

CLT構造設計資料作成小委員会・拡大委員会 CLT構造設計事例の紹介



木林 長仁・望月 英二
(JSCA木質系部会)

CLT構造事務所ビルの試設計

検討モデル

集合住宅の検討事例が多い

中層の事務所建築を検討

RC造実建物を下敷きにモデル化

ある程度の大空間を指向

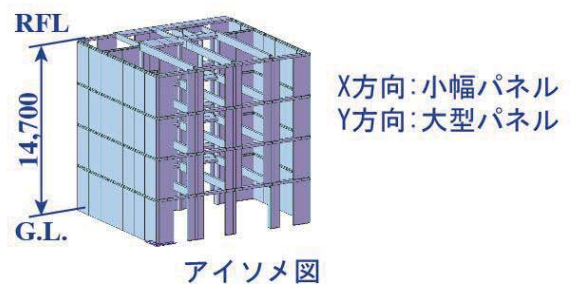
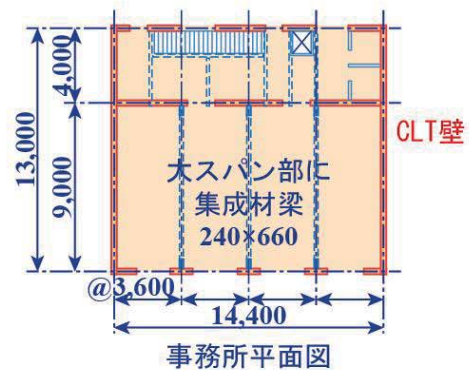
CLT壁：小幅と大型のパネルを比較

壁長さ ΣL_w を各方向で同程度確保

終局時は壁の浮き上がり変形モード

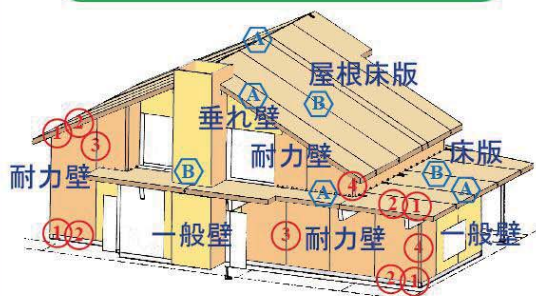
極めて稀地震時の耐震安全性確保

事務所モデル概要



CLT構造の試設計事例

CLT構造の接合部タイプ



- 1: 壁鉛直接合部 A: 床-壁(梁)直交接合部
- 2: 壁水平接合部 B: 床相互面内接合部
- 3: 壁相互面内接合部
- 4: 壁直交接合部

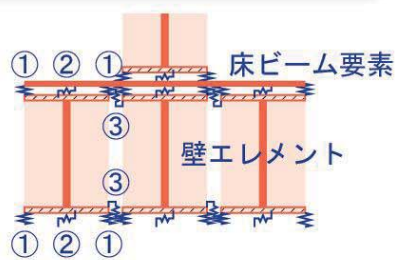
1	壁鉛直接合部	アンカーボルト
2	壁水平接合部	ビス
3	壁相互面内接合部	
B	床相互面内接合部	
4	壁直交接合部	ラグスクリュー
A	床-壁(梁)直交接合部	

解析モデル

壁パネル：壁エレメント-弾性
($E_L I_L, G_L A_n$)

床パネル：ビーム要素-弾性
($E_L I_{Be}, G_T A_{Be}$)

