数の計算

プライ		1	2	3	4	5	6	7
E_{\parallel}	N/mm ²	6000	6000	3000	3000	3000	6000	6000
$1/E_{\parallel}$	1/(N/mm ²)	0.000167	0.000167	0.000333	0.000333	0.000333	0.000167	0.000167
E_{eq}	N/mm ²	4200						

2) モデル1（Ds=1.0）の場合

表 2.5.6-18 壁－床鉛直接合部（めり込み）の計算（モデル1）

階		2～4階										
方向		X方向					Y方向					
CLT	パネル幅	B	mm	750	870	1350	1500	1800	1600	1800	2000	
	厚さ	Z0	mm	105	105	105	105	105	105	105	105	
	繊維方向ヤング係数	E_{eq}	N/mm ²	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	
	めり込み計算用繊維直交方向ヤング係数	$E_{eq\perp}$	N/mm ²	84	84	84	84	84	84	84	84	
	めり込み降伏応力度	F_m	N/mm ²	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	
接触面	サイズ	床強軸方向	x0	mm	750	870	1350	1500	1800	150	300	300
		床弱軸方向	y0	mm	300	300	300	300	300	1600	1800	2000
初期剛性	準備計算	nx		1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296
		ny		2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333
		Cx		1.072	1.062	1.040	1.036	1.030	1.360	1.180	1.180	
		Cy		1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.019	1.017	1.015	
		Cxm		1.14	1.12	1.08	1.07	1.06	1.72	1.36	1.36	
		Cym		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.04	1.03	1.03	
		床パネルめり込みによる剛性	K_{cv}	N/mm	212256	243936	370656	410256	489456	266016	518256	574896
面積あたり剛性		N/mm ³	0.943	0.935	0.915	0.912	0.906	1.108	0.960	0.958		
長さあたり剛性		kN/mm/m	283	280	275	274	272	166	288	287		
各部剛性	端部		N/mm	53064	60984	92664	102564	122364	66504	129564	143724	
	中央		N/mm	106128	121968	185328	205128	244728	133008	259128	287448	
降伏耐力		P_{yev}	kN	1001	1166	1826	2033	2446	1015	2395	2663	
各部耐力	端部		kN	250	291	457	508	612	254	599	666	
	中央		kN	500	583	913	1017	1223	508	1197	1332	

階		R階										
方向		X方向					Y方向					
CLT	パネル幅	B	mm	750	870	1350	1500	1800	1600	1800	2000	
	厚さ	Z0	mm	210	210	210	210	210	210	210	210	
	繊維方向ヤング係数	E_{eq}	N/mm ²	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	
	めり込み計算用繊維直交方向ヤング係数	$E_{eq\perp}$	N/mm ²	84	84	84	84	84	84	84	84	
	めり込み降伏応力度	F_m	N/mm ²	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	
接触面	サイズ	床強軸方向	x0	mm	750	870	1350	1500	1800	150	300	300
		床弱軸方向	y0	mm	300	300	300	300	300	1600	1800	2000
初期剛性	準備計算	nx		1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	
		ny		2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	
		Cx		1.144	1.124	1.080	1.072	1.060	1.720	1.360	1.360	
		Cy		1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.038	1.033	1.030	
		Cxm		1.29	1.25	1.16	1.14	1.12	2.44	1.72	1.72	
		Cym		1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.08	1.07	1.06	
		床パネルめり込みによる剛性	K_{cv}	N/mm	123552	140832	209952	231552	274752	171312	303552	336192
面積あたり剛性		N/mm ³	0.549	0.540	0.518	0.515	0.509	0.714	0.562	0.560		
長さあたり剛性		kN/mm/m	165	162	156	154	153	107	169	168		
各部剛性	端部		N/mm	30888	35208	52488	57888	68688	42828	75888	84048	
	中央		N/mm	61776	70416	104976	115776	137376	85656	151776	168096	
降伏耐力		P_{yev}	kN	942	1101	1737	1936	2335	950	2269	2524	
各部耐力	端部		kN	236	275	434	484	584	238	567	631	
	中央		kN	471	550	868	968	1167	475	1134	1262	

Cx,Cy が 1 に近いことから、 $x_2 = \infty$ 、 $y_2 = \infty$ とした影響は小さいことがわかる。

3) モデル 2、3 (Ds=0.6) の場合

表 2.5.6 -19 壁-床鉛直接合部 (めり込み) の計算 (モデル 2, 3)

階				2~4階								
方向				X方向				Y方向				
CLT	パネル幅	B	mm	750	870	1350	1500	1800	1600	1800	2000	
	厚さ	Z0	mm	105	105	105	105	105	105	105	105	
	繊維方向ヤング係数	E _{eq}	N/mm ²	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	
	めり込み計算用繊維直交方向ヤング係数	E _{eq⊥}	N/mm ²	84	84	84	84	84	84	84	84	
	めり込み降伏応力度	F _m	N/mm ²	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	
接触面	サイズ	床強軸方向	x0	mm	750	870	1350	1500	1800	210	210	210
		床弱軸方向	y0	mm	210	210	210	210	210	1600	1800	2000
初期剛性	準備計算	nx			1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296
		ny			2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333
		Cx			1.072	1.062	1.040	1.036	1.030	1.257	1.257	1.257
		Cy			1.143	1.143	1.143	1.143	1.143	1.019	1.017	1.015
		Cxm			1.14	1.12	1.08	1.07	1.06	1.51	1.51	1.51
		Cym			1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.04	1.03	1.03
		床パネルめり込みによる剛性	Kcv	N/mm	154368	177408	269568	298368	355968	344256	386496	428736
面積あたり剛性		N/mm ³	0.980	0.971	0.951	0.947	0.942	1.025	1.022	1.021		
長さあたり剛性		kN/mm/m	206	204	200	199	198	215	215	214		
各部剛性	端部		N/mm	38592	44352	67392	74592	88992	86064	96624	107184	
	中央		N/mm	77184	88704	134784	149184	177984	172128	193248	214368	
降伏耐力		P _{ycv}	kN	690	804	1259	1401	1686	1456	1640	1823	
各部耐力	端部		kN	172	201	315	350	422	364	410	456	
	中央		kN	345	402	629	701	843	728	820	912	

階				R階								
方向				X方向				Y方向				
CLT	パネル幅	B	mm	750	870	1350	1500	1800	1600	1800	2000	
	厚さ	Z0	mm	210	210	210	210	210	210	210	210	
	繊維方向ヤング係数	E _{eq}	N/mm ²	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	
	めり込み計算用繊維直交方向ヤング係数	E _{eq⊥}	N/mm ²	84	84	84	84	84	84	84	84	
	めり込み降伏応力度	F _m	N/mm ²	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	
接触面	サイズ	床強軸方向	x0	mm	750	870	1350	1500	1800	150	300	300
		床弱軸方向	y0	mm	300	300	300	300	300	1600	1800	2000
初期剛性	準備計算	nx			1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296
		ny			2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333
		Cx			1.144	1.124	1.080	1.072	1.060	1.720	1.360	1.360
		Cy			1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.038	1.033	1.030
		Cxm			1.29	1.25	1.16	1.14	1.12	2.44	1.72	1.72
		Cym			1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.08	1.07	1.06
		床パネルめり込みによる剛性	Kcv	N/mm	123552	140832	209952	231552	274752	171312	303552	336192
面積あたり剛性		N/mm ³	0.549	0.540	0.518	0.515	0.509	0.714	0.562	0.560		
長さあたり剛性		kN/mm/m	165	162	156	154	153	107	169	168		
各部剛性	端部		N/mm	30888	35208	52488	57888	68688	42828	75888	84048	
	中央		N/mm	61776	70416	104976	115776	137376	85656	151776	168096	
降伏耐力		P _{ycv}	kN	942	1101	1737	1936	2335	950	2269	2524	
各部耐力	端部		kN	236	275	434	484	584	238	567	631	
	中央		kN	471	550	868	968	1167	475	1134	1262	

(4) 壁－基礎鉛直接合部（めり込み）

壁－基礎接合部では、接合具の計算で用いるめり込み係数を用いる。

1) モデル1（Ds=1.0）

表 2.5.6-20 壁－基礎鉛直接合部（めり込み）の計算（モデル1）

階			1階								
CLT	パネル幅	B	mm	750	870	1350	1500	1600	1800	2000	
	厚さ	W	mm	150	150	150	150	150	150	150	
	ラミナ	厚さ	t	mm	30	30	30	30	30	30	30
		ボルト平行方向プライ数	n		3	3	3	3	3	3	3
		ボルト直交方向プライ数	m		2	2	2	2	2	2	2
		繊維方向ヤング係数	$E_{//}$	N/mm ²	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
		繊維直交方向ヤング係数	E_{\perp}	N/mm ²	240	240	240	240	240	240	240
		繊維方向圧縮強度	$F_{//c}$	N/mm ²	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9
		繊維直交方向圧縮強度(告示めり込み強度)	$F_{\perp c}$	N/mm ²	6	6	6	6	6	6	6
		初期剛性	繊維方向	めり込み剛性	$k_{//}$	N/mm ³	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73
加圧面積	$A_{//c}$			mm ²	67500	78300	121500	135000	144000	162000	180000
繊維直交方向	めり込み剛性		k_{\perp}	N/mm ³	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52
	加圧面積		$A_{\perp c}$	mm ²	45000	52200	81000	90000	96000	108000	120000
面圧性能による剛性	K_c		N/mm	1332886	1546148	2399195	2665772	2843490	3198927	3554363	
面積あたり剛性			N/mm ³	11.85	11.85	11.85	11.85	11.85	11.85	11.85	
各部剛性	端部		N/mm	333222	386537	599799	666443	710873	799732	888591	
	中央		N/mm	666443	773074	1199598	1332886	1421745	1599463	1777182	
降伏耐力		P_{yA}	kN	1411	1636	2539	2822	3010	3386	3762	
各部耐力	端部		kN	353	409	635	705	752	846	941	
	中央		kN	705	818	1270	1411	1505	1693	1881	

2) モデル2、3（Ds=0.6）

表 2.5.6-21 壁－基礎鉛直接合部（めり込み）の計算（モデル2、3）

階			1階								
CLT	パネル幅	B	mm	750	870	1350	1500	1600	1800	2000	
	厚さ	W	mm	210	210	210	210	210	210	210	
	ラミナ	厚さ	t	mm	30	30	30	30	30	30	30
		ボルト平行方向プライ数	n		4	4	4	4	4	4	4
		ボルト直交方向プライ数	m		3	3	3	3	3	3	3
		繊維方向ヤング係数	$E_{//}$	N/mm ²	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
		繊維直交方向ヤング係数	E_{\perp}	N/mm ²	240	240	240	240	240	240	240
		繊維方向圧縮強度	$F_{//c}$	N/mm ²	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9
		繊維直交方向圧縮強度(告示めり込み強度)	$F_{\perp c}$	N/mm ²	6	6	6	6	6	6	6
		初期剛性	繊維方向	めり込み剛性	$k_{//}$	N/mm ³	16.73	16.73	16.73	16.73	16.73
加圧面積	$A_{//c}$			mm ²	90000	104400	162000	180000	192000	216000	240000
繊維直交方向	めり込み剛性		k_{\perp}	N/mm ³	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52
	加圧面積		$A_{\perp c}$	mm ²	67500	78300	121500	135000	144000	162000	180000
面圧性能による剛性	K_c		N/mm	1811097	2100873	3259975	3622194	3863674	4346633	4829593	
面積あたり剛性			N/mm ³	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	
各部剛性	端部		N/mm	452774	525218	814994	905549	965919	1086658	1207398	
	中央		N/mm	905549	1050436	1629987	1811097	1931837	2173317	2414796	
降伏耐力		P_{yA}	kN	1926	2234	3467	3852	4109	4622	5136	
各部耐力	端部		kN	482	559	867	963	1027	1156	1284	
	中央		kN	963	1117	1733	1926	2054	2311	2568	

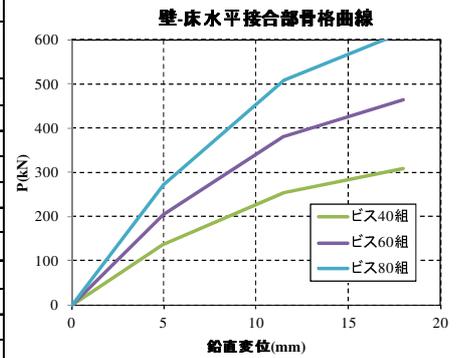
(5) 壁－床水平接合部

壁パネルー床パネルは、文献②で用いた L 型金物のビス本数を変更して用いる。ビス本数に剛性・耐力が比例すると考える。

1) モデル 1 (Ds=1.0)

表 2.5.6 -22 壁－床水平接合部の計算 (L 型金物) (モデル 1)

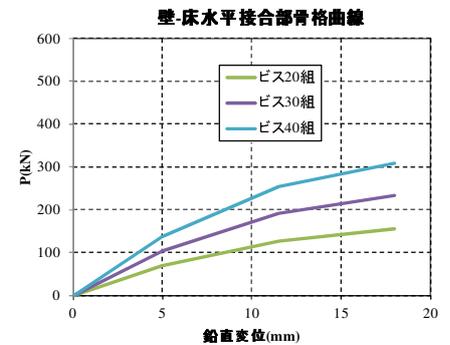
パネル厚				150	300	300	300	
パネル幅				1500~	1350未 満	1350~ 1500	1800~ 2000	
ビス本数				1	40	40	60	80
解析用	初期剛性		kN/mm	0.682	27.27	27.27	40.91	54.55
	第1折れ点	変位	mm	5.0				
		応力	kN	3.409	136.4	136.4	204.5	272.7
	第1~第2		剛性低下率(vs初期)		0.667			
	第2折れ点	変位	mm	11.5				
		応力	kN	6.364	254.5	254.5	381.8	509.1
	第2~第3		剛性低下率(vs初期)		0.308			
第3折れ点	変位	mm	18					
	応力	kN	7.727					
許容耐力用	2/3Pmax		kN	5.12				
	Py		kN	4.55				
	短期許容耐力		kN	4.55	181.8	181.8	272.8	363.7



2) モデル 2、3 (Ds=0.6)

表 2.5.6 -23 壁－床水平接合部の計算 (L 型金物) (モデル 2, 3)

パネル厚				210	210	210	
パネル幅				1350未 満	1350~ 1500	1800~ 2000	
ビス本数				1	20	30	40
解析用	初期剛性		kN/mm	0.682	13.64	20.45	27.27
	第1折れ点	変位	mm	5.0			
		応力	kN	3.409	68.2	102.3	136.4
	第1~第2		剛性低下率(vs初期)		0.667		
	第2折れ点	変位	mm	11.5			
		応力	kN	6.364	127.3	190.9	254.5
	第2~第3		剛性低下率(vs初期)		0.308		
第3折れ点	変位	mm	18				
	応力	kN	7.727				
許容耐力用	2/3Pmax		kN	5.12			
	Py		kN	4.55			
	短期許容耐力		kN	4.55	90.9	136.4	181.8



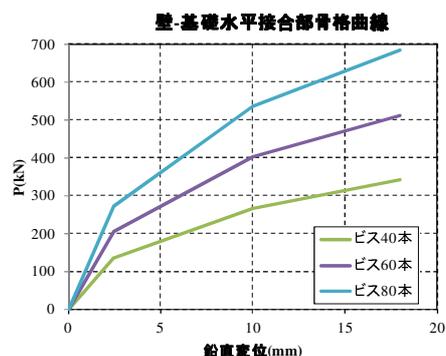
(6) 壁－基礎水平接合部

壁パネル－基礎は、文献②で用いた U 型金物のビス本数を変更して用いる。ビス本数に剛性・耐力が比例すると考える。

1) モデル 1 (Ds=1.0)

表 2.5.6 -24 壁－基礎水平接合部の計算 (U 型金物) (モデル 1)

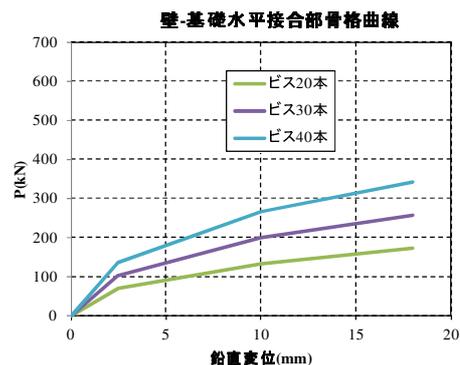
パネル厚			150	300	300	300	
パネル幅			1500～	1350未 満	1350～ 1500	1800～ 2000	
ビス本数			1	40	40	60	
解析用	初期剛性		kN/mm	1.364	54.55	54.55	81.82
	第1折れ点	変位	mm	2.5			
		応力	kN	3.409	136.4	136.4	204.5
	第1～第2		剛性低下率(vs初期)	0.32			
	第2折れ点	変位	mm	10.0			
		応力	kN	6.682	267.3	267.3	400.9
	第2～第3		剛性低下率(vs初期)	0.17			
第3折れ点	変位	mm	14.5				
	応力	kN	7.727				
許容耐力用	2/3Pmax		kN	5.12			
	Py		kN	4.05			
	短期許容耐力		kN	4.05	162.0	162.0	243.0



2) モデル 2、3 (Ds=0.6)

表 2.5.6 -25 壁－基礎水平接合部の計算 (U 型金物) (モデル 2, 3)

パネル厚			210	210	210	
パネル幅			1350未 満	1350～ 1500	1800～ 2000	
ビス本数			1	20	30	
解析用	初期剛性		kN/mm	1.364	27.27	40.91
	第1折れ点	変位	mm	2.5		
		応力	kN	3.409	68.2	102.3
	第1～第2		剛性低下率(vs初期)	0.32		
	第2折れ点	変位	mm	10.0		
		応力	kN	6.682	133.6	200.5
	第2～第3		剛性低下率(vs初期)	0.17		
第3折れ点	変位	mm	14.5			
	応力	kN	7.727			
許容耐力用	2/3Pmax		kN	5.12		
	Py		kN	4.05		
	短期許容耐力		kN	4.05	81.0	121.5



(8) 壁－壁鉛直（直角）接合部

L 型金物を用いる。各パネル間で必要となる剛性・耐力は異なるが、ここでは、L 型金物のビスを 1 層あたり、40 本使用するとする。壁－床接合部と同じく非線形バネとする。モデル 1 では二重となるため、1 層あたり 80 本としている。EV 回り Y 方向壁は一重のため、40 本としている。

1) モデル 1 (Ds=1.0) の場合

モデル化の形状を考慮して、上側と下側にビスを分けているので、 $40/2=20$ 本と $80/2=40$ 本になっている。

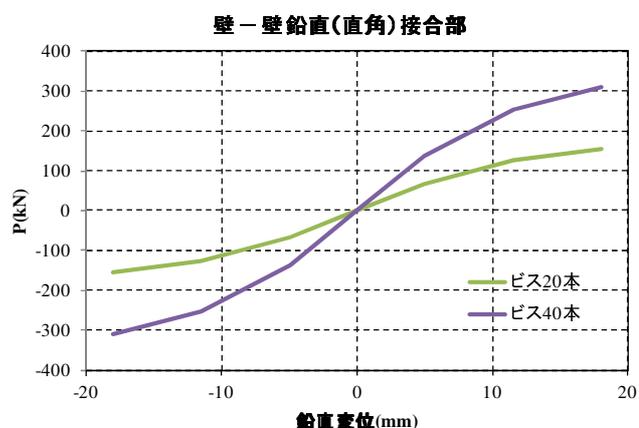


図 2.5.6-3 壁－壁鉛直（直角）接合部（L 型金物）の変位－荷重関係（モデル 1）

2) モデル 2, 3 (Ds=0.6) の場合

EV 回り Y 方向壁は他の部位の半分（1 層あたり 20 本）としている。

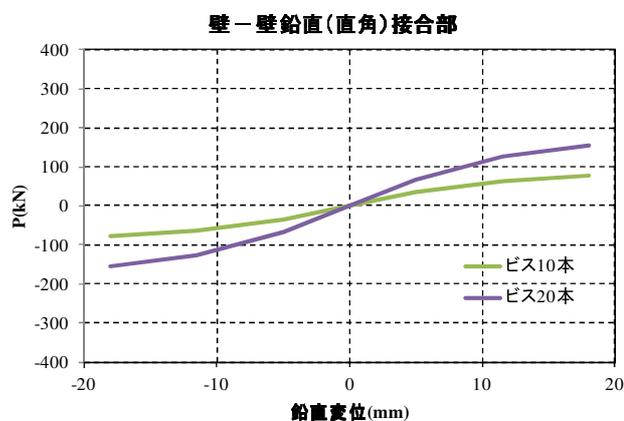


図 2.5.6-4 壁－壁鉛直（直角）接合部（L 型金物）の変位－荷重関係（モデル 2, 3）

(9) 壁－壁鉛直（平行）接合部

モデル1およびモデル2では、パネリード X を用いて接合する。ピッチは実験で確認されている 100mm とする。また、パネリード X による引張剛性も存在するが、ここでは考慮しない。

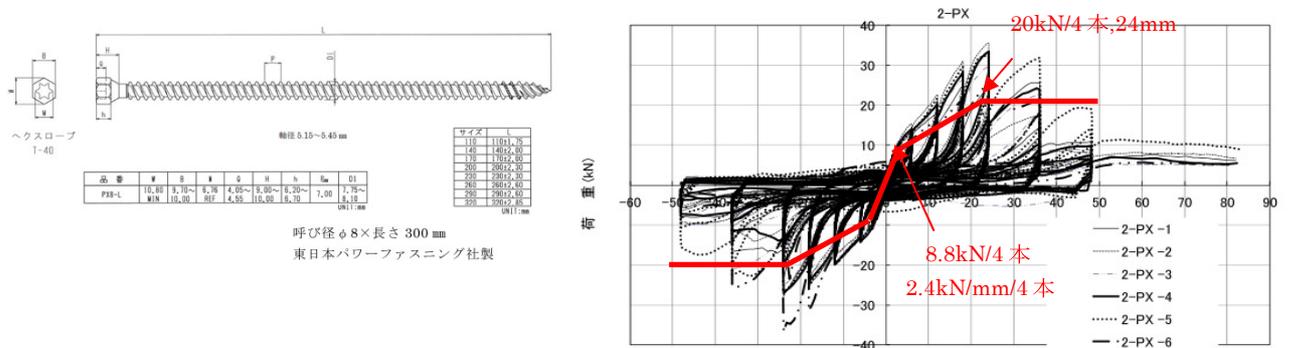


図 2.5.6-5 壁－壁鉛直（平行）接合部（パネリード X）

1) モデル1 (Ds=1.0)

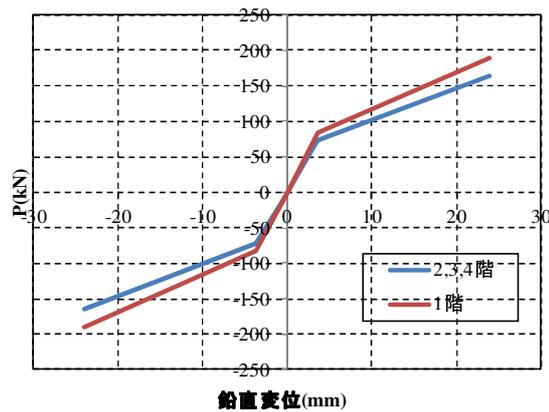


図 2.5.6-6 壁－壁鉛直（平行）接合部の変位－荷重関係（モデル1）

2) モデル2 (Ds=0.6)

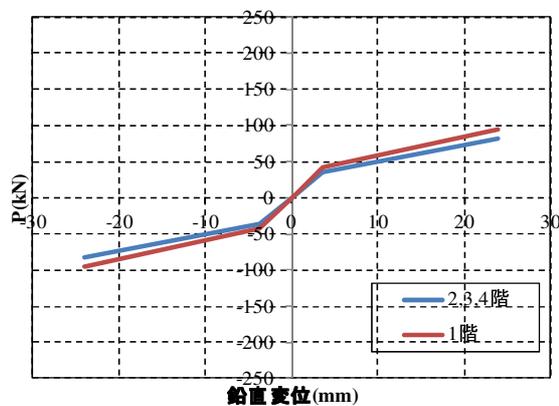


図 2.5.6-7 壁－壁鉛直（平行）接合部の変位－荷重関係（モデル2）

3) モデル3 (Ds=0.6、マグサ付き)

モデル3では、CLT 壁パネルの一体性を増すために、鋼板ビス止めの場合を想定する。鋼板ビス止めの実験は公表されていないため、文献②においてせん断試験が行われた L 型金物の結果から類推する。

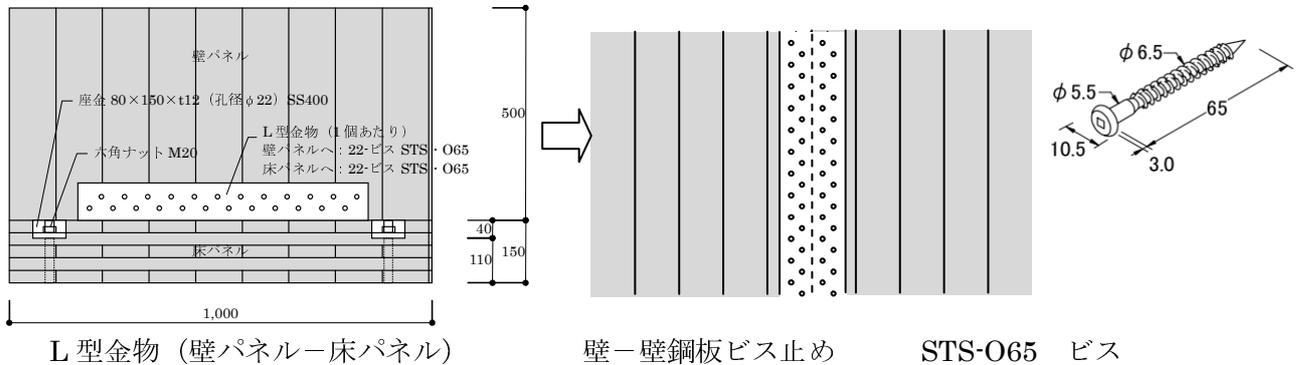


図 2.5.6-8 壁ー壁鋼板ビス止め

鋼板は必要に応じて厚さを変化させるとして、ここでは検討しない。荷重方向と外層ラミナの繊維方向が L 型金物の実験と異なるが、L 型金物のビス 1 組 (壁パネルへのビスと、床パネルへのビス) あたりの耐力と同じとする。等価バイリニアおよび骨格曲線が以下のように算出される。

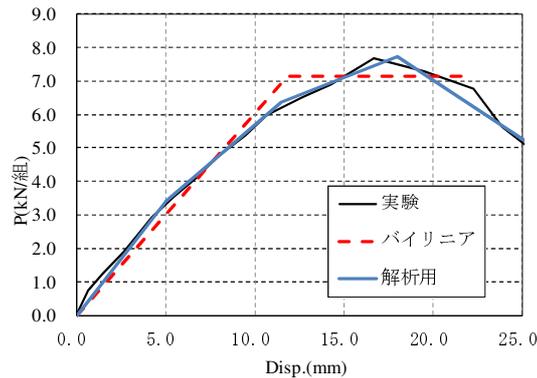


図 2.5.6-9 壁ー壁鋼板ビス止めの骨格曲線 (ビス 1 組あたり)

ビス本数は、L 型金物と同じピッチで全長にわたって打つと考えると、1 階パネル高さ 3695mm、2~4 階パネル高さ 3290mm であり、ビス間隔 30mm なので、以下のような耐力となる。長ビスのみのモデル2 と比べるとかなりの差がある。

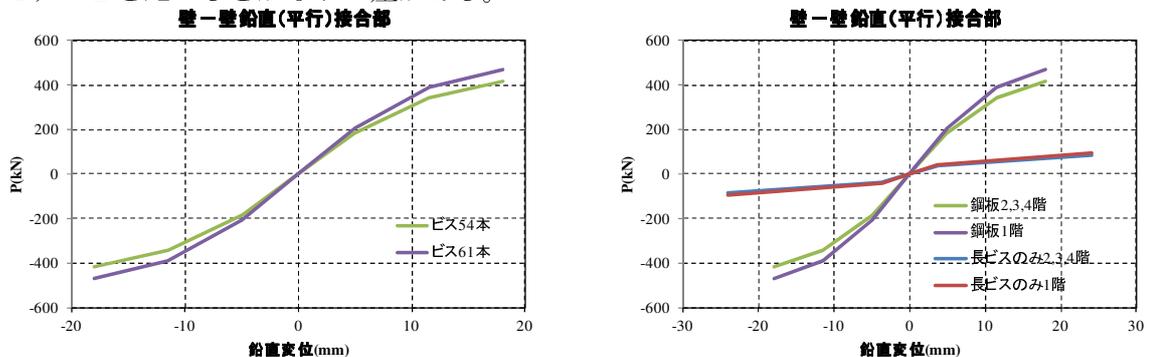


図 2.5.6-10 壁ー壁鋼板ビス止めの荷重ー変位関係

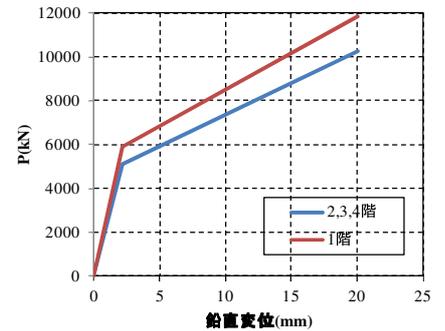
(10) 壁－壁水平（平行）接合部

壁－壁は圧縮側には応力が伝達されるため、圧縮バネを考慮する。水平方向は剛棒梁としているため、めり込みを模擬するバネが必要である。引張には壁同士をつなぐビス（壁－壁鉛直（平行）接合部に用いたもの）があるが、定量的な値がないため、ここでは無視している。

1) モデル 1 (Ds=1.0)

表 2.5.6 -26 壁－壁水平（平行）接合部（めり込み）の計算（モデル1）

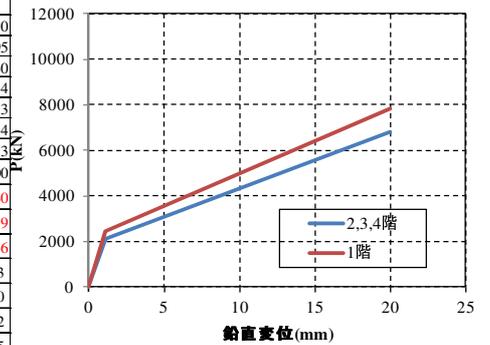
				2,3,4階	1階		
CLT	厚さ	W	mm	150	150		
	高さ	H/2	mm	1645	1895		
	ラミナ	厚さ	t	mm	30	30	
		ボルト平行方向プライ数	n		2	2	
		ボルト直交方向プライ数	m		3	3	
		ボルト平行方向プライ数(降伏用)	n'		2	2	
		ボルト直交方向プライ数(降伏用)	m'		3	3	
		繊維方向ヤング係数	$E_{//}$	N/mm^2	6000	6000	
		繊維直交方向ヤング係数	E_{\perp}	N/mm^2	240	240	
		繊維方向圧縮強度	$F_{//c}$	N/mm^2	16.9	16.9	
		繊維直交方向圧縮強度(告示めり込み強度)	$F_{\perp c}$	N/mm^2	6	6	
	初期剛性	繊維方向	めり込み剛性	$k_{//}$	N/mm^3	16.73	16.73
			加圧面積	$A_{//c}$	mm^2	49350	56850
繊維直交方向		めり込み剛性	k_{\perp}	N/mm^3	4.52	4.52	
		加圧面積	$A_{\perp c}$	mm^2	74025	85275	
	面圧性能による剛性	K_c	N/mm	1160459	1336820		
降伏耐力		P_{yA}	kN	2556	2945		



2) モデル 2, 3 (Ds=0.6)

表 2.5.6 -27 壁－壁水平（平行）接合部（めり込み）の計算（モデル2, 3）

				2,3,4階	1階		
CLT	厚さ	W	mm	210	210		
	高さ	H/2	mm	1645	1895		
	ラミナ	厚さ	t	mm	30	30	
		ボルト平行方向プライ数	n		4	4	
		ボルト直交方向プライ数	m		3	3	
		ボルト平行方向プライ数(降伏用)	n'		4	4	
		ボルト直交方向プライ数(降伏用)	m'		3	3	
		繊維方向ヤング係数	$E_{//}$	N/mm^2	6000	6000	
		繊維直交方向ヤング係数	E_{\perp}	N/mm^2	240	240	
		繊維方向圧縮強度	$F_{//c}$	N/mm^2	16.9	16.9	
		繊維直交方向圧縮強度(告示めり込み強度)	$F_{\perp c}$	N/mm^2	6	6	
	初期剛性	繊維方向	めり込み剛性	$k_{//}$	N/mm^3	16.73	16.73
			加圧面積	$A_{//c}$	mm^2	98700	113700
繊維直交方向		めり込み剛性	k_{\perp}	N/mm^3	4.52	4.52	
		加圧面積	$A_{\perp c}$	mm^2	74025	85275	
	面圧性能による剛性	K_c	N/mm	1986170	2288019		
降伏耐力		P_{yA}	kN	2112	2433		



