

CLTパネル工法建築物の 仕様規定ルート創設に向けた検討

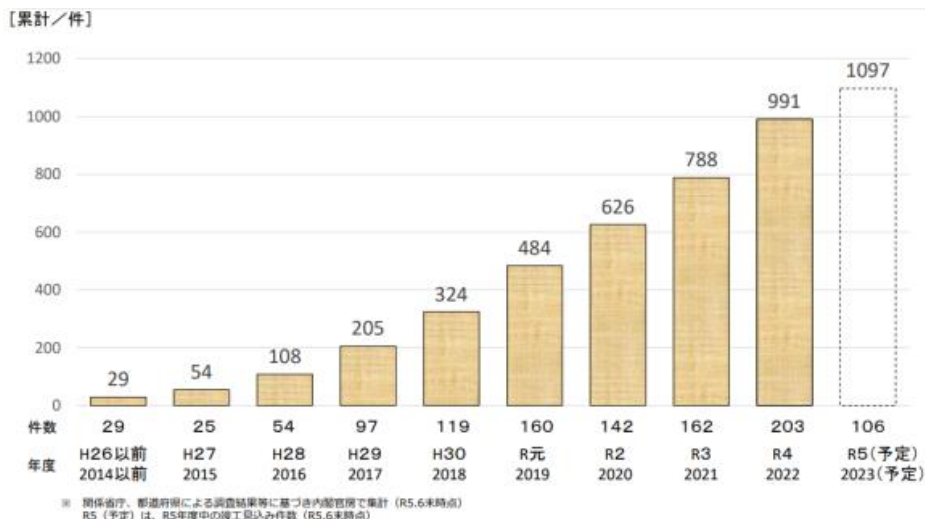
材料研究グループ 客員研究員

(東京工業大学科学技術創成研究院
多元レジリエンス研究センター 准教授)

山崎 義弘

はじめに

我が国では2014年に「直交集成板の日本農林規格」(JAS規格)が施行され、2016年にCLTパネル工法の構造計算基準等が整備された。その後、CLTを活用した建築物は年々増えてきている。



直交集成板 (CLT)

CLTを活用した建築物の 竣工件数の推移

内閣官房, CLT活用推進のための政府一元窓口,
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/cltmadoguchi/pdf/clt_expl1.pdf

はじめに

CLT関連告示(平28国交告第611号)では低層住宅であっても構造計算を要するため、軸組工法や枠組壁工法のように構造設計者が関わることなく仕様規定のみで建てられる一般的な木造住宅に比べ市場競争力で劣る。そこで、仕様規定ルートの創設を目指して検討が行われてきた。

H28-H30: 建研指定課題「中高層木造建築物等の構造設計技術の開発」

H31-R3: 建研指定課題「木造建築物の中高層化等技術に関する研究開発」

R1: 林野庁補助事業「CLTパネル工法の構造計算方法の拡充検討」

R3-R4: 国交省・建築基準整備促進事業S35(*)

R5-R6: 国交省・建築基準整備促進事業S42(*)

(*) 建築研究所が共同研究で実施



CLTパネル工法による2階建て住宅
(大東建託株式会社よりご提供)

基本方針 H28～R2年度まで建研にて実施された検討成果

構造設計コンサルタントや住宅メーカーの技術者等20名に対して、仕様規定ルートの与条件と適用範囲についてアンケート（R1建研講演会にて一部発表）

→ **軸組工法の壁量計算で建設できる規模**と同等、接合方法は**引きボルト式**を基本とした（気密性、加工精度の確保などの兼ね合い）

→ 令第3章第3節の規定のみで新しい工法の様々なプラン・建築計画に対する安全性確保を目指すのは難しいと判断し、**枠組壁工法の技術基準をベース**に素案を作成

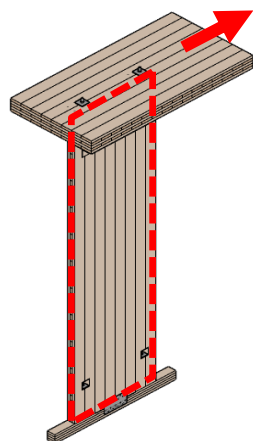
- 1) 必要水平耐力の算出と壁パネルの配置のルール
- 2) 壁パネルの鉛直力に対する配置のルール
- 3) 壁パネルの接合方法
- 4) 床版の仕様
- 5) 床版の接合方法
- 6) アンカーボルトの配置のルール
- 7) 屋根版の仕様
- 8) 屋根版の接合方法

基本方針 H28～R2年度まで建研にて実施された検討成果

無開口の独立した壁のみでは壁倍率相当で5倍程度

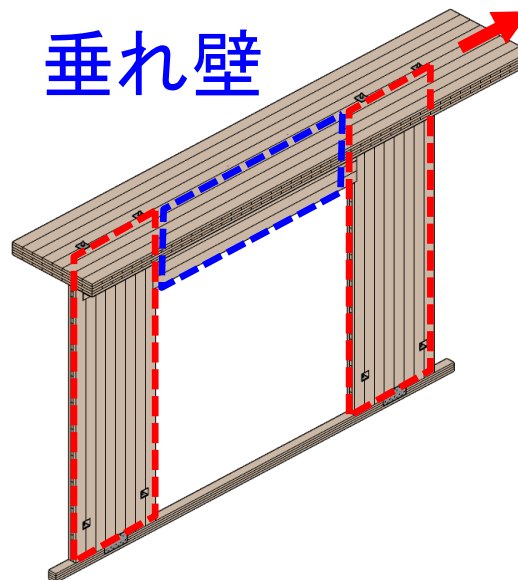
→より高耐力の要素が必要という要望を受け、垂れ壁や直交壁が付帯した耐力壁として評価する新しい考え方を導入することとした。

