5. 参考資料

5.1 A 工法の行政窓口及び講習会等質疑回答

行政窓口及び講習会等で頂いた A 工法（本協議会独自評価工法）への質疑に対する回答を記載する。評価が追加された場合など、質疑が不要のものを除き、毎年更新する。

なお、本 Q&A では本協議会を「減災協」、(一財)日本建築防災協会を「建防協」、「木造住宅の耐震診断と補強方法」を「建防協設計法」、その Q&A を「建防協設計法 Q&A」、および建防協による「一般診断法による診断プログラム Wee2012 (Win10)」を「Wee2012」と呼ぶ。

(1) 必要耐力の算出方法に関する質疑……Q&A P.1
(2) 耐力壁の評価に関する質疑……Q&A P.1
(3) 耐力壁仕様に関する質疑……Q&A P.4
(4) 筋かい耐力壁に関する質疑……Q&A P.10
(5) 土壁耐力壁に関する質疑……Q&A P.11
(6) A 工法に関する質疑……Q&A P.13
(7) その他の質疑……Q&A P.35
(8) A 工法　質疑解決箇所……Q&A P.38

(1)　必要耐力の算出方法に関する質疑

Q1. 荷重組合せを考慮した必要耐力について

①補強計画において、屋根を軽くする方法を選定されることがあるが、屋根と壁の仕様の組み合わせによっては、結果が変わらないケースがあるので困っているが、対策はないか。
②葺き土の厚さによって建物の負担は変わるが、同じ建物区分で診断してよいか。

評価の考え方

計算ルート、必要耐力の算出方法によって、建物重量のとらえ方が異なる。一般診断法では、屋根、外壁、内壁の仕様組合せを固定して、「軽い建物」、「重い建物」、「非常に重い建物」の 3 種類の建物区分としている。精密診断法は、一般診断法と同じ建物重量の考え方を用いる方法(精算法)、簡易荷重表を用いて組合せは任意に算出する方法(ここでは「簡易 Ai 法」と呼ぶ)、建物仕様から重量を部位毎に定めて告示と同じように算出する方法(ここでは「告示法」と呼ぶ)があり、3 種類の固定した組合せ以外で重量を変更するには、簡易 Ai 法か告示法を用いる必要がある（建防協設計法指針参照)。

計算ルート	必要耐力算出法	荷重表
一般診断法	・総 2 階法	・簡易重量表 （組合せ固定）
	・精算法	
精密診断法	・精算法	
	・簡易 Ai 法	・簡易重量表 （組合せ任意）
	・告示法	・部位毎設定

A1. 回答

①3 種類の建物区分の屋根と壁の仕様の組合せを変える場合は、精密診断法の簡易 Ai 法もしくは告示法を用いる。
②非常に重い建物とし、葺き土の厚さがあまりにも重いと判断される場合は設計者判断で必要耐力を割り増す。

(2)　耐力壁の評価に関する質疑

Q2. 減災協と建防協の耐力壁の評価について

同様の耐力壁仕様で減災協と建防協の壁基準耐力に差があることについて、具体的な理由があれば教えて欲しいです。

A2. 回答

独自の試験に基づいて、減災協の他の類似工法との相対的な関係を加味して評価しているため、他機関の評価と異なる場合がある。

Q3. 建防協認定の合板耐力壁について

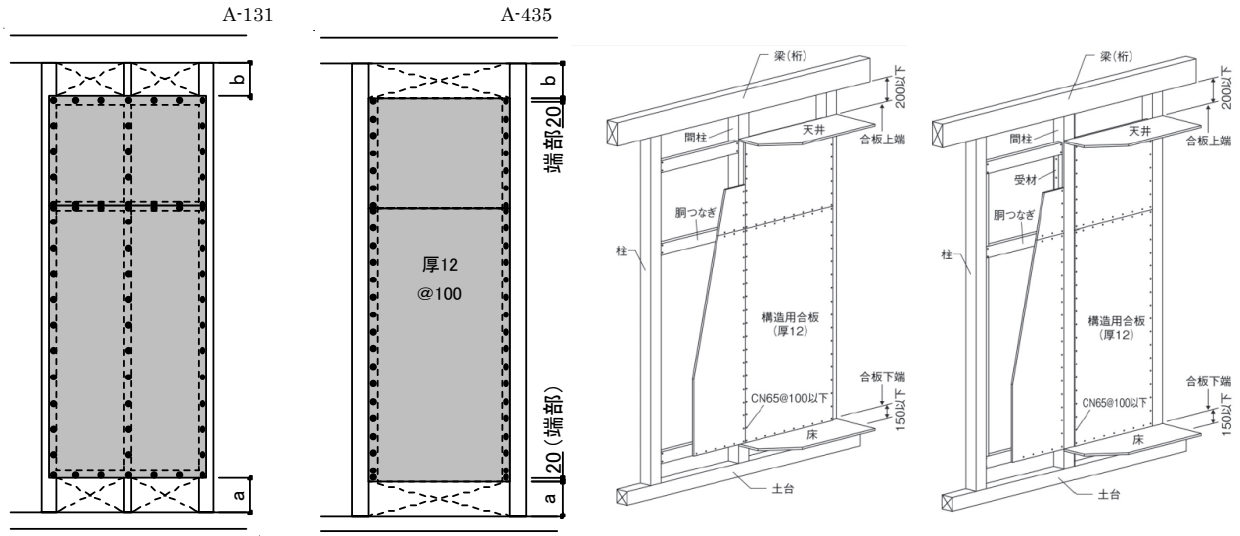
東京合板工業組合が 12mm 合板、24mm 合板の評価を建防協で取得している。減災協の四周打ちの場合、最大で 5.2kN/m であるが、同組合では 12mm 合板で 7.8kN/m としているものもある。同仕様のものも運用できないか。

評価の考え方

建防協で認可されたものは、基本的に減災協でも使用可能としている。しかし、性能を高くすることは、接合金物等周辺の使用部材の負担が大きくなることに注意が必要である。比較例として以下に大壁及び真壁の上下あきタイプについての減災協と東京合板組合の仕様の違いを示す。

		減災協		東京合板工業組合	
		大壁(A-131 上下あき裏桟あり)	真壁(A-435 上下あきアルミ材下地)	①大壁上下あき	②真壁上下あき
壁基準耐力	kN/m	4.16		6.6	4.8
壁基準剛性	kN/rad./m	584		960	800
合板	種別	-	-	JAS1級または2級、特類または1類	
	厚み	9mm	12mm	12mm	
合板留め付け		N50@150以下四周	木タッピングビスL30@100	CN65@100	
上下受材(四方受材)	仕様	90×45	アルミ不等辺アングル 9×40 t=1.5	-	30×45以上
	柱留め付け	2-N75	木ビスL32@100	-	N75@200以下
継手受材(胴つなぎ)	仕様	30×90	-	45×90	
	柱留め付け	2-N75	-	2-N75	
下開口(a)		a+b≦370		150mm以下	
上開口(b)				200mm以下	

減災協　　東京都合板工業組合



大壁上下あき　　真壁上下あき　　①大壁上下あき　　②真壁上下あき

A3. 回答

建防協で使用可能な仕様、または評価された仕様については、建防協で認められた範囲で用いることができる。

Q4. 建防協認定の特殊な面材を用いた耐力壁について

構造用合板の代わりにメーカーの面材を使用する工法が多くなってきております。合板の代わりにメーカーの面材を用いた場合、厚さ、釘のピッチ等をメーカー仕様に準じた基準に従ってよいのか教えてほしいです。また、変更しても壁基準耐力が変わらないのか教えてほしいです。

A4. 回答

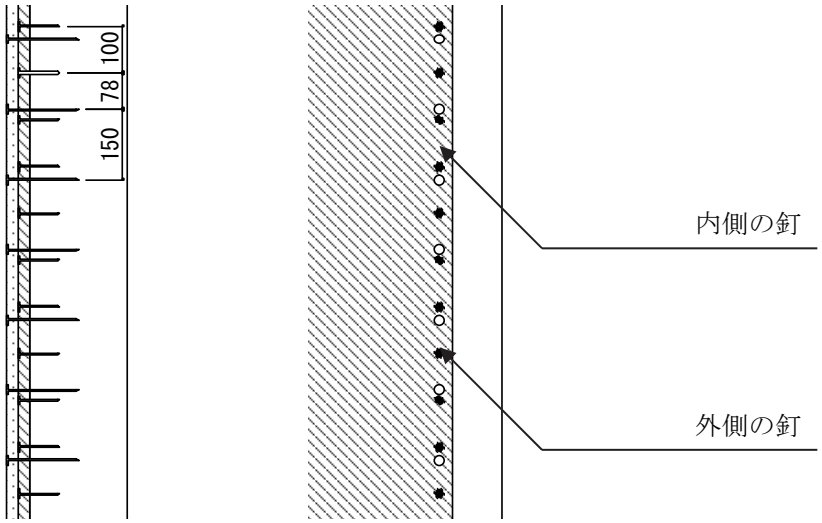
各種耐力壁の評価を他の面材・仕様にて適用することは不可である。メーカー仕様はメーカーの設計ルールに従うこと。