各接合部：バネ要素-弾塑性



- ① 壁鉛直アンカーボルト
- ② 壁水平接合部
- ③ 壁相互面内接合部

CLT構造の試設計事例

使用材料

CLT材料：スギMx60-5層5プライ

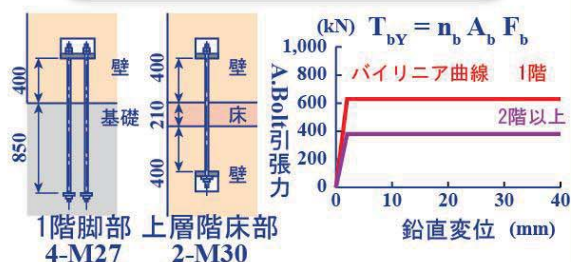
現状：JAS制定、基準強度未規定

使用材料の弾性係数・材料強度

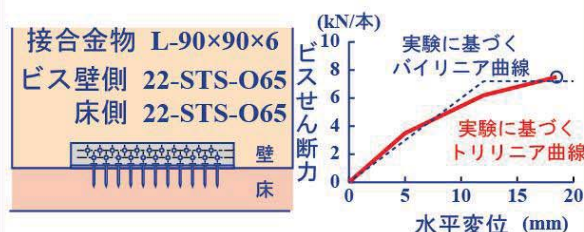
繊維方向弾性係数	E_L (kN/mm ²)	6.0
せん断弾性係数	G_{LT} (kN/mm ²)	0.5
繊維方向圧縮強度	F_c (N/mm ²)	16.9
繊維方向引張強度	F_t (N/mm ²)	14.9
繊維方向曲げ強度	F_b (N/mm ²)	20.0
せん断強度	F_s (N/mm ²)	2.7

接合材料

接合部復元力特性：実験資料



壁脚部アンカーボルト(ABR490)



壁脚部せん断ビス接合 L金物(STS-O65)

CLT構造の試設計事例

設計用固定荷重

(単位:N/m²)

事務所床荷重	フリーアクセス+仕上げ	250
	ALC板 t=50mm	325
	CLT板 t=210mm	1,050
	強化石膏ボード+天井下地	410
	集成材梁	300
	合計	2,335

外壁固定荷重	サイディング仕上げ	170
	ALC板 t=35mm	230
	CLT板 t=2×150mm	1,500
	強化石膏ボード+断熱材	370
	合計	2,270

設計用地震力

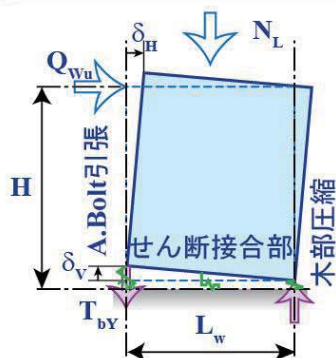
H = 14.5m, T=0.03×H=0.44s (単位:kN)

階	W _i	ΣW _i	A _i	Q _i	W _i /A _i (kN/m ²)
4	769	769	1.79	276	4.1
3	1,089	1,858	1.38	514	5.8
2	1,082	2,940	1.17	687	5.8
1	1,110	4,049	1.00	810	5.9

CLT建物重量：RC造の60%程度
S造の80%程度

CLT構造の耐震要素構造計画

耐震壁の地震時変形モード



耐震壁は浮き上がり変形モード

壁耐力：A.Bolt引張強度 T_{by} と壁長 L_w

$$Q_{wu} = 0.9 \times T_{by} \times L_w / H$$

長期軸力 N_L も影響

耐震壁量の概要

階	壁長さ ΣLx(m)	壁量(m/m ²) ΣLx/A	壁長さ ΣLy(m)	壁量(m/m ²) ΣLy/A
4	26.8	0.143	29.7	0.158
3	26.8	0.143	29.7	0.158
2	26.8	0.143	29.7	0.158
1	25.5	0.136	29.7	0.158

壁量を木造軸組構造と許容応力で比較
1階必要壁長（壁倍率5）82.7mの35%

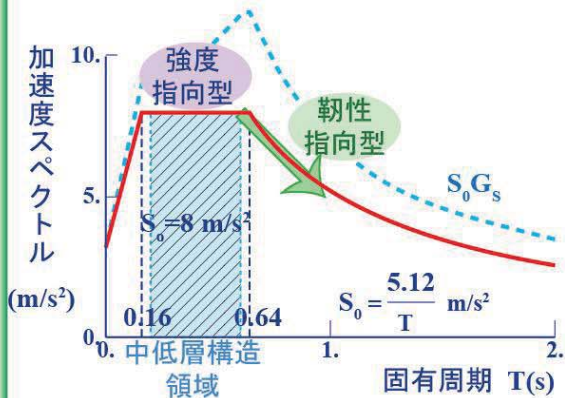
CLT終局強度時の平均せん断強度は、
27.3kN/mを確保可能（軸組の2.7倍以上）