無開口壁



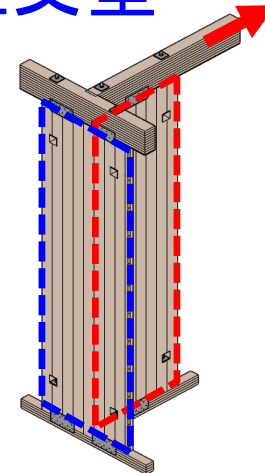
壁倍率換算で5倍程度

垂れ壁

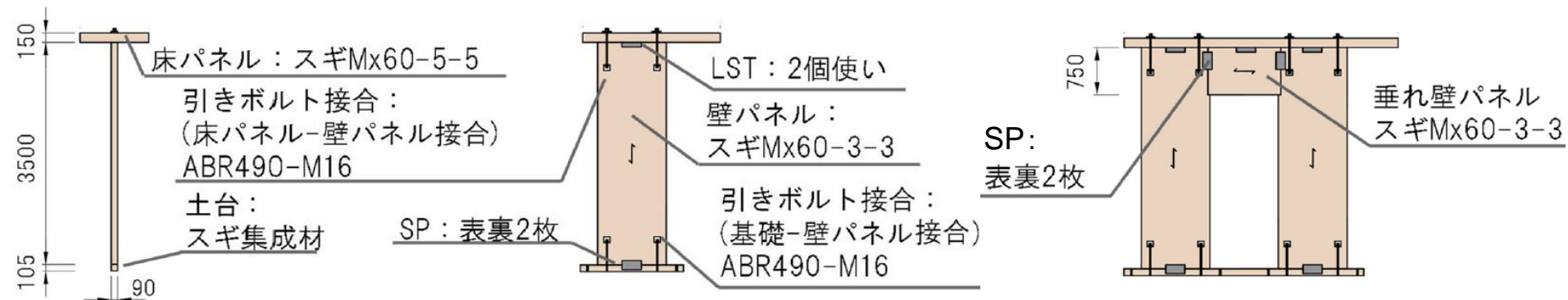


目標10倍程度

直交壁



耐力壁の標準的仕様



壁パネル・垂れ壁パネルのCLT:Mx60-3-3(3層3プライ), t=90mm
 接合部はM16, ABR490のアンカーボルトを用いた**引きボルト接合**
 1階の壁の下には**土台**を設ける
 壁高さは **3.5m**, 垂れ壁高さは 750mm

【現行ルート1仕様との相違点】

- ①壁パネルとしてMx60-3-3を使用
- ②壁上部のボルトとしてM16を使用

→低強度のCLT

→接合部の簡素化

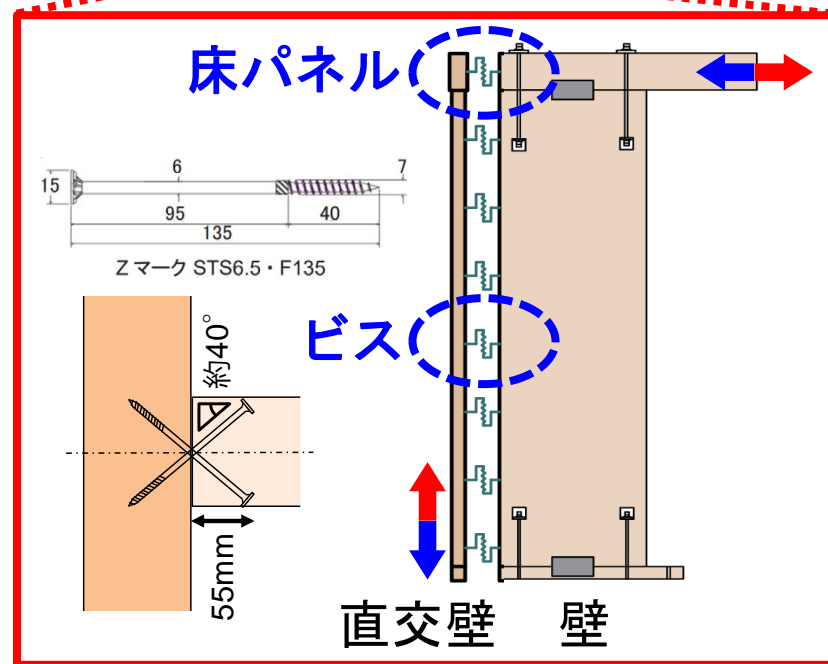
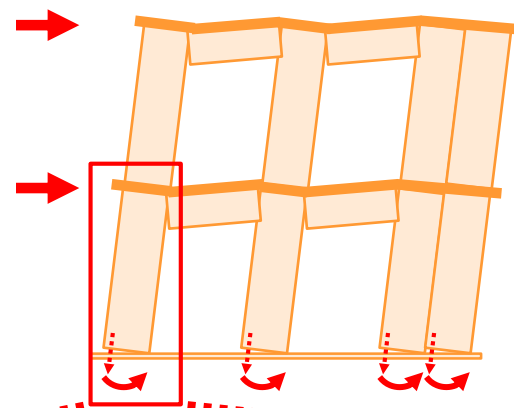
許容耐力の評価における直交壁の考慮