(11) 壁—マグサモーメント接合

脆性的な破壊を防ぐために、ボルト先行降伏とする。計算により剛性、耐力の計算の容易な引きボルト接合とする。ボルトは、壁—壁ボルトと干渉しないように、2本組とする。

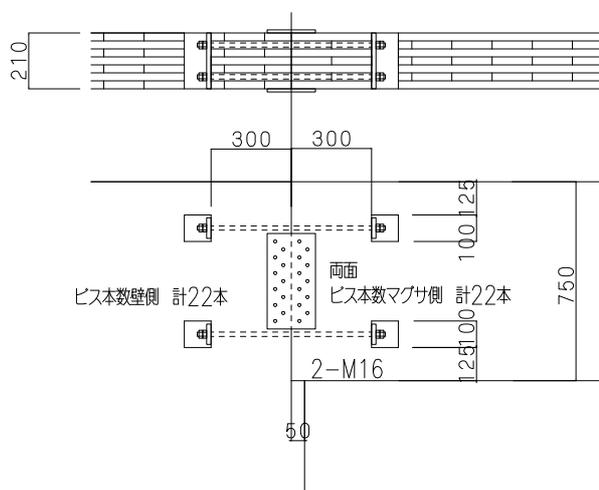


図 2.5.6-11 壁とマグサの接合部

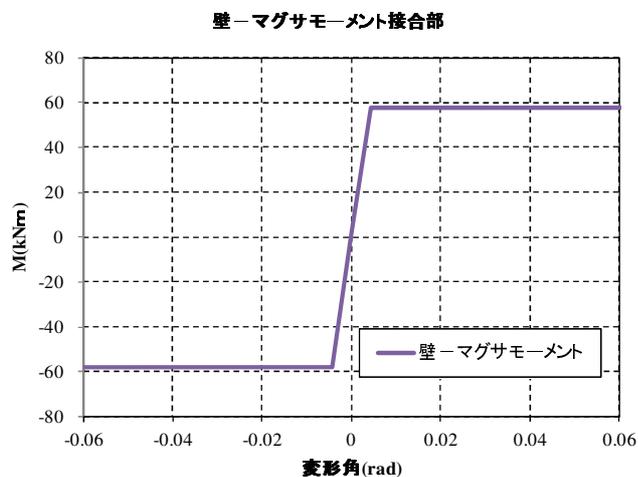
表 2.5.6-28 壁—マグサモーメント接合の壁側とマグサ側の準備計算

				マグサ側	壁側			
形状性能	CLT	厚さ	W	mm	210	210		
		ラミナ	厚さ	t	mm	30	30	
			ボルト平行方向プライ数	n		4	3	
			ボルト直交方向プライ数	m		3	4	
			ボルト平行方向プライ数(降伏用)	n'		3	2	
			ボルト直交方向プライ数(降伏用)	m'		2	3	
			繊維方向ヤング係数	E_{\parallel}	N/mm ²	6000	6000	
			繊維直交方向ヤング係数	E_{\perp}	N/mm ²	240	240	
			繊維方向圧縮強度	$F_{\parallel C}$	N/mm ²	16.9	16.9	
			繊維直交方向圧縮強度(告示めり込み強度)	$F_{\perp C}$	N/mm ²	6	6	
			繊維方向引張強度(JAS引張強度)	$F_{\parallel t}$	N/mm ²	12	12	
			接着面のせん断強度	F_g	N/mm ²	1.6	1.6	
			ボルト	本数	s	本	2	2
				長さ	l_B	mm	300	300
基準強度	F	N/mm ²		325	325			
呼び径				M16	M16			
軸部直径	ϕ_B	mm		14.54	14.54			
断面積(1本あたり)	A_B	mm ² /本		166.04	166.04			
断面積合計	ΣA_B	mm ²		332.08	332.08			
ボルト穴直径	D	mm		20	20			
ヤング係数	E_B	N/mm ²		205000	205000			
座金	サイズ	CLT幅方向		l_w	mm	100	100	
		CLT厚さ方向	w_w	mm	210	210		
切欠き部	縁距離	座金穴端~CLT端	l_a	mm	125	125		
		座金直下~CLT下端	l_s	mm	300	300		
初期剛性	座金直下	繊維方向	めり込み剛性	k_{\parallel}	N/mm ³	16.73	16.73	
			加圧面積	$A_{\parallel C}$	mm ²	11372	8372	
		繊維直交方向	めり込み剛性	k_{\perp}	N/mm ³	4.52	4.52	
			加圧面積	$A_{\perp C}$	mm ²	9000	12000	
	剛性	面圧性能による剛性	K_C	N/mm	230967	194338		
		ボルトの剛性	K_B	N/mm	226924	226924		
	全体の剛性	K_P	N/mm	114464	104685			
	上下2組の影響(2,3,4階のみ)			57232	104685			
降伏耐力	座金直下	繊維方向	加圧面積(降伏用)	$A_{\parallel C'}$	mm ²	8372	5372	
		繊維直交方向	加圧面積(降伏用)	$A_{\perp C'}$	mm ²	6000	9000	
	ボルト	降伏耐力	P_{yA}	kN	177	145		
		降伏耐力	P_{yB}	kN	108	108		
	降伏耐力	$\min(P_{yA}, P_{yB})$	P_y	kN	108	108		
最大耐力	平行ラミナの引張		P_{pull}	kN	180	135		
	座金直下の積層面のせん断		P_{shear1}	kN	288	288		
	座金直下両端の接着積層面のせん断		P_{shear2}	kN	360	360		
	ボルト		P_{yB}	kN	108	108		
	最大耐力	$\min(P_{pull}, P_{shear1}, P_{shear2}, P_{yB})$	P_{max}	kN	108	108		

この剛性を用い、引きボルトモーメント接合を以下のように計算した。

表 2.5.6 -29 壁-マグサモーメント接合の計算

形状	CLT	厚さ	t	mm	210
		マグサ成	D	mm	750
性能	ボルト位置～マグサ近接端		D-d	mm	175
	ボルト位置～マグサ遠端		d	mm	575
	めり込み係数		k	N/mm ³	16
	引張剛性	マグサ側	Kt1	N/mm	114464
		壁側	Kt2	N/mm	104685
		全体	Kt	N/mm	54678
	準備計算		a	1/mm	0.03073
	中立軸		xp	mm	121
	回転剛性		K θ	kNm/rad	13254
	ボルト降伏耐力		Ty	kN	108
	降伏モーメント		My	kNm	58
降伏変形角		θ_y	rad	0.00435	



(12) 壁-マグサせん断接合

モデル3では、CLT壁パネルの一体性を増すために、鋼板ビス止めの場合を想定する。文献②においてせん断試験が行われたL型金物の結果から類推する。ビス本数は、片側11本、両側で22本とする。

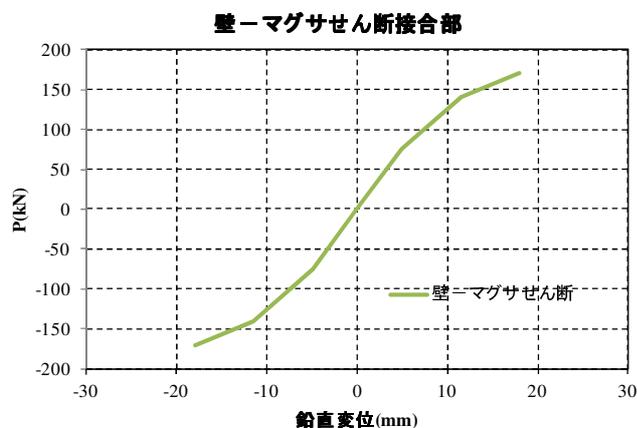


図 2.5.6 -12 壁-マグサせん断接合の荷重-変位関係

2.5.6.4 壁パネル同士、壁パネルと床パネル、床パネル間の接合状況

壁パネル同士、及び壁パネルとスラブは以下のようにモデル化する。

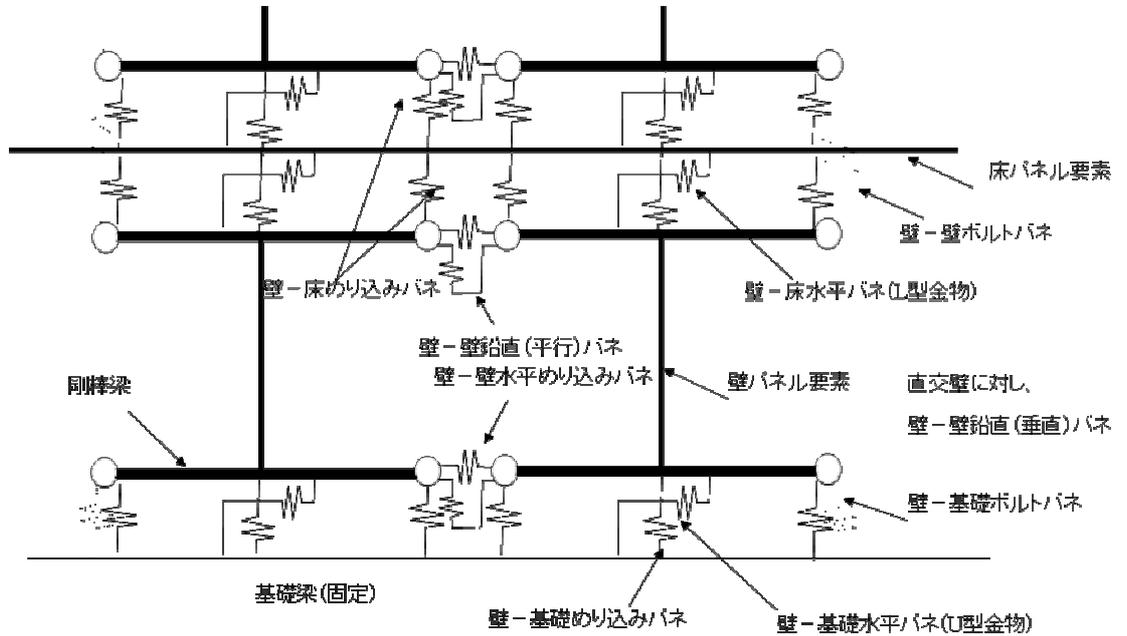


図 2.5.6 -13 パネル間の接合状況模式図

モデル 3において、マグサがある場合は、以下のようにモデル化する。

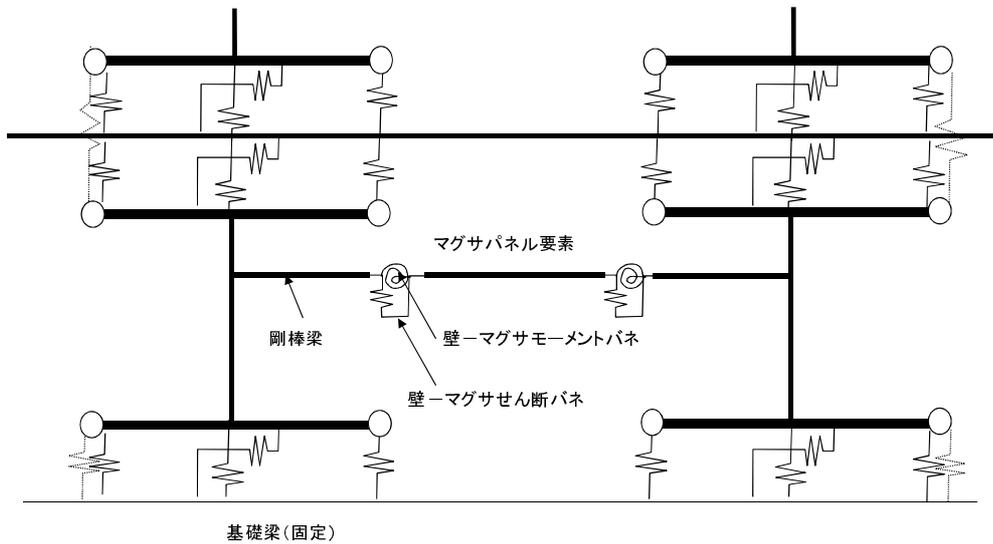


図 2.5.6 -14 マグサに関する接合状況模式図

2.5.6.5 解析モデル形状

部材の幅を表現すると左のようなモデルとなる。実際には、右のようなモデルで解析する。

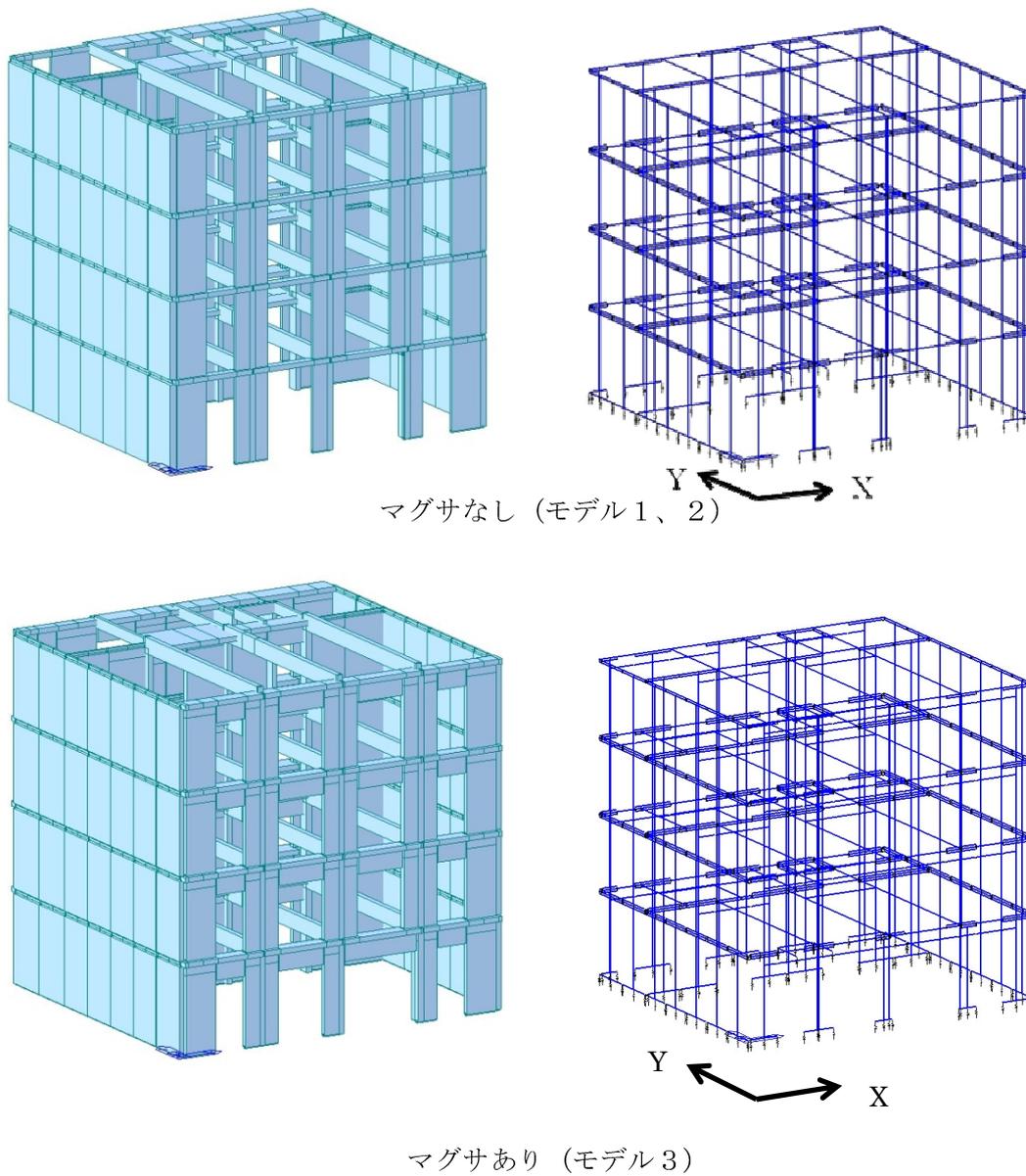


図 2.5.6-15 解析モデル全体図

2.5.7 解析結果

2.5.7.1 固有周期

固有周期は以下のようになった。木造で固有周期の略算で用いられる式では、 $H=4+3.5\times 3=14.5$ $T=0.03\times 14.5=0.435\text{sec}$ となるので、この式よりも長い周期となっている。

表 2.5.7-1 固有周期

	X 方向		Y 方向		ねじれ	
	1 次	2 次	1 次	2 次	1 次	2 次
モデル 1 (Ds=1.0)	0.638	0.187	0.472	0.156	0.382	0.123
モデル 2 (Ds=0.6) マグサなし	0.774	0.235	0.593	0.195	0.477	0.154
モデル 3 (Ds=0.6) マグサあり 壁-壁接合剛強	0.636	0.207	0.499	0.170	0.399	0.134

2.5.7.2 層せん断力－層間変形角

(1) モデル1 (Ds=1.0)

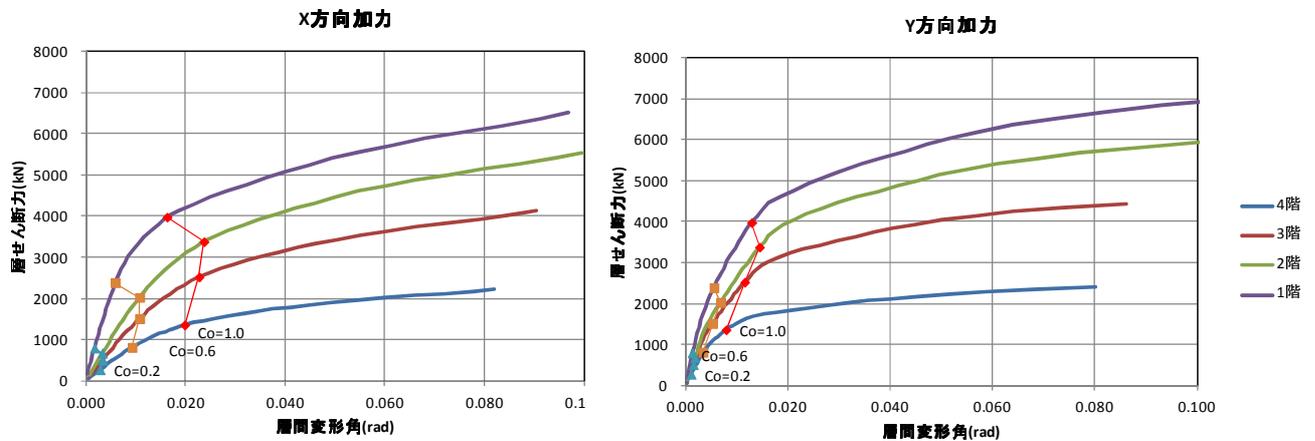


図 2.5.7-1 層せん断力－層間変形角関係 (モデル1)

(2) モデル2 (Ds=0.6)

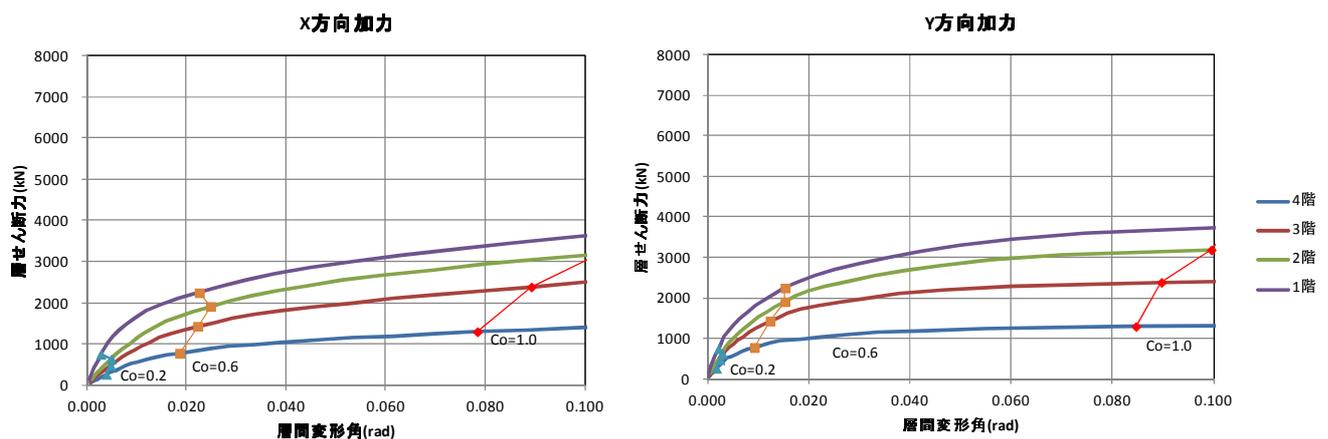


図 2.5.7-2 層せん断力－層間変形角関係 (モデル2)

(3) モデル3 (Ds=0.6、マグサあり、壁パネル間接合剛強)

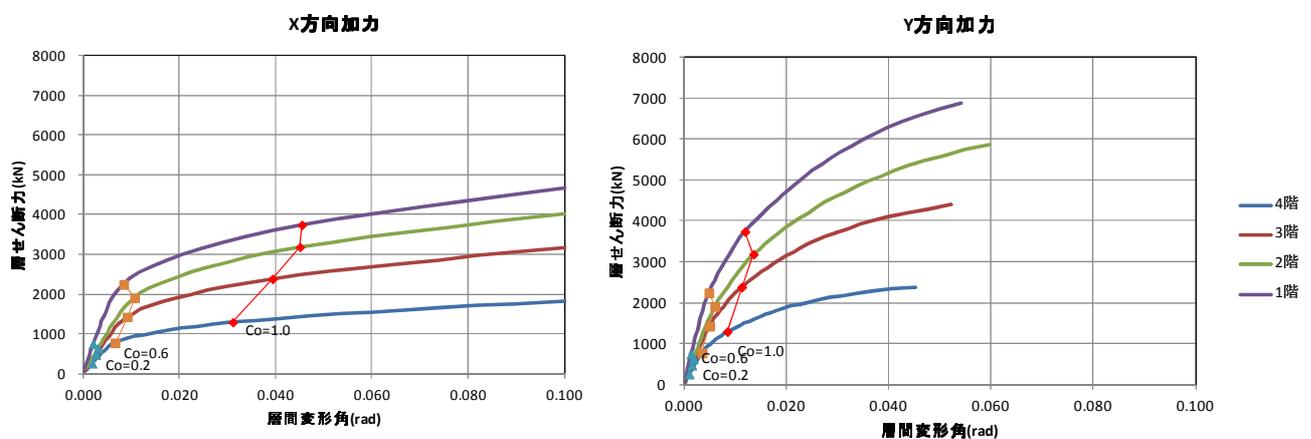


図 2.5.7-3 層せん断力－層間変形角関係 (モデル3)

2.5.7.3 モデル1での解析結果

(1) $C_0=1.0$ での変形の傾向

各壁が連層壁となり、下部の回転が上部の変形に影響を与えている。Y 方向も平行な壁同士をつなぐ接合部の剛性が足りないためか、妻壁が一体で変形するというより、ばらばらの挙動をしめしている。

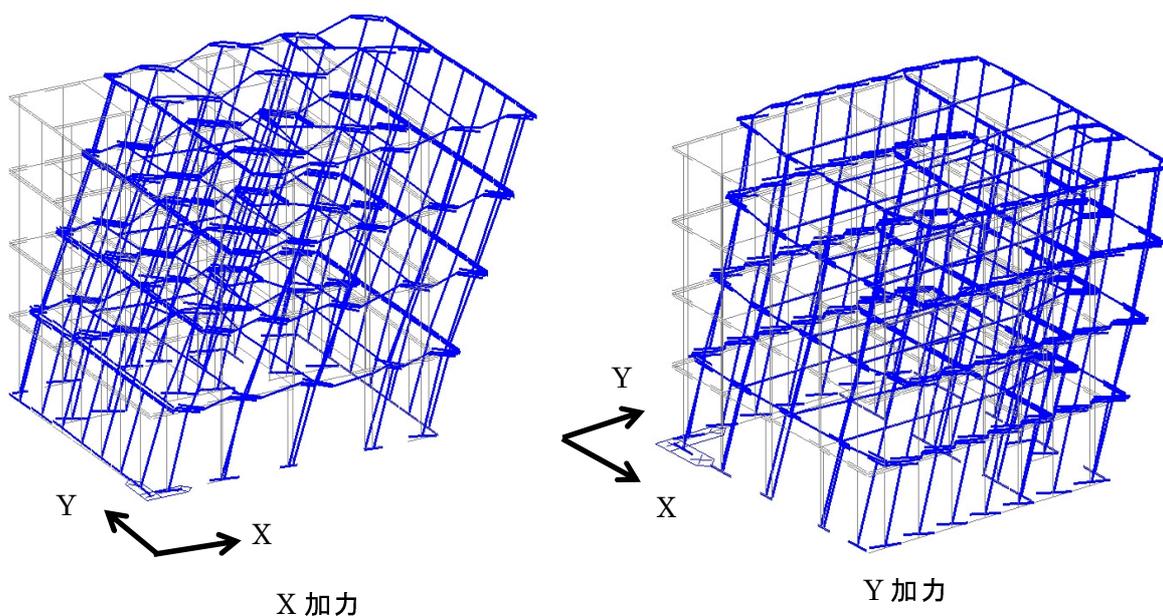


図 2.5.7-4 $C_0=1.0$ での変形 (モデル1)

(2) $Co=1.0$ での各通の応力の傾向

1) X方向

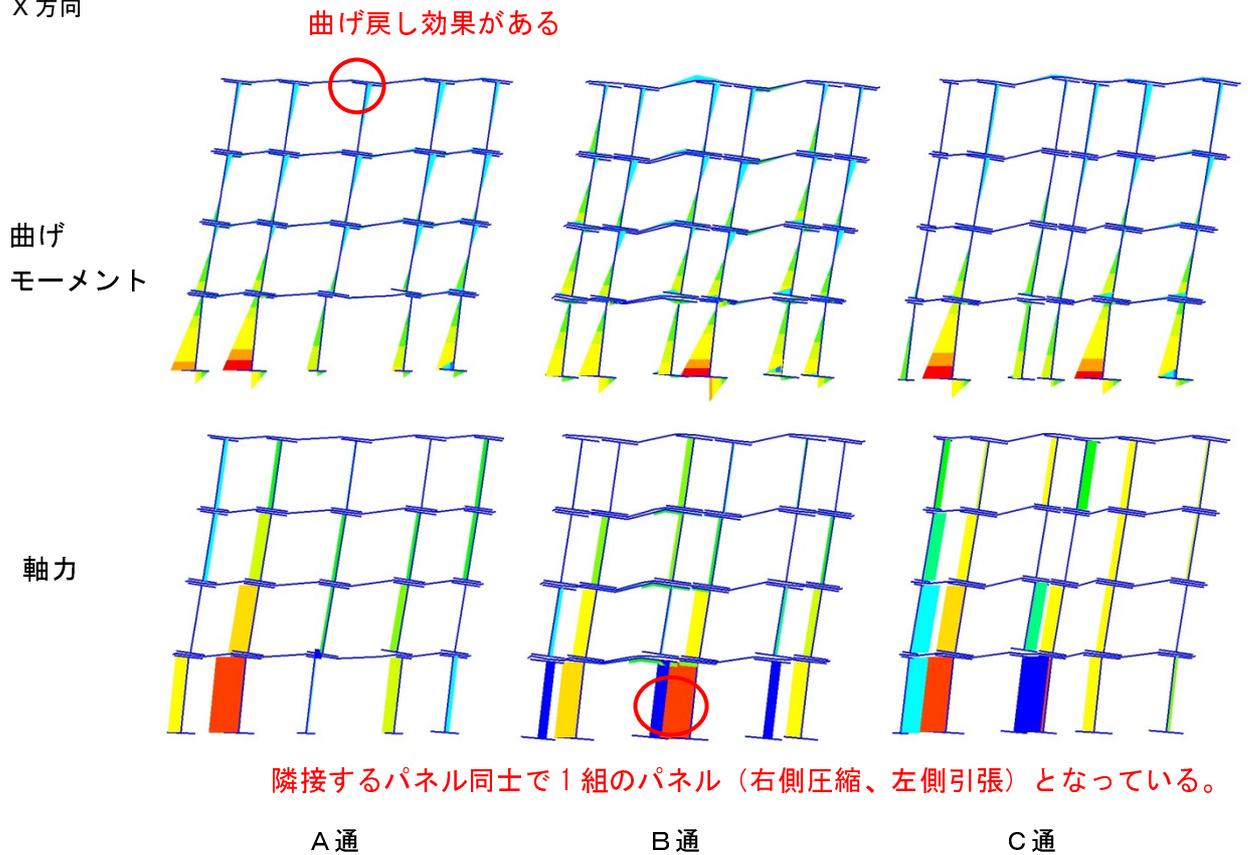


図 2.5.7-5 $Co=1.0$ での応力 (モデル1、X方向加力)

2) Y方向

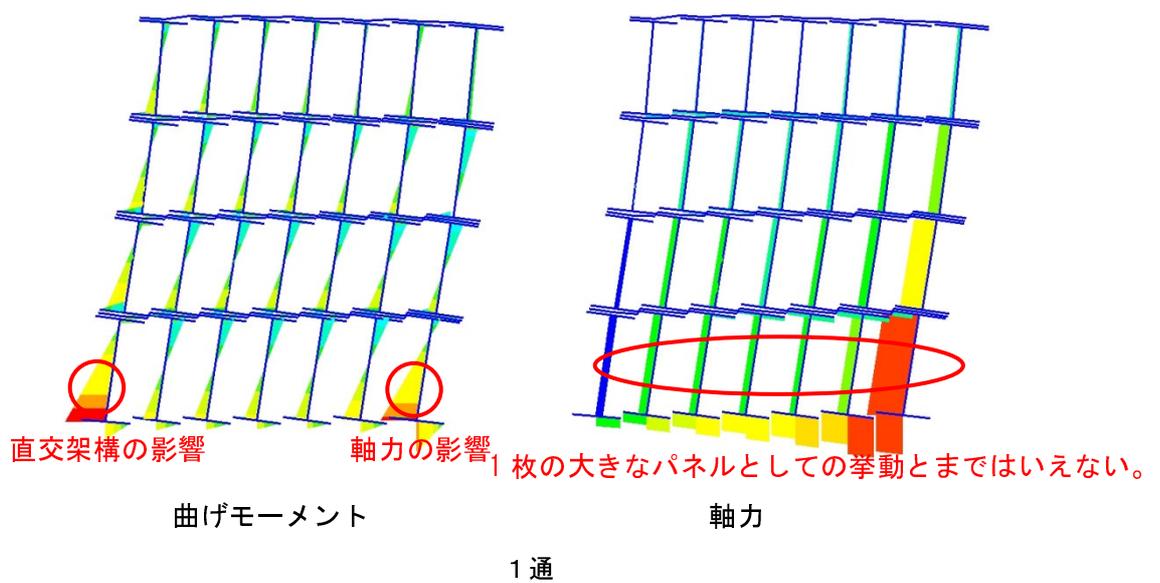
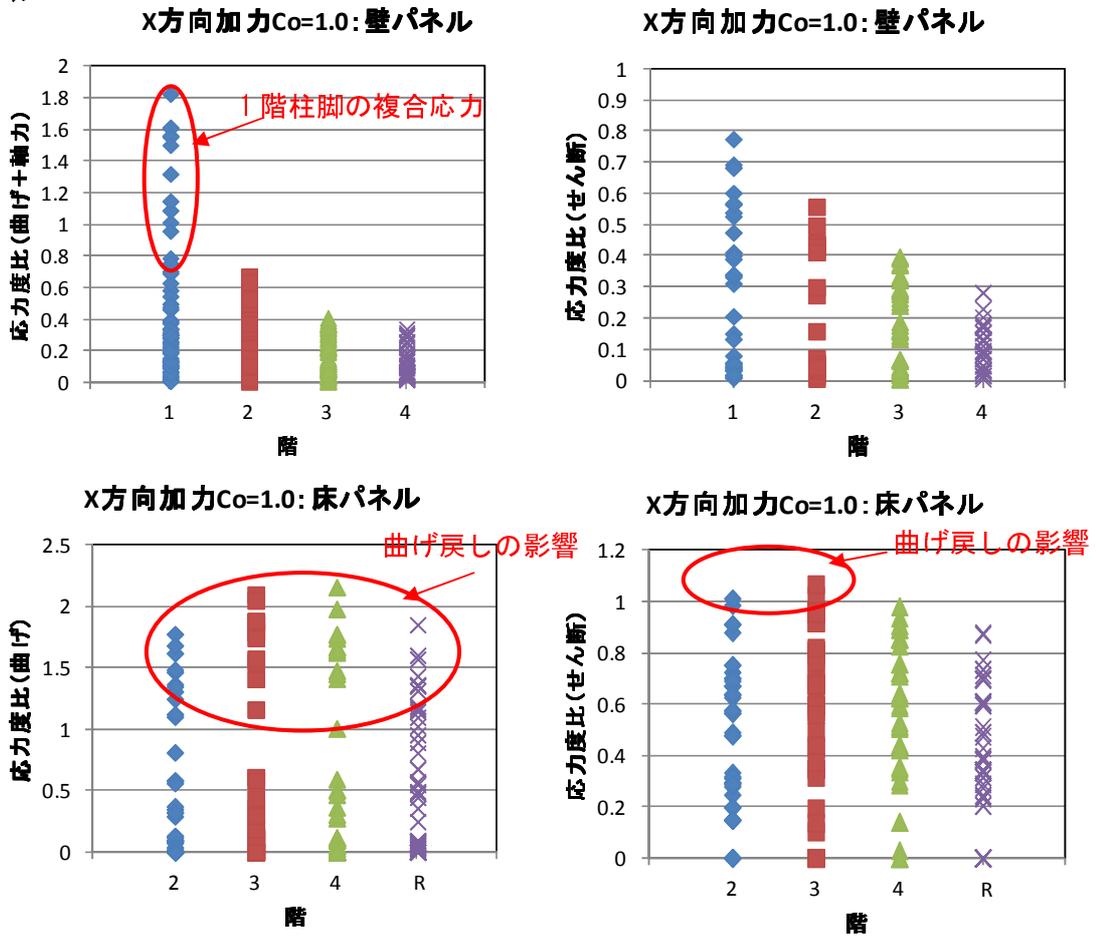