CLT構造の動的応答性状

試設計モデルの応答性状

中低層構造は短周期 $T=0.2\sim 0.6s$

入カスペクトルの最大加速度領域



入力加速度スペクトル

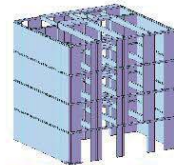
強度・靱性指向型区分

強度指向型

- ・強度確保の実現性 ($C_0=1.0, D_s=1.0$)
- ・CLT壁の終局強度確保
- ・周辺部の先行破壊の防止

靱性指向型

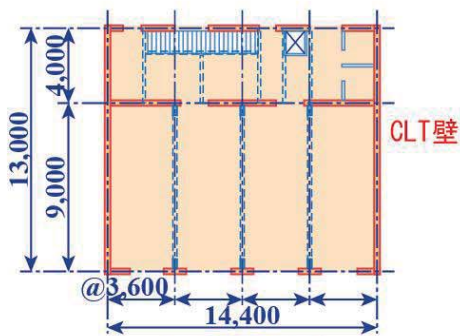
- ・浮き上がり変形能力の実現性 ($C_0=1.0, D_s=0.6$)
- ・CLT壁A.Boltの変形能力確保
- ・周辺部の先行破壊の防止



CLT構造モデル

CLT構造の部材断面概要: $D_s=1.0$

部材断面概要

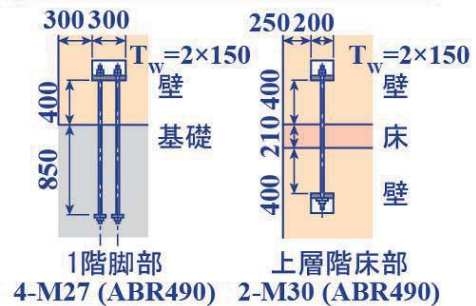


事務所平面図

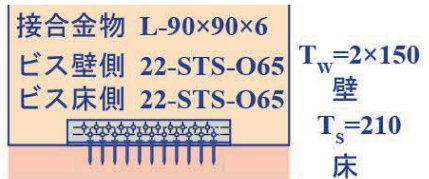
1階壁 $T_w = 300$ (2×150:5層5プライ)

固有周期 X方向 0.638 s
Y方向 0.472 s
(略算値 $T = 0.03 \times H = 0.435 s$)

接合部概要



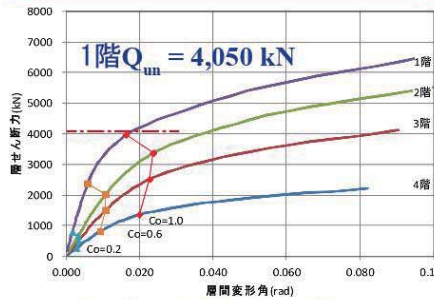
壁脚部アンカーボルト接合部



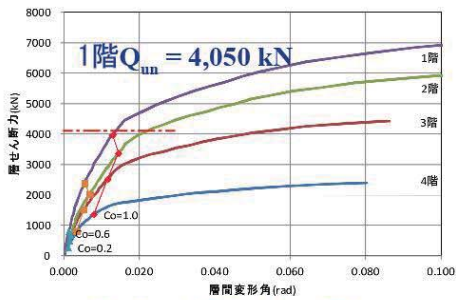
壁脚部水平接合部

CLT構造の復元力特性: $D_s=1.0$

復元カスケルトン曲線



X方向 (小幅パネル壁)



Y方向 (大型パネル壁)