Q5. 片面に接合した 2 重の耐力要素について

構造用合板の上に石膏ボードやサイディングを張った場合に壁基準耐力の足し合わせはできるか。私はできないと考える。根拠は Q&A(建防協 Q7.4)に合板の二重張りを有効としないとの回答がある。

評価の考え方

2 重に耐力壁を配置した場合、釘接合部の性能を担保できない。



A5. 回答

建防協 Q&A7.4 通り、直接軸組みにとりついた面材を評価することとし、重ねた面材は評価不可とする。

Q6. 接着剤を用いた耐力壁の性能評価について

真壁の土壁耐力壁に 4mm ベニヤを樹脂ボンドで接着し、フィニッシュネイルを打って仕上げる場合、耐力は向上しませんか。

A6. 回答

現場でのボンドとフィニッシュネイル接合は現状評価がないことから、耐力壁とすることはできない。評価が必要であれば適切な試験を行い性能評価の申請が必要となる。

Q7. 保有耐力評価に関して

基準耐力を 10.0kN 以上とする場合はいかなる補強でも無理ですか。

A7. 回答

精密診断法を用いる場合は 14kN まで可能である。

Q8. 建防協認定の補強工法について

風呂場の高基礎も繊維補強できるか。

A8. 回答

可能と思われるが、高基礎部がコンクリートの必要性能を満たすように繊維補強設計をする必要がある。

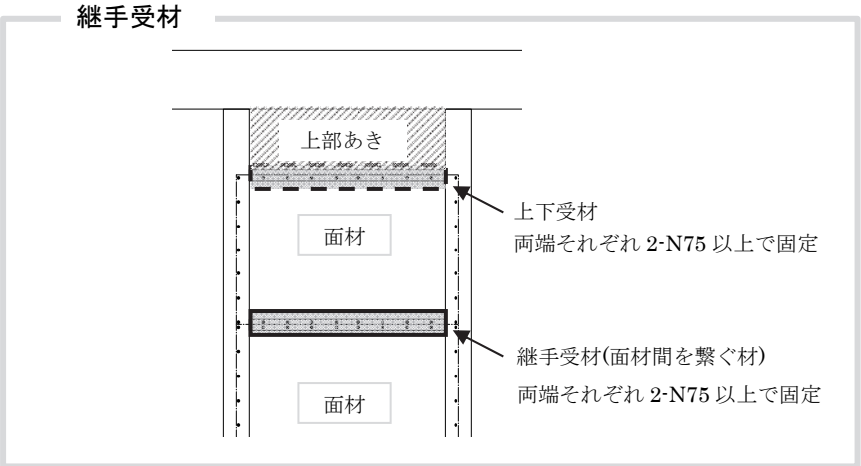
(3) 面材耐力壁仕様に関する質疑

Q9.継手受け材-柱接合部について

胴つなぎ（継手受材：30×90）N75 上下打ちが現場では手間がかかります（自動釘打ち機では胴つなぎ（継手受材）が割れる為、下穴処理後に手打ちになる）。そのため、ほとんど使っていません。造作用の釘等では NG でしょうか? 若しくは同等長のビスではどうでしょうか?

評価の考え方

継手受材と柱間は大きな力が作用しない接合部であるが、ビス及び造作用の釘は性能が不明の場合が多く、釘 2-N75 で固定した場合と同等の性能を確保することは難しいと考えられる。特に上下受材は、柱から面材に力を伝える必要があるため、性能が不明なものを用いてはならない。



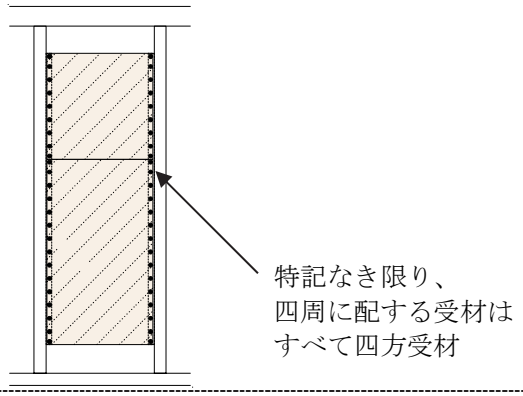
A9. 回答

上下面材を一体化させるための継手受材と柱の接合部には大きな力は作用しないが、ビス・造作用の釘は規格値が不明の場合が多く、性能差が大きいため使用不可とする。

Q10. 四方受材について

図面には上下に受材及び釘表示がないのですが、四方受材 30*40 と説明書きがあります。
上下及び合板継手に受材（30*40）必要でしょうか？土塗り壁の時、どのように解釈すれば良いでしょうか？

仕様



A10. 回答

柱、横架材に取り付ける受材を四方受材と定義している。A-433 は柱のみに四方受材が付く仕様となる。

Q11. 受材寸法について

1 つの壁で両側から補強する場合、裏桟受け材はそれぞれで必要寸法のものを取り付けますか？
それとも、兼ねてもよいのでしょうか?たとえば 30*90 の受け材が必要な場合 90*90 を 1 本入れ、両面から合板を張るやり方でもよろしいですか?

考え方

各工法は、片面の仕様で設定されており、両面に裏桟が必要な仕様を配する場合は両方に同じものを用いることが原則です。しかし、納まりの都合上、それぞれを施工することが困難な場合は両方を足し合わせた寸法以上の寸法の部材を用いることも考えられます。ただし、釘の埋込長さなどが異なることから釘による割裂きなどが発生しないようその寸法を考慮した仕様としてください。

通常仕様　　まとめた部材

A11. 回答

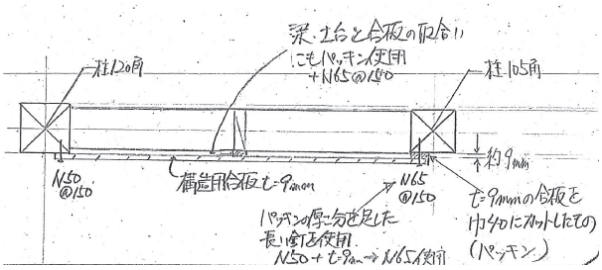
足し合わせた必要寸法を満たしているようであれば、兼ねての利用でも問題ない。ただし、横架材又は土台への本数は倍となる。

Q12. 面材を貼る面に凹凸がある場合について

①柱と横架材の出面が異なる場合は 5mm もしくは 9mm 程度なら添え材若しくはパッキンを当てて良いか。

②面材を貼る面に凹凸がある場合について A-111 以外の大壁仕様にも適用し、各壁基準耐力の低減がないことでよいか。

③柱、土台、梁等の面が違う場合、木材をボンド付けして面をそろえた場合に低減は必要か。

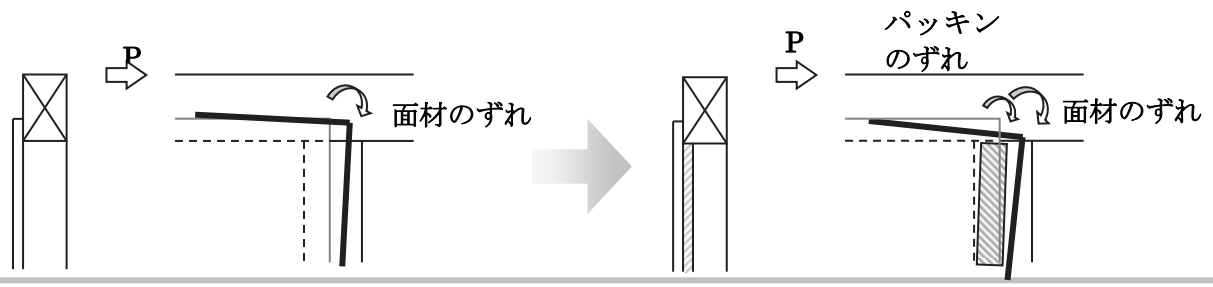


評価の考え方

パッキンを用いると釘と木部のめり込みの他に、パッキンと木部、パッキンと面材間のズレが生じ、変形量が増大し耐力低下を及ぼす可能性がある。

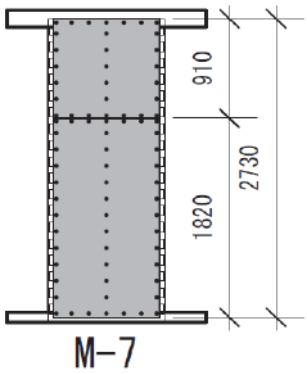
※パッキンとは、ゴムのような樹脂素材で、塵やほこりが室内に入らないようにするための溝埋め材のことを指す。

面合せのパッキンを設けた場合



添え木を用いる場合は、既往の試験（面材と柱梁の間に胴縁をはさんだ試験体）の結果を参考とする。添え木が薄い場合(15mm 以下)は、釘接合部の挙動は胴縁をはさんだ際と異なり添木部分での変形は微小であることから性能は低下しないと考えらえる。

既往の試験結果



胴縁を介し@150 で留め付けた試験体。
添え木を用いると添え木により釘の 2 面せん断となるが、耐力は通常の合板と同程度出ており、剛性が多少低くなる傾向があった。

	壁基準耐力	壁基準剛性
A-111	5.2kN/m	730kN/rad./m
A-111 試験値	5.52kN/m	1083kN/rad./m
M-7 試験値	5.76kN/m	797kN/rad./m