図 2.5.7-6 $Co=1.0$ での応力 (モデル1、Y方向加力)

(3) 各部の断面検定

1) X方向

a. パネル



※終局のため、強度に掛ける係数は1を用いている。

図 2.5.7-7 Co=1.0でのパネルの検定比 (モデル1、X方向加力)

b. 接合部

壁-基礎ボルト、壁-壁ボルト

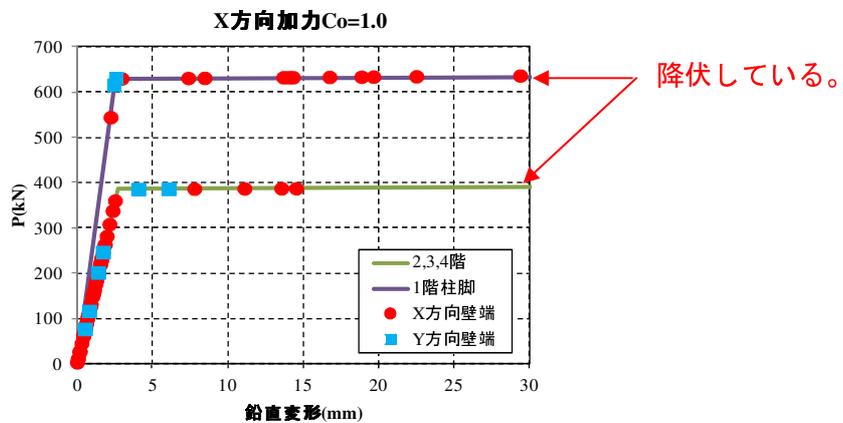
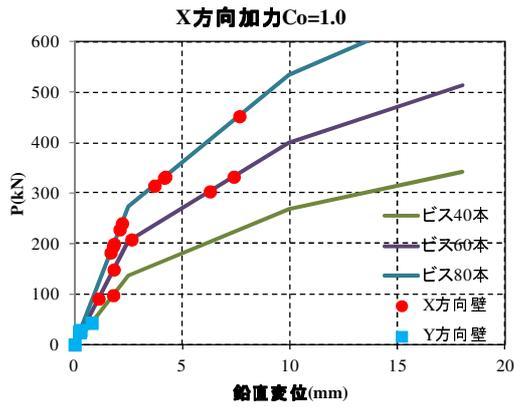
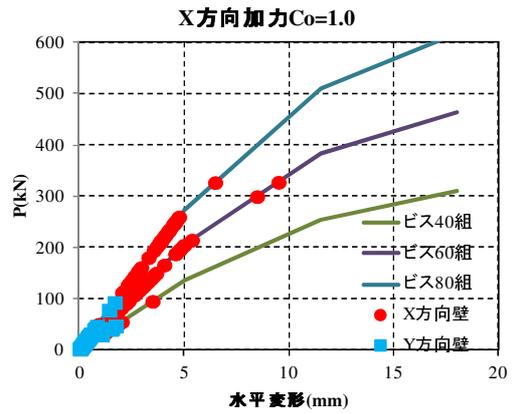


図 2.5.7-8 Co=1.0の壁-基礎、壁-壁ボルトの変形-応力状態 (モデル1、X方向加力)

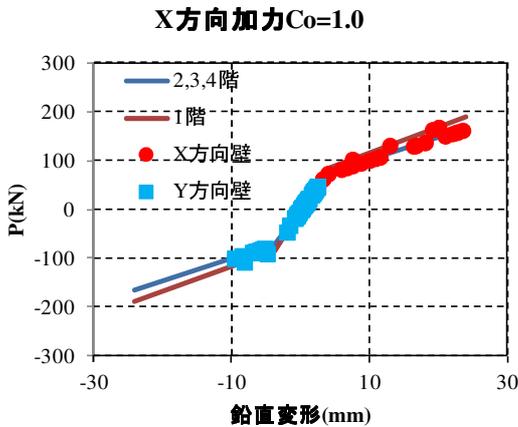
壁-基礎水平接合 (U型金物)



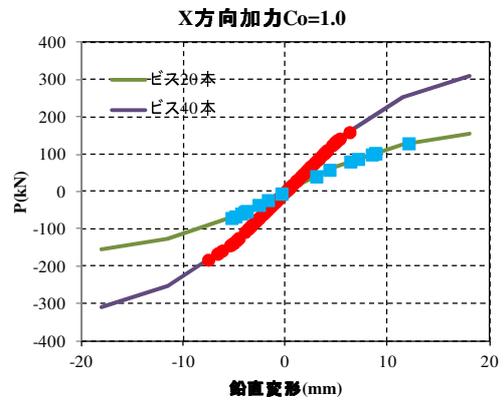
壁-床水平接合 (L型金物)



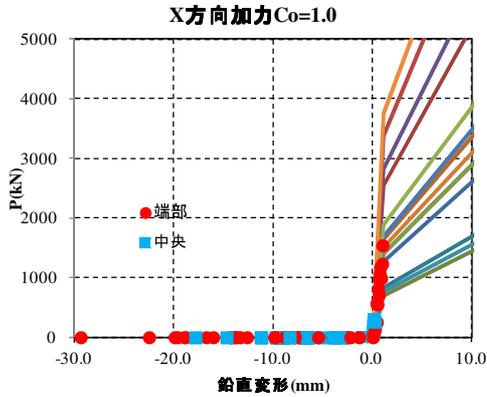
壁-壁鉛直 (平行) 接合



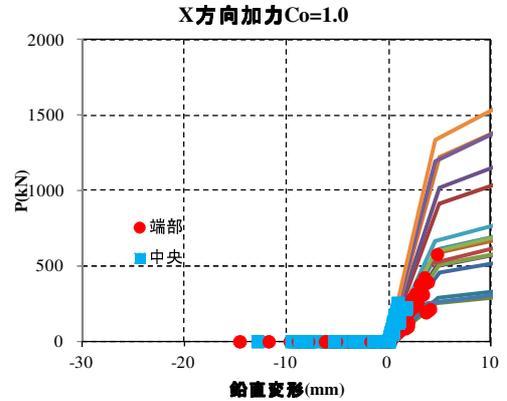
壁-壁鉛直 (直角) 接合 (L型金物)



壁-基礎めり込み



壁-床めり込み



壁-壁水平めり込み

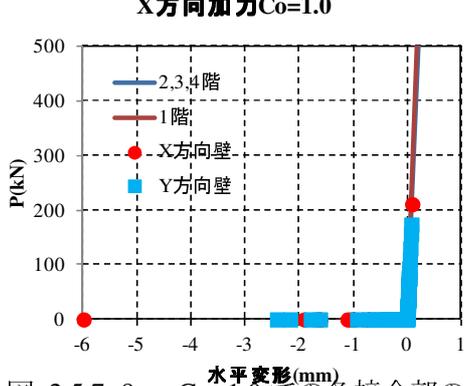
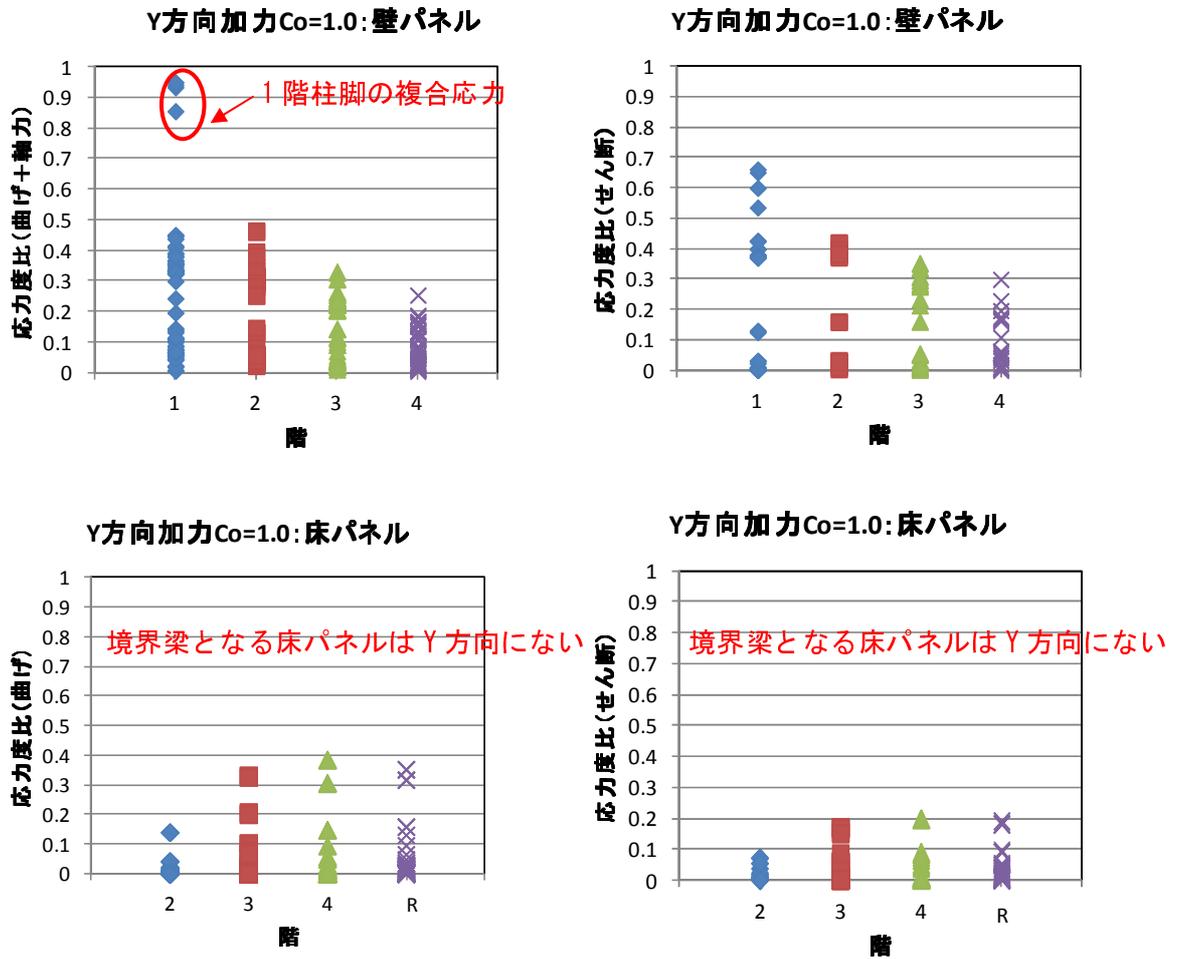


図 2.5.7-9 $C_o=1.0$ での各接合部の変形-応力状態 (モデル1、X方向加力)

2) Y 方向

a. パネル



※終局のため、強度に掛ける係数は1を用いている。

図 2.5.7 -10 Co=1.0でのパネルの検定比 (モデル1、Y方向加力)

b. 接合部

壁－基礎ボルト、壁－壁ボルト

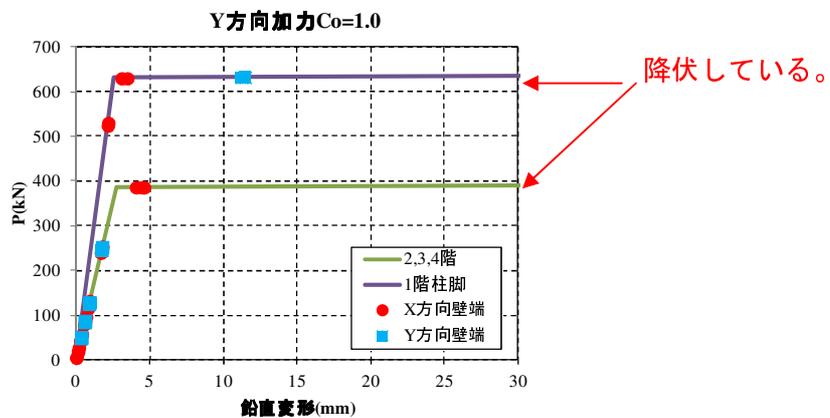
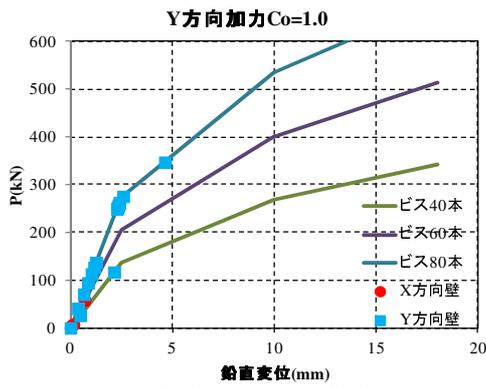
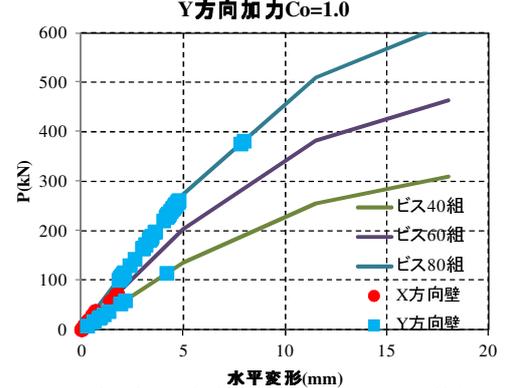


図 2.5.7 -11 Co=1.0での壁－基礎、壁－壁ボルトの変形－応力状態 (モデル1、Y方向加力)

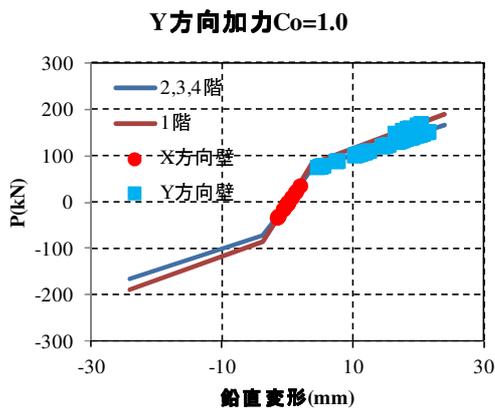
壁-基礎水平接合 (U型金物)



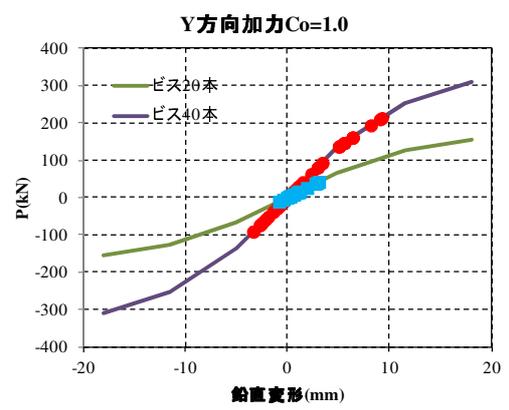
壁-床水平接合 (L型金物)



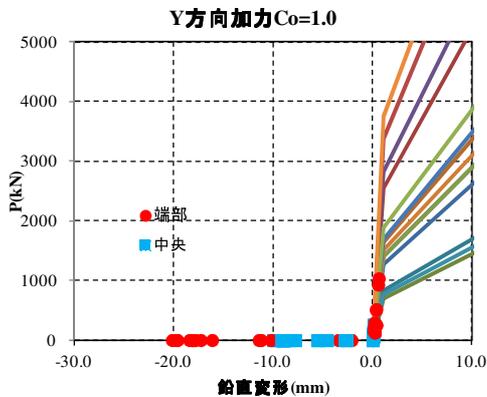
壁-壁鉛直 (平行) 接合



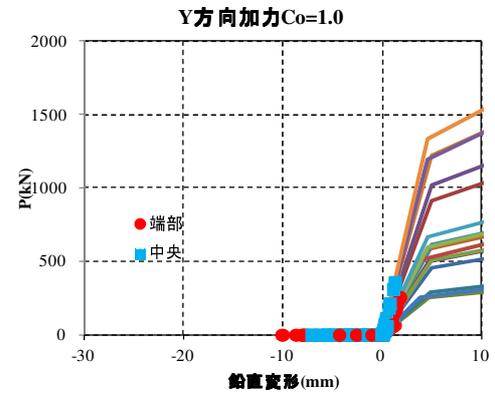
壁-壁鉛直 (直角) 接合 (L型金物)



壁-基礎めり込み



壁-床めり込み



壁-壁水平めり込み

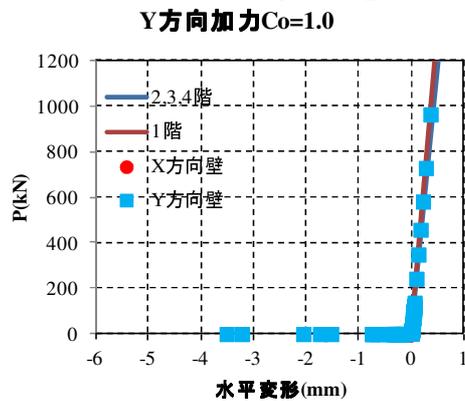


図 2.5.7-12 $Co=1.0$ での各接合部の变形-応力状態 (モデル1、Y方向加力)

2.5.7.4 モデル2での解析結果

(1) $Co=0.6$ での変形の傾向

モデル1と同様である。各壁が連層壁となり、下部の回転が上部の変形に影響を与えている。
Y方向も平行な壁同士をつなぐ接合部の剛性が足りないためか、妻壁が一体で変形するというより、ばらばらの挙動をしめしている。

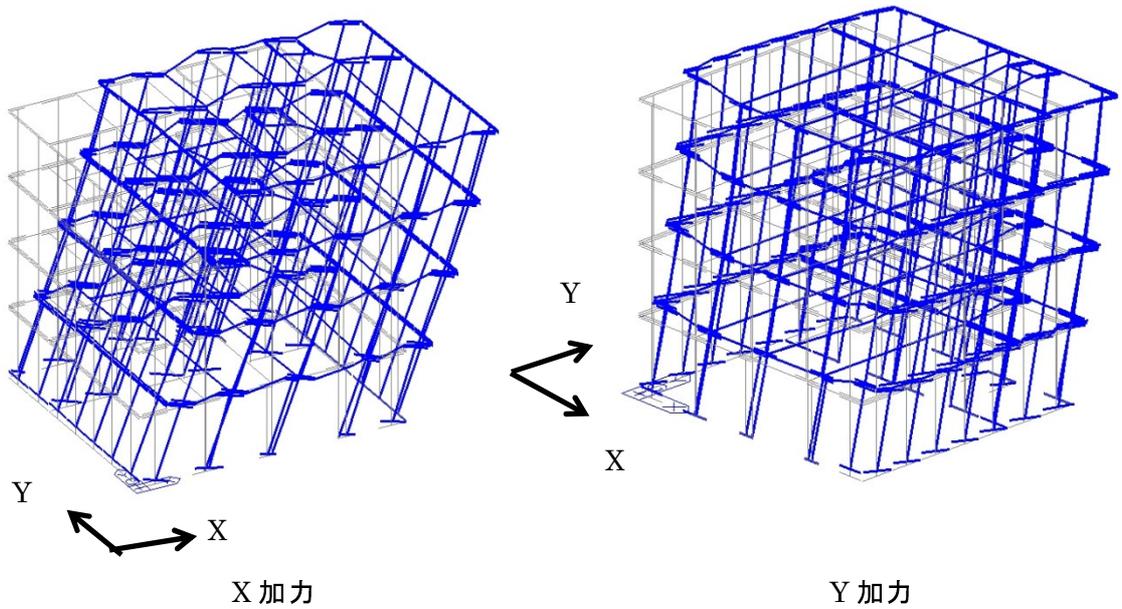


図 2.5.7 -13 $Co=0.6$ での変形 (モデル2)

(2) $Co=0.6$ での各通の応力の傾向

1) X方向

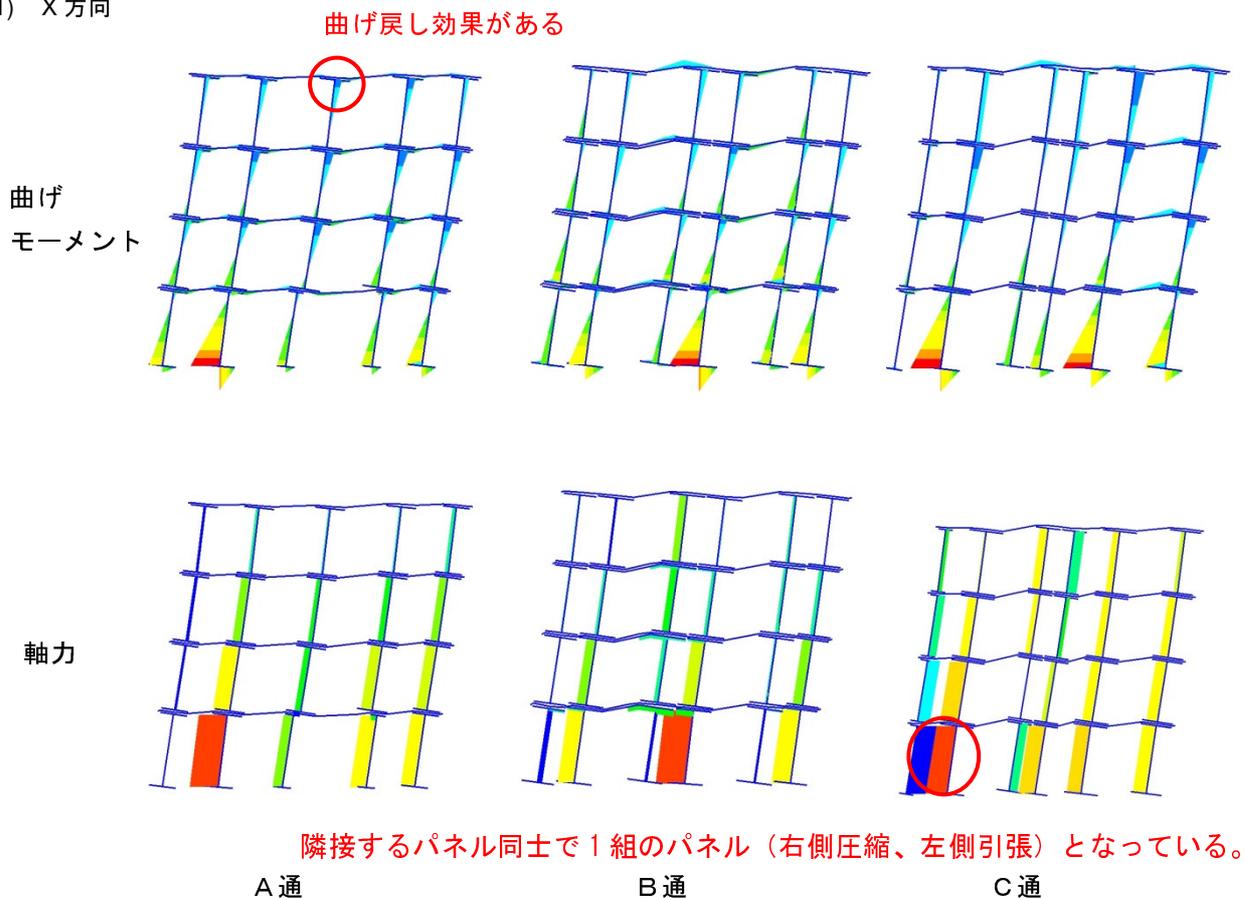


図 2.5.7 -14 $Co=0.6$ での応力（モデル2、X方向加力）

2) Y方向

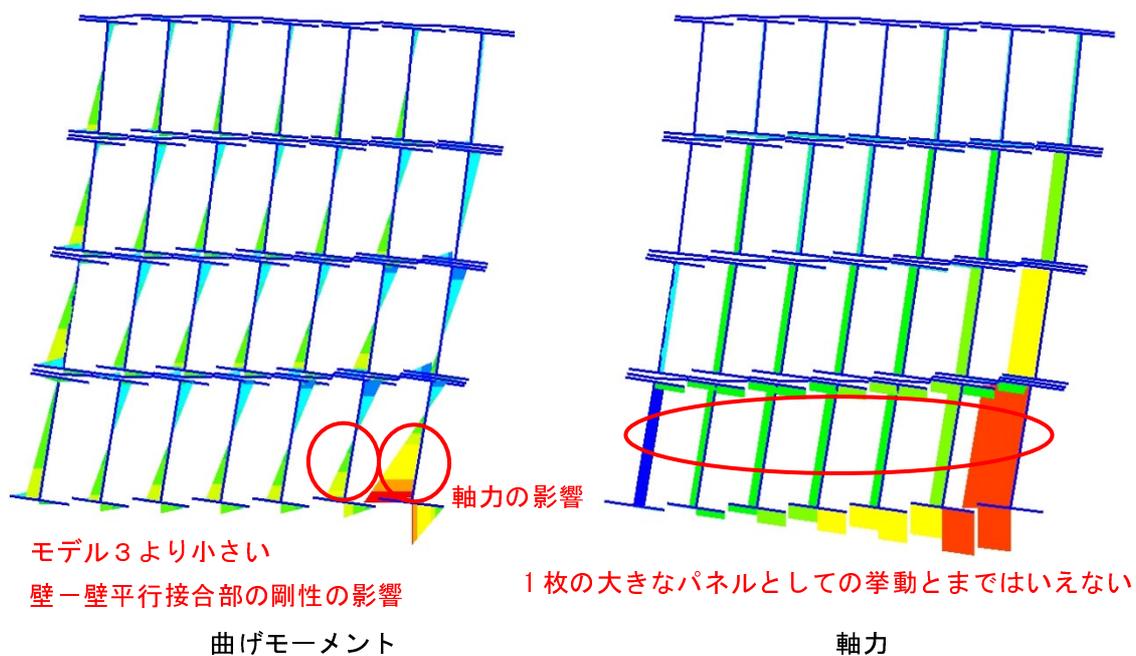
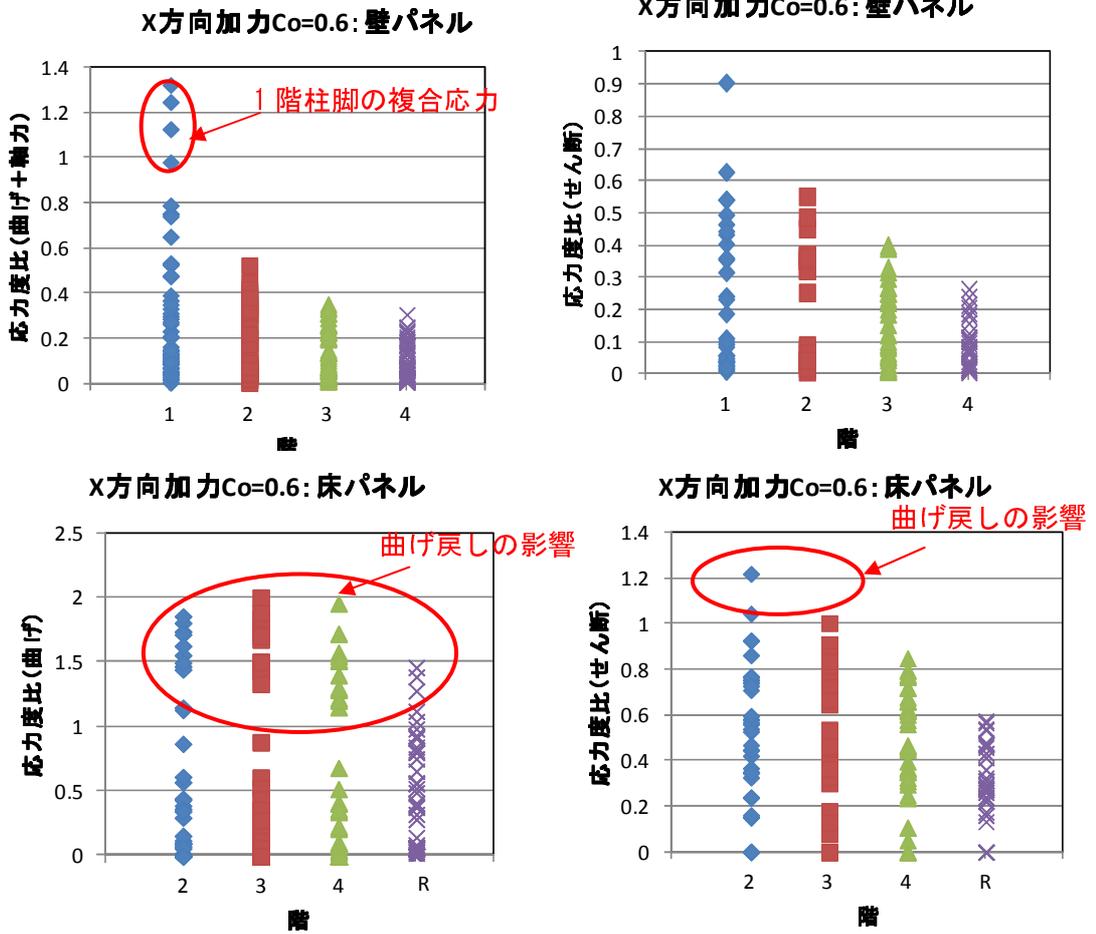


図 2.5.7 -15 $Co=0.6$ での応力（モデル2、Y方向加力）

(3) 各部の断面検定

1) X方向

a. パネル



※終局のため、強度に掛ける係数は1を用いている。

図 2.5.7 -16 Co=0.6でのパネルの検定比 (モデル2、X方向加力)

b. 接合部

壁-基礎ボルト、壁-壁ボルト

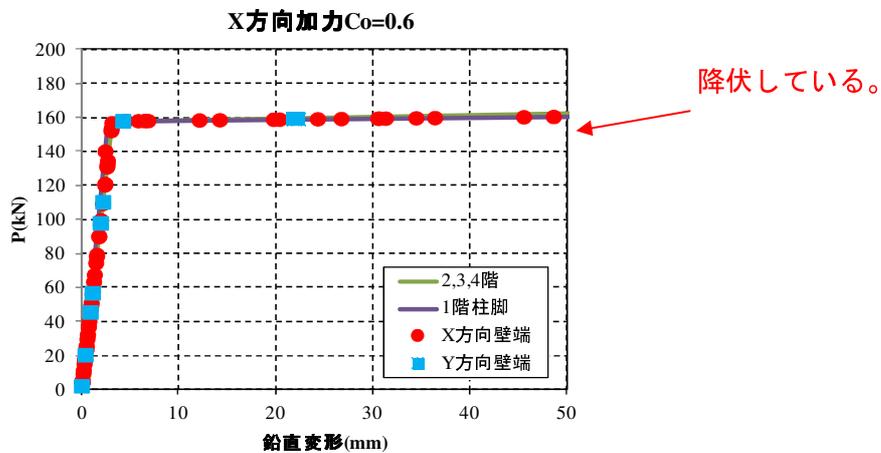
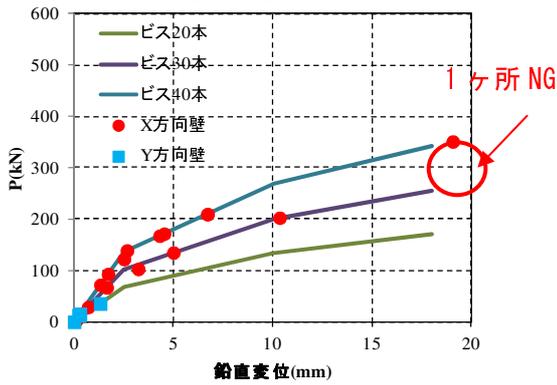
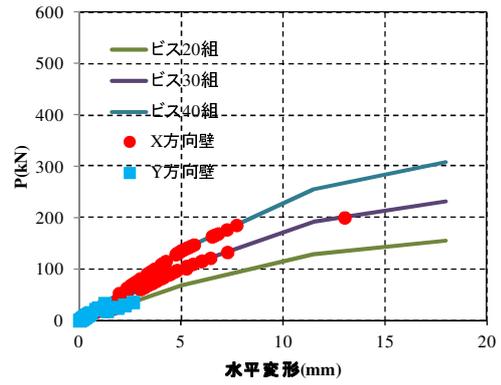