軸組工法では、水平力下において壁をせん断破壊させる設計思想のため、直交壁の有無は耐力に寄与しない

一方、CLTパネル工法では、壁脚部のアンカーボルトを引張降伏させる設計思想

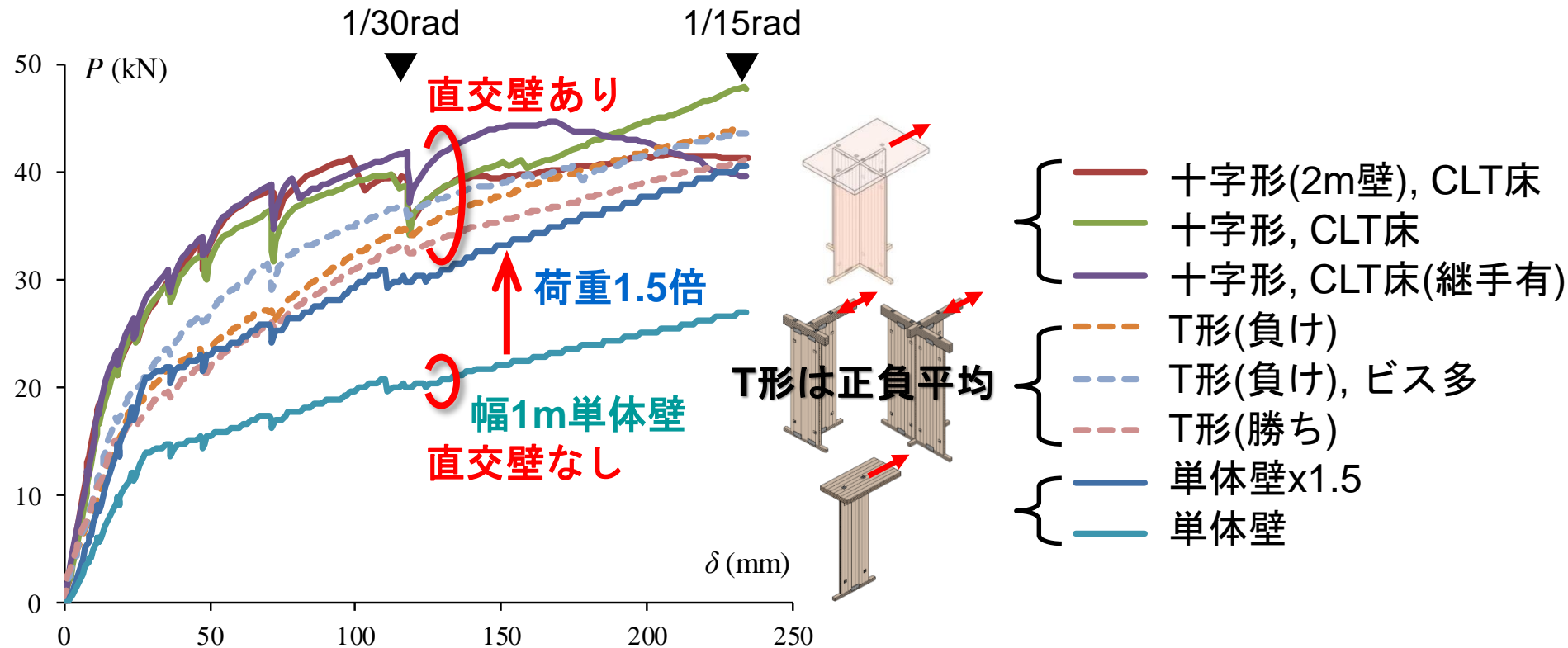
→直交壁に引張軸力負担させることで耐力が向上

→直交壁との接合部に求められる性能の確保が重要

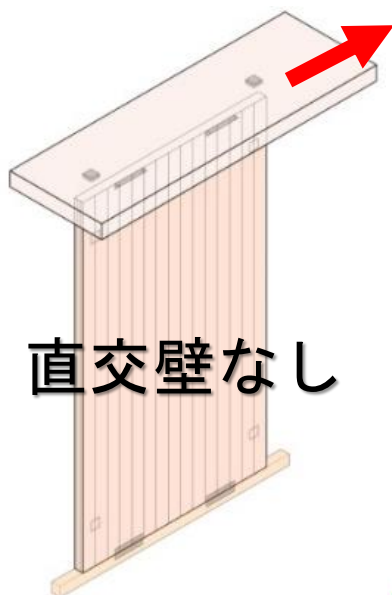


直交壁付き耐力壁に関する計12体の実験結果の分析 (R4年度4体、R3年度4体、既往文献4体)

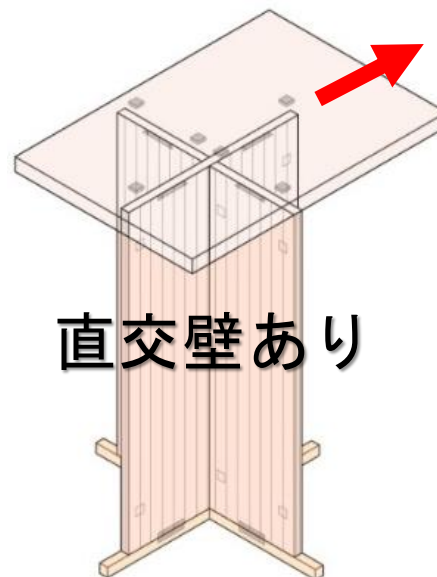
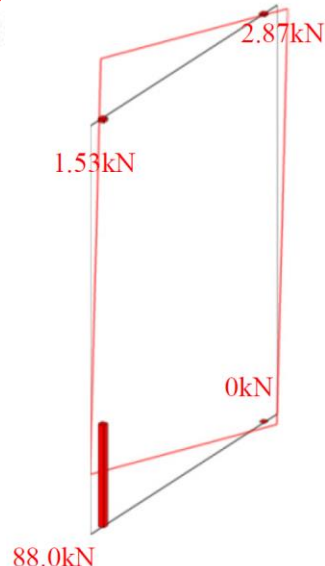
- 形状(T形／十字形), 横架材(CLT床の強軸／弱軸や継手有無)等に関わらず、**標準的な斜めビス本数(22本／接合面)**を確保することで**直交壁効果(正負平均で単体壁の1.5倍以上の性能)**を見込める