A12. 回答

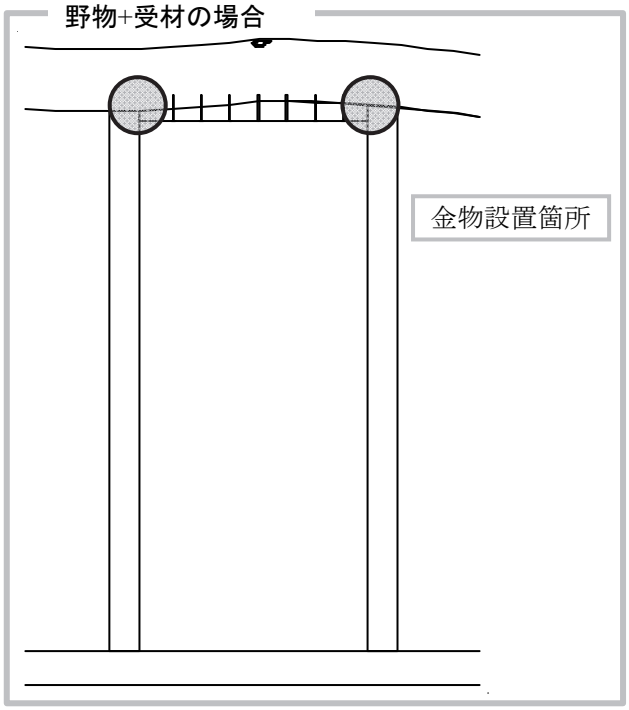
添え材としてパッキンを用いてはならない。添え木を用いる場合は胴縁程度の厚さ 15mm 以下とし、A-111 と同等として評価できる。他の A 工法についても適用は可能である。また、施工しやすくするため、添え木を接着剤・釘で柱・梁に仮固定することは可とする。なお、留め付ける釘の埋込長さは、添え板厚を除き柱梁への埋込長さが通常時と同じように担保できるようにしてください。

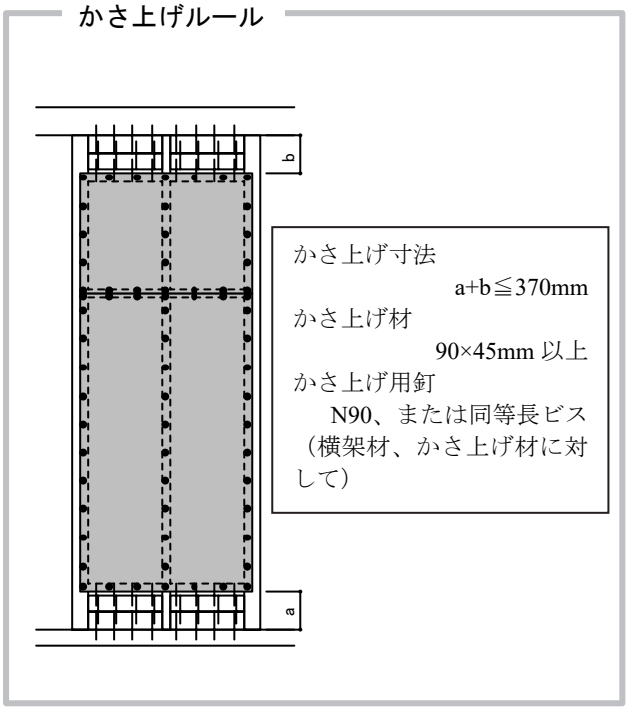
Q13. 梁が野物の場合の壁補強について

受梁（90×90 程度）を新たに整備して、フレームを構成していいですか。また、接合金物は、野物部分でいいですか。

評価の考え方

野物の梁に受材をかさ上げ材として留め付けることは可能である。ただし、野物と受材の接合方法はかさ上げルールに準拠する。受材が大きいと釘長さが不足するので受材を分割するなど注意する。





A13. 回答

野物に受材をかさ上げのように取りつけ耐力を評価する場合は、かさ上げルールに準拠する。柱接合金物は、野物に留め付けること。

Q14. 大壁裏桟なしの面材配置

12mm 構造用合板 裏桟なしとなっていますが. 3×9 板又は 3×10 板を使用する事ですか？3×6 板の構造用合板裏桟なしで施工しても構わないのですか？

A14. 回答

合板は上下別れていても良いが、裏桟なしの仕様の場合は工法で表示した面材枚数以下で配置すること。

Q15. 合板の分割について

①各メーカーが提供している上下あきタイプと同様に横桟（継手受材：30×90）を使用し（見付 90）、構造用合板は 3 分割（H90×2、残り現場合せ）すると基準耐力はもう少し大きくなる可能性はないでしょうか。

②合板 2 枚張りと合板 1 枚張りでも耐力は同じでしょうか。

評価の考え方

下記算出例より、面材 2 枚の場合に比べ、面材 3 枚の場合は壁基準耐力が向上し、壁基準剛性が低下する傾向にある。

『算出方法：「木造軸組構法住宅の許容応力度設計」（公財）日本住宅・木材技術センター編に記載された面材張り大壁の詳細計算法』

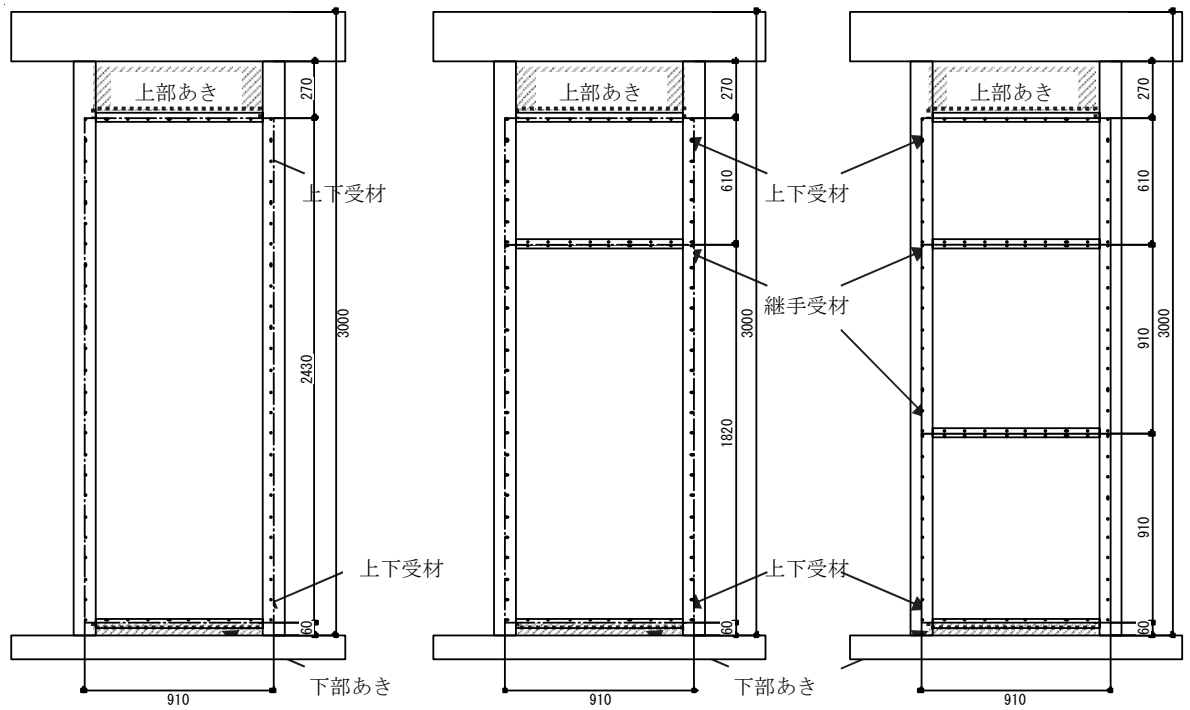
算出例

下図の寸法の大壁耐力壁とし、面材は 12mm、釘は横桟も含め四周に N50@100 とした。A）面材 1 枚、B）面材 2 枚、C）面材 3 枚として、面材張り大壁の詳細計算法を用いると以下の結果が得られる。

A）面材 1 枚
壁基準耐力=6.23kN/m
壁基準剛性=1363.8kN/rad./m

B）面材 2 枚
壁基準耐力=5.59kN/m
壁基準剛性=1080.6kN/rad./m

C）面材 3 枚
壁基準耐力=5.77kN/m
壁基準剛性=926.9kN/rad./m



A15. 回答

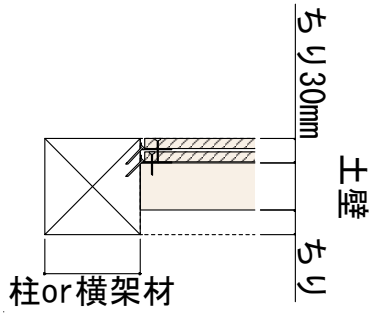
詳細計算法によれば、面材のサイズ及び枚数によって基準耐力が増大し、基準剛性が低下する可能性はある。A 工法は原則として試験により評価しているため、裏桟を用いて四周を固定する場合は 3 分割までは分割による評価値は変わらないこととし、1 枚張りとした場合も同様に扱う。