図 2.5.7 -17 Co=0.6での壁-基礎、壁-壁ボルトの変形-応力状態 (モデル2、X方向加力)

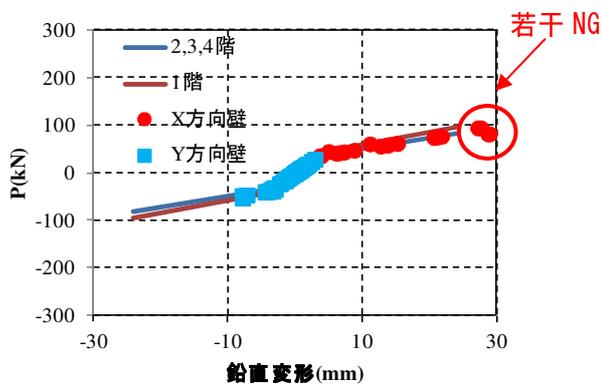
壁-基礎水平接合 (U型金物)
X方向加力 $C_0=0.6$



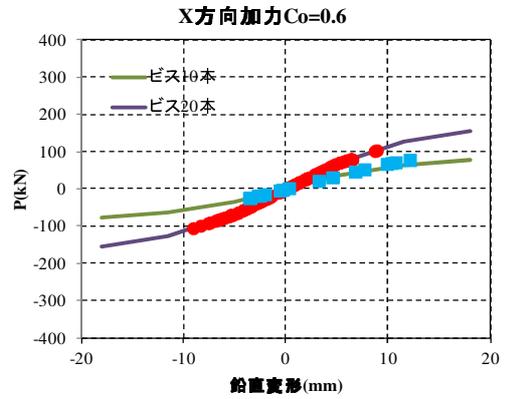
壁-床水平接合 (L型金物)
X方向加力 $C_0=0.6$



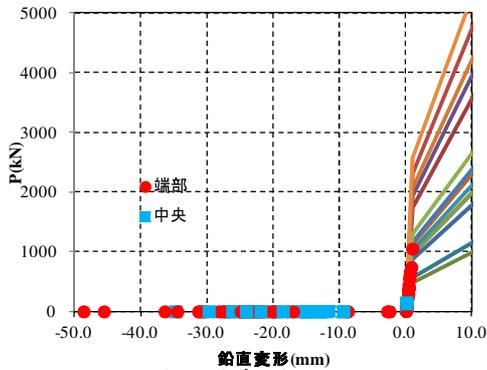
壁-壁鉛直 (平行) 接合
X方向加力 $C_0=0.6$



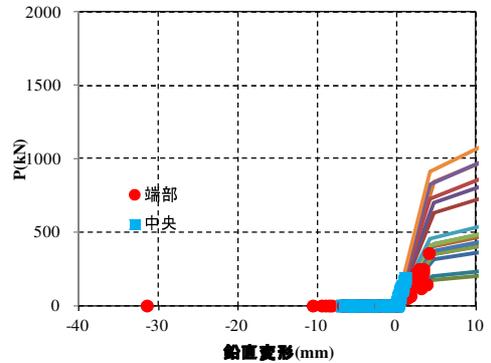
壁-壁鉛直 (直角) 接合 (L型金物)



壁-基礎めり込み
X方向加力 $C_0=0.6$



壁-床めり込み
X方向加力 $C_0=0.6$



壁-壁水平めり込み
X方向加力 $C_0=0.6$

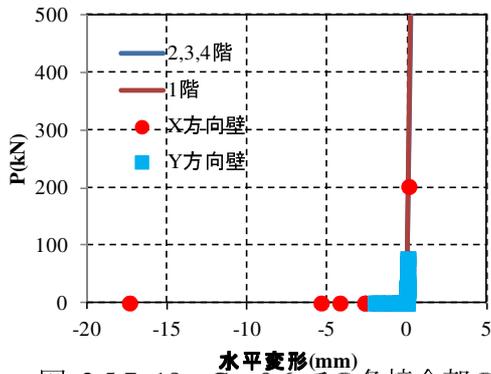
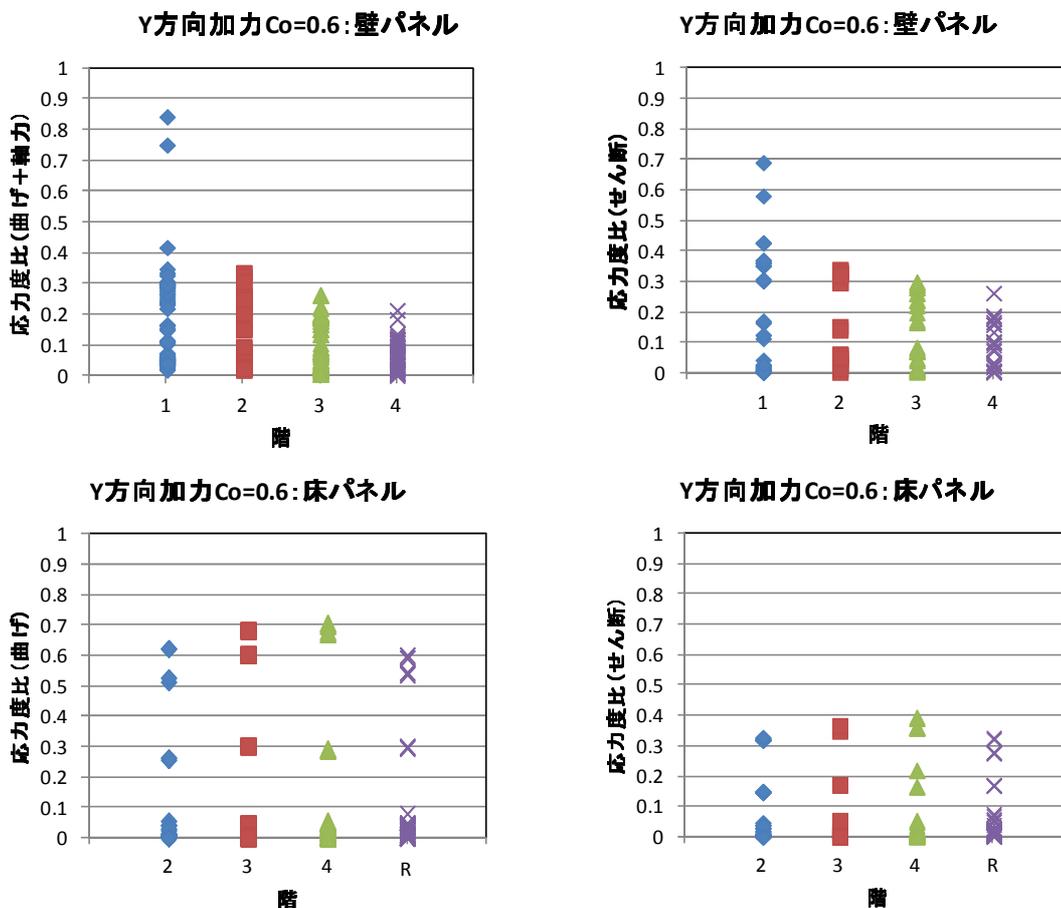


図 2.5.7-18 $C_0=0.6$ での各接合部の変形-応力状態 (モデル2、X方向加力)

2)Y 方向

a. パネル



境界梁となる床パネルはY方向にない

境界梁となる床パネルはY方向にない

※終局のため、強度に掛ける係数は1を用いている。

図 2.5.7 -19 Co=0.6 でのパネルの検定比 (モデル2、Y 方向加力)

b. 接合部

壁－基礎ボルト、壁－壁ボルト

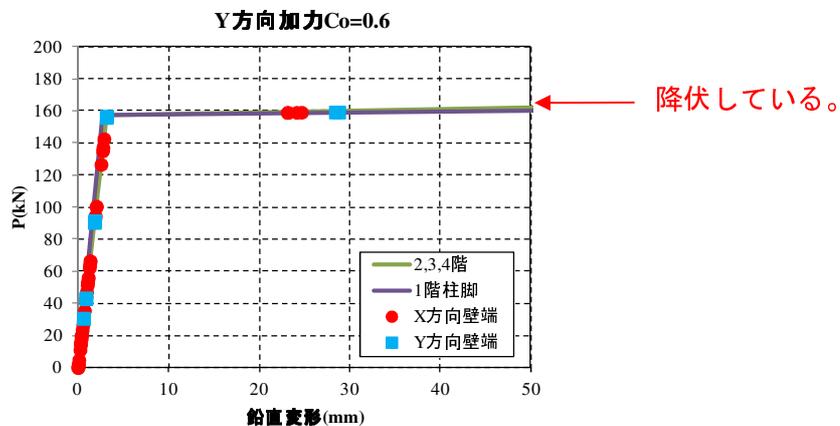
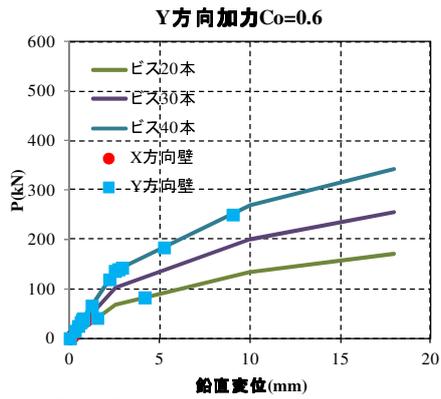
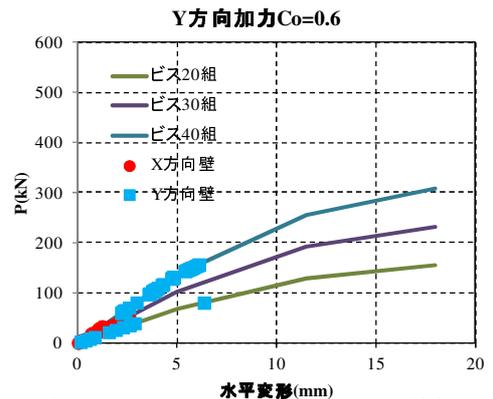


図 2.5.7 -20 Co=0.6 の壁－基礎、壁－壁ボルトの変形－応力状態 (モデル2、Y 方向加力)

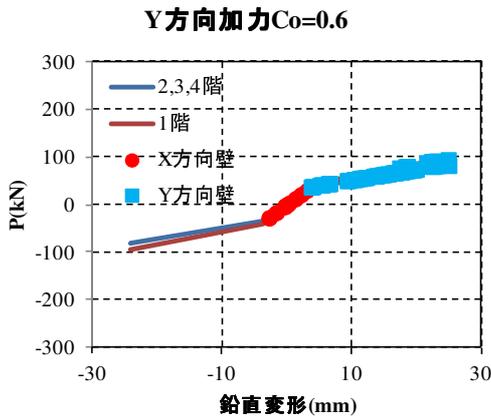
壁-基礎水平接合 (U型金物)



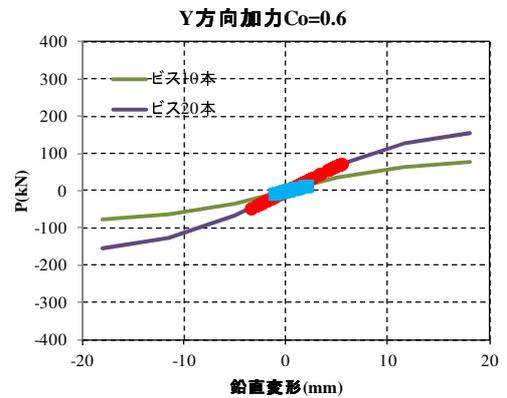
壁-床水平接合 (L型金物)



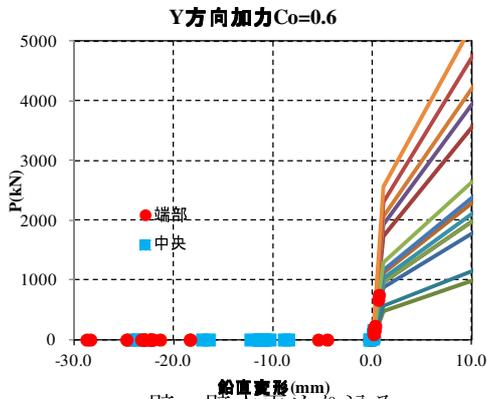
壁-壁鉛直 (平行) 接合



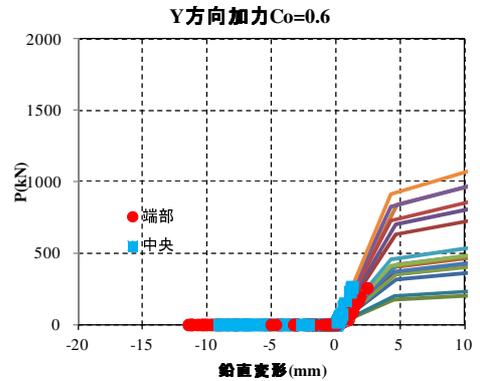
壁-壁鉛直 (直角) 接合 (L型金物)



壁-基礎めり込み



壁-床めり込み



壁-壁水平めり込み

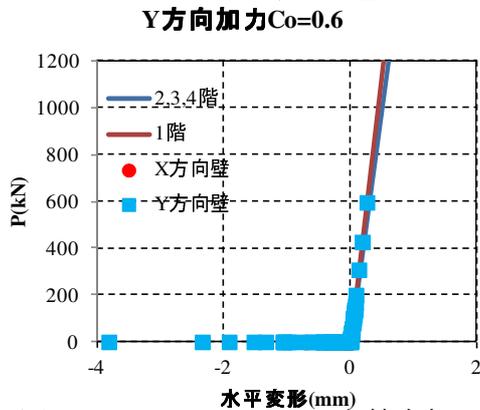


図 2.5.7-21 $C_0=0.6$ での各接合部の変形-応力状態 (モデル2、Y方向加力)

2.5.7.5 モデル3での解析結果

(1) $C_0=0.6$ での変形の傾向

各壁が連層壁となり、下部の回転が上部の変形に影響を与えている。Y 方向も平行な壁同士をつなぐ接合部の剛性が十分にあるため、妻壁が一体で変形している点がモデル1, 2と異なる。

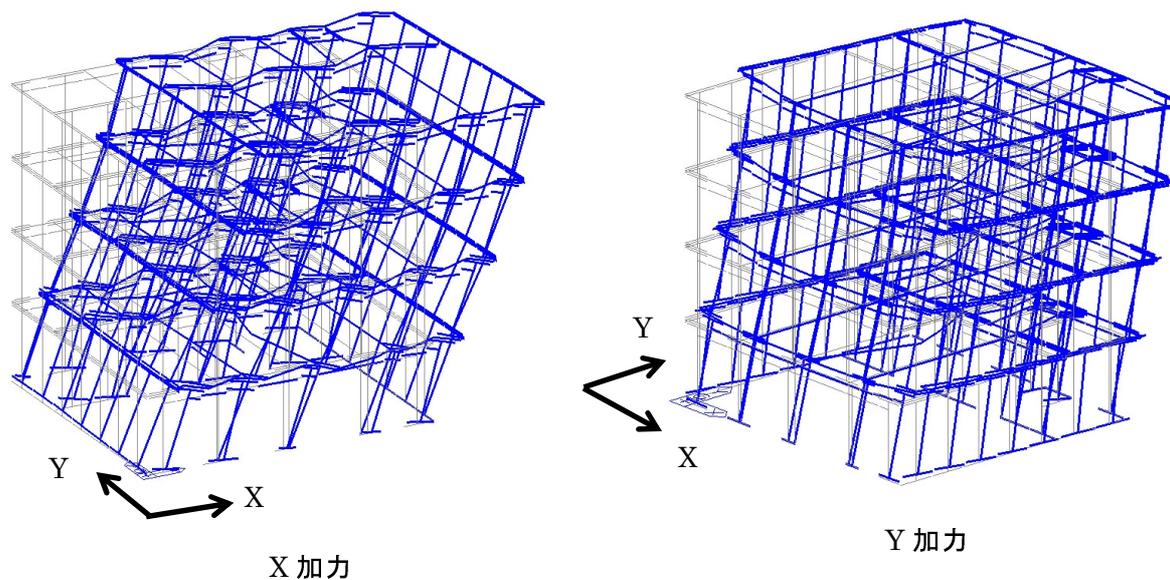


図 2.5.7-22 $C_0=0.6$ での変形 (モデル3)

(2) $Co=0.6$ での各通の応力の傾向

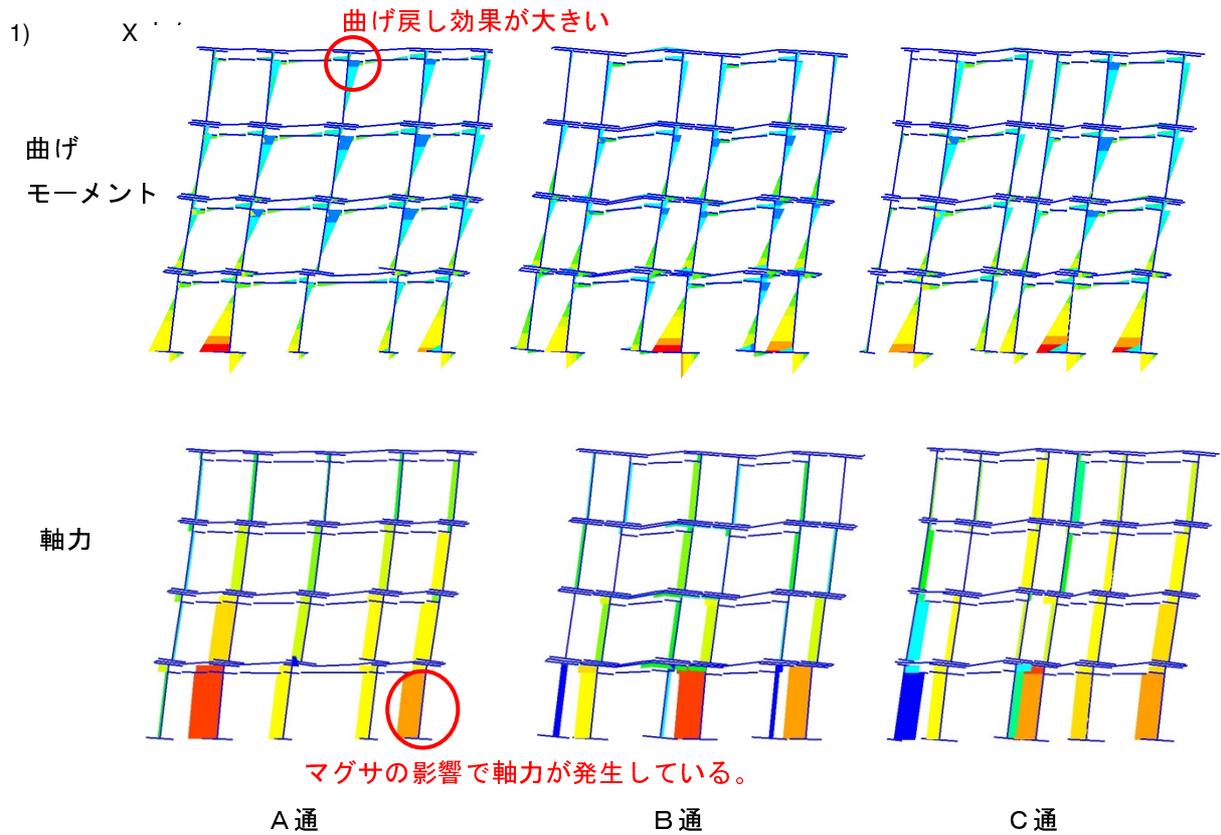


図 2.5.7-23 $Co=0.6$ での応力 (モデル 3、X 方向加力)

2) Y 方向

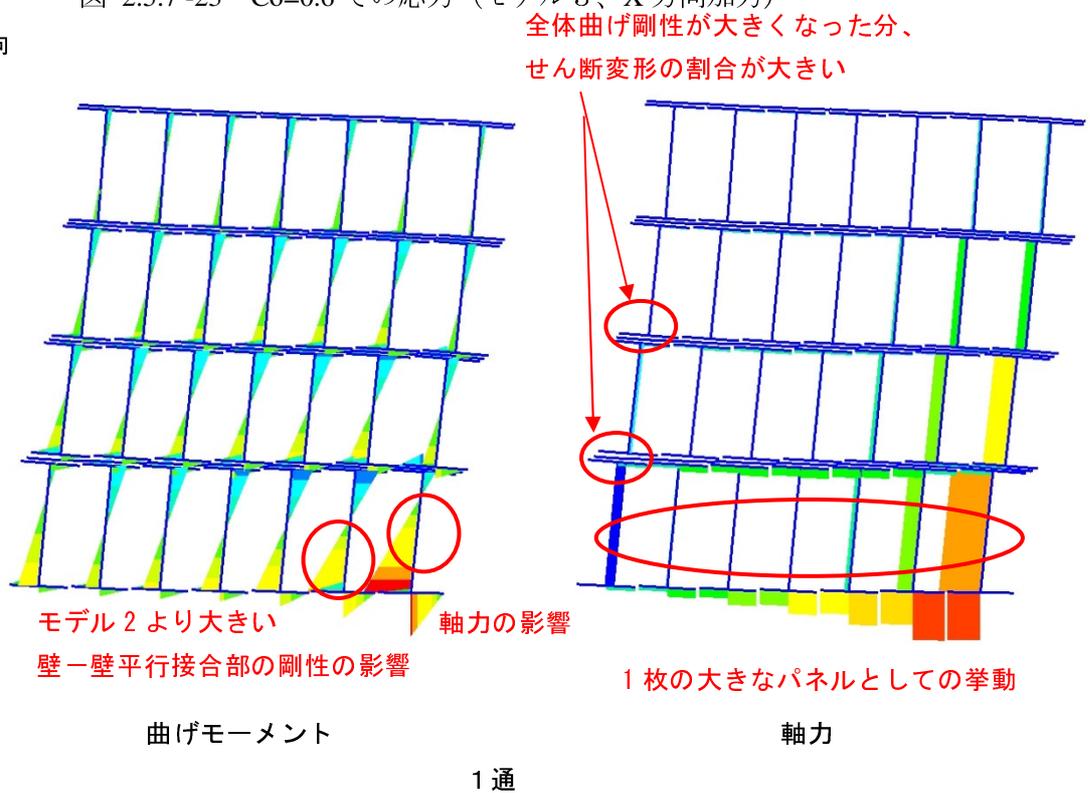
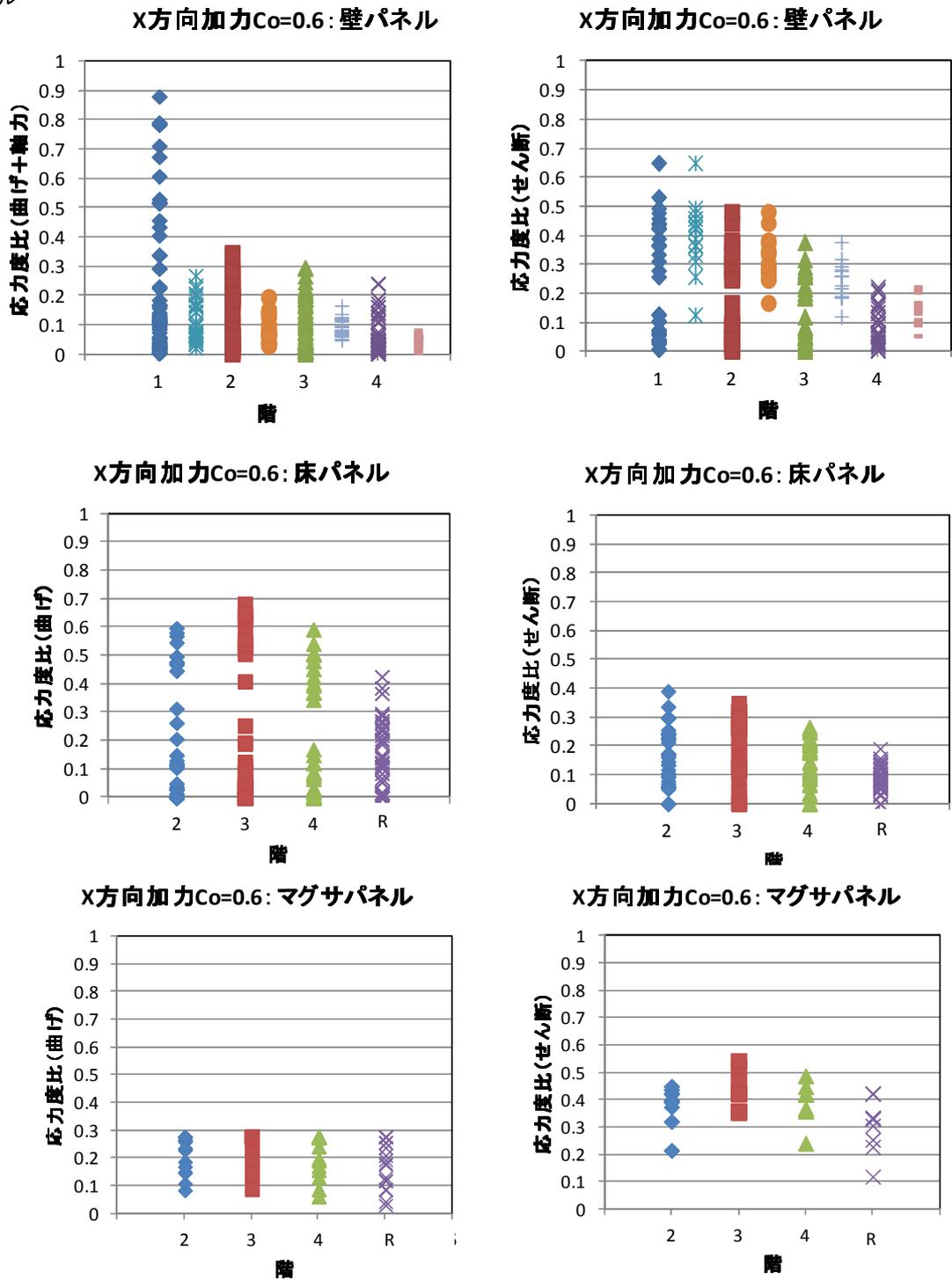


図 2.5.7-24 $Co=0.6$ での応力 (モデル 3、Y 方向加力)

(3) 各部の断面検定

1) X方向

a. パネル

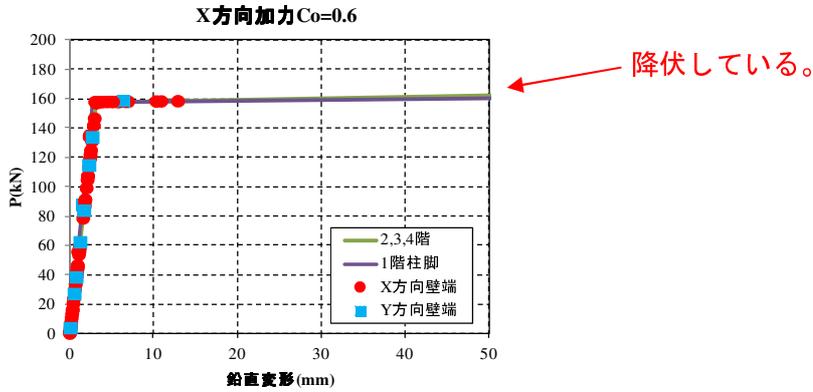


※終局のため、強度に掛ける係数は1を用いている。

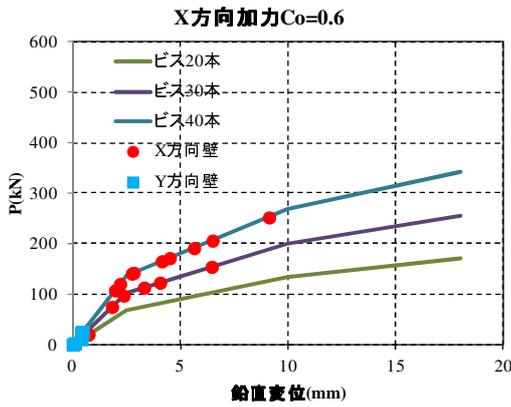
図 2.5.7 -25 $C_o=0.6$ でのパネルの検定比 (モデル3、X方向加力)

b. 接合部

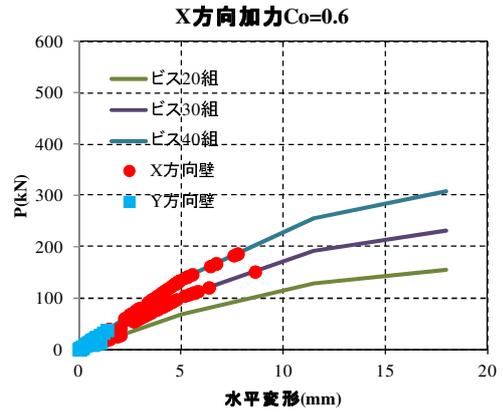
壁－基礎ボルト、壁－壁ボルト



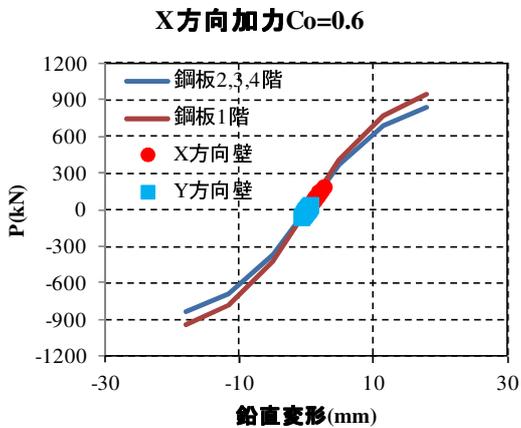
壁－基礎水平接合 (U型金物)



壁－床水平接合 (L型金物)



壁－壁鉛直 (平行) 接合



壁－壁鉛直 (直角) 接合 (L型金物)

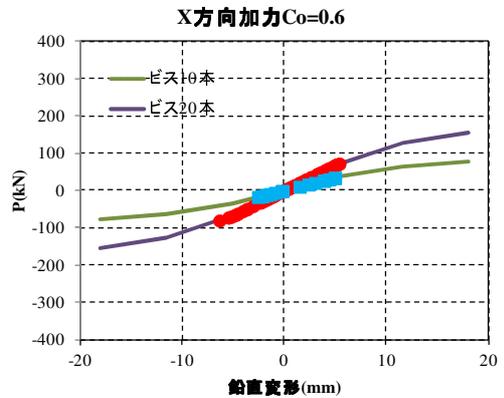
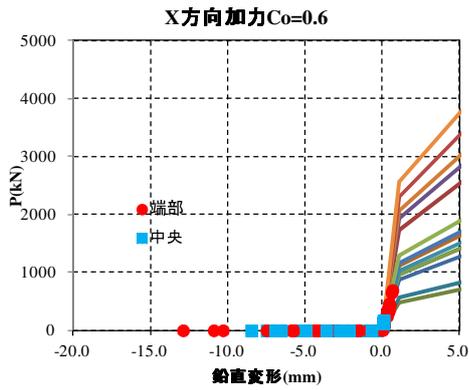
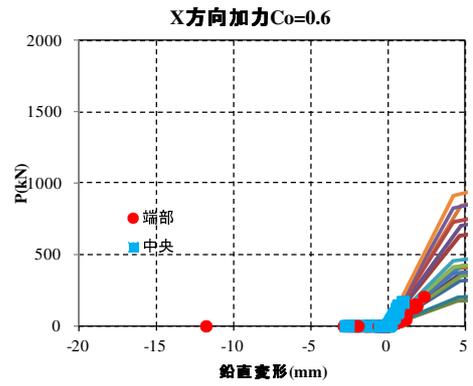


図 2.5.7 -26 $C_o=0.6$ での各接合部の変形－応力状態その1 (モデル3、X方向加力)