復元力特性の特徴

大型パネルあるいは小幅パネルでも、アンカーボルト引張耐力 T_{bY} が同一で壁長さ ΣL_w が確保できれば、実現可能

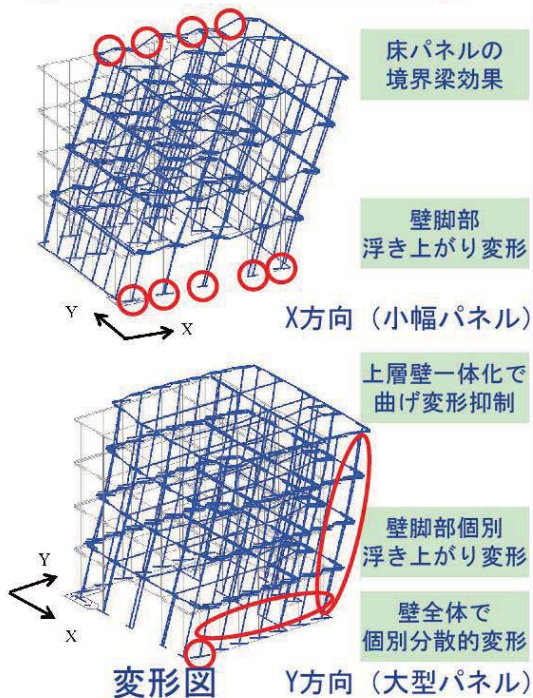
初期剛性は、大型パネルの方が高い

アンカーボルト引張降伏 T_{bY} 以降では、小幅パネルの方が、床曲げ降伏により剛性勾配の低下が顕著

アンカーボルト引張降伏 T_{bY} 以降も、直交壁効果で耐力上昇

CLT構造の復元力特性: $D_s=1.0$

試設計モデルの変形図



変形モードの特徴

小幅P: 壁間を繋ぐ境界梁となる床パネルの曲げ変形が顕著

小幅P: 1階浮き上がり変形が卓越し、上層階では境界梁効果により層間変形角が抑制される傾向

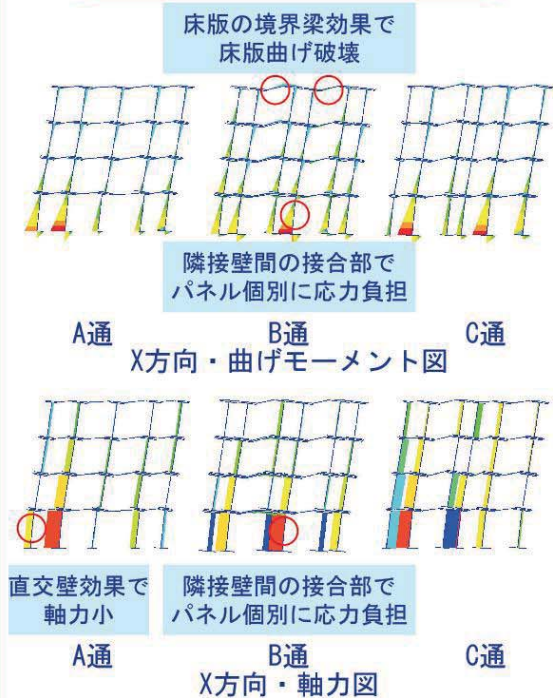
大型P: 壁相互間の接合部剛性が低く、個別分散型変形が卓越

大型P: 1階浮き上がり変形が卓越し、上層階は、壁相互間剛性によりハットトラス効果で曲げ変形抑制

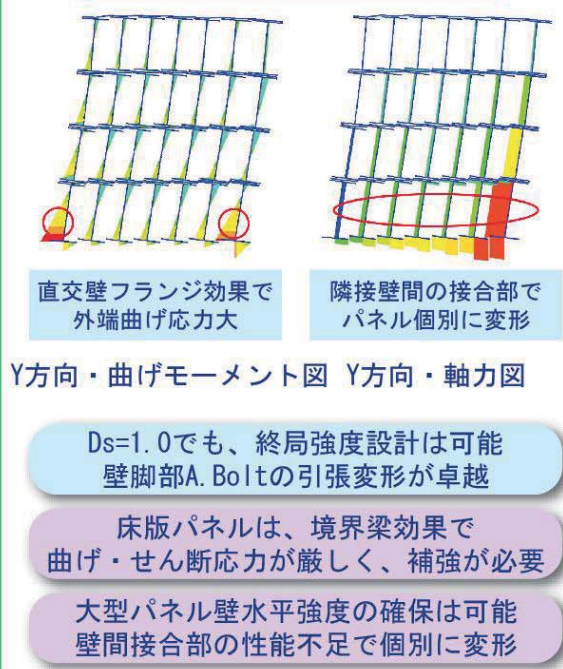
床パネルの水平剛性により、何れの場合も剛床仮定がほぼ成立

CLT構造の架構応力図: $D_s=1.0$

架構応力図-X方向・小幅P

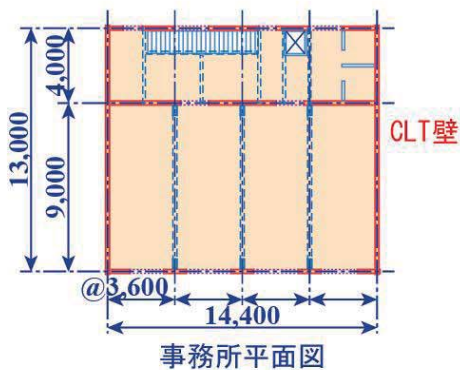