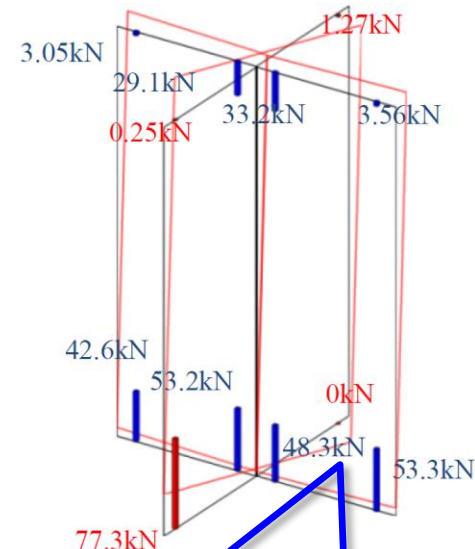
1/30rad時の壁パネルの変位とボルト軸力分布



直交壁なし



直交壁あり



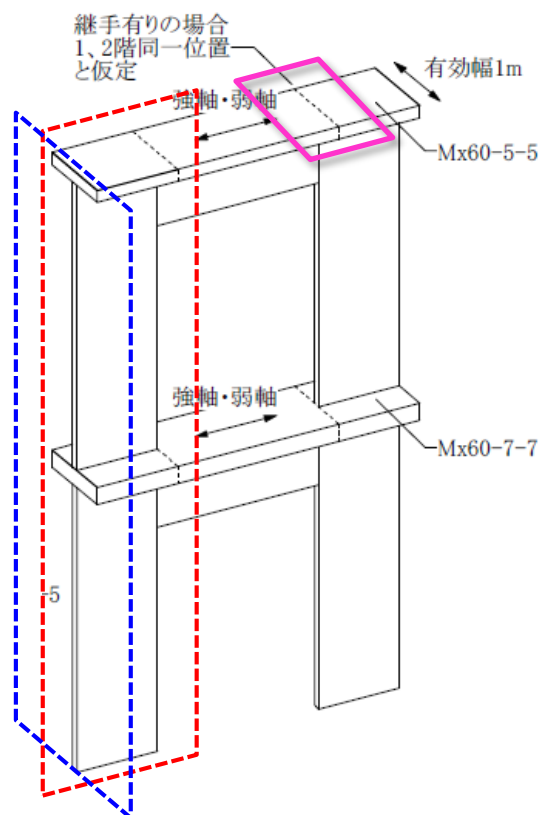
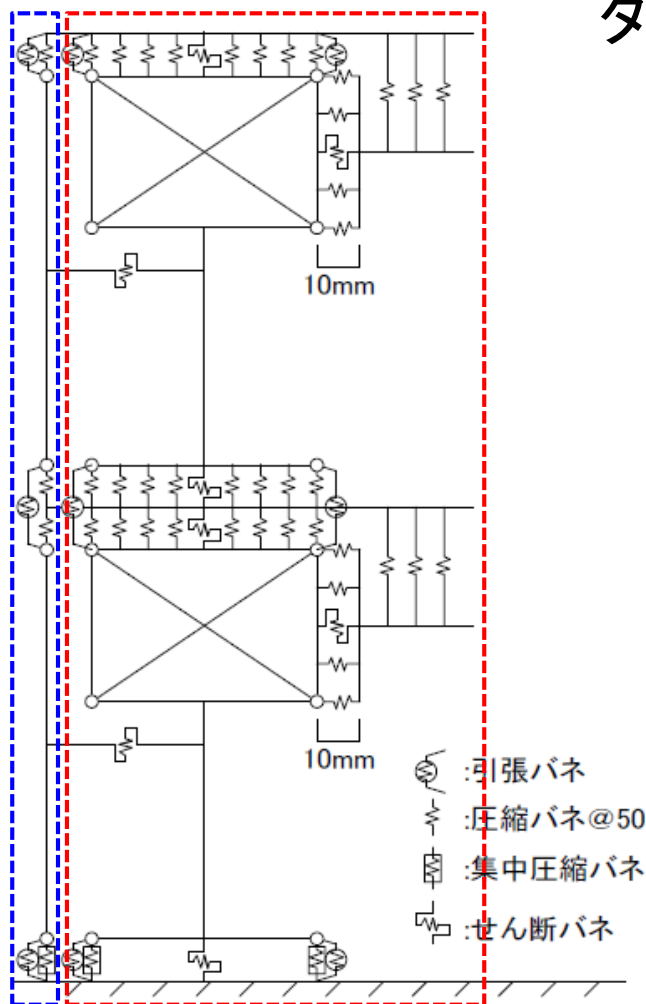
- 壁から1m以内の直交壁脚部のアンカーボルトに引張力が生じる
- 引張耐力が上昇した分、土台のめり込みが著しくなる



土台のめり込み

解析的検討

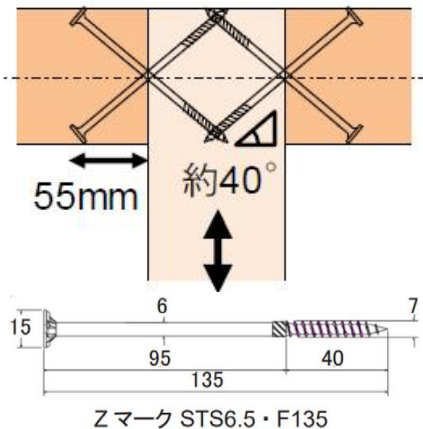
「2016年版CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」（日本住宅・木材技術センター刊）のモデル化方針を基本