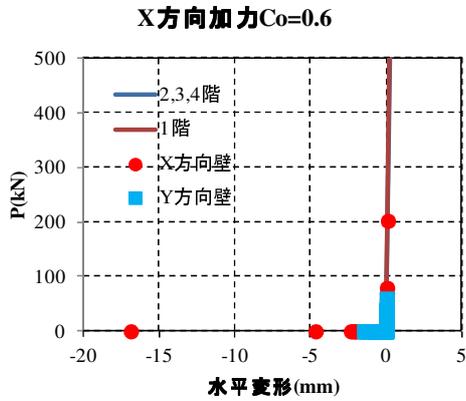
壁—基礎めり込み



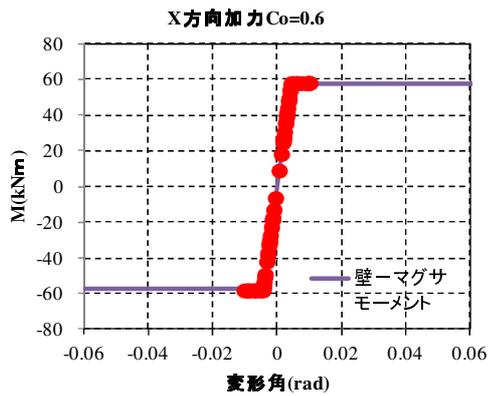
壁—床めり込み



壁—壁水平めり込み



壁—マグサモーメント接合



壁—マグサせん断接合

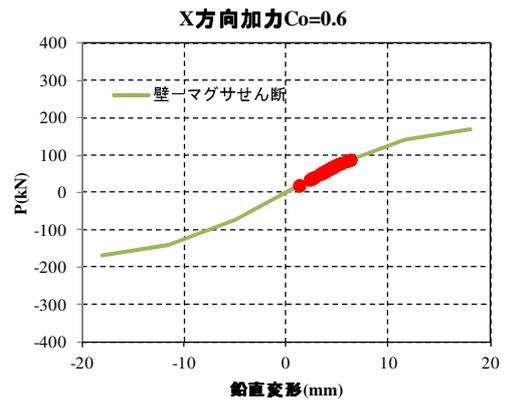
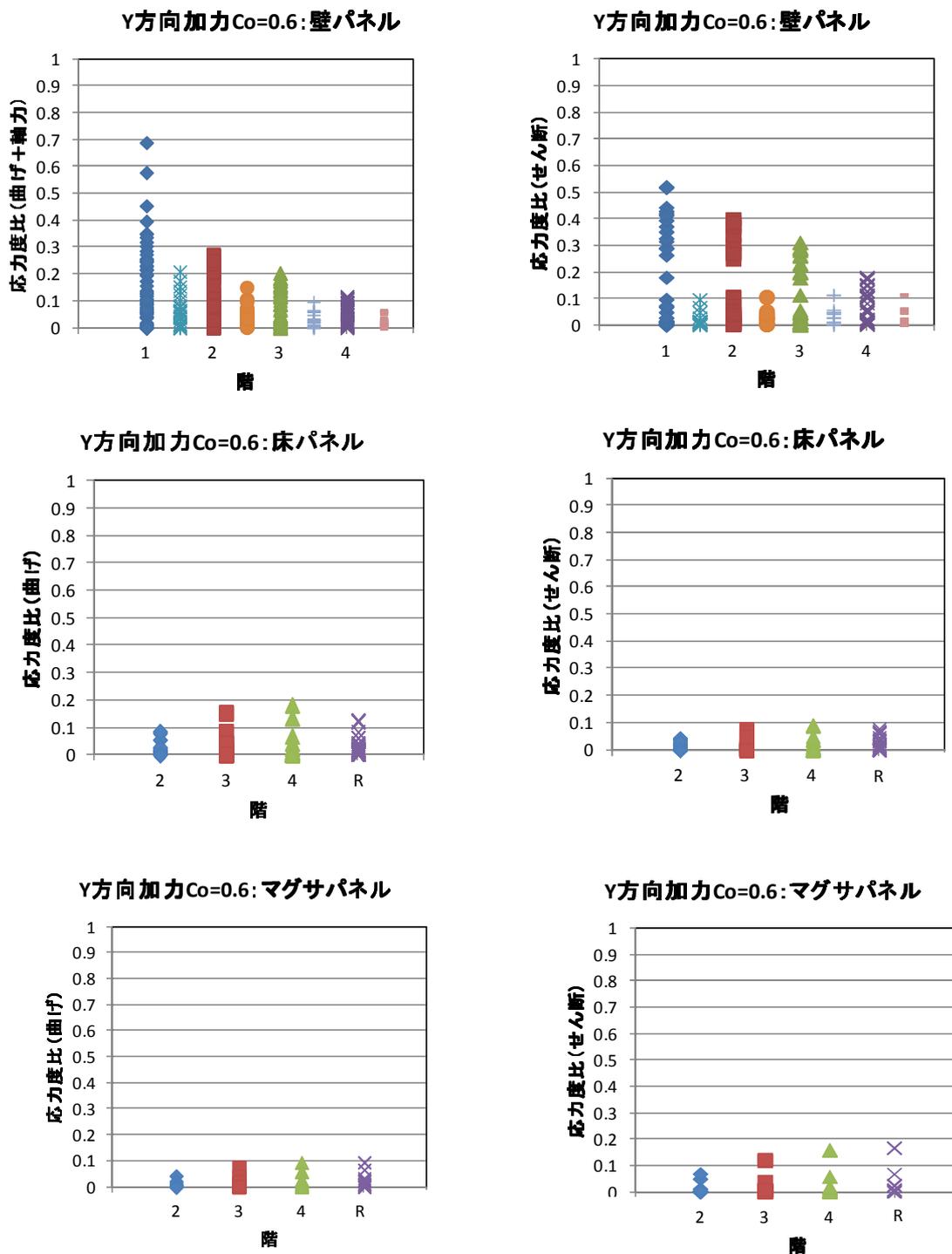


図 2.5.7 -27 $C_0=0.6$ での各接合部の変形—応力状態その2 (モデル3、X方向加力)

2)Y 方向

a. パネル

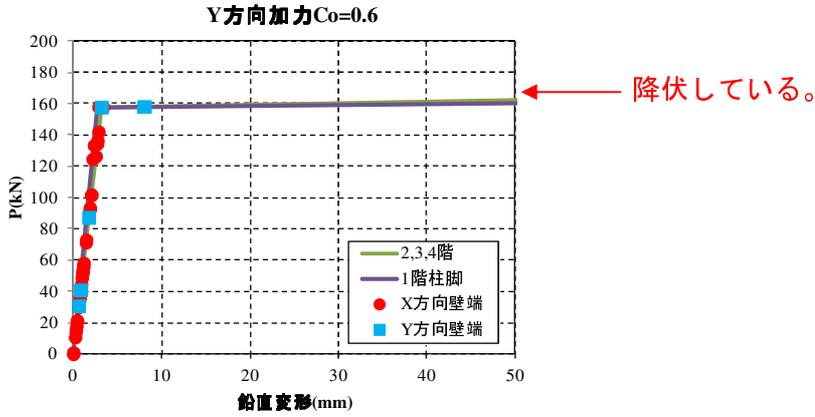


※終局のため、強度に掛ける係数は 1 を用いている。

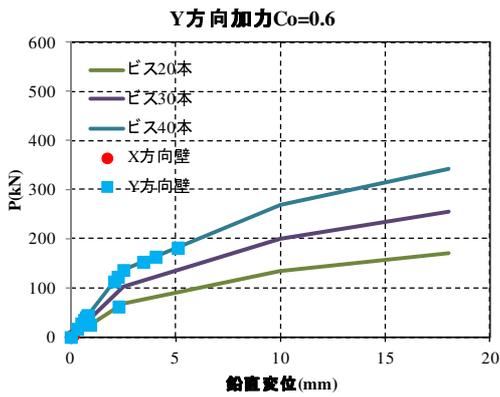
図 2.5.7 -28 $C_o=0.6$ でのパネルの検定比 (モデル 3、Y 方向加力)

b. 接合部

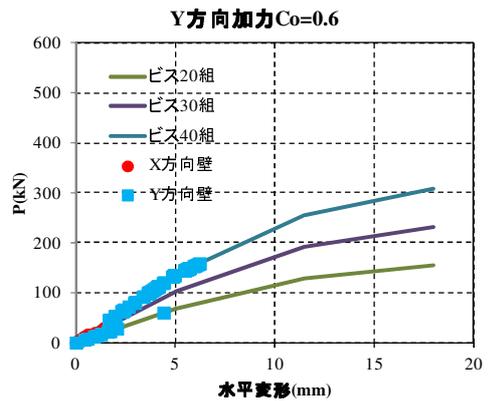
壁-基礎ボルト、壁-壁ボルト



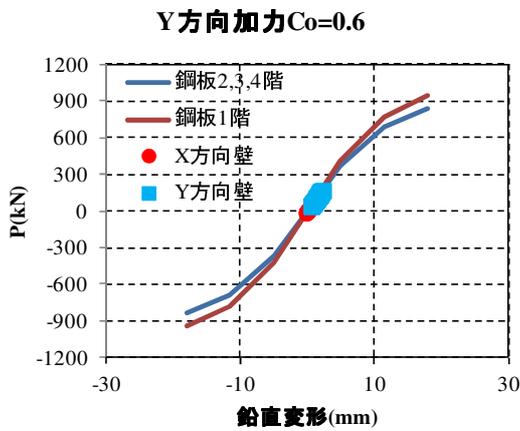
壁-基礎水平接合 (U型金物)



壁-床水平接合 (L型金物)



壁-壁鉛直 (平行) 接合



壁-壁鉛直 (直角) 接合 (L型金物)

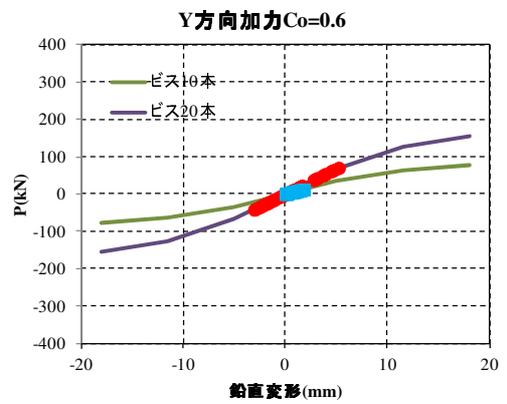
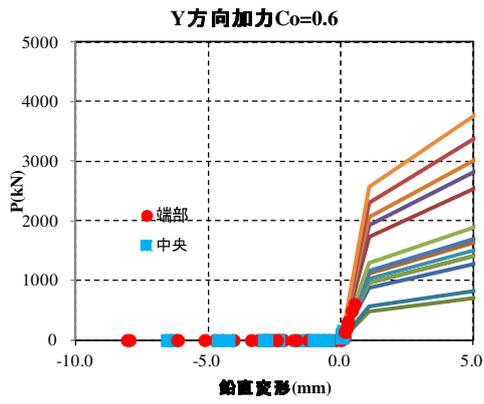
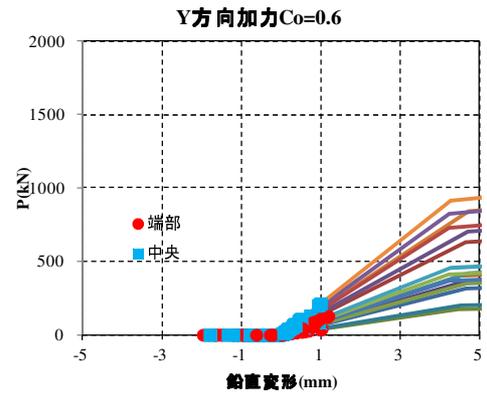


図 2.5.7-29 $C_o=0.6$ での各接合部の変形-応力状態その2 (モデル3、Y方向加力)

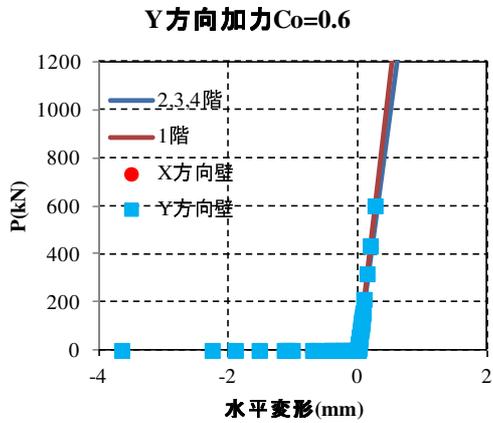
壁—基礎めり込み



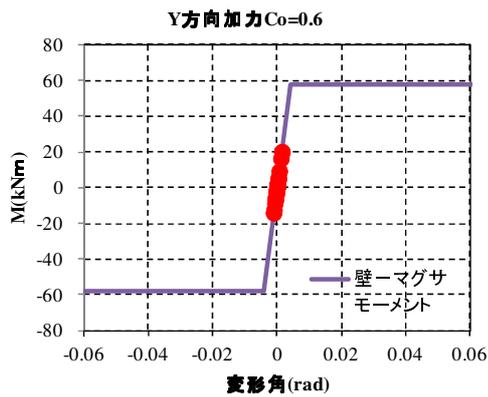
壁—床めり込み



壁—壁水平めり込み



壁—マグサモーメント接合



壁—マグサせん断接合

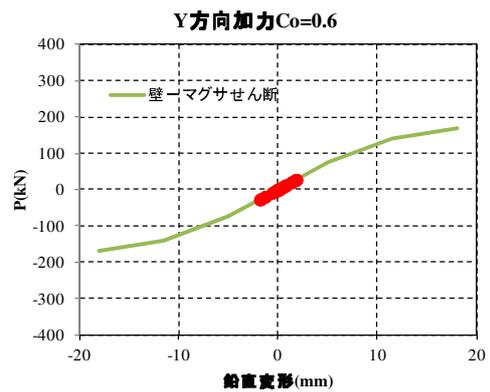


図 2.5.7 -30 Co=0.6 での各接合部の変形—応力状態その2 (モデル3、Y方向加力)

2.5.8 まとめ

- ① ルート3を想定し、靱性に全く期待しない $Ds=1.0$ の場合と靱性にある程度期待する $Ds=0.6$ ($\mu=1.89$) の試設計を行った。 $Ds=0.6$ ではマグサのあり/なし、壁-壁平行接合部の剛性および強度を変え、2種類行った。

表 2.5.8-1 各モデルのパネル及び接合部の設定

部位	モデル1 $Ds=1.0$ マグサなし	モデル2 $Ds=0.6$ マグサなし	モデル3 $Ds=0.6$ マグサあり	備考
壁・マグサパネル	S60-5-5×2重	S-60-7-7	S-60-7-7	
床パネル	Mx60-5-7	Mx60-5-7	Mx60-5-7	
壁-床水平接合	L金物	同左	同左	ビス本数は各ケース異なる。
壁-基礎水平接合	U金物	同左	同左	ビス本数は各ケース異なる。
壁-壁鉛直(直角)接合	L金物	同左	同左	ビス本数は各ケース異なる。
壁-壁鉛直(平行)接合	長ビス斜め打(Px)	同左	鋼製プレート	ビス本数は各ケース異なる。
壁-壁ボルト	引きボルト	同左	同左	$Ds=1.0$ と $Ds=0.6$ で異なる。
壁-基礎ボルト	引きボルト	同左	同左	$Ds=1.0$ と $Ds=0.6$ で異なる。
壁-マグサモーメント	—	—	引きボルト	
壁-マグサせん断	—	—	マグサ金物	

- ② モデル1、2ともに、境界梁としてのCLT床パネルに大きな応力がかかり、曲げ破壊、せん断破壊が発生する。また、X方向（壁が分離している架構）では、一部の壁パネルに応力が集中する傾向があり、圧縮（座屈）+曲げで応力度比でNGになった。
モデル3では、パネルおよび接合部ともにNGとなる箇所はなかった。ただし、一部の壁パネルに応力が集中する傾向はある。
- ③ 境界梁としてのCLT床パネルの破壊は靱性が期待できないので、架構として、CLT床パネルを考慮するのは困難である。CLT床パネルを境界梁とする場合は、床パネルの変形角を小さい状態にとどめる必要がある。それ以上の変形角とするときは、架構としては、床パネルに期待しない、例えばマグサなどを使う必要がある。ただし、その際にも、強制変形として床パネルに応力が加わるために、おそらく局所的な破壊が生じる。従って、鉛直支持部材としてのその破壊が許容できるか考慮しなければならない。
- ④ Y方向（長い妻壁が存在する架構）では、モデル1、2で一部の壁パネルに応力が集中した

が、応力度比が1以下となり、設計可能である。モデル3では応力度比が0.7以下となった。

- ⑤ Y方向に関しても、壁-壁鉛直接合部を長ビスとしたモデル1、2では妻壁が一体として挙動せず、鋼板+ビスとしたモデル3では妻壁が一体として挙動した。応力度比を見ると、モデル1、2では強度ぎりぎりとなるものがあったが、モデル3では十分な余裕がある。これは、モデル3では妻壁が一体に挙動するような接合部とするため、剛性・耐力をかなり大きくしたためである。
- ⑥ 壁-壁鉛直接合部は、モデル1、2では長ビス斜め打ちとしており、これの水平方向の壁-壁引張時の挙動が不明確なため、引張側の剛性・耐力はないものとして解析した。モデル3では鋼板ビスどめであり、長ビス斜め打ちよりも明確な挙動となるが、比較のため、この部分に関しては、モデル1、2と同一条件とした。そのため、モデル3でもかなり隙間があくという解析結果になっている。

2.5.9 質点系モデルのモデル化

2.5.9.1 モデル化

(1) モデル

下記に解析モデルを示す。CLT 中層オフィスビルの試設計で算出した弾塑性漸増解析結果より地上4層の質点系モデルとする。

各節点の自由度は水平方向1自由度とし、各階のばねは等価せん断ばねに置換する。解析プログラムは「TDAP-3」(アーキ情報システム)による

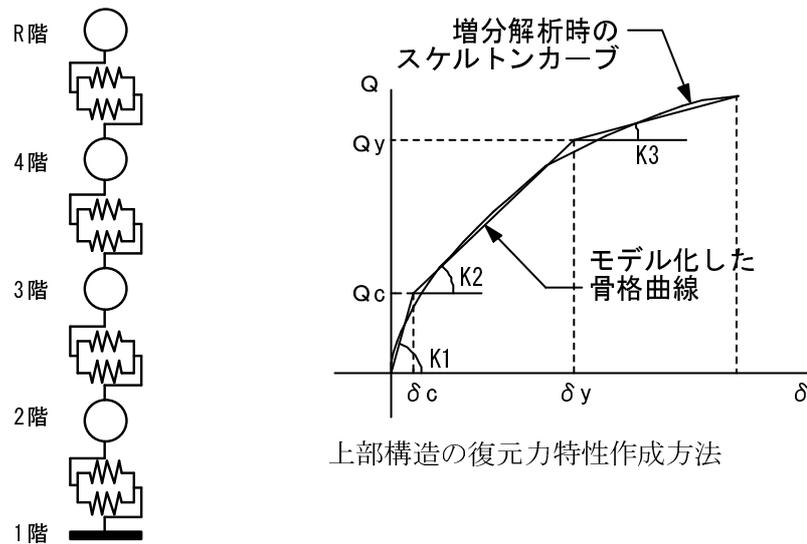


図 2.5.9-1 解析モデル

(2) 上部構造のばね

弾塑性漸増荷重解析結果より得られた各層のせん断力-層間変形関係から、各階の応答範囲を考慮してモデル化する。

第1折れ点耐力 Q_c は等価剛性が初期剛性 K_1 の70~80%程度となる時点の層せん断力とする。

第2折れ点耐力 Q_y および第2、3分岐剛性 K_2 、 K_3 はモデル化による履歴面積が弾塑性漸増荷重解析結果と等価となるようなトリリニア型とする。

履歴特性はトリリニア-スリップ型であるが CLT 柱頭、柱脚にあるアンカーボルトの履歴を考慮し、履歴特性の20%はバイリニア型の履歴とする。

スリップ時の履歴は初期剛性の $1/1000$ とする。

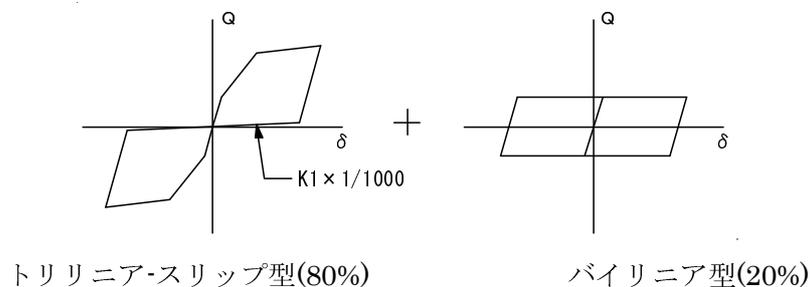


図 2.5.9-2 履歴特性

(3) 減衰定数

減衰定数は、上部構造1次モード振動に対して $h=3\%$ の瞬間剛性比例型とする。

2.5.9.2 解析モデルの諸元

(1) 各階の階高・重量および復元力特性

解析モデルは試設計のモデル1 (Ds=1.0)、モデル2 (Ds=0.6)、モデル3 (Ds=0.6 マグサモデル) の3ケースとし、それぞれ弾性解析も行う。下記に各モデルの諸元を示す。

表 2.5.9-1 解析モデル諸元

モデル1

X方向

階	階高 (mm)	W (kN)	K1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)	K3 (kN/mm)	Qc (kN)	Qy (kN)
4	3500	768.99	32.33	11.54	3.89	852	1813
3	3500	1088.69	49.48	21.06	6.46	1582	3234
2	3500	1081.86	64.90	21.31	7.55	2383	4410
1	4000	1109.84	136.40	54.99	7.43	2025	4508

Y方向

階	階高 (mm)	W (kN)	K1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)	K3 (kN/mm)	Qc (kN)	Qy (kN)
4	3500	768.99	94.11	29.76	1.29	852	1789
3	3500	1088.69	112.15	52.74	2.31	1187	3259
2	3500	1081.86	124.03	64.15	2.78	1457	4214
1	4000	1109.84	208.05	39.72	2.80	1869	5390

モデル2

X方向

階	階高 (mm)	W (kN)	K1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)	K3 (kN/mm)	Qc (kN)	Qy (kN)
4	3500	768.99	19.83	3.02	1.28	660	1176
3	3500	1088.69	30.34	5.13	2.41	1215	1960
2	3500	1081.86	39.64	10.87	3.04	1123	2450
1	4000	1109.84	81.18	12.35	2.71	1173	2744

Y方向

階	階高 (mm)	W (kN)	K1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)	K3 (kN/mm)	Qc (kN)	Qy (kN)
4	3500	768.99	54.09	8.73	0.28	457	1176
3	3500	1088.69	65.52	16.80	0.53	654	2156
2	3500	1081.86	73.39	22.06	0.71	874	2744
1	4000	1109.84	127.33	26.67	1.26	733	2940

モデル3

X方向

階	階高 (mm)	W (kN)	K1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)	K3 (kN/mm)	Qc (kN)	Qy (kN)
4	3500	768.99	40.38	4.16	1.46	863	1470
3	3500	1088.69	52.48	7.21	2.48	1495	2646
2	3500	1081.86	60.82	15.10	2.87	1622	3136
1	4000	1109.84	101.34	13.54	2.35	1759	3920

Y方向

階	階高 (mm)	W (kN)	K1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)	K3 (kN/mm)	Qc (kN)	Qy (kN)
4	3500	768.99	93.80	26.83	1.30	660	1960
3	3500	1088.69	102.72	40.70	2.38	1309	3528
2	3500	1081.86	107.64	33.57	3.13	2121	4900
1	4000	1109.84	152.77	41.27	3.75	2492	5390

2.5.10 入力地震動

2.5.10.1 設計用入力地震動

設計用入力地震動は極めて稀に発生する地震動（レベル2）とする。地震波は告示第1461号に定められている極めて稀に発生する地震動の加速度応答スペクトルに基づいて作成した告示波4波とし、入力倍率を1.1倍とする。

表 2.5.10-1 設計用入力水平地震動諸元（レベル2×1.1倍）

地震波	レベル2×1.1		地震 継続 時間 s
	最大 加速度 cm/s ²	最大 速度 cm/s	
告示波E	361.4	85.2	120
告示波H	398.7	68	120
告示波K	419.8	66.1	163
告示波R	367.3	69.1	120

告示波E 観測波E1 centro NS方向(1940)

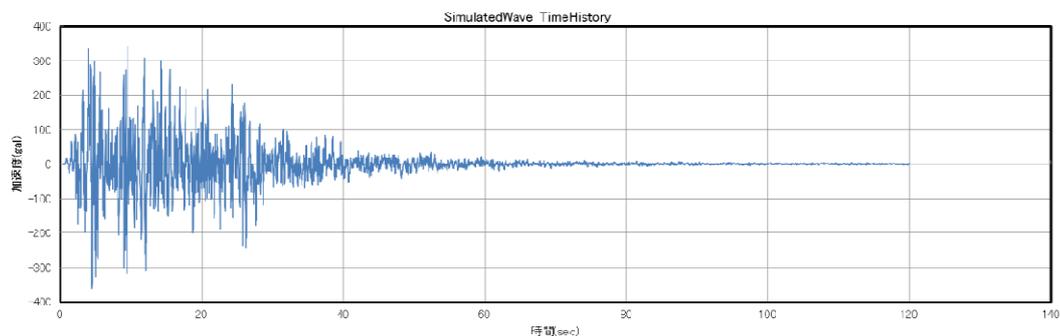
告示波H 観測波Hachinohe NS方向(1968)

告示波K 観測波JMA神戸

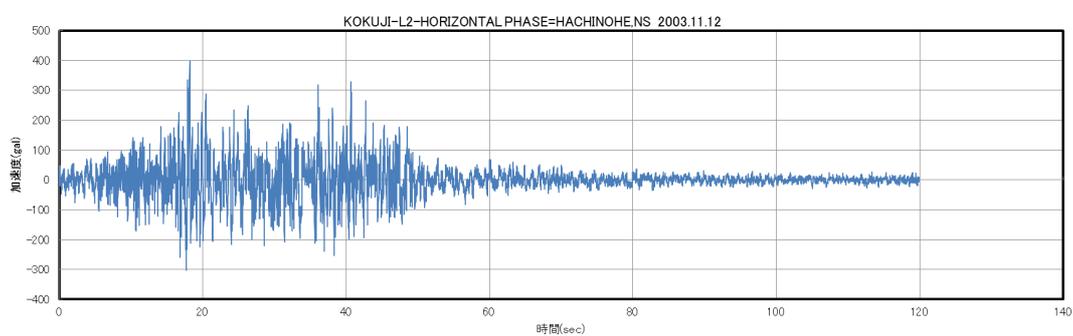
告示波R 乱数位相

2.5.10.2 加速度時刻歴波形

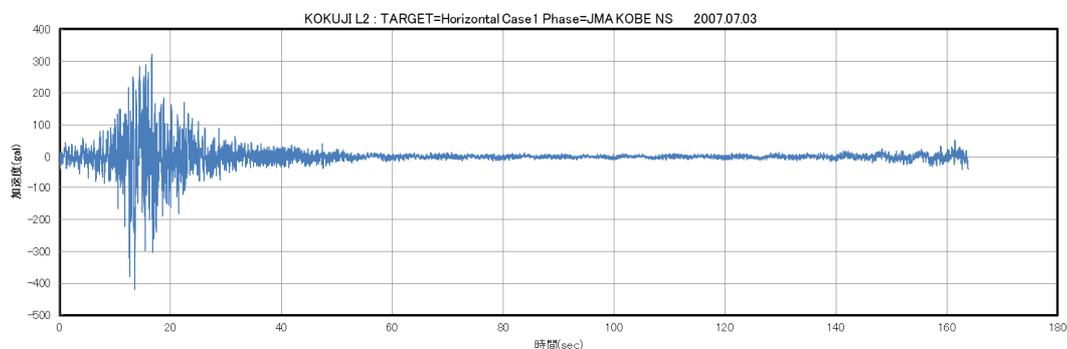
入力倍率 1.1 倍にした加速度時刻歴波形を示す。



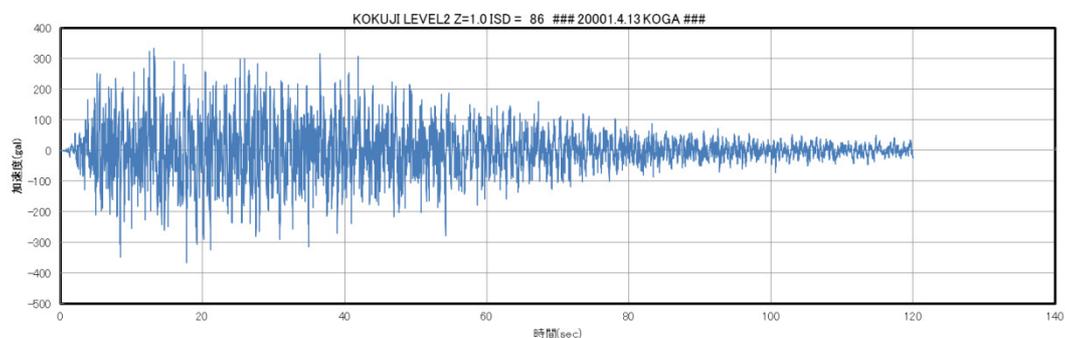
告示波 E



告示波 H



告示波 K

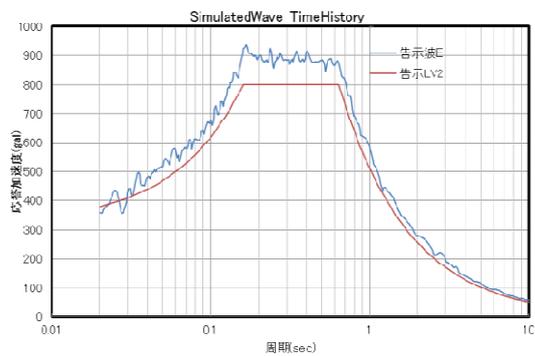


告示波 R

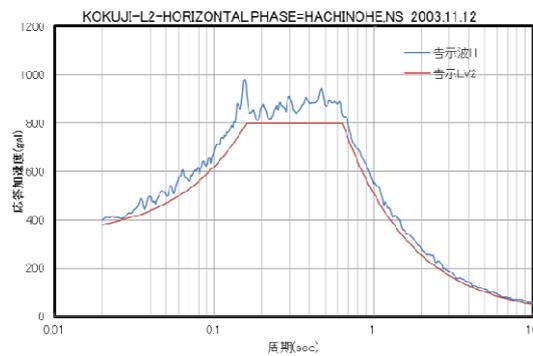
図 2.5.10-1 加速度時刻歴波形 (レベル 2×1.1)

2.5.10.3 加速度応答スペクトル

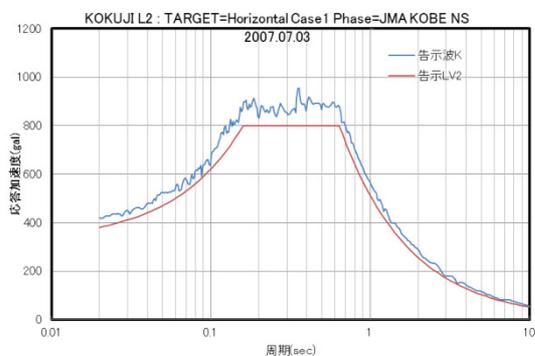
下記に加速度応答スペクトルを示す。



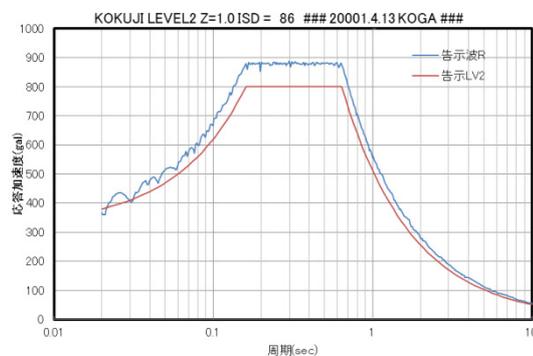
告示波 E



告示波 H



告示波 K



告示波 R

図 2.5.10-2 加速度応答スペクトル (レベル 2×1.1)

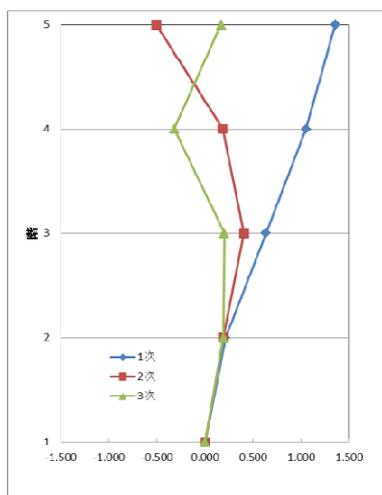
2.5.11 質点系モデルの解析結果

2.5.11.1 固有値解析結果

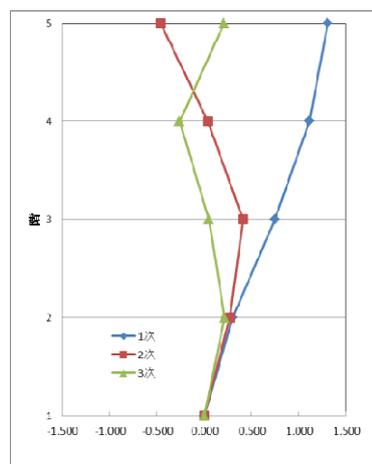
固有値解析結果を以下に示す。

モデル1

X方向				Y方向			
mode	1次	2次	3次	mode	1次	2次	3次
T (sec)	0.648	0.264	0.181	T (sec)	0.464	0.173	0.120
f (Hz)	1.543	3.789	5.510	f (Hz)	2.1561	5.771	8.355
β	0.565	-0.216	-0.149	β	0.585	-0.209	-0.128