Q16. 同一真壁ちりの構造用合板 2 枚補強について

真壁で、柱～壁のチリが 30mm ある場合に同一面に 2 セット施工することは有効ですか？

評価の考え方

30mm と細いちりの範囲内に釘・ビス接合部が集中すると、釘・ビスによる断面欠損が集中することで、局部的な予期せぬ破壊が生じる可能性が高い。



A16. 回答

真壁で片側ちりに真壁おさまりの耐力要素を 2 セット設けることは、柱のちりへの応力集中を招くため不可とします。

(4)　筋かい耐力壁に関する質疑

Q17. 筋かい耐力壁の断面寸法について

①筋かいのサイズが 30×90、45×90、90×90 とあるが、真壁にも対応できる様に 75×90 でも試験して欲しい。
②75×75 の筋かいは二ツ割筋かいと同等で評価してよいか。

A17. 回答

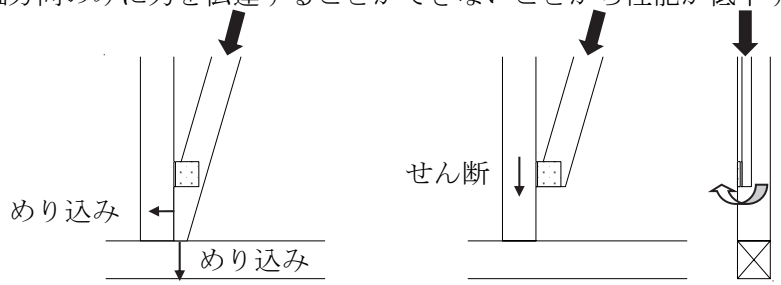
①要望として承った。
②良いと思われるが、筋かい金物には 90×90 相当を用い、N 値計算も 90×90 の筋かいとして評価する。

Q18. 筋かい端部の切欠きについて

柱接合金物を取り付けるために筋かいの端部を切断しなくてはならない場合、筋かいは引張に対しては耐えると思うが、同様に圧縮にも耐えられ、切断していない状態と同じ耐力が出るのか、またどのくらい低減された耐力となるのか、試験して欲しい。

評価の考え方

通常、筋かいの圧縮抵抗は木部のめり込みで抵抗する。筋かい端部を切断すると、圧縮力を金物が負担することとなるが、筋かい接合部金物は剛性が低く、また偏心して取り付けられているため、回転してしまい軸方向のみに力を伝達することができないことから性能が低下すると考えられる。



通常の場合　　端部を切断した場合

A18. 回答

直接柱梁を押すことができず圧縮力を伝達できないため、筋かい端部の切断・切り込みをしてはならない。

Q19. 筋かい断面の不足について

三ツ割の筋交いであった箇所が壁を解体すると 27or28×90 であった場合に、接合部 I で補強したとすると、30×90 金物有と考えてよいか。

A19. 回答

木痩せによるものと考えられるが、接合部を補強する際に 30×90 に取り換えることを推奨する。

(5)　土壁耐力壁に関する質疑

Q20. 土壁と筋かいの併用について

評価済の一部プログラムに筋かいの存在する土壁は塗厚が 1/2 程度になるものがあります（ホームズ君：40~50 で 0.98kN/m）。筋かいが土壁の片面に埋っているケースもあるので、これは理解できるのですが、一般診断法ではそのような考え方は NG でしょうか。例えば片側のみ土壁を削っても反対側は残っていれば、評価可能でしょうか。

また、ホームズ君を使用した場合、三ツ割筋かいが入っている土塗壁は片面塗の数値を入れないとエラーが出ます。ソフトメーカーに聞くと、建防協認定時に指摘されて直したとのことですが、建防協が出版している本にも書いてなくて、Wee2012 版にも土塗壁片面塗数値がないのですが、筋かいの入った土塗壁は片面塗の数値になるのでしょうか。また、片面塗の数値はいくつになるのでしょうか。

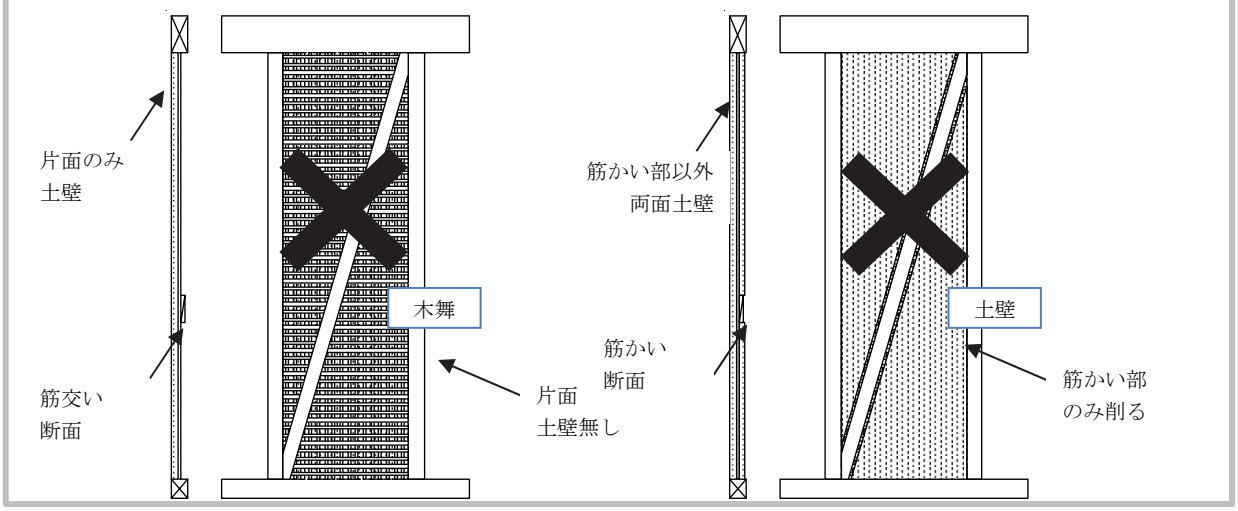
評価の考え方

建防協設計法 資料編 P.146 の表に記載された耐力要素の仕様例を下表に示す。土壁の上 2 項目は補強無しの場合の診断用、下 2 項目は補強耐力要素と評価できるが、土壁片面塗は評価基準に含まれていない。ただ、壁倍率が規定されたもの（大臣認定）であれば評価対象であり、建築基準法施行令第 46 条の仕様の片面土壁は 1.0 倍（1.96kN/m）として評価可能であると考えられる。

種別	「工法仕様」の名称	寸法	接合部等	計算適用区分
土塗り壁	塗厚40mm以上 50mm未満	両面塗総厚40mm以上 (荒壁25mm以上、中塗り8mm以上)	貫3本以上 @910mm以上	診断のみ
	壁厚50mm以上 70mm未満	両面塗総厚50mm以上 (荒壁30mm以上、中塗り10mm以上)		
	壁厚70mm以上 90mm未満	両面塗総厚70mm以上 (荒壁40mm以上、中塗り15mm以上)		補強計算も可
	壁厚90mm以上	両面塗総厚90mm以上 (荒壁50mm以上、中塗り15mm以上)		

耐震改修において両面土壁を片面土壁に削った場合は、木舞への定着が減少し反対側の片面土壁が落ちる可能性が考えられ、性能が担保されないため評価しない。

両面塗りから片面塗りの場合



A20. 回答

筋かいが片面に埋まっている場合は、残った土壁厚さで土壁を評価する。ただし、既存土壁の片面を木舞まで削り取る場合は、補強計算時に評価してはならない。

Q&A　P.11

Q21. 土壁の削り厚さについて

過去 Q&A で既存土壁に筋かいを取り付ける際、一部を削り取る場合は評価してはならないとありますが、構造用合板で真壁の受け材を取り付ける場合も、一部を削り取るのであれば同様に評価できないと考えるのか。もし、低減して土壁を評価することが可能であればその数値はいくつか。

評価の考え方

過去 Q&A のように片面のすべてを削り取る場合、筋かい部のみ木舞まで削り取る場合については残った土壁の剥落の可能性があるため評価してはならない。部分的に片側を 20mm 以上残して削り取った場合は反対側との一体性が保たれていると思われるので、残った厚みで評価する。

A21. 回答

土壁の残存した厚みが片側 20mm 以上であれば、残存した厚みの土壁として評価する。

(6)　A 工法に関する質疑

Q22. A 工法の面材変更について

補強方法各種（A-111 や A-112、A-131 等の構造用合板 t=9 ㎜以下の仕様）について各評価書中の「構造用合板」は国交省告示 490 号による「構造用 MDF（JISA5905-2014）」に変えて採用することは可能でしょうか。※桟木や釘等の要件は記載通りに施工します。

A22. 回答

使用面材と留付ける釘等の組み合わせによって性能が大きく異なるため不可とする。

Q23. 構造用合板の面材厚について

主要構成部材の仕様の項目では、「構造用合板 厚 9mm 以上」や「構造用合板 厚 12mm 以上」と「以上」という記載があるため、例えば、本質問のように A-300 シリーズで構造用合板 厚 12mm を使用することや A-400 シリーズで厚 15mm をしようすることは問題ないでしょうか。各シリーズで使用できる厚みの範囲等ありましたお教えいただきたいと思います。

A23. 回答

Ａ工法では、9mm の構造用合板と 12mm の構造用合板の 2 種類の仕様から選択できるように試験を行ったうえで構造性能が評価されており、同じ仕様での運用を原則とするが、規定より厚い構造用合板で利用する場合には釘の埋込長さが変化しないなど危険にならないように適宜設計して運用すること。