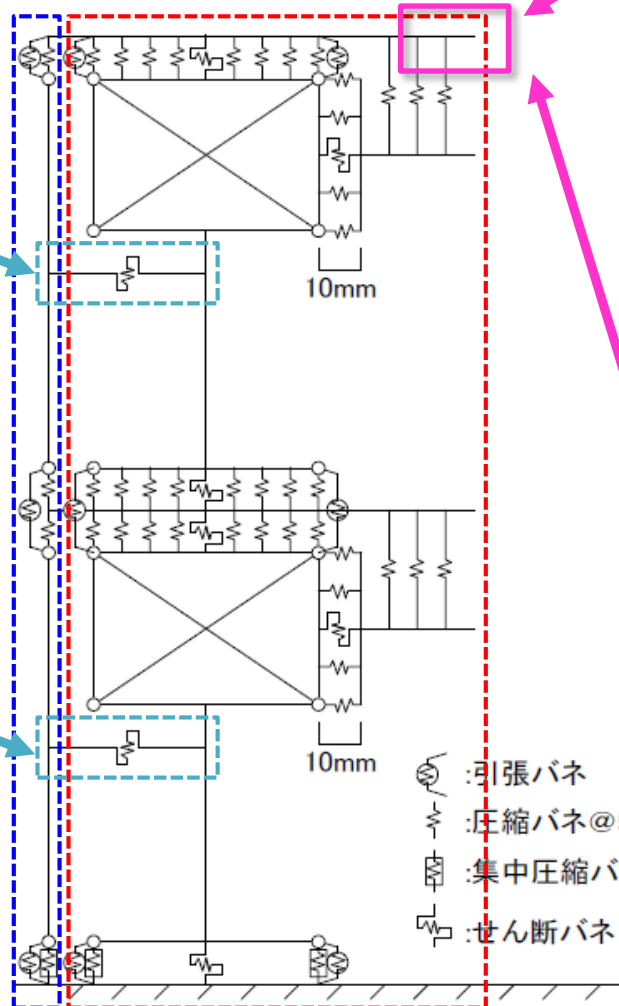
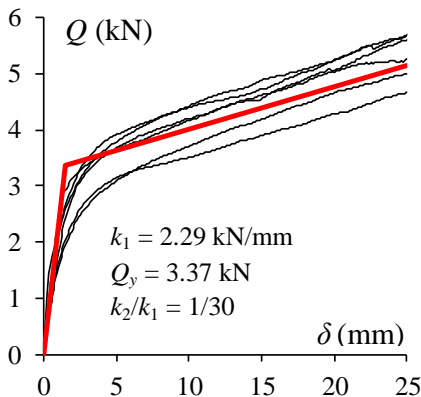
- ①部分的に、圧縮バネを密に配置した**詳細モデル**を使用（垂れ壁接合部、継手など）
- ②床パネルの破壊を考慮
- ③直交壁は壁パネルとビス斜め打ち接合部を表すバネで接合