X 方向

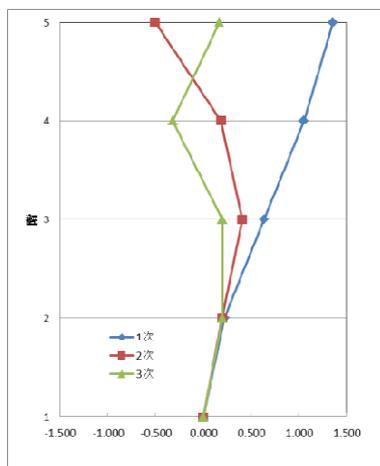


Y 方向

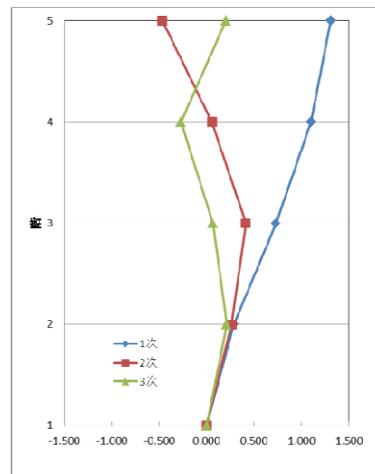
図 2.5.11-1 モード図 (モデル 1)

モデル2

X方向				Y方向			
mode	1次	2次	3次	mode	1次	2次	3次
T (sec)	0.817	0.332	0.228	T (sec)	0.591	0.222	0.154
f (Hz)	1.223	3.010	4.382	f (Hz)	1.6908	4.503	6.506
β	0.556	-0.213	-0.148	β	0.573	-0.207	-0.128



X 方向

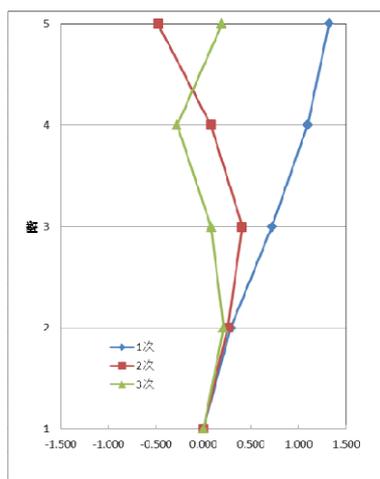


Y 方向

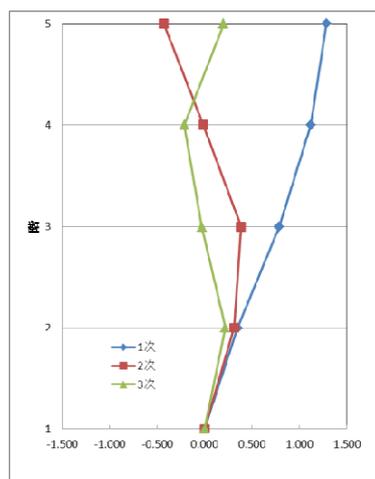
図 2.5.11-2 モード図 (モデル 2)

モデル3

X方向				Y方向			
mode	1次	2次	3次	mode	1次	2次	3次
T (sec)	0.659	0.252	0.174	T (sec)	0.498	0.181	0.124
f (Hz)	1.519	3.966	5.734	f (Hz)	2.0083	5.526	8.069
β	0.572	-0.207	-0.130	β	0.584	-0.201	-0.115



X 方向

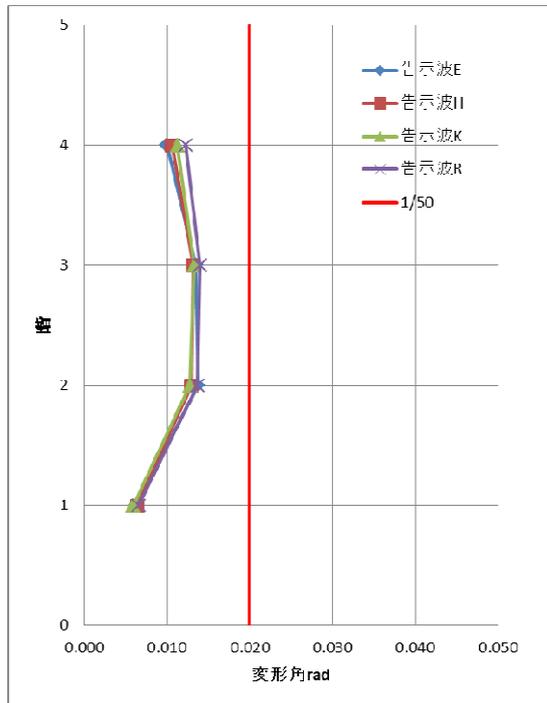


Y 方向

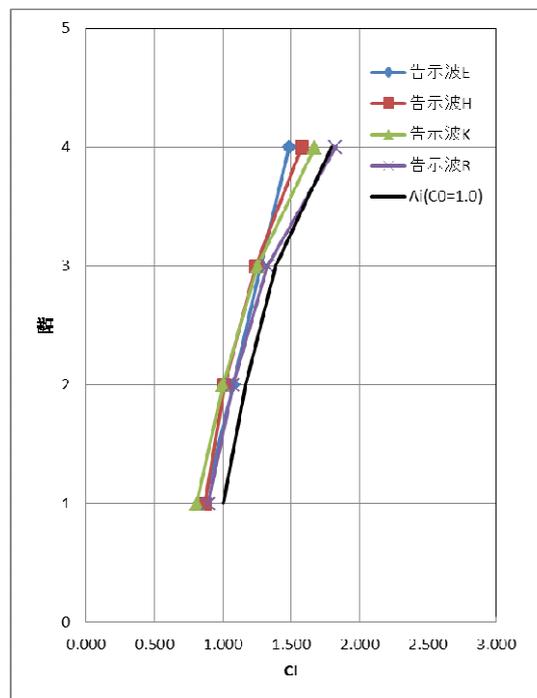
図 2.5.11-3 モード図 (モデル 3)

2.5.11.2 モデル1の応答解析結果

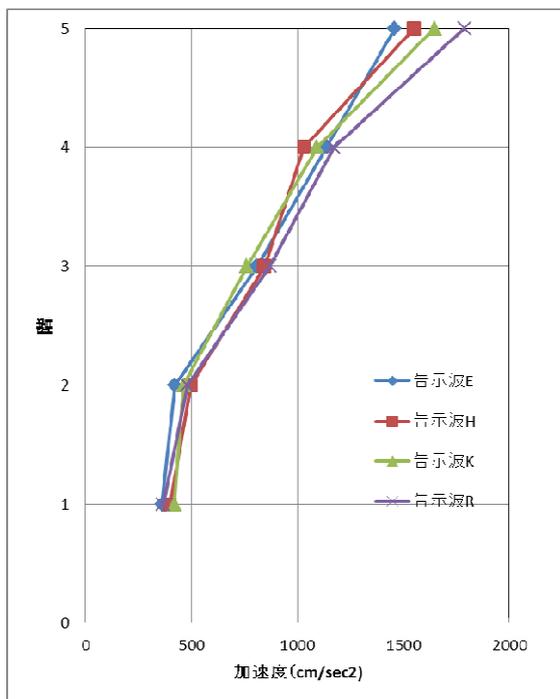
(1) 弾性モデルの結果



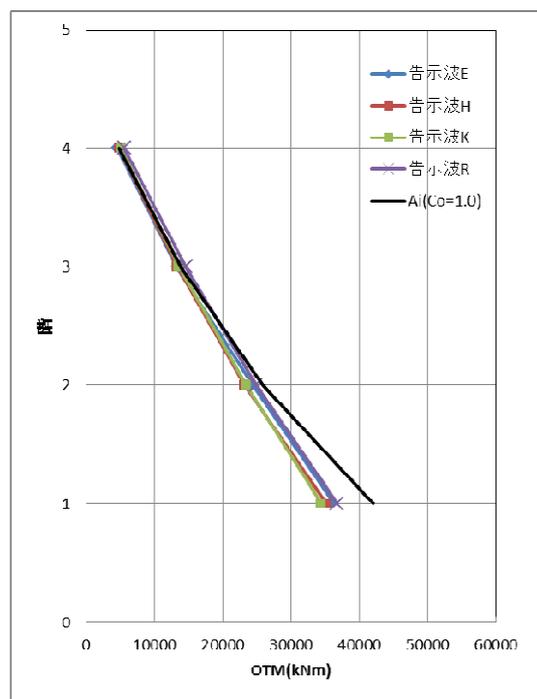
応答変形角



層せん断力係数



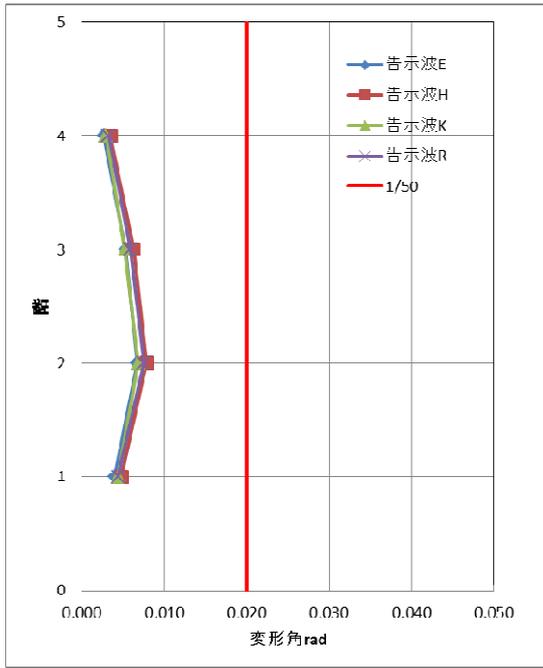
応答加速度



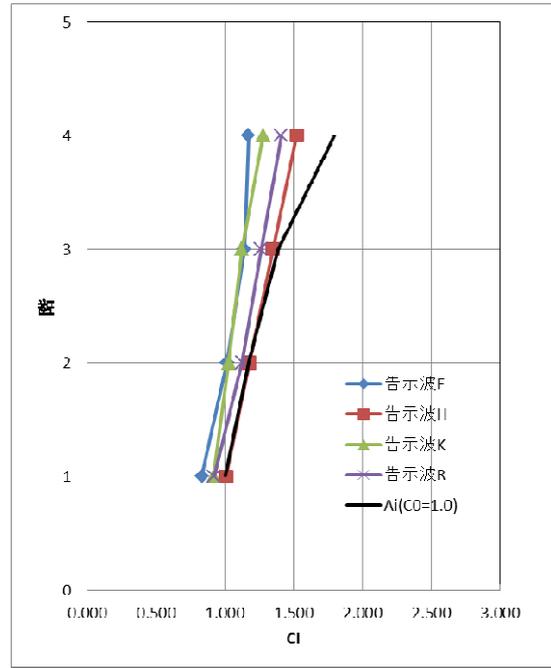
応答 OTM

図 2.5.11-4 X 方向 (モデル1-弾性)

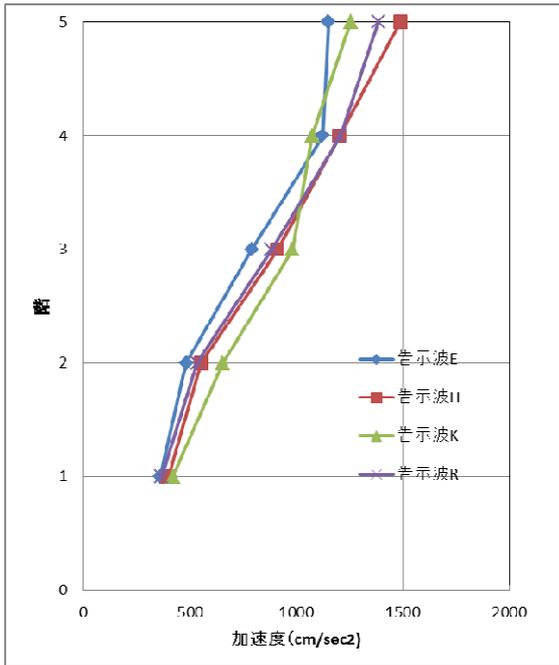
層せん断力係数、応答加速度ともに1階から上階へ行くにつれて大きくなっている。層せん断力係数は1階で $C_b=0.9$ 程度となった。応答加速度は最上階で最大 1800cm/sec^2 となった。



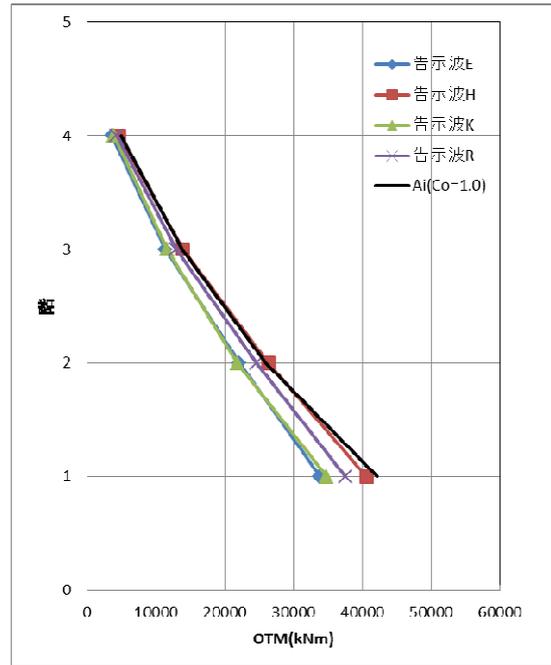
応答変形角



層せん断力係数



応答加速度

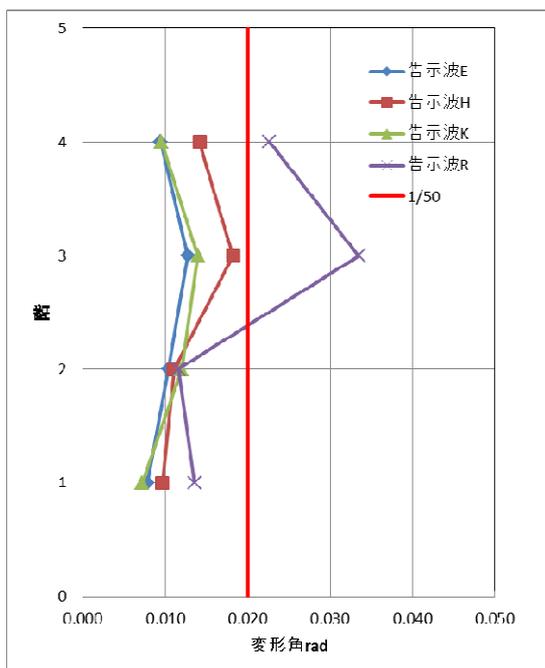


応答 OTM

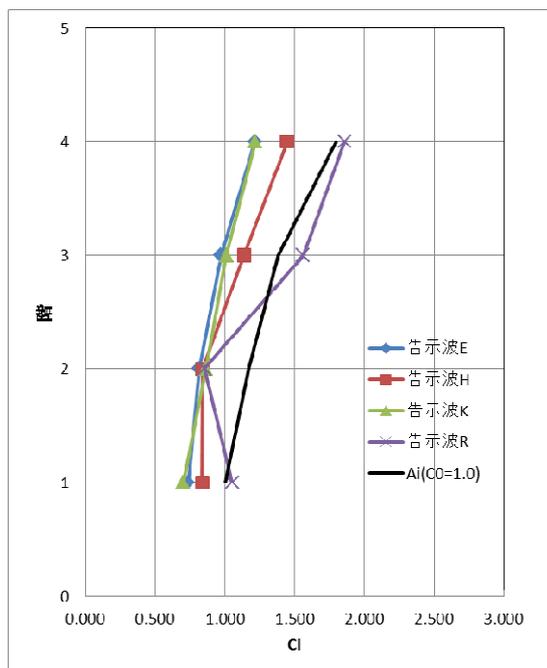
図 2.5.11-5 Y 方向 (モデル 1-弾性)

X 方向、Y 方向とも性状に大きな差は無いが、Y 方向 (妻壁モデル) の方が上階の応答層せん断力係数および加速度が小さくなっている。

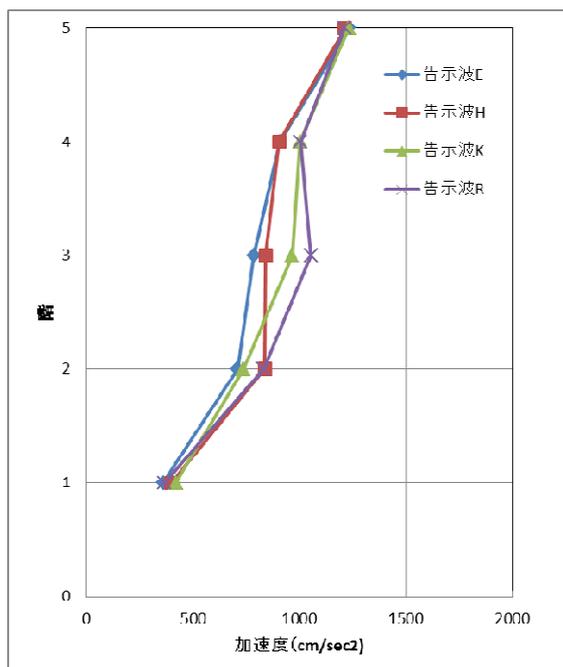
(2) 弾塑性モデルの結果



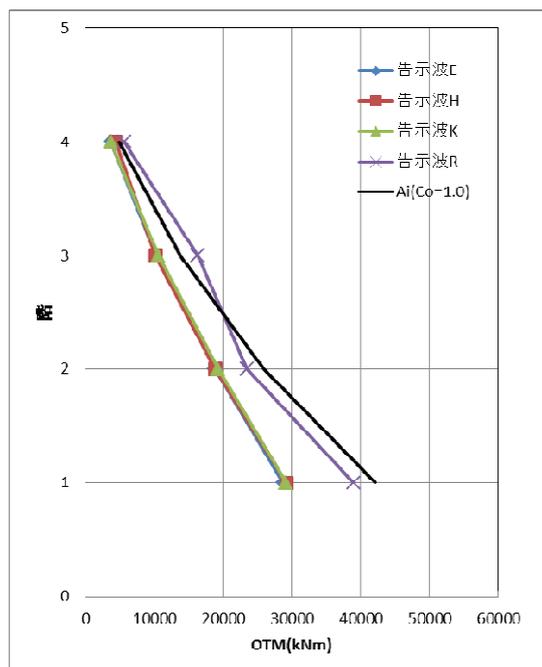
応答変形角



層せん断力係数



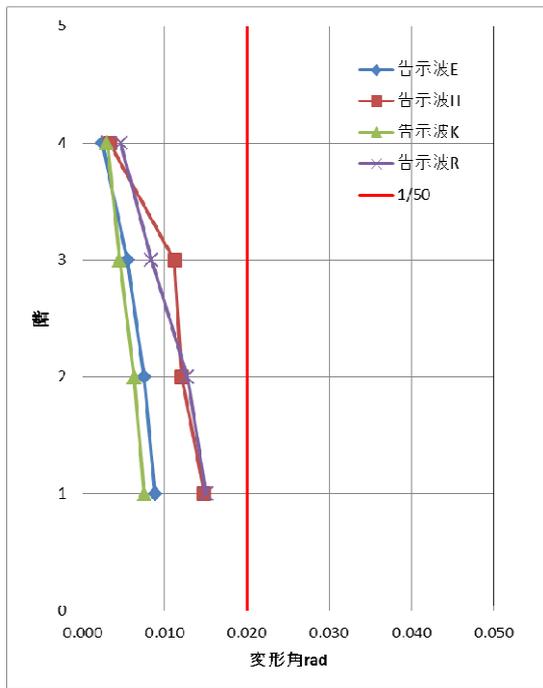
応答加速度



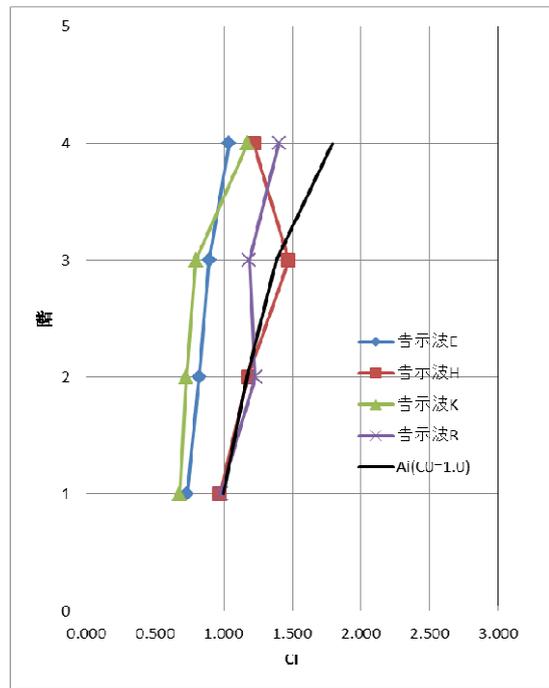
応答 OTM

図 2.5.11-6 X 方向 (モデル 1-弾塑性)

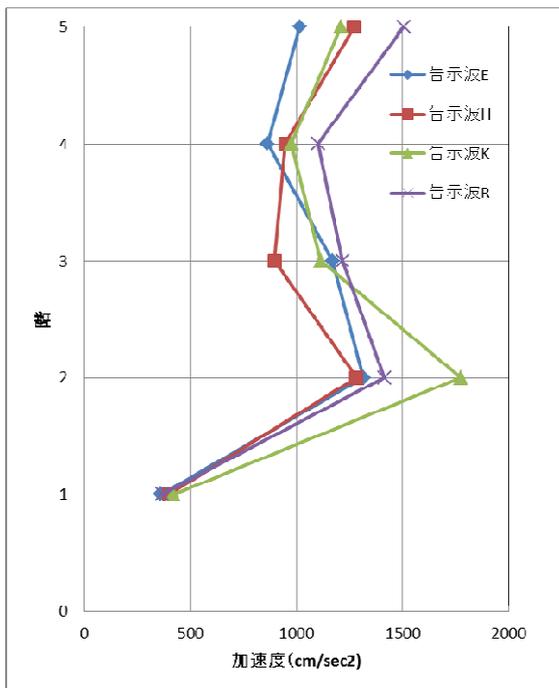
弾塑性モデルは、弾性モデルに比べて変形が多くなった。応答層せん断力係数は告示波 R を除いて弾性より小さくなっている。加速度分布は 2 階レベルで一度加速度が大きくなるが、上階はほとんど同じ応答加速度となった。



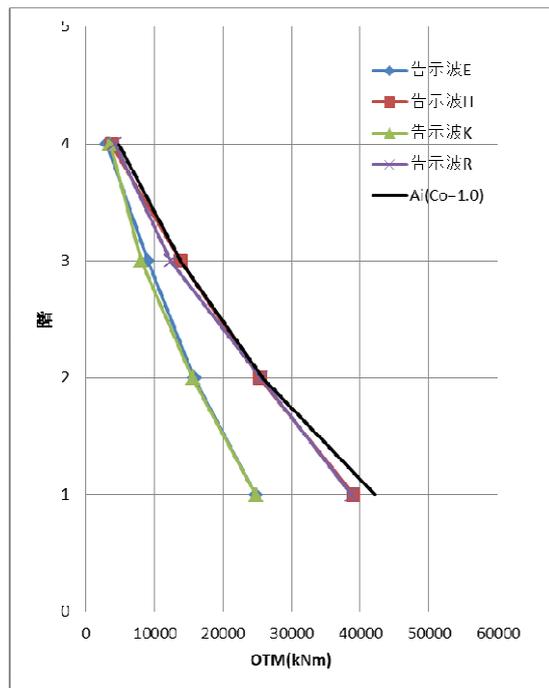
応答変形角



層せん断力係数



応答加速度



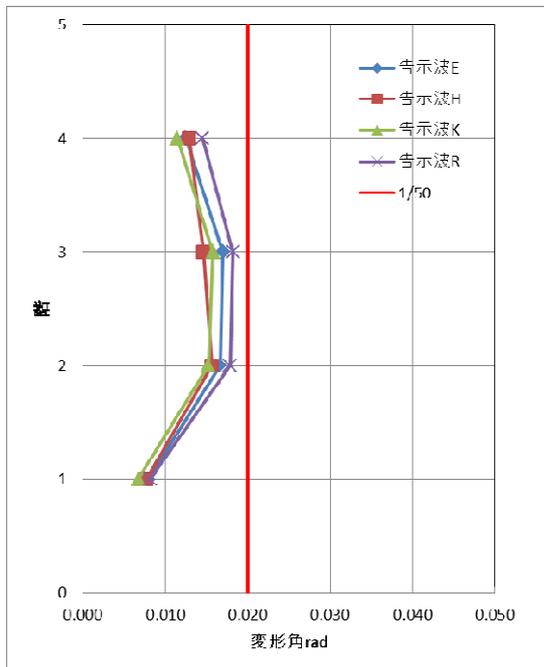
応答 OTM

図 2.5.11-7 Y 方向 (モデル 1-弾塑性)

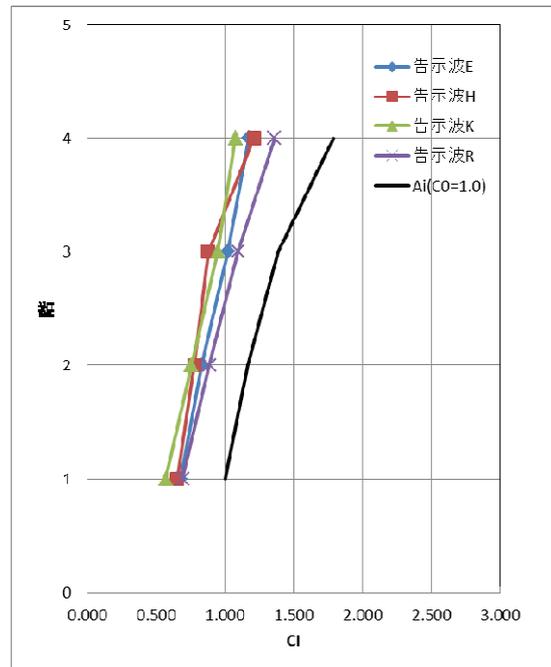
Y 方向も同じような性状を示している。

2.5.11.3 モデル2の応答解析結果

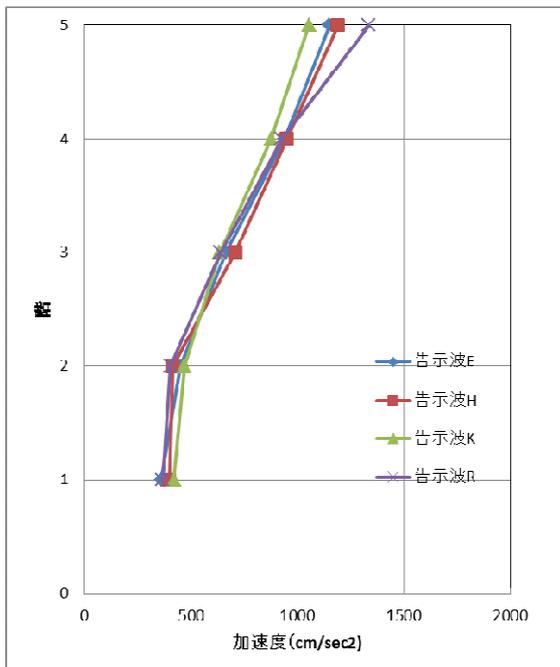
(1) 弾性モデルの結果



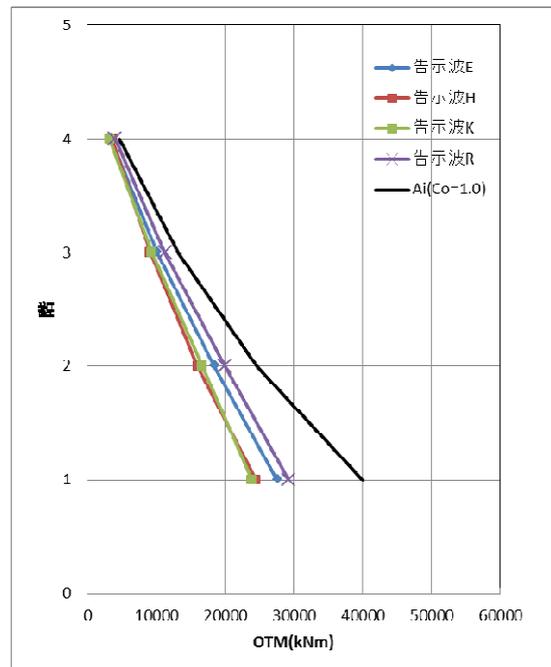
応答変形角



層せん断力係数



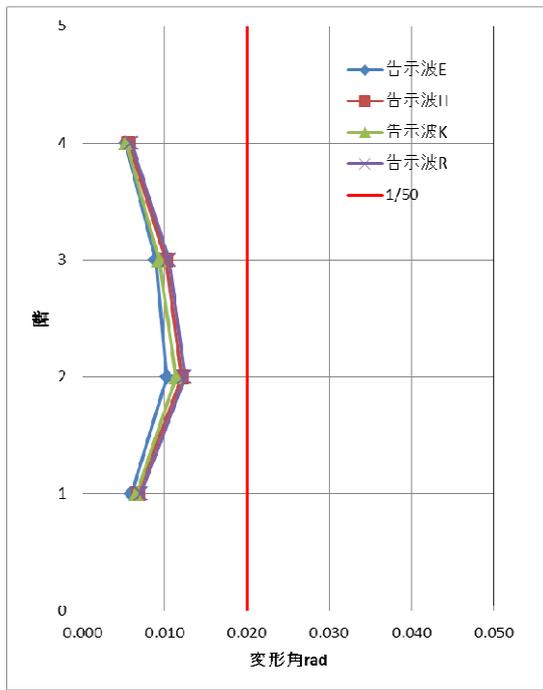
応答加速度



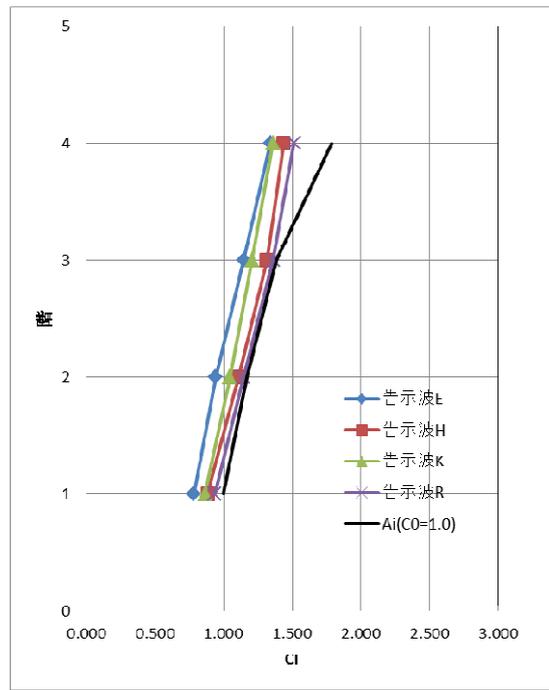
応答 OTM

図 2.5.11-8 X 方向 (モデル2-弾性)

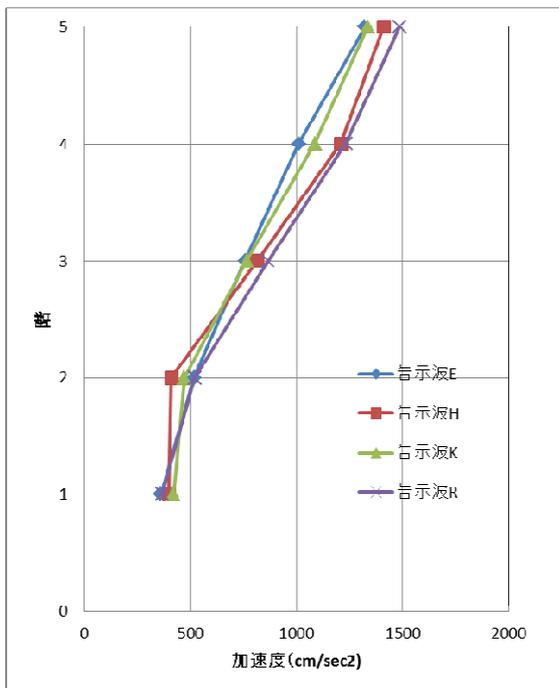
性状はモデル1と同じ傾向であるが、応答は全体的に小さくなっているが変形は大きくなる。