Q24. 上下あき工法と併用できる一般工法について

上下空き仕様（例えば A-435）に組み合わせる耐力要素として W-017i ガーディアン工法「制震補強壁ガーディアン・クール工法」のガーディアン・クール C2 を併用することは OK でしょうか。

A24. 回答

メーカー工法では、柱脚金物や柱の止付け等で工夫されているものが多くある。それぞれの壁の耐力に影響がないと判断できる場合は、設計者判断で併用する等、設計すること。

Q25. 補強壁となる両端の柱仕様について

補強壁となる両端の柱仕様について、無垢材ではなく集成柱でも同様の耐力が見込めるものと判断してもよいでしょうか。

A25. 回答

A 工法の試験は、スギ E70 材 90mm 角の柱材を用いて試験している。同等以上の性能があるか判断したうえで適切に設計すること。

Q26. A 工法の通し柱について

補強したい壁の構成（土台、柱、梁）が柱勝ちの場合に、A 工法を使用できるか？使用できる場合、柱頭柱脚金物は、どのように考えたらよいのか？

A26. 回答

柱頭柱脚金物は N 値法に準じて設計できれば問題ない。通し柱の部分は金物によって連結されているものと考え、梁は脱落しないように引張金物にて適切に留め付けること。

Q27. 穴あきルールに関して

穴あきルールですが、A - 234・A - 242・A - 244 には適用できませんか？

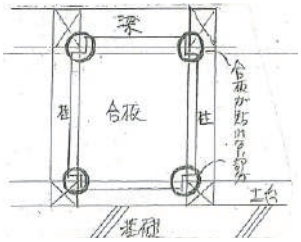
A27. 回答

各区画が受材と釘で囲まれているため、適用してよい。

Q28. A-111 構造用合板の角欠きルールについて

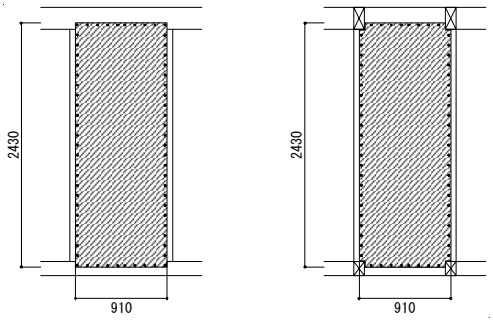
①大壁仕様で、合板を貼る構面に直交した構面がある場合、右図のように直交する梁、土台の部分は合板を貼ることができないが、これは切欠きには該当せず、壁基準耐力は 5.2kN/m として良いでしょうか。

②A-111 以外に、A-111 カ、A-111 マ、A-213、A-222、A-223、A-273 にも適用し、各壁基準耐力を 0.9 倍した値を用いることができるか。また、A-111 片側受材仕様にも、壁基準耐力を 0.9 倍した 4.5kN/m を用いることができるか。



評価の考え方

構面に直交するように構面があり、直交側を面材張り大壁耐力壁としない場合は、面材角部を切欠いた面材耐力壁とすることができるが、面材角部の釘接合部は最初に降伏耐力に達する釘接合部であり、初期剛性・耐力に影響するため、耐力評価の低減が必要であると考えられる。また、他の A 工法で 1 枚の面材が大きい場合や裏桟がない場合は面材の挙動が不明であるため、試験をして性能を確認する必要がある。例として、『算出方法：「木造軸組構法住宅の許容応力度設計」（(公財) 日本住宅・木材技術センター編）に記載された面材張り大壁の詳細計算法』を用い以下の条件で評価した結果を示す。



構造用合板 t=12mm

2430×910(1 枚貼り)

釘接合部 N50@100

	壁基準耐力 (kN/m)	壁基準剛性 (kN/rad./m)
欠損なし	6.38	1399.1
角欠き	6.04	1320.1
比率（欠き/なし）	0.95	0.94

A28. 回答

角部を切り欠いた場合の評価値は、多少の耐力低下があるため低減係数α=0.9 とする。また、検討は基本的な大壁についてのみ行っているため、A-111、A-111(カ), (マ)、(タ)のみ適用とし、その他の A 工法には適用することは不可とする。

Q29. A-111 構造用合板の角欠きルールについて

①角欠きの切り欠いても良い寸法は何㎜まででしょうか？直交する横架材の梁成が 300 ㎜や 360 ㎜等と大きい場合もありますが、何㎜まで切り欠いても良いのでしょうか？

②記載されている例が A-213 の 1 枚張りと同じなので A-213 については適用可能ではないでしょうか？A-111 のみの適用ですと、土塗壁がある壁や補強時に筋かいを併用したい場合に使用できなく使い勝手が悪いです。

A29. 回答

①切り欠き寸法は、性能が低下しない範囲として釘 1~2 本程度を想定し、欠損がない場合に対して全体釘本数が不足しないよう切り欠き近傍に適切な端あき距離を取ったうえで施工すること。

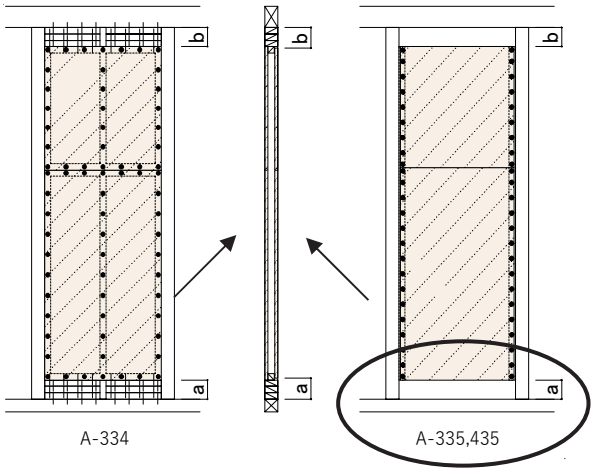
②A-213 や分割した面材の切り欠き等については、今後の検討課題とする。

Q30. 部分開口真壁「かさ上げ」工法について

同一壁において他の構造用合板補強工法（A-335,435 上下あき工法等）との併用が可能であるか（それぞれの壁基準耐力を合算可能かどうか)。

評価の考え方

片面が上下あき、片面はかさ上げとした場合、それぞれ独立して力を土台に伝達できるため加算が可能と考えられる。



留め付けない。

A30. 回答

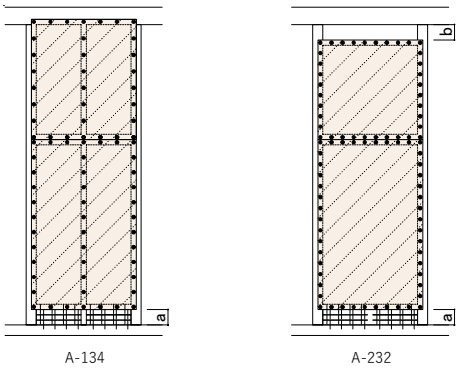
片面をかさ上げ、片面を上下あき等にする場合は壁基準耐力の合算は可能である。

Q31. 部分開口真壁「かさ上げ」工法と「上下あき」工法の併用について

「床側のみ嵩上げし上部梁側は嵩上げしないで柱、梁に合板を固定する場合」、その逆で「床側は上げなし、梁側はかさ上げありの場合」には、「A-134 大壁かさ上げ工法」と同等の評価をしてもいいでしょうか。また、「床側を嵩上げし上部梁側は“あき”とする場合」、その逆で「床側は“あき”とし、上部梁側を“かさ上げ”する場合」は、「A-232 上下あき工法」と同等の評価は可能でしょうか。

評価の考え方

かさ上げルール
そのまま



かさ上げと開口合せて a+b の範囲内であれば可

A31. 回答

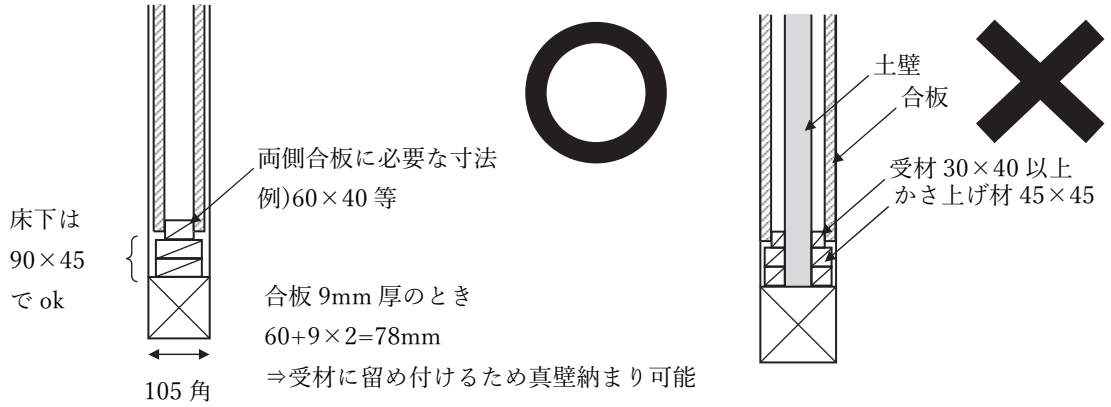
かさ上げは床側のみでも梁側のみでもよく、かさ上げと片側あきの併用は可とする。

Q32. かさ上げ材の納まりについて

①かさ上げ材は 90×45 以上となっているが、特に真壁の場合、幅 90×高さ 45 の部材では施工は無理なのではないか。つまり一般的な柱の寸法 105 の場合、片面のチリが 12、ボード厚が 9mm とすると、12*2+9*2=42 となり 105-42=63mm が部材取付の有効な空間となるはずである。よって 63＜90 となるので幅 90 では施工が困難となります。幅を 45、高さを 90 としても良いのか？また、かさ上げ材を 45×45 を 2 段で両面としてもいいか。