解析的検討

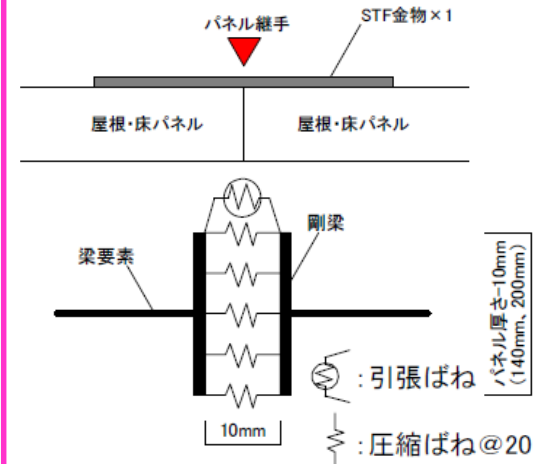
直交壁との接合



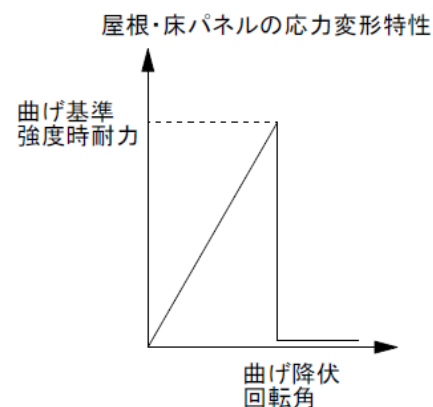
ビス1本あたりのせん断力-すべり関係



床継手



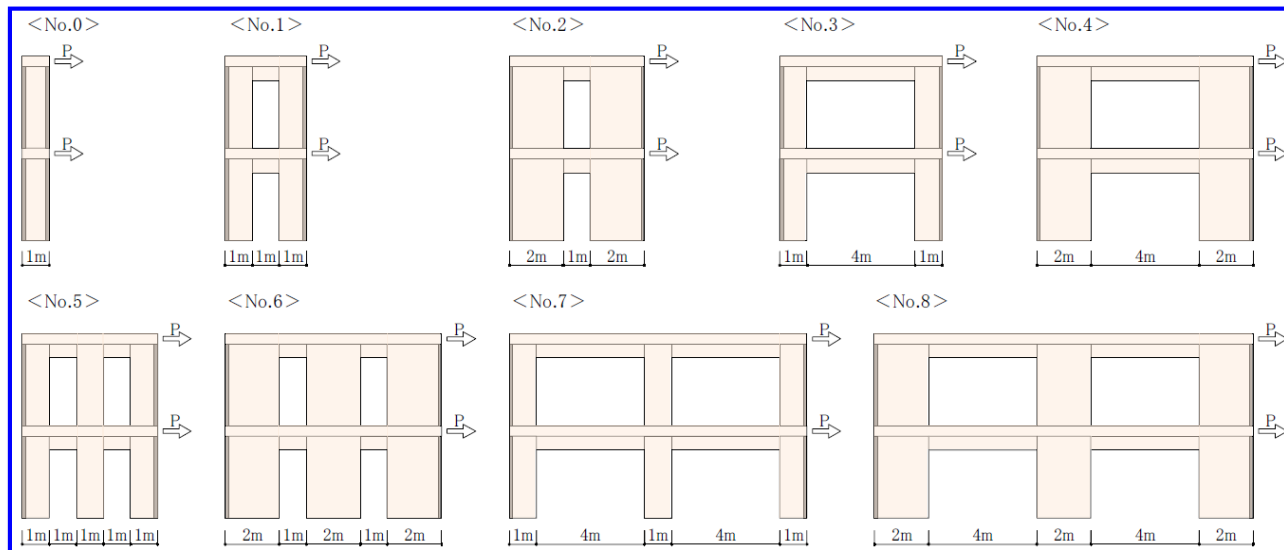
床パネルの破壊



解析パラメータと結果の一例

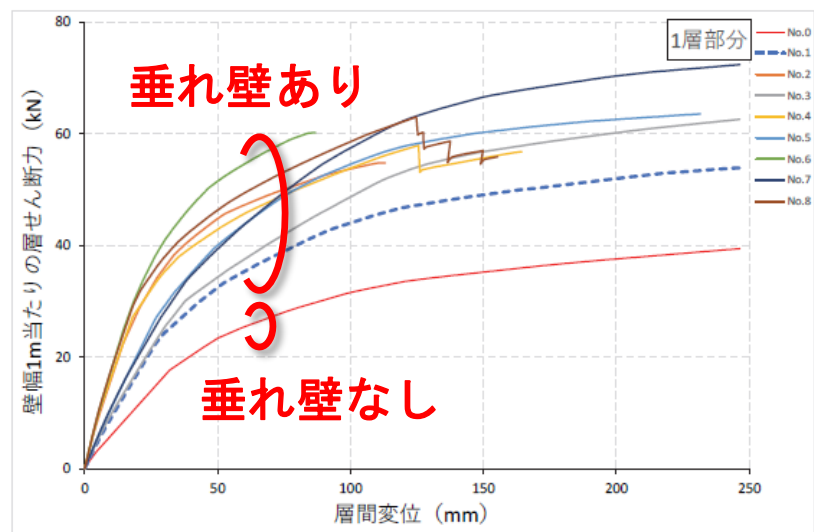
【パラメータ】

- 1) 階数 (1/2)
- 2) スパン数 (1/2)
- 3) 壁幅 (1/2m)
- 4) 開口幅 (1/4m)
- 5) 床パネル (強軸/弱軸/弱軸・継手有)
- 6) 直交壁 (無/有)



(例) 2層・直交壁あり、
屋根 π 礼・床 π 礼 (強軸)

→各層の荷重－変形角関係から、
壁1mあたりの許容耐力（壁倍
率）を算定



壁倍率一覽

- ・ 単体壁 : **5倍**
- ・ 垂れ壁(+直交壁)あり : 1階→**10倍**、2階→**5倍 (→5.3倍)**
- ・ 垂れ壁なし、直交壁あり : **6.7倍 (5x1.5x0.9)**

垂れ壁	直交壁	なし		あり		あり	
		なし	あり	片側	両側	なし	あり
平屋	立面図						
	壁倍率換算値 (暫定)	5.0倍	6.7倍 (*1)(*2)	10.0倍	10.0倍	10.0倍	10.0倍 (*2)
2階建て	立面図						
	壁倍率換算値 (暫定)	1階: 3.6倍 (*3) 2階: 1.4倍 (*3)	1階: 4.8倍 (*1)(*2)(*3) 2階: 1.8倍 (*1)(*2)(*3)	1階: 8.0倍 2階: 4.0倍	1階: 10.0倍 2階: 5.0倍	1階: 10.0倍 (*2) 2階: 5.0倍 (*2)	1階: 10.0倍 (*2) 2階: 5.0倍 (*2)

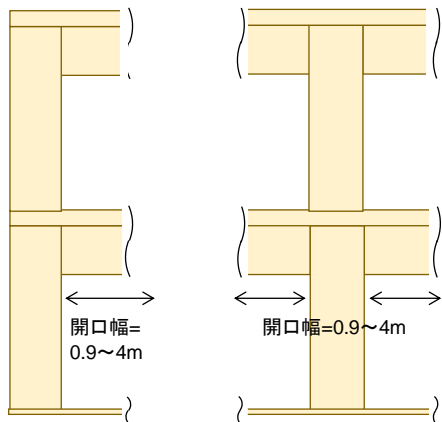
(*1) 直交壁がない場合の倍率×1.5×0.9

(*2) 同一鉛直構面内において直交壁が対称に2箇所配置された架構内の耐力壁全てに適用(付図)

(*3) 見直しの余地あり

* 上下階の壁線が揃っていることが前提

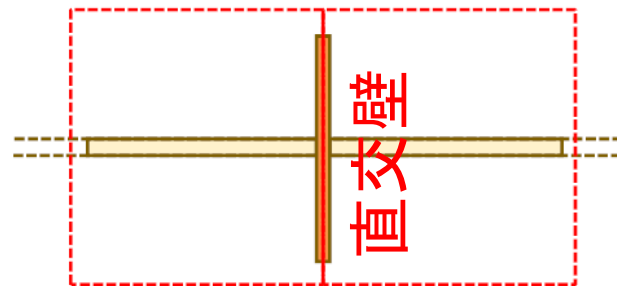
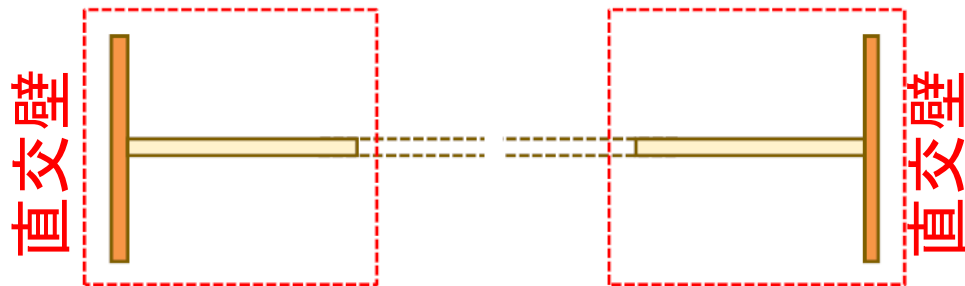
壁配置に関するルール