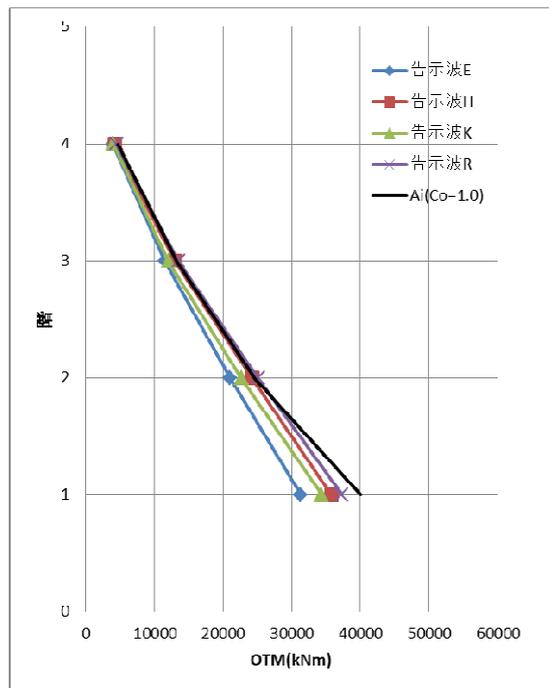
応答変形角



層せん断力係数



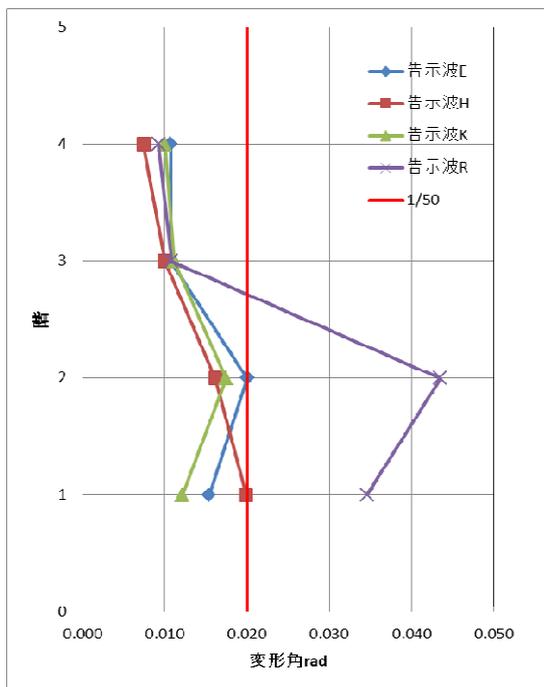
応答加速度



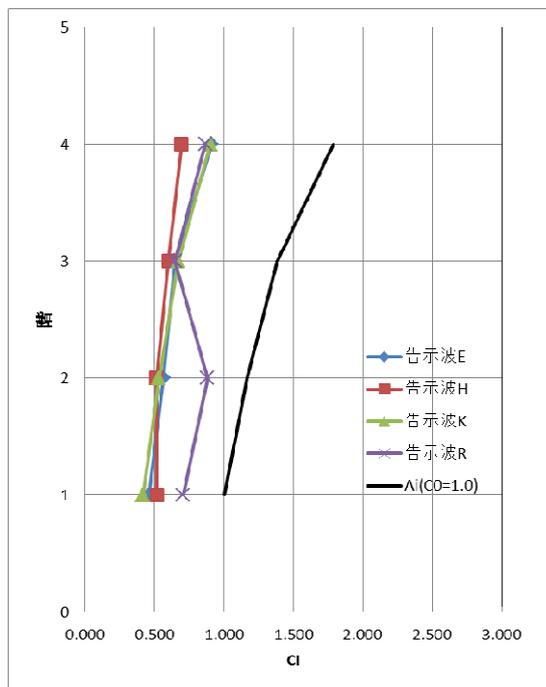
応答 OTM

図 2.5.11-9 Y 方向 (モデル 2-弾性)

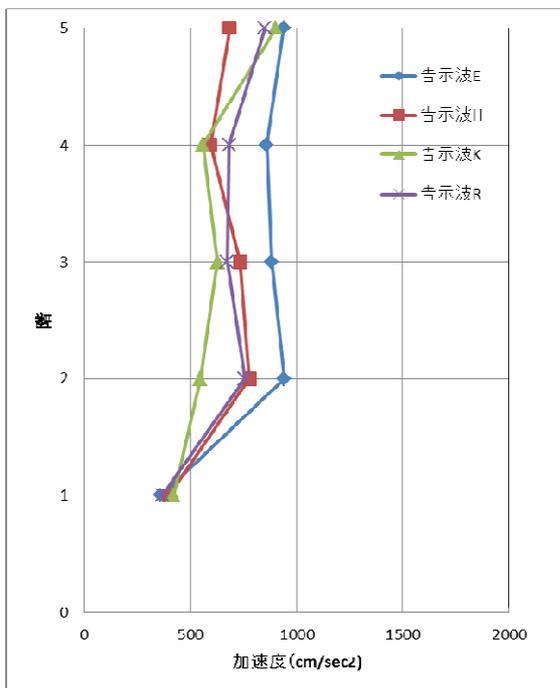
(2) 弾塑性モデルの結果



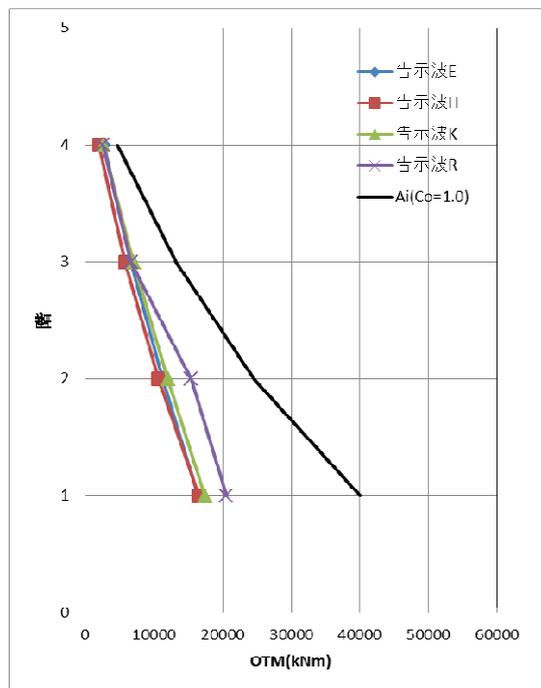
応答変形角



層せん断力係数

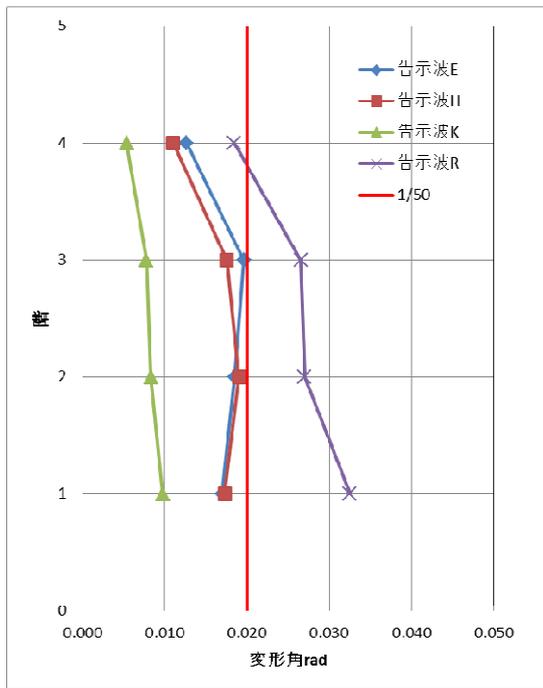


応答加速度

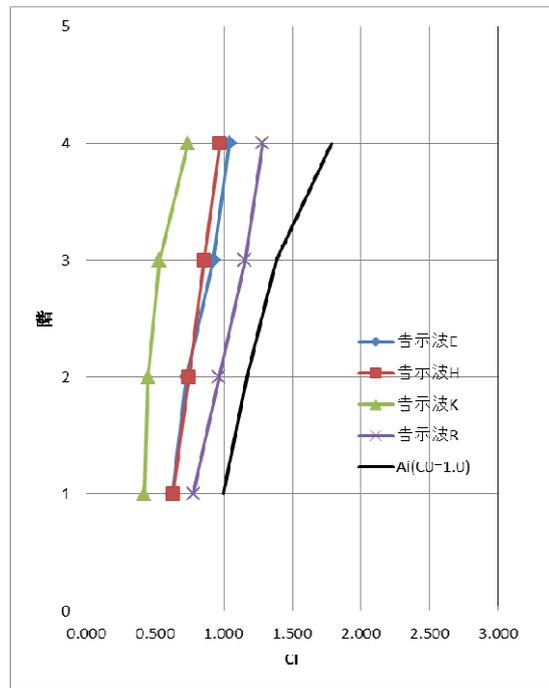


応答 OTM

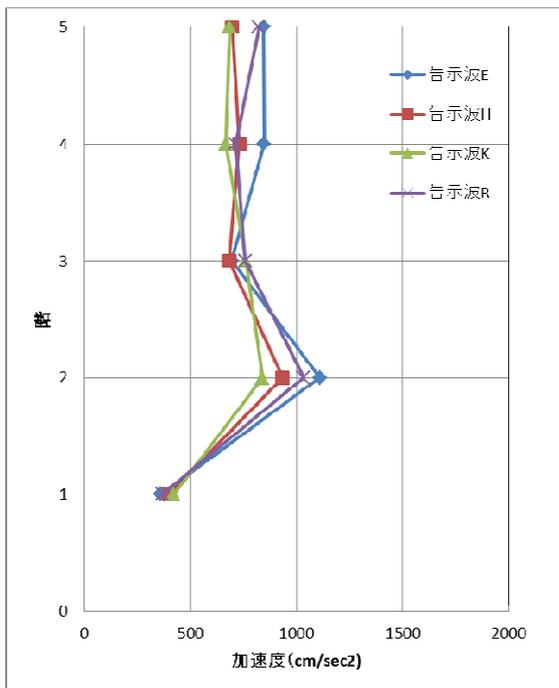
図 2.5.11-10 X 方向 (モデル 2-弾塑性)



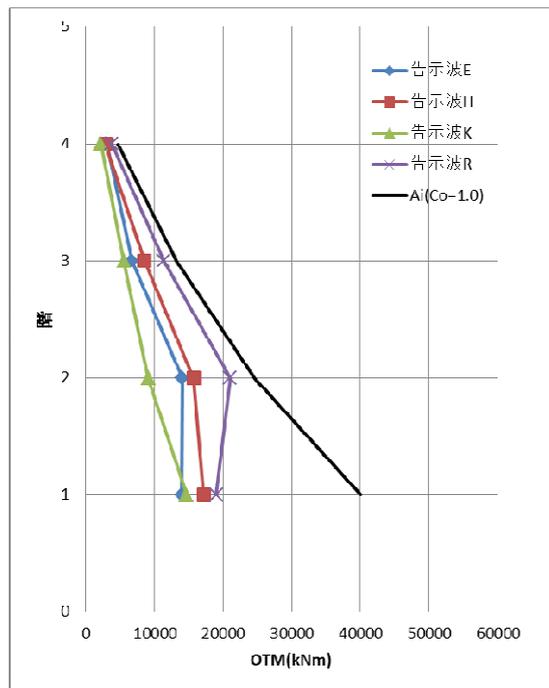
応答変形角



層せん断力係数



応答加速度

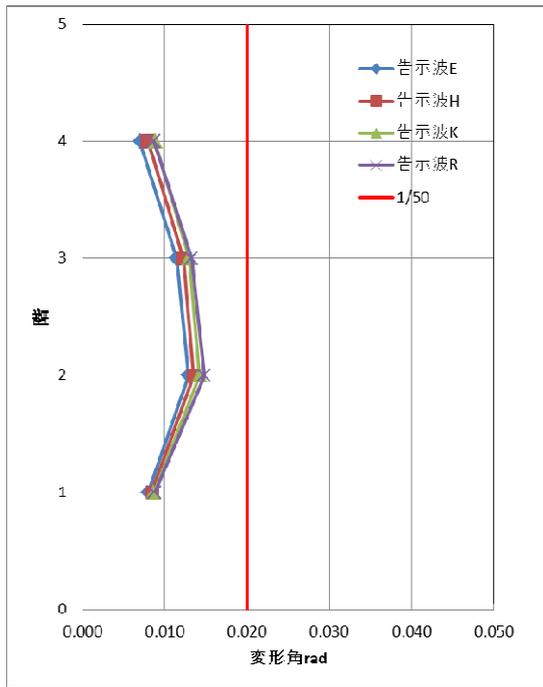


応答 OTM

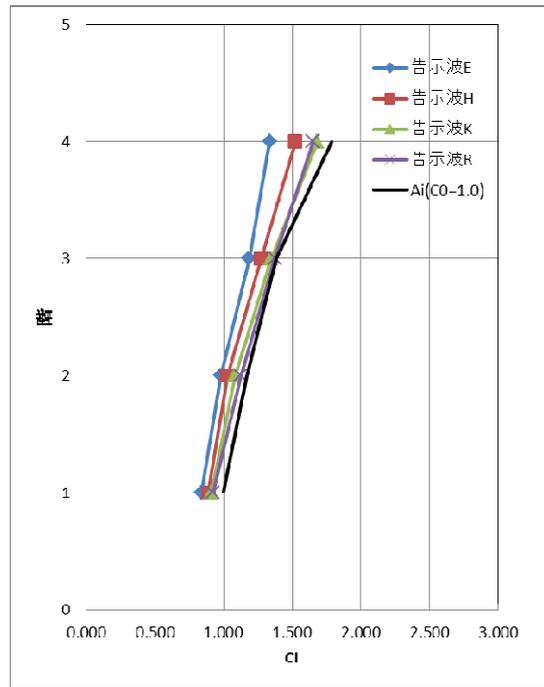
図 2.5.11-11 Y 方向 (モデル 2-弾塑性)

2.5.11.4 モデル3の応答解析結果

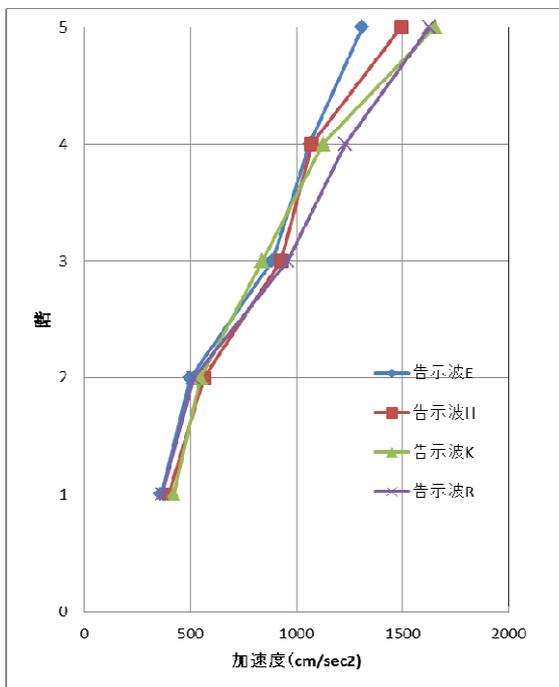
(1) 弾性モデルの結果



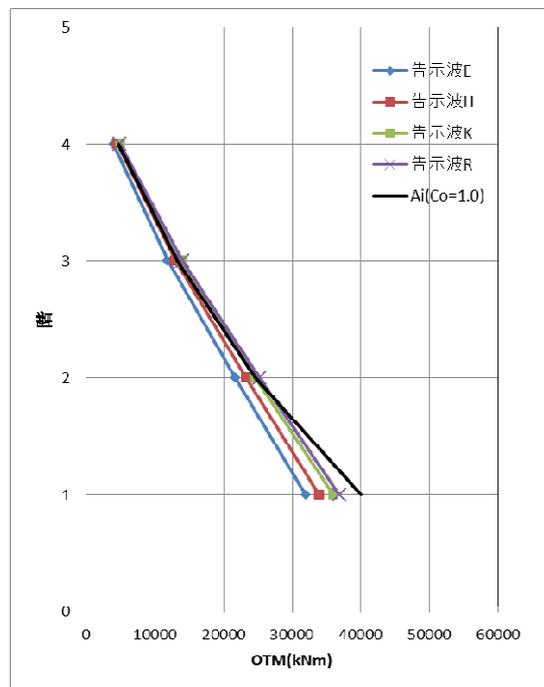
応答変形角



層せん断力係数

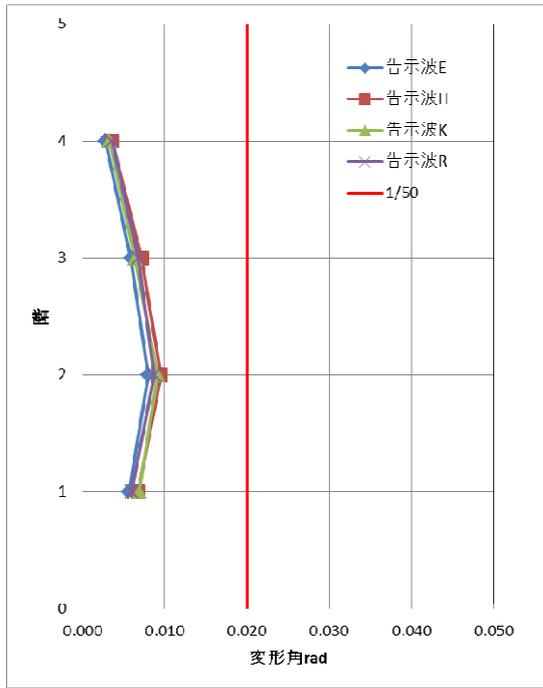


応答加速度

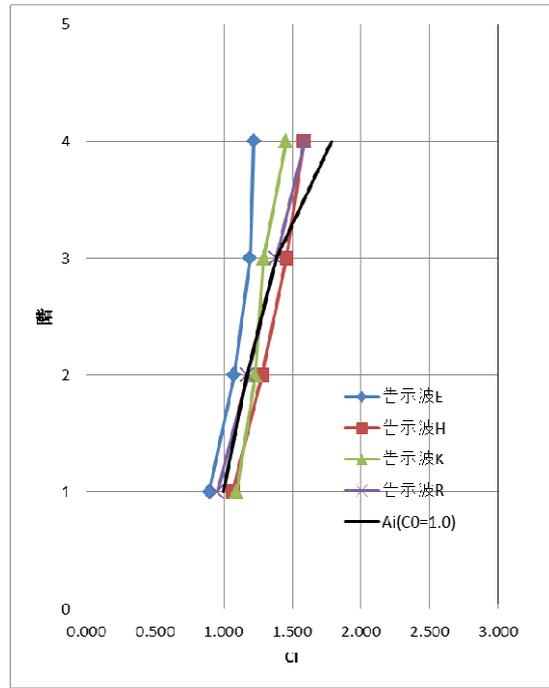


応答 OTM

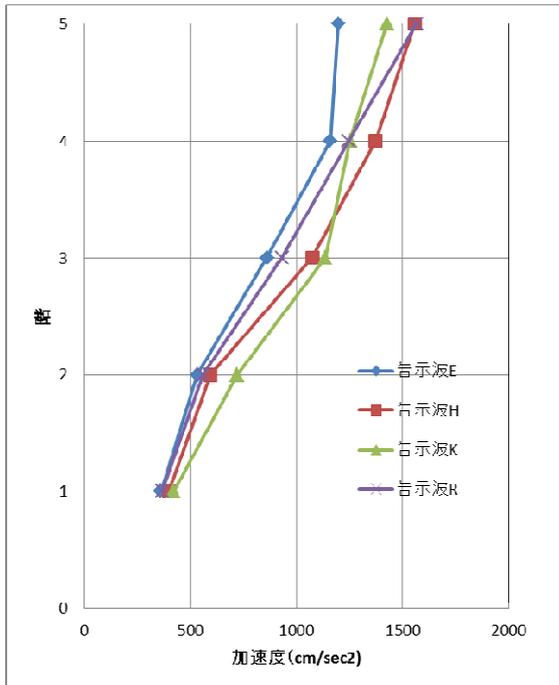
図 2.5.11-12 X 方向 (モデル 3-弾性)



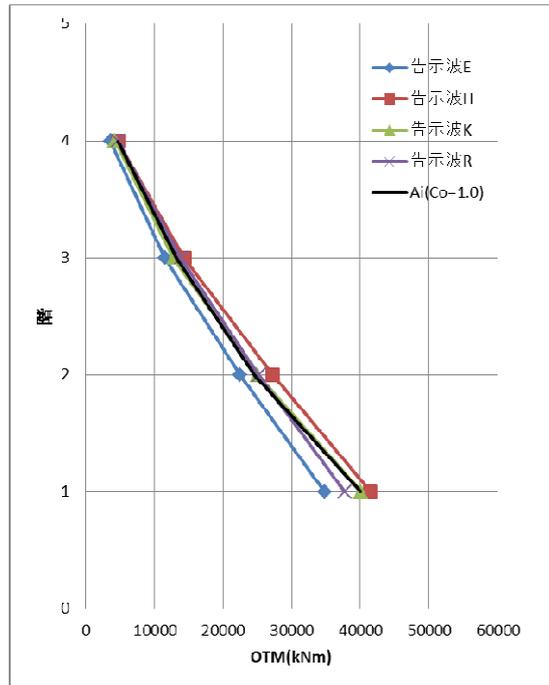
応答変形角



層せん断力係数



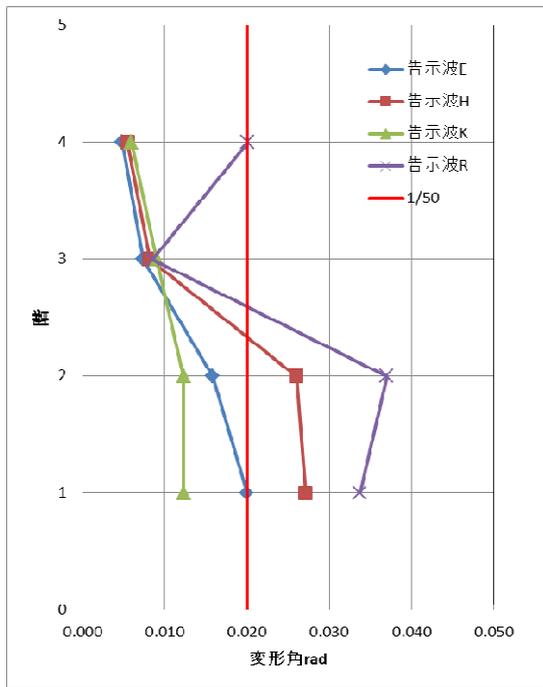
応答加速度



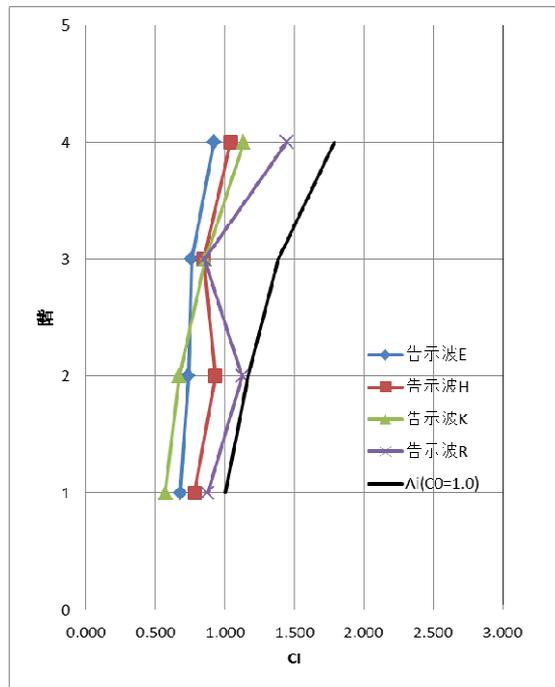
応答 OTM

図 2.5.11-13 Y 方向 (モデル 3-弾性)

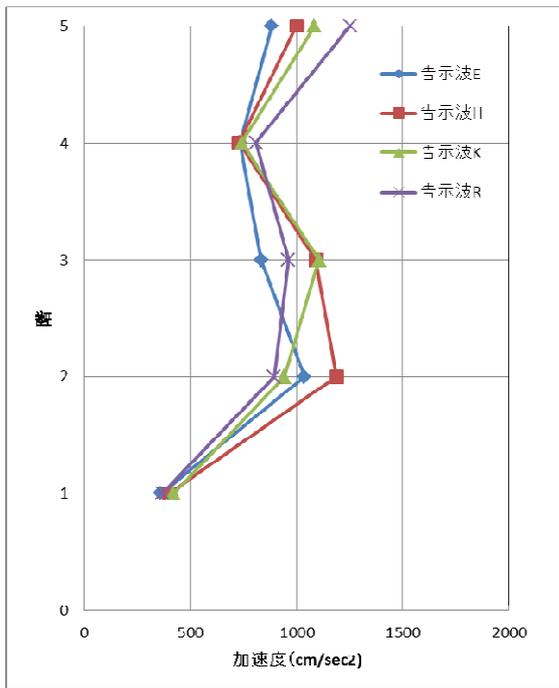
(2) 弾塑性モデルの結果



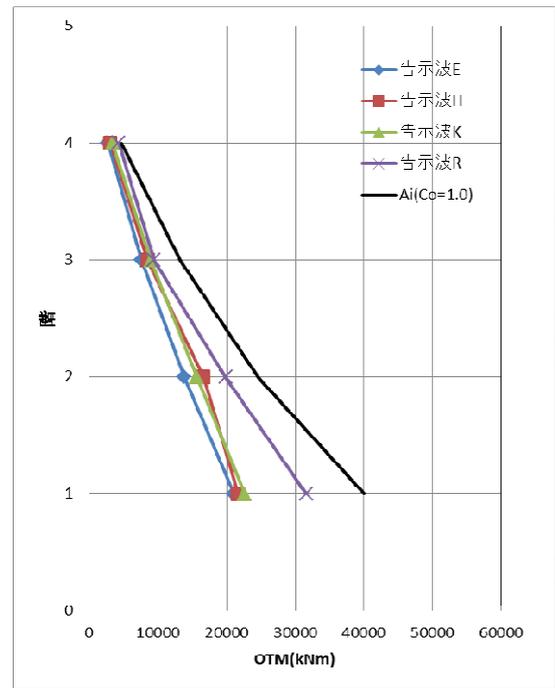
応答変形角



層せん断力係数

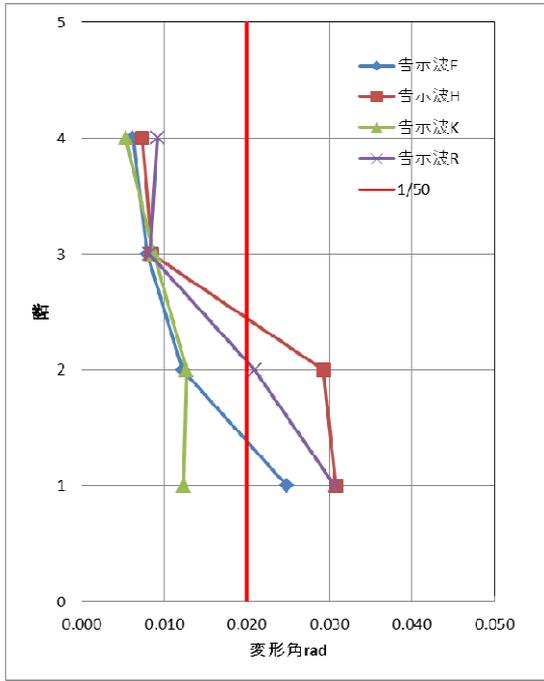


応答加速度

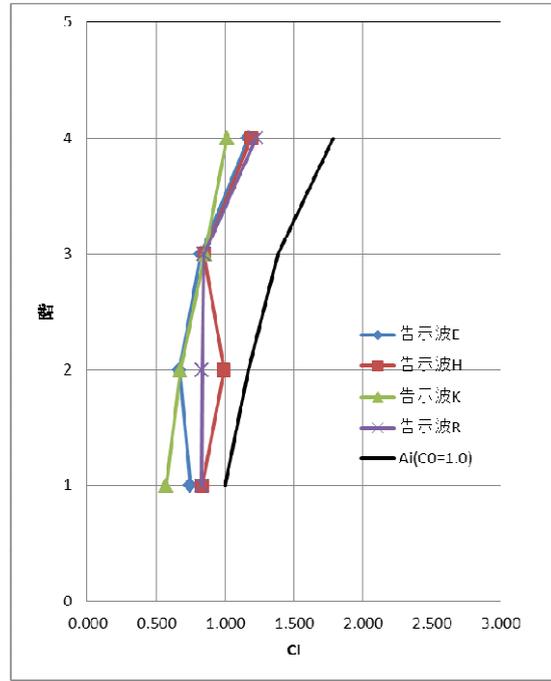


応答 OTM

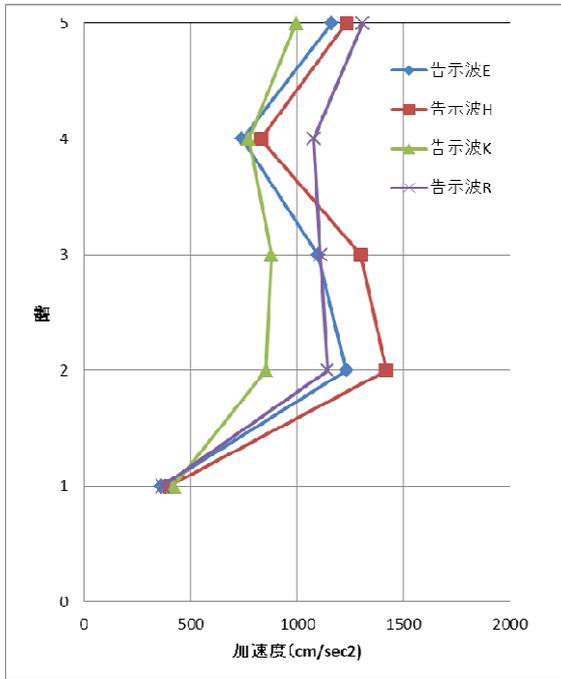
図 2.5.11-14 X 方向 (モデル 3-弾塑性)



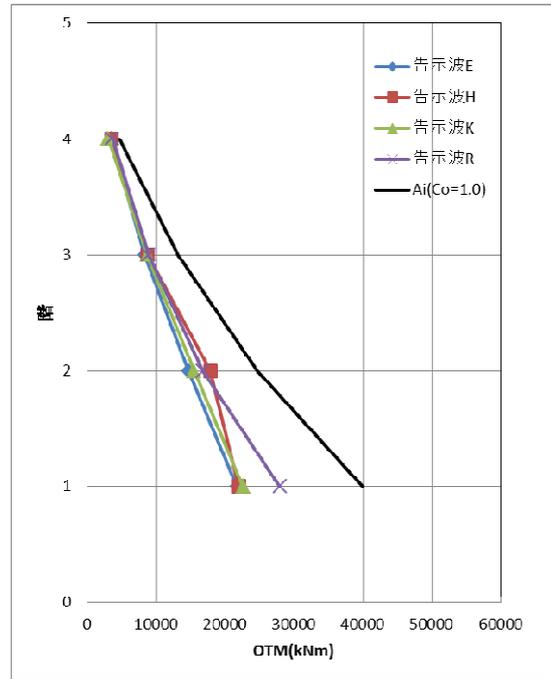
応答変形角



層せん断力係数



応答加速度



応答 OTM

図 2. 5. 11-15 Y 方向 (モデル 3-弾塑性)