架構応力図-Y方向・大型P



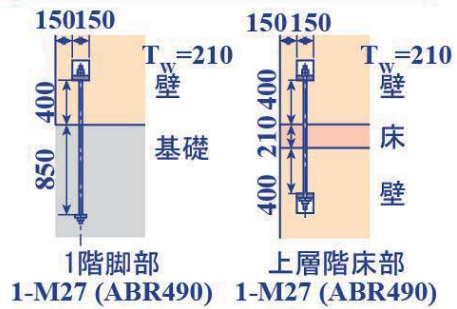
CLT構造の部材断面概要: $D_s=0.6$

部材断面概要



- 1階壁 $T_w = 210$ (7層7プライ)
- X方向壁間に床補強の垂れ壁追加
- Y方向壁一体化のため接合部補強

接合部概要



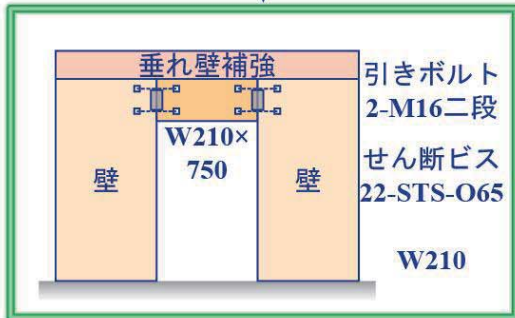
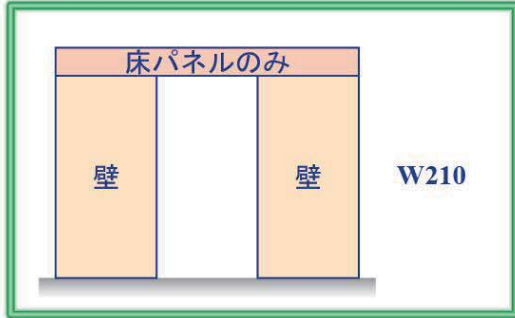
壁脚部アンカーボルト接合部



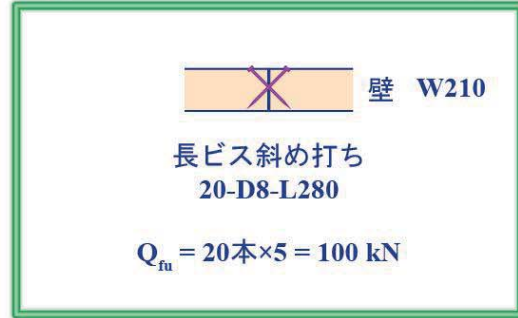
壁脚部水平接合部

CLT構造の補強概要

X方向：床の垂れ壁補強

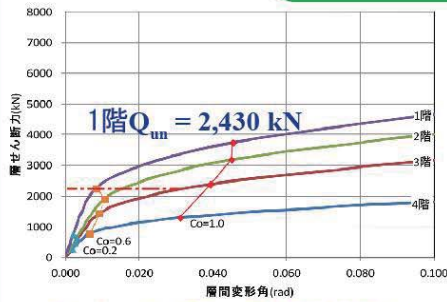


Y方向：壁相互接合部変更

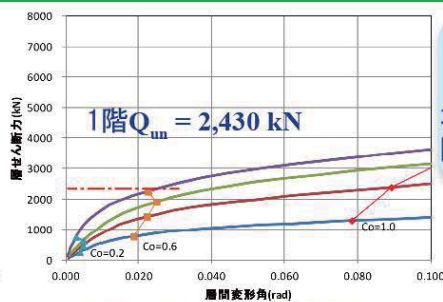


CLT構造の復元力特性: $D_s=0.6$

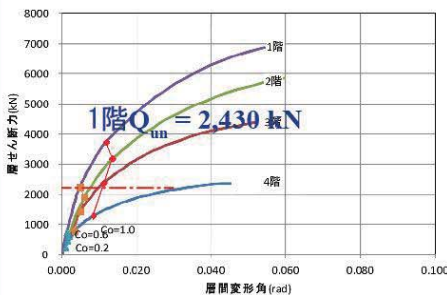
復元力スケルトン曲線: 補強前後比較



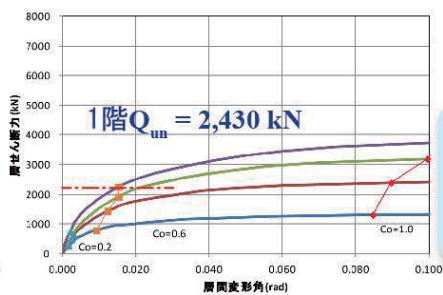
X方向 (小幅P・垂れ壁補強)