②かさ上げの留め付けピッチは。かさ上げ仕様の図のように本数を打つと材が割れる。接着剤を併用して行っていいか。

評価の考え方



A32. 回答

①真壁かさ上げ仕様は、90x45 の受け材を用いる形であり、かさ上げ材の上に面材が納まる。かさ上げ材の幅と高さを入れ変えるのは不可とする。また、45×45 を 2 段以上重ねてかさ上げ材として利用することは、土壁との納まりを考慮すると性能を担保できない可能性が考えられるため、不可とする。

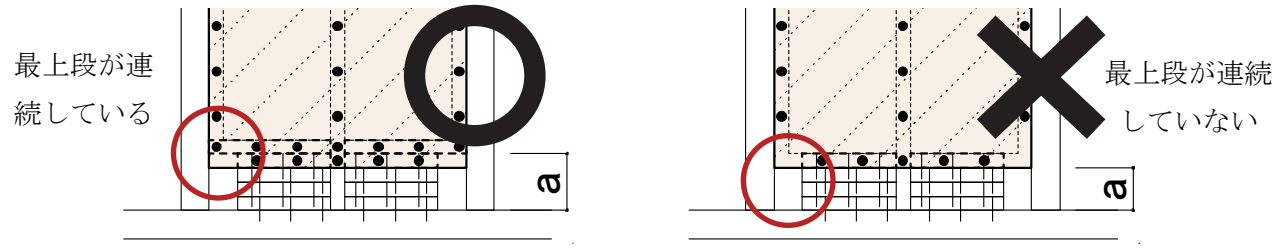
②接着剤を併用することは可とする。留め付けは実験及び大壁より「受材 N90@(かさ上げする耐力壁の釘ピッチと同じ)千鳥打ち」とする。

Q33. かさ上げ工法の金物設置について

①かさ上げをする場合、かさ上げ最上部では柱間にかさ上げ材が敷かれているものとするとありますが、かさ上げ数が少ない場合、金物を使用するときに最上部を欠かざるを得ない状況が起こりそうですがいかがでしょうか？

②また、最上部を金物分だけ欠き、最上部が柱に一部接する状況は不可でしょうか？

評価の考え方



A33. 回答

①かさ上げ材を切り欠くことにより、面材耐力壁の釘本数を確保できないこと、すべてのせん断力をかさ上げ材を介して土台に伝達するのは困難である。かさ上げ材の積み上げ本数を増やし、かさ上げ材と柱材が連続する箇所を面材端部として釘を留め付けること。
②また、最上段のかさ上げ材の一部を欠損させるとかさ上げ材に生じる軸力伝達に影響が生じるため不可とする。

Q34. かさ上げルールについて(R6)

① P.27 にかさ上げルールの図が４つ示されていますが、評価シートでは A-134 と A-334 しかありません。それぞれ、「大壁　１間横使い　四周打ち仕様→A-222 にかさ上げ材を使用した工法」「真壁　裏桟なし仕様→A-413 にかさ上げ材を使用した工法」と解釈すれば良いでしょうか。
② A-213 もかさ上げルールの対象でしょうか。
③ かさ上げルールを使用した工法と筋かいの併用は可でしょうか。筋かい金物は２面施工のものを使用します。

A34. 回答

① かさ上げは一定寸法以下で埋めてあれば可としており、上下あき工法でなければ適用可能である。
② 対象である。
③ 筋かいは併用不可とする。

Q35. A-131, A-223 の外壁改修への適用について

①耐震補強計画により劣化度 1.0 にすれば評点が 1.0 以上になる。よって外壁にて処理を計画していますが、軒天仕上げをそのままにして上下あき仕様(α=0.7)を採用したいのですが如何ですか。
②外壁まわりのサイディング張り壁方式構造用合板下張で上あき仕様では認められませんか。

A35. 回答

①認められる。ただし、一般診断法の劣化度は 0.9 が上限となることを留意する。
②認められる。ただし、サイディング耐力は診断専用であるため、補強設計では用いることができない。

Q36. A 工法構造用合板 24mm 仕様について

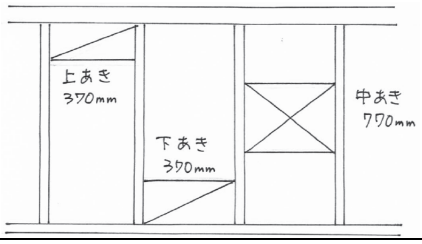
24mm の構造用合板を用いた耐力壁の仕様書は、減災協にもあるか。

A36. 回答

減災協では 24mm 構造用合板の仕様で試験・評価を行っていない。なお、24mm 構造用合板を用いると 9mm や 12mm に比べ高い耐力を有するが、周囲の柱梁接合部や基礎の補強が必要となる。

Q37. 開口部寸法について

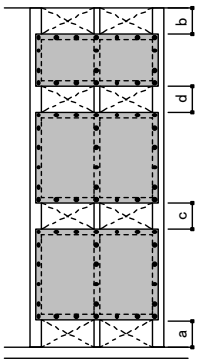
①壁に対する開口寸法が定められた範囲（370mm 以内）であれば、上だけ開口（土台へは合板釘打ち）下だけ開口（梁には合板釘打ち）という考え方は NG でしょうか。
②また、「押入」の場合、上・中・下の開口寸法の合計（770mm）を真ん中に持ってくるのは NG でしょうか。



評価の考え方

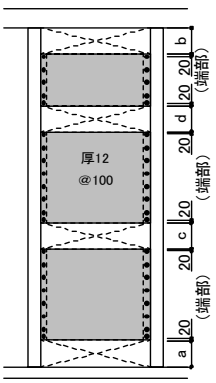
壁に対して部分開口の寸法が定められた範囲であれば、上だけ、中だけ、下だけの開口とすることは下記開口ルールの範囲内で可能である。

部分開口ルール(A-161,A-465)



A-161

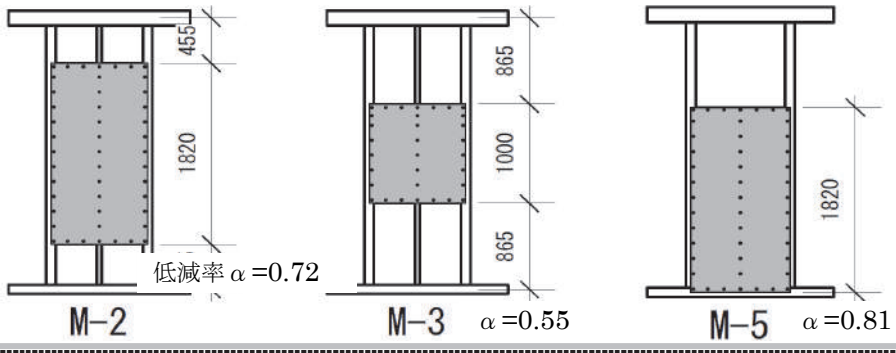
部分開口：a+b≦370mm
c+d≦400mm
それぞれの構造用合板高さ 400mm 以上



A-465

開口許容範囲をまとめて中（最大 770mm）に配置することは、独立柱部が長く変形が大きくなり、壁全体の剛性が低下すると考えられる。既往の大開口の試験体（下図）では、性能が大きく低下したことから不可とする。

既往の大開口試験体



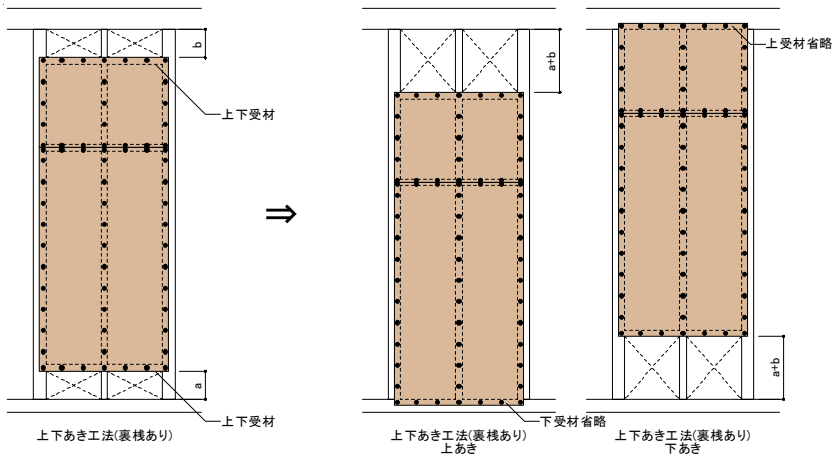
A37. 回答

部分開口を 1 箇所だけに設けることは、開口ルールの範囲内であれば可能である。しかし、複数の部分開口を 1 か所にまとめ、通常範囲（上下開口和≦370mm,中央開口和≦400mm）を超える大きな開口を設けることは不可とする。