2.5.11.5 増分解析の復元力と履歴曲線の比較

以下に試設計で算出した増分解析の復元力と履歴曲線の比較を示す。一例で告示波Hを示している。

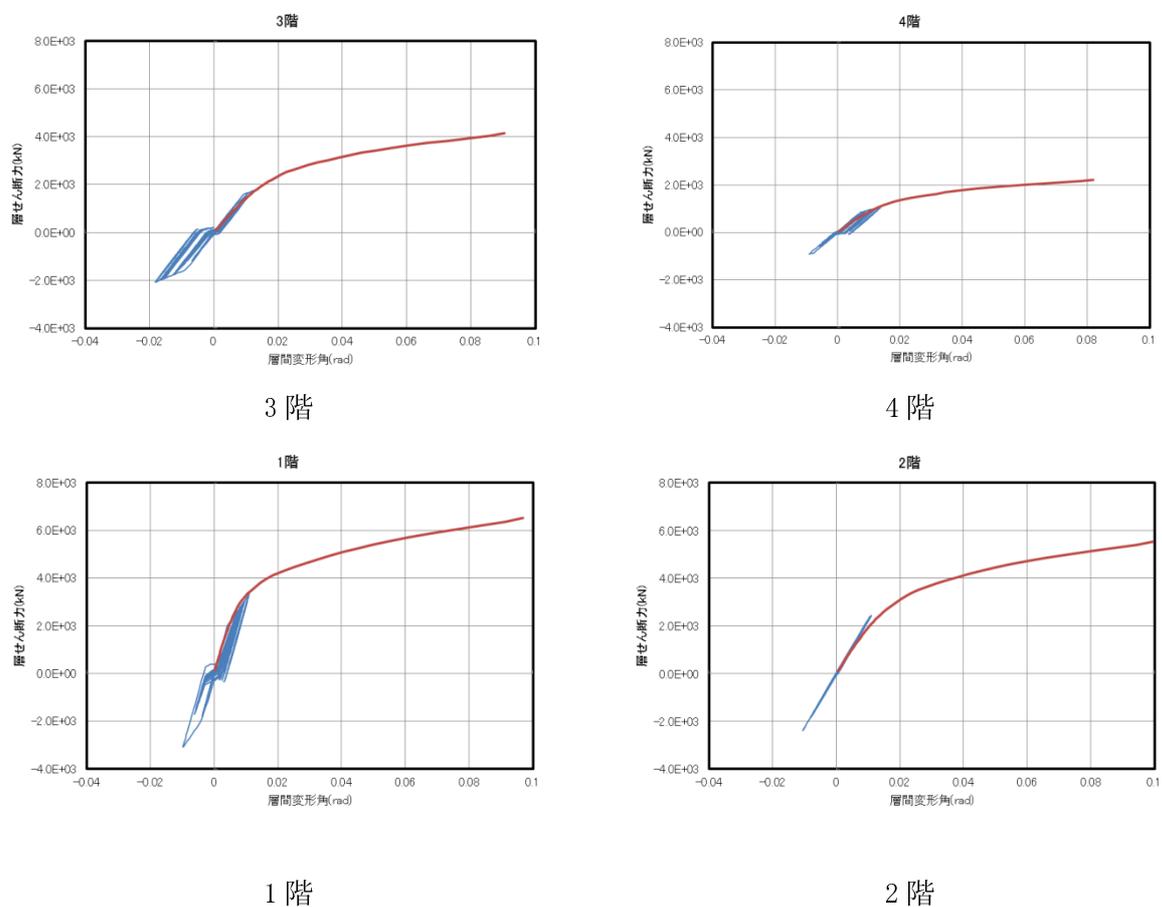
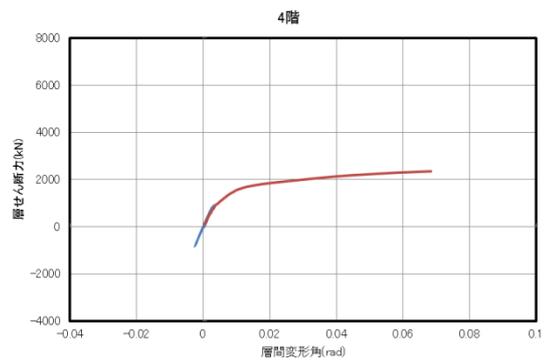
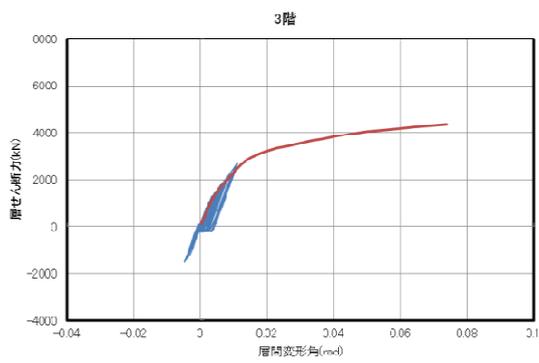


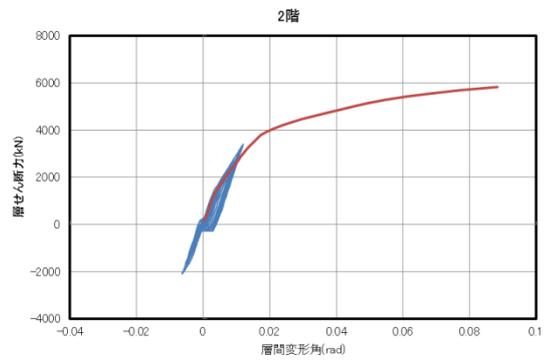
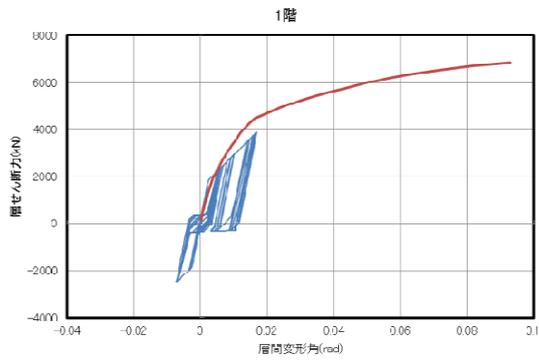
図 2.5.11-16 X 方向 (モデル 1-弾塑性) 告示波 E

2階を除く、すべての階で2次勾配となっているため、変形量が大きくなってる事がわかる。



3階

4階



1階

2階

図 2.5.11-17 Y 方向 (モデル 1-弾塑性) 告示波 E

4階を除く、すべての階で2次勾配となっているため、Y方向についても変形量が大きくなっている事がわかる。

2.5.11.6 最大応答値一覧

以下に最大応答値一覧を示す。

表 2.5.11-1 最大応答値

X方向

項目	地震波	モデル1		モデル2		モデル3	
		弾性	弾塑性	弾性	弾塑性	弾性	弾塑性
最大層せん断力係数 1階	告示波E	0.859	0.737	0.675	0.457	0.838	0.679
	告示波T	0.868	0.836	0.652	0.515	0.890	0.780
	告示波H	0.807	0.702	0.569	0.415	0.912	0.570
	告示波R	0.895	1.053	0.692	0.704	0.924	0.873
最大加速度 建物頂部 (cm/s ²)	告示波E	1461	1235	1150	940	1310	882
	告示波T	1551	1215	1190	685	1494	1000
	告示波H	1649	1232	1055	903	1652	1084
	告示波R	1791	1211	1335	852	1626	1253
最大変形角	告示波E	1/73	1/79	1/59	1/50	1/78	1/50
	告示波T	1/76	1/55	1/64	1/50	1/74	1/37
	告示波H	1/75	1/72	1/63	1/57	1/70	1/81
	告示波R	1/71	1/30	1/55	1/23	1/68	1/27

Y方向

項目	地震波	モデル1		モデル2		モデル3	
		弾性	弾塑性	弾性	弾塑性	弾性	弾塑性
最大層せん断力係数 1階	告示波E	0.832	0.733	0.784	0.624	0.895	0.748
	告示波T	1.009	0.971	0.884	0.631	1.068	0.832
	告示波H	0.917	0.680	0.864	0.421	1.094	0.571
	告示波R	0.920	0.981	0.937	0.780	0.954	0.830
最大加速度 建物頂部 (cm/s ²)	告示波E	1150	1016	1321	846	1198	1162
	告示波T	1488	1271	1410	698	1558	1231
	告示波H	1256	1210	1336	684	1427	994
	告示波R	1385	1506	1486	824	1564	1307
最大変形角	告示波E	1/148	1/114	1/98	1/51	1/125	1/40
	告示波T	1/127	1/68	1/83	1/53	1/105	1/32
	告示波H	1/146	1/133	1/88	1/103	1/110	1/79
	告示波R	1/133	1/67	1/80	1/31	1/115	1/33

2.5.12 フレームモデルのモデル化

2.5.12.1 モデル化

下記にモデル図を示す。CLT 中層オフィスビルの妻面フレーム（Y 方向）についてフレームモデルに検討を行う。入力地震波は質点系モデルと同じとする。

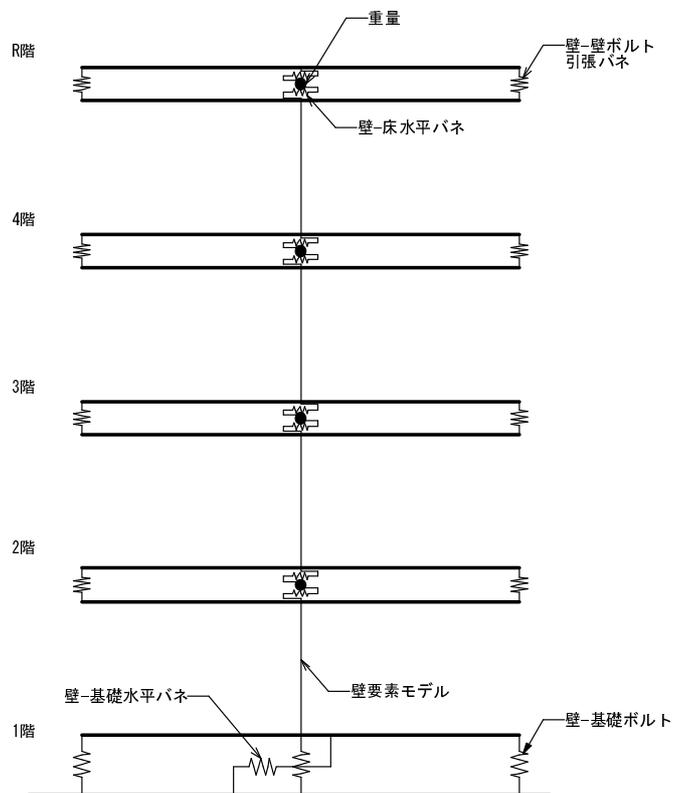
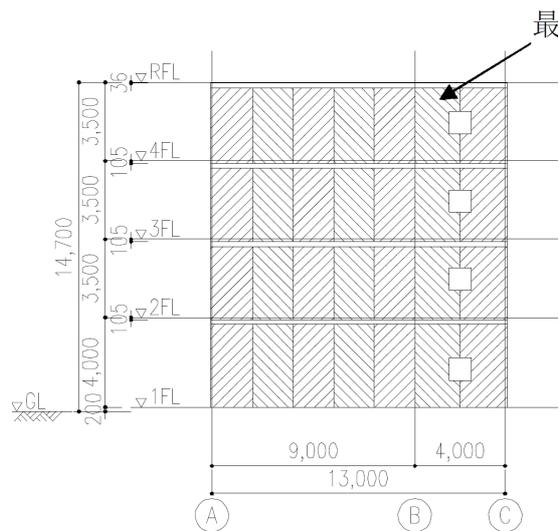


図 2.5.12-1 モデル図



1 通、5 通

図 2.5.12-2 パネル割図（軸組図）

2.5.12.2 各部のモデル化及び耐力

(1) 壁要素

壁要素は CLT 壁として、材料特性は試設計で用いた下記の数値を用いる。

ヤング係数 $E=3600\text{N/mm}^2$

せん断弾性係数 $G=500\text{N/mm}^2$

内部粘性減衰 $h=0.02$

(2) 壁-壁ボルトおよび壁-基礎ボルト

壁-壁ボルトおよび壁-基礎ボルトは、下記に示す通りスリップ型の履歴特性とする。圧縮側はめり込みになるが鉛直ボルトの弾性剛性を用いる。

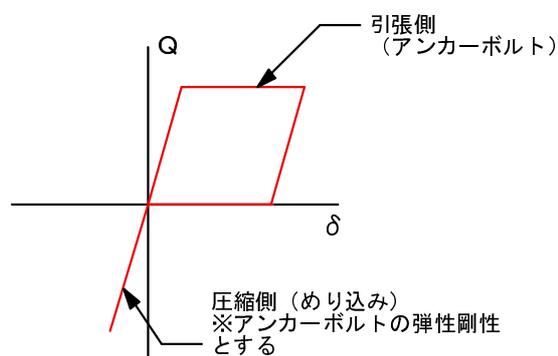


図 2.5.12-3

(3) 壁-床水平接合部、壁-基礎水平接合部

水平バネは弾性とし、各パネルの水平バネを枚数分とする。

2.5.12.3 解析モデルの諸元

(1) 壁要素

CLT の壁要素の諸元は下記に示す数値とする。

表 2.5.12-1 CLT 壁諸元

CLT壁断面諸元

モデル	b (mm)	l (mm)	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)
モデル1	300	13000	39000	5.493.E+09	2.925.E+06
モデル2,3	210	13000	27300	3.845.E+09	1.003.E+06

ただし、実際の妻面の壁はパネル間接合があるため、断面性能を一体と考える事ができない。よって下記で等価な I、A を計算する。

等価な I、A を計算する際に、各層に関して以下のモデル化を行う。このモデルは試設計の建物モデルを切り出したものであるが、上下に剛棒をつけている。

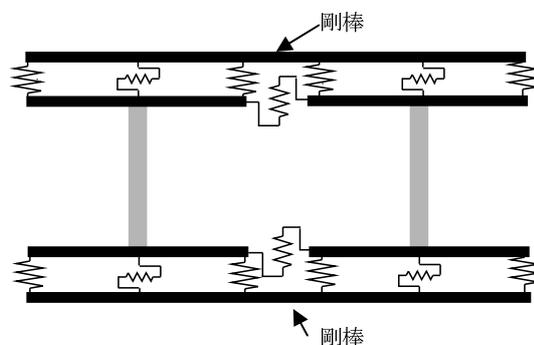


図 2.5.12-4

これに対し、下端を固定とし、水平力 P を加える。全体としては片持ち梁となる。

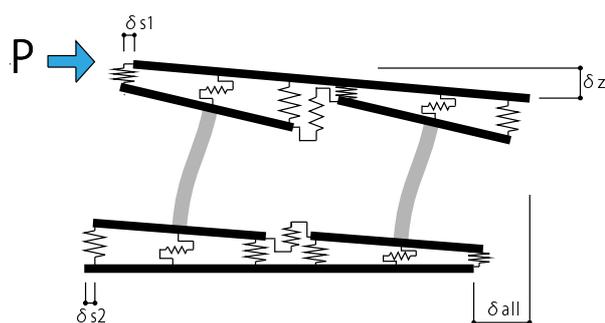


図 2.5.12-5

表 2.5.12-2 妻壁のパネル間接合を考慮した場合の剛性低下率

寸法	W	mm	モデル1		モデル2		モデル3	
			1階	2~4階	1階	2~4階	1階	2~4階
	t	mm	300	300	210	210	210	210
	H	mm	3685	3290	3685	3290	3685	3290
	$I(=W^3t/12)$	mm ⁴	5.493E+13	5.49E+13	3.845E+13	3.84E+13	3.845E+13	3.84E+13
	A(=Wt)	mm ²	3900000	3900000	2730000	2730000	2730000	2730000
弾性係数	E	N/mm ²	3600	3600	3429	3429	3429	3429
	G	N/mm ²	500	500	500	500	500	500
せん断パネ(上下直列)	Ks	kN/mm	254.55889	190.925	127.26778	95.445	127.26778	95.445
片持ち 解析結果	P	N	100000	100000	100000	100000	100000	100000
	δ all	mm	0.7829	1.110098	1.278333	1.889596	1.206273	1.697822
	δ zleft	mm	0.028238	0.058418	0.042394	0.080929	0.041595	0.082694
	δ zright	mm	-0.02823	-0.05844	-0.042395	-0.08096	-0.041592	-0.08272
	δ z (= δ zleft - δ zright)	mm	0.056468	0.116858	0.084789	0.161886	0.083187	0.165416
	θ (= δ z/W)	rad	4.344E-06	8.99E-06	6.522E-06	1.25E-05	6.399E-06	1.27E-05
等価I	$I(=PH^2/(2E\theta))$	mm ⁴	4.342E+13	1.67E+13	3.036E+13	1.27E+13	3.094E+13	1.24E+13
	I/I		0.7905209	0.304491	0.7896111	0.329655	0.8048173	0.322621
全体曲げによる変位	$\delta_M(=PH^3/(3EI))$	mm	0.010671	0.019716	0.0160229	0.027313	0.0157202	0.027909
せん断パネによる変位	$\delta_{s1} + \delta_{s2}$	mm	0.3928364	0.523766	0.7857448	1.047724	0.7857448	1.047724
せん断による変位	$\delta_Q(= \delta_{all} - \delta_M - \delta_{s1} - \delta_{s2})$	mm	0.3793926	0.566616	0.4765652	0.814559	0.4048079	0.62219
形状係数	κ		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
等価A	$A(=PH\kappa/(G\delta_Q))$	mm ²	2331095	1393536	1855780	969359	2184740	1269067
	A/A		0.5977166	0.357317	0.6797728	0.355076	0.800271	0.46486

以上より、フレームモデルに入力する断面係数は下記の通りとする。

表 2.5.12-3 妻壁のパネル間接合を考慮した断面諸元

パネル間接合を考慮した壁断面諸元

1階

モデル	b (mm)	l (mm)	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)
モデル1	300	13000	23311	4.342.E+09	2.312.E+06
モデル2	210	13000	18558	3.036.E+09	7.922.E+05
モデル3	210	13000	21847	3.094.E+09	8.075.E+05

2階以上

モデル	b (mm)	l (mm)	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)
モデル1	300	13000	13935	1.672.E+09	8.906.E+05
モデル2	210	13000	9694	1.267.E+09	3.307.E+05
モデル3	210	13000	12691	1.240.E+09	3.237.E+05

(2) 壁-壁ボルトおよび壁-基礎ボルト

壁-壁ボルトの諸元は下記による。

表 2.5.12-4 鉛直ばねの諸元

鉛直バネ

1階

	K1 kN/mm	Qy kN	ボルト
モデル1	242.5	630	2-M27×2
モデル2	56.89	158	1-M27
モデル3	56.89	158	1-M27

2階以上

	K1 kN/mm	Qy kN	ボルト
モデル1	141.9	386	1-M30×2
モデル2	49.58	158	1-M27
モデル3	49.58	158	1-M27

(3) 壁-床水平接合部、壁-基礎水平接合部

水平バネは弾性とし、水平バネの剛性をパネル枚数分として入力する

モデル 1

壁-床 剛性 $54.55\text{kN/m} \times 7 = 381.85 \text{ kN/m}$

壁-基礎 剛性 $109.09\text{kN/m} \times 7 = 763.63 \text{ kN/m}$

モデル 2、3

壁-床 剛性 $27.27\text{kN/m} \times 7 = 190.89 \text{ kN/m}$

壁-基礎 剛性 $54.55\text{kN/m} \times 7 = 381.85 \text{ kN/m}$

2.5.13 フレームモデルの解析結果

2.5.13.1 固有値解析結果

表 2.5.13-1 に Y 方向モデルの固有値解析結果を示す。比較のために質点系モデルの固有値も示している。質点モデルとフレームモデルの周期を比較すると、1 次固有周期で 5%~20%程度の差があった。

表 2.5.13-1 固有値解析結果

モデル1

Y方向 mode	T(sec)		比率 質点/フレーム
	質点M	フレームM	
1次	0.464	0.383	1.21
2次	0.173	0.117	1.48
3次	0.120	0.073	1.64

モデル2

Y方向 mode	T(sec)		比率 質点/フレーム
	質点M	フレームM	
1次	0.591	0.544	1.09
2次	0.222	0.136	1.63
3次	0.154	0.085	1.80

モデル3

Y方向 mode	T(sec)		比率 質点/フレーム
	質点M	フレームM	
1次	0.498	0.524	0.95
2次	0.181	0.127	1.43
3次	0.124	0.076	1.63

2.5.13.2 応答解析結果

(1) モデル1の解析結果

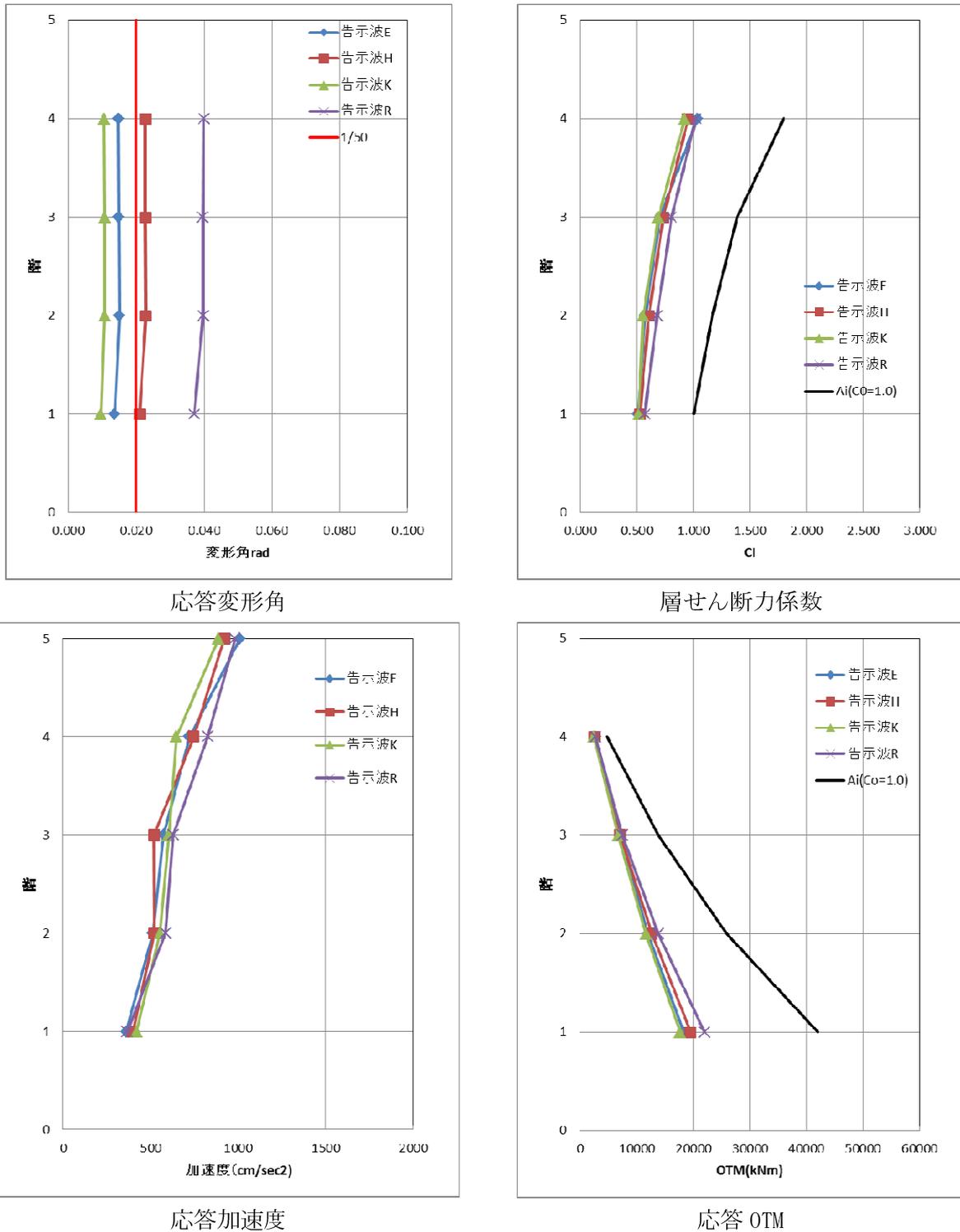


図 2.5.13-1 Y 方向 (モデル1)

質点モデルと比較すると、層せん断力係数、応答加速度は質点系より小さくなっているが、応答変形角がかなり大きくなっている。これは建物が1階柱脚でロッキング変形したためである。2階以上についてはほぼ弾性でロッキング変形分の変形量が出ている。

(2) モデル 2 の解析結果

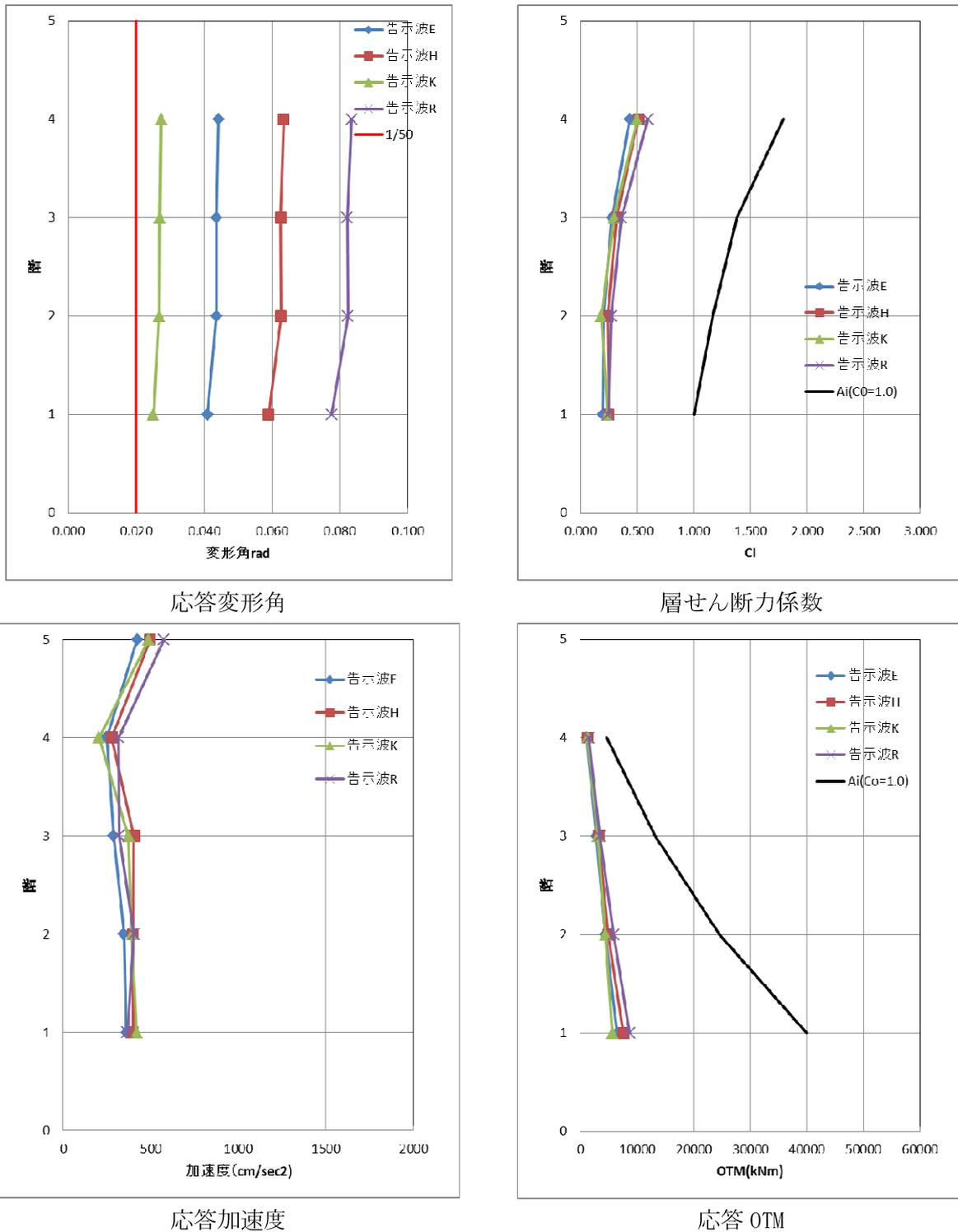
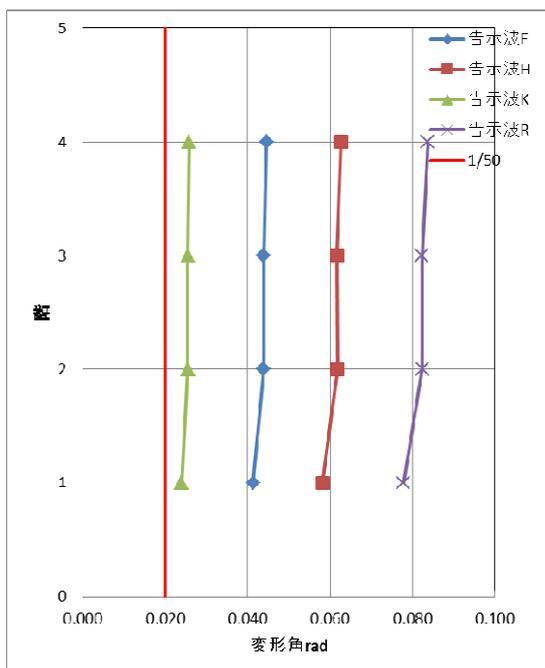


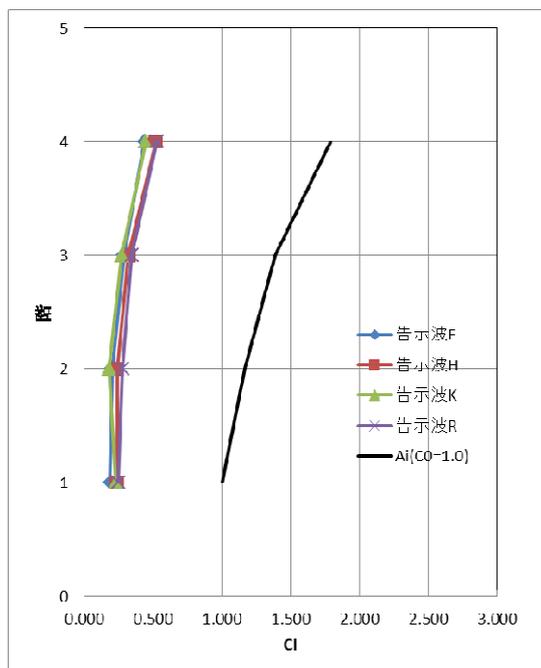
図 2.5.13-2 Y 方向 (モデル 2)

建物のロッキング変形によりかなり大きな変形角となっている。1 階柱脚のアンカーボルトは許容変形を大幅に超えている。

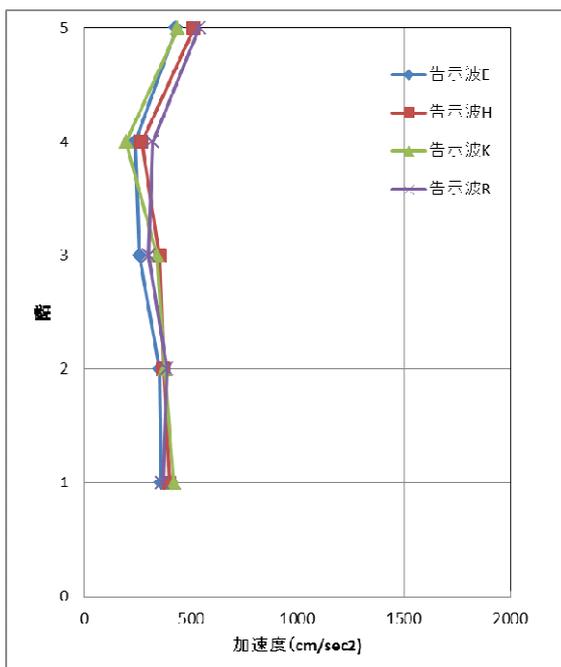
(3) モデル3の解析結果



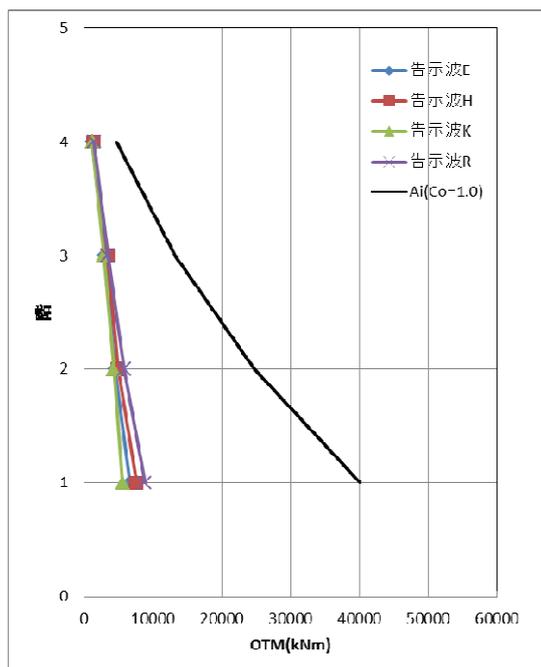
応答変形角



層せん断力係数



応答加速度



応答 OTM

図 2.5.13-3 Y方向 (モデル3)

建物のロッキング変形によりかなり大きな変形角となっている。1階柱脚のアンカーボルトは許容変形を大幅に超えている。

2.5.14 まとめ

2.5.14.1 質点モデルのまとめ

- ・弾性モデルの変形角は小さいが、応答層せん断力係数は1階で $C_b=1.0$ 程度、最上階で 1.5 程度となった。
- ・弾性モデルの加速度応答は2階から上階につれて、加速度は大きくなっている。
- ・弾塑性モデルでは、変形が弾性モデルより大きくなり低層部では変形がかなり大きくなっている。
- ・弾塑性モデルの加速度応答分布は、2階床で加速度が増幅するが2階以上はほぼ同程度の応答加速度となり弾性応答と異なる性状を示した。
- ・告示波 R などで変形が大きくなる結果があるが、これは第3勾配に達したものであるためトリリニアモデルを調整することで解消できるものもある。
- ・質点系モデルでは、CLT 壁の脚部のロッキングが考慮されていないため、フレームモデルに検討する。

2.5.14.2 フレームモデルのまとめ

- ・妻面のフレームモデルを作成し、質点モデルの応答性状との比較を行った。
- ・質点系モデルでは再現できなかった、CLT 壁の柱脚のロッキング変形を考慮した応答性状を確認することができた。
- ・1階の柱脚のアンカーボルトの変形が、建物変形の殆どを占めている。また、アンカーボルトも今回の変形量は許容変形量をかなり超えている。長期自重の影響を考慮したモデルを作成する必要がある。
- ・妻面は全面 CLT 壁となっているが、実際はパネルをつなぎ合わせるため剛性はその分小さくなる。よって、パネル割を考慮した解析モデルとする必要がある。