X方向 (小幅P・補強前)

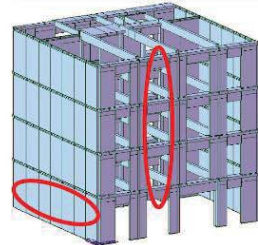


Y方向 (大型P・壁接合部補強)



Y方向 (大型P・補強前)

小幅パネル
垂れ壁補強による
境界梁効果で剛性および
降伏後の耐力上昇も顕著

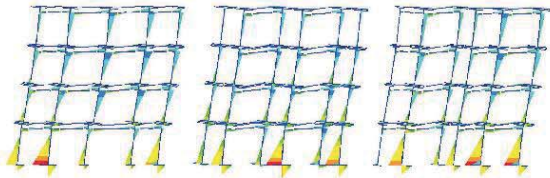


大型パネル
壁パネル相互接合部の
剛性・強度確保で
一体壁の挙動となり、
耐力も大幅に上昇

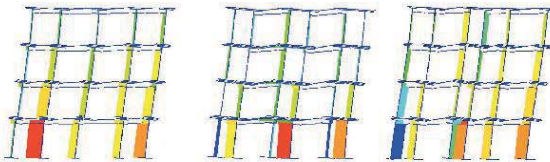
CLT構造の架構応力図: $D_s=0.6$

架構応力図-X方向

垂れ壁効果で
床版曲げ破壊回避

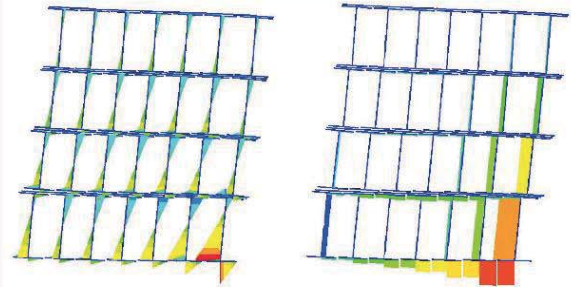


A通 B通 C通
X方向・曲げモーメント図



A通 B通 C通
X方向・軸力図

架構応力図-Y方向



壁間接合部補強で一体化 圧縮側応力が増加傾向
Y方向・曲げモーメント図 Y方向・軸力図

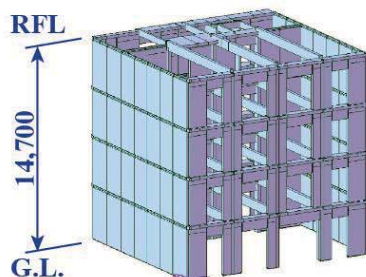
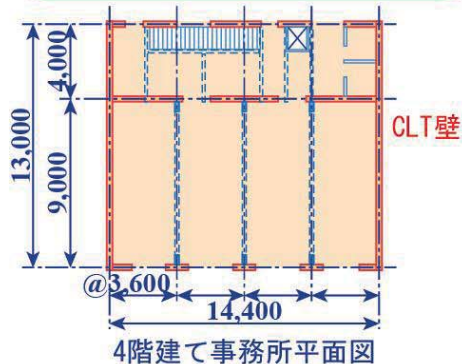
$D_s=0.6$ でも、靱性型設計は可能
脚部バネの引張変形は増加

耐力壁間の床版下に垂れ壁追加で
床版の損傷回避

壁間の接合部補強で
全長で一体的に挙動することが可能

CLT構造事務所ビルの試設計まとめ

事務所モデル概要



CLT壁配置アイソメ図

結果のまとめ

RC造と同規模の事務所建築可能

建物重量はRC造の60%程度

在来軸組構法の壁長の1/3程度

壁浮き上がり型の変形モードとなる

強度指向型と靱性指向型ともに可能

CLT壁：小幅および大型パネルとも可能

壁を繋ぐ床部には梁的補強必要

耐力壁の局部圧縮設計式が必要