Q38.上下あき工法の片側だけあきの場合の受材について(R6)

「上だけ開口（土台へは釘打ち)」という施工した場合は上下受材の下側を省略しても良いでしょうか。また、その逆の「下だけ開口（梁には合板釘打ち)」という施工した場合は上下受材の上側を省略しても良いでしょうか。

評価の考え方



A38. 回答

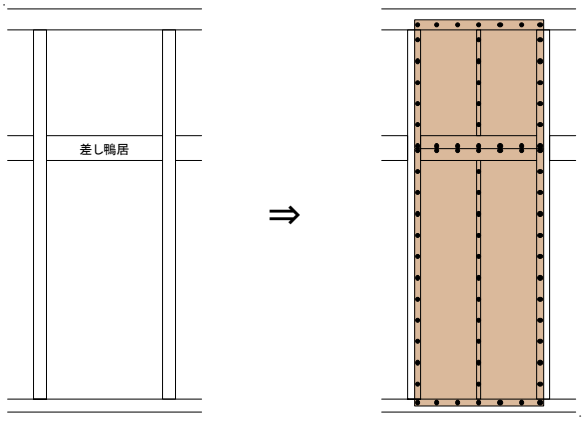
省略は可とする。

Q39. 差し鴨居がある場合の補強方法について(R6)

差し鴨居がある場合の大壁の補強はどのようにしたらいいでしょうか。

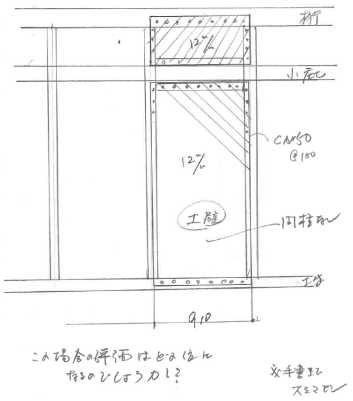
A39. 回答

大壁に差鴨居考慮した A 工法はありません。継ぎ手受材として見られる場合は大壁仕様の耐力壁として評価してください。



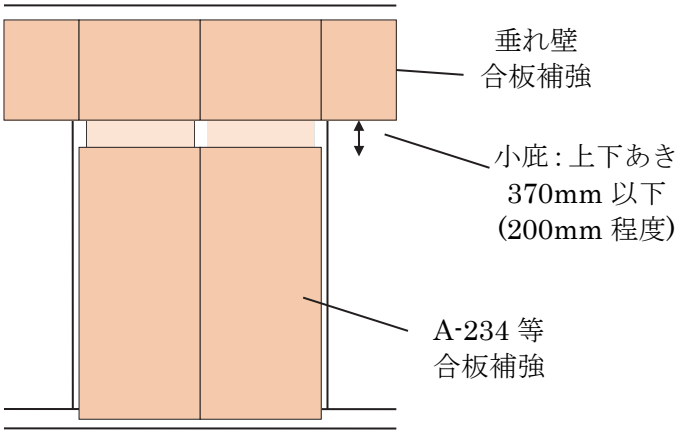
Q40. 上下あき真壁仕様の低減係数について

評価シートには無いのですが、よく外壁に小庇が連続して取りついている場合、外壁を剥がし土台、柱、梁、桁が見えているとき、小庇を壊さず、小庇の部分を開口にして、小庇より下の部分の土台・柱に 12mm 合板を張り、また 小庇より上部分の柱・梁・桁に張った場合どのような評価になるのでしょうか。小庇部分の開口は 20 ㎝くらいになり、小庇上下には裏桟を入れます。間柱は、小庇があるので入れることができません。どの評価シートを参考に低減を考えたらいいのでしょうか。



評価の考え方

通常の考え方としては、開口寸法として考える必要があるが、上下垂れ壁補強を連続で行った場合は、梁と同等と考えられることから、かさ上げ仕様と同等の上下あきとして評価することも可能と考えられる。

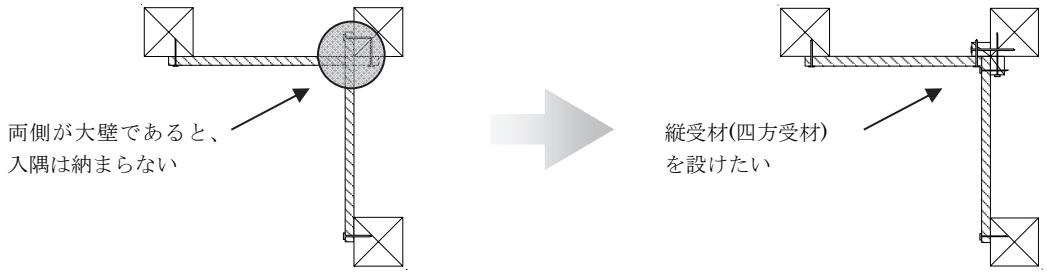


A40. 回答

小庇で分断されるため、A-263 押し入れ仕様と評価する。小庇上部を連続して垂れ壁補強する場合は「かさ上げ仕様」と同等とみて、小庇あき高さを上あきとした A-232,234 の上下あきシリーズとして評価すると良い。

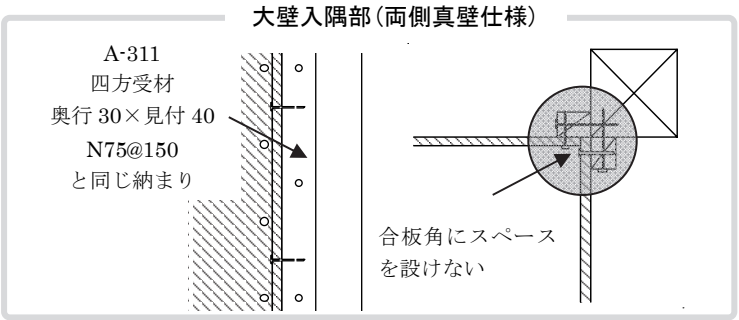
Q41. 大壁入隅 A-111(カ),(マ)仕様の納まりについて

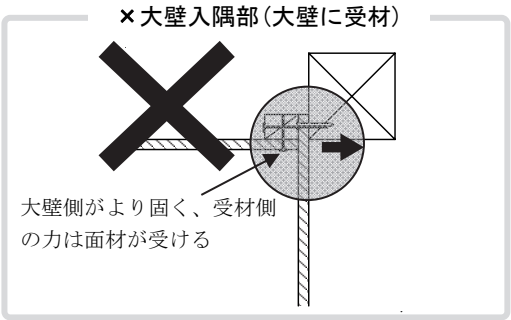
大壁仕様を入隅で使用する際、縦受桟（四方受材）を使えるようにして欲しい。その際、受桟（受材）は 30×40 の N75 or N90 @200 程度が望ましい（45 角は土壁を犠牲にしなければならない）。また、片側大壁とし、片側を大壁の上に受材を設けることは可能か。



評価の考え方

現在、減災協で認可されているＡ工法で、四方受材（45×45,N75@150）を用いる仕様は真壁である。入隅は真壁と同じ納まりとなるため、大壁仕様でも片側が受材納まりの場合は、大壁、真壁の評価のうち低い耐力・剛性の値を用いることが考えられる。受材については、昭 56 年建告 1100 号第 1 項の 3 に同仕様（受材 30×40 以上 N75 以上@300 以下）の真壁で壁倍率が評価されている。しかし、両側真壁仕様（受材仕様）とした場合は受材と受材留め付け釘及び面材のはしあきの納まりに問題があるため試験が必要である。また、片側大壁に対し、受材を大壁の上から打ちつけ真壁仕様とする納まり（下右図）は、受材 30×40 以上 N75 以上@150 以下でも納まると考えられるが、受材側のせん断力を面材が直接受けるため耐力は低下すると考えられる。





A41. 回答

入隅部で四方受材（奥行 30×見付 40 N75@150 以上で柱に留め付け）を用いた場合についての納まりと、評価は A-111(カ), A-111(マ)としている。また、片側を大壁とし、片側を大壁の面材上に受材を設置し真壁とした場合は、耐力が低下する可能性があるため不可とする。

	係数 α	壁基準耐力	壁基準剛性
対象壁勝ち A-111(カ)	1.0	5.2kN/m	730kN/rad./m
対象壁負け A-111(マ)	0.8	4.16kN/m	584kN/rad./m

Q42. 入隅工法の低減率について

A-112 や A-113 の対象壁勝ち、対象壁負け、対象壁単独の耐力壁において、A-111 の「勝ち」、「負け」、「単独」それぞれの低減率αの値を、A-112 や A-113 の壁基準耐力にかけることで、算出できますか？

A42. 回答

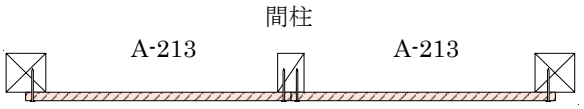
A-112,A-113 については、入隅仕様の試験を行っていないため係数αを考慮して性能を評価不可である。

Q43. 連続する A-213 の中央柱を間柱とした場合について(R6 追記)