* 上下階の壁線が揃っている

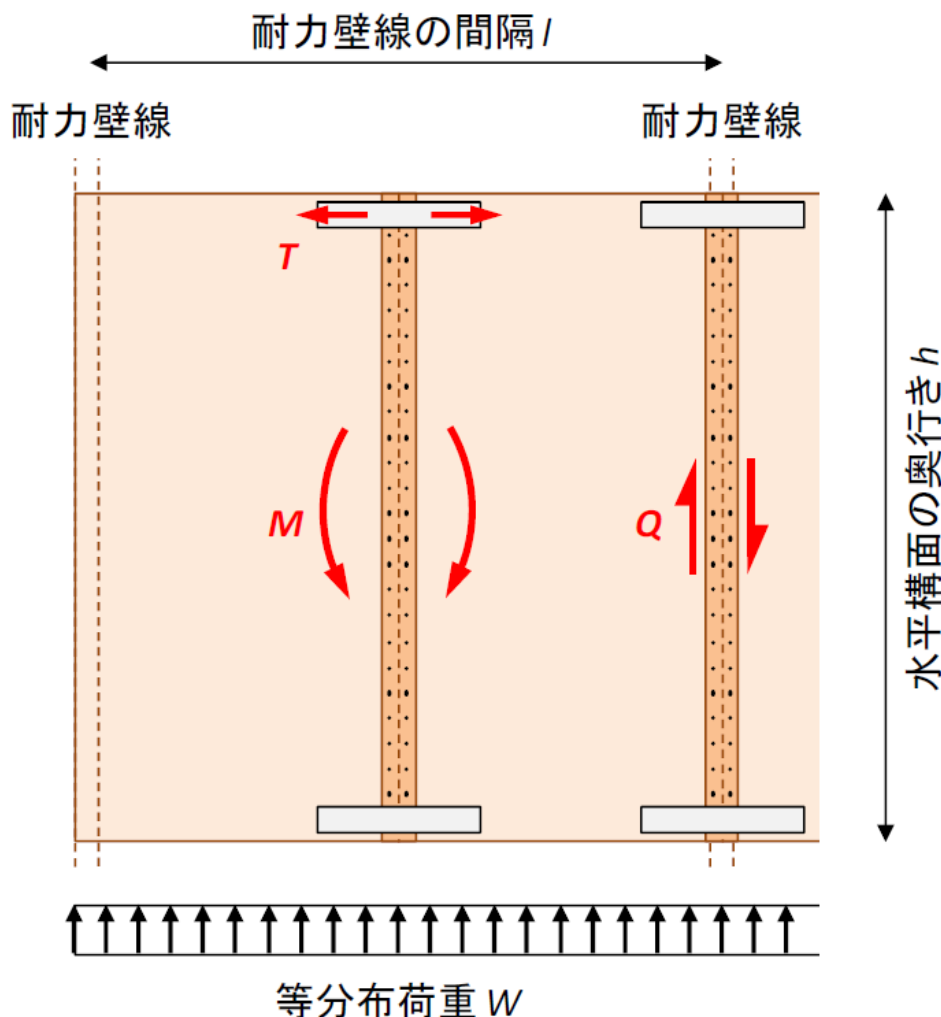
対称に配置する

十字形はT形が対称に二つあると見なす



* 直交壁との交差部を所定の接合(ビス22本)とすることで直交壁効果を見込むことができる

水平構面の構造計算省略の仕様規定案



- 床パネル相互のせん断接合は、ルート1に対応した仕様（構造用合板 $t=27$, STS6.5・F-85 2列(2.2kN/対)@200mm以下)とする
- 床パネル相互の引張接合部は、ルート1に対応した仕様（STF(許容耐力52kN), 両端部に設置)とする
- 耐力壁線の間隔は12m以下とする**
- 水平構面の奥行き**（床開口がある場合は、開口を除いた最小部分）**は耐力壁線の間隔の0.25倍以上とする**
- 平面形状が整形であり、スキップフロアでないことを前提とし、鉛直荷重によって決まるクライテリアは別途考慮する**

本仕様規定(案)とルート1の比較

	項目	CLTパネル工法告示ルート1	CLT仕様書の規定(案)
建物概要	延床面積		500㎡以下
	階数	3階以下	2階以下
	高さ	軒高9m以下、 最高高さ13m以下	軒高9m以下、 最高高さ13m以下
	建物用途	制限なし	制限なし
構造計算	壁高さ		3.5m±20cm
	令第82条各号・令第82条の4	計算による	省略
	荷重計算	計算による	省略
	長期荷重時応力検討	計算による	省略
	積雪荷重時応力検討	計算による	省略
	地震荷重時応力検討	計算による	省略
	風荷重時応力検討	計算による	省略
	床のたわみ検討	計算による	スパンテーブル
	耐風壁・梁の検討	計算による	省略
	2次部材の検討	計算による	省略
	水平構面・基礎の応力割増1.5倍	行う	行う(水平構面は耐力壁線間距離の制限(12m)で計算省略)
	偏心率計算	行う	四分割法又は偏心率計算
	Re ≤ 0.3、Co = 0.2でFe割増し	-	-
Re ≤ 0.3、Co = 0.2でねじれ補正	-	-	
架構	架構形式	小幅又は大版①	小幅のみ
		上下階の無開口壁パネルが揃っている事	上下階の無開口壁パネルが揃っている事
	通し壁架構NG	どちらも可能	有のみ
	土台の有無	開口は空けられない	開口は空けられない
	耐力壁への開口条件	無開口壁、垂壁、腰壁	無開口壁、垂壁(腰壁は含まない)
	水平耐力要素	Qa = 3/11(Q0+1.5n)	Qa = 9.8 ~ 19.6kN
	無開口壁の許容せん断耐力	Q0 = 2階以下 15kN 3階 = 10kN	
壁パネル	無開口壁の幅	90cm ~ 2m以下	90cm ~ 2.0m以下
	強度等級・構成	S60-3-3又はMx60-5-5 又は同等以上の性能	Mx60-3-3又は同等以上
	樹種	制限なし	制限なし
	ラミナ厚	24mm ~ 36mm	24mm ~ 36mmかつ パネル厚90mm以上とする
床版・屋根版	CLT以外で構成	OK	CLT
	強度等級・構成	告示第562号による	Mx60-5-5又は同等以上
	樹種	制限なし	制限なし
接合部	ラミナ厚	24mm ~ 36mm	24mm ~ 36mmかつ パネル厚90mm以上とする
	壁-基礎引張	終局耐力=86kN以上 M16 ABR490 L=400以上	終局耐力=86kN以上 M16 ABR490 L1=350以上
	壁-基礎(又は土台)せん断	短期許容耐力=47kN以上	短期許容耐力=47kN以上(クロスマークSBM-90・SPと同等)
	壁-壁引張	終局耐力=135kN以上 M20 ABR490 L=200以上	終局耐力=86kN以上 M16 ABR490 L1=350以上
	壁-床引張	終局耐力=135kN以上 M20 ABR490 L=200以上	M16 ABR490 L1=350以上
	壁-壁(床)せん断	短期許容耐力=54kN以上	短期許容耐力=54kN以上(クロスマークSP・LSTと同等)
	壁-垂壁(腰壁)せん断	短期許容耐力=52kN以上	短期許容耐力=52kN以上(クロスマークSPと同等)
	床-床引張	短期許容耐力=52kN以上	短期許容耐力=52kN以上(クロスマークSTFと同等)
	床-床せん断	計算による	短期許容耐力=11kN/m以上 (構造用合板i=27、STS6.5・F-85 2列@200mm以下)
基礎	計算による	別途検討	

- ・ 接合部仕様は基本的にルート1に倣うものが多い
- ・ ルート1で求められる計算の一部は省略(別途仕様規定を定める(水平構面など))
- ・ 地震・風に対する構造安全性の確認は、必要壁量 ≤ 存在壁量となるように、耐力壁の枚数を決定する

モデルプラン (総2階50坪)

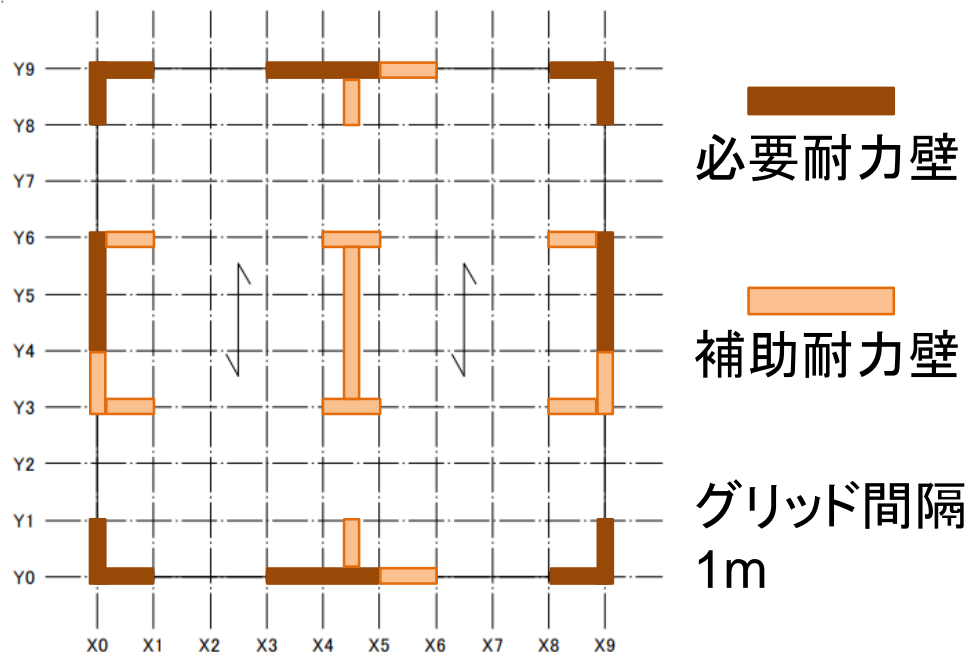
- 必要壁量を十分に満足させることは可能
- 開口制限、床パネルの支持スパンなどの制約のため、最低限必要な耐力壁の他に補助耐力壁を設ける
- 現行ルート1よりやや高めの許容耐力値となる

壁パネルの必要枚数

階	地震力	風圧力	壁倍率	許容耐力	必要水平耐力	必要枚数
2	73.20	39.08	5.3	10.388	73.20	7.05
1	140.60	80.27	10	19.6	140.60	7.18
	(kN)	(kN)		(kN)	(kN)	

許容せん断耐力の比較(仕様規定(案)vsルート1)

階	方向	ルート1による場合			仕様規定(案)		
		Q_{Ei} (kN)	Q_{Ei}/Q_{E1}	Q_{ai} (kN)	壁倍率	壁長さ(m)	Q_{ai} (kN)
2	X方向	73.20	0.52	131.16	5.3	16	166.2
	Y方向			124.86		15	155.82
1	X方向	140.60	1.000	252.24	10	16	313.60
	Y方向			240.12		15	294.00



おわりに

CLTパネル工法建築物の仕様規定ルート創設に向けた検討の結果を示した。本検討は現在も継続して行われている。

本検討の成果により仕様規定ルートが新設されれば、CLTの低価格化にも繋がり、より一層の木材利用促進、ひいてはカーボンニュートラルの実現に貢献することも期待できる。