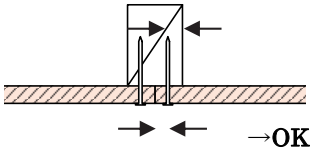
① A-213 裏桟なし構造用合板 12mm で 1 間幅の場合、中央に間柱(受材)を入れれば A-213 として計算してもいいか。また、中央の間柱を 90×30 を 2 本配置する事で、変えることは可能でしょうか。

② 適応ルールは A-213 限定でしょうか。また、その他の制限や両面補強の場合の間柱の併用、真壁工法の利用は可能でしょうか。

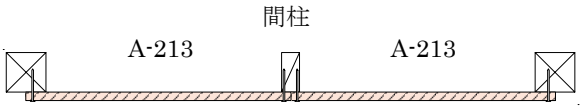
評価の考え方



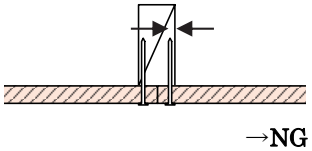
釘-間柱端あきを確保

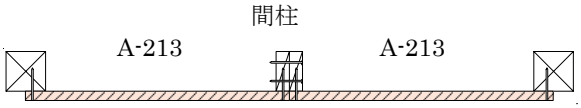


釘-合板端あきを確保

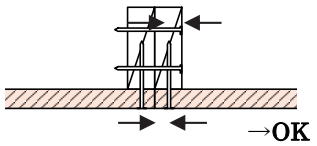


端あき不足





釘-間柱端あきを確保



ただし、一体となるように N75@150 程度で固定する。

釘-合板端あきを確保

面材間の継手間柱の寸法は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計 2017 年版①」P.61 解説のうち、昭 55 建告第 1100 号の面材梁耐力壁が連続する際の条件の①にて、「面材の継ぎ目には継手間柱(鉛直荷重を支持しない 4.5cm(見付け)×9.0cm(奥行き)以上の断面を持つ間柱)を設ける」を参考として検討している。

A43. 回答

① 可とする。ただし、間柱への釘の端あきに注意する。また、材を分割する場合は柱とする部材が一体となって挙動するように、N75@150 以下で緊結すること。

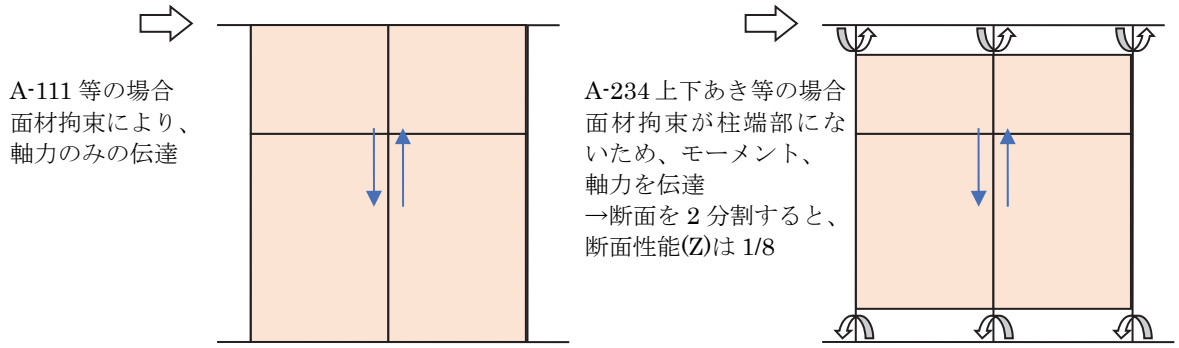
② 左右の壁が同じ長さ(半間)の大壁仕様のみとし、上下あき、入隅・単独壁、真壁工法への適用は不可とします。また、両面補強には使用しないでください。

Q44. Q&A32 中柱分割の上下あき適用について

Q&A33.と同様に、A - 234 も同等として評価できますか？

評価の考え方

上下あきがある場合、柱に曲げが生じることから、柱の折損が発生する可能性がある。



A44. 回答

上下あきの場合は中柱に曲げが生じることから不可とする

Q45. A-222,242 間柱ありの評価について

①A-222,242 のように柱間の距離が 910 よりも大きい場合でも、間柱が@455 以内に入っていれば、壁基準耐力は A-111 と同じとして考えて良いか。
②A-222,242 について間柱@455 間隔に N50＠150 で止めつけ、構造用合板　を t=9 とした場合、A-111, A-131 と同等に評価は可能か。
③その場合、穴あきルールは縦張りと同様か。

評価の考え方

A-111 に比べ単位長さ当たりの釘本数は増えるため、耐力、剛性共に上昇すると考えられるが、柱の代わりに間柱となっていることと、面材が 3 枚となっており挙動が若干異なることが予想される。運用は性能を計算・試験により確認する必要がある。『算出方法：「木造軸組構法住宅の許容応力度設計」（(公財) 日本住宅・木材技術センター編）に記載された面材張り大壁の詳細計算法』

計算

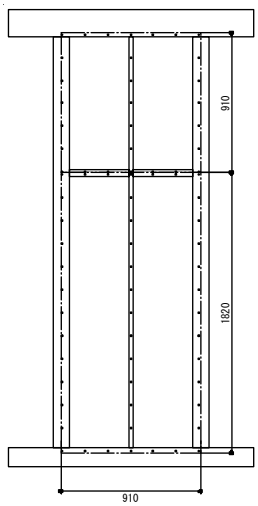
下図の寸法の大壁耐力壁とし、面材は 12mm、釘は横桟も含め四周に N50@150 とした。A）A-111、B）質問仕様、C）継手受材あり A-222 として、面材張り大壁の詳細計算法を用いると以下のように A-111 と同等の結果が得られた。
※なお（ ）内は減災協の評価値である。また、計算は間柱の釘も作用するとして計算を行った。

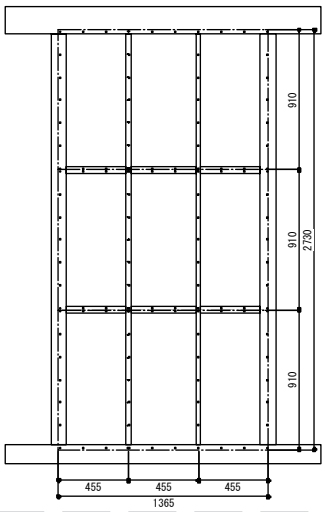
比較例

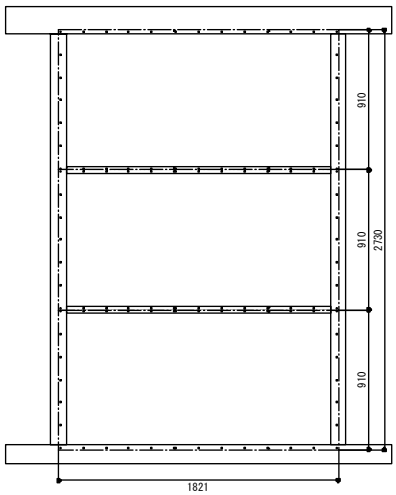
A）A-111
壁基準耐力=4.85 (5.2)kN/m
壁基準剛性=925.3 (730)kN/rad./m

B）質問仕様
壁基準耐力=5.04kN/m
壁基準剛性=907.0kN/rad./m

C）継手受材あり A-222
壁基準耐力=4.42（4.68）kN/m
壁基準剛性=935.0(1206）kN/rad./m







A45. 回答

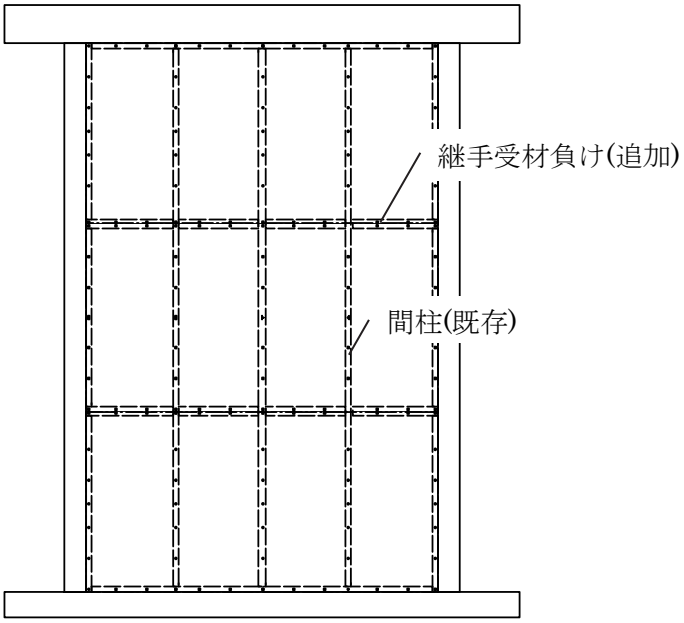
間柱を@455 で入れれば、幅半間以上でも構造用合板 t=9mm で A-111, A-131 とみなすことができる。なお、穴あきルールは適用可とする。

Q46. A-423 の評価について

①土壁がない場合、間柱が存在し既存の間柱に止めつけた場合の評価は？
②土壁がある場合、四方受材取付けのため、貫の部分まで土壁を削り取る事になります。その場合土壁の評価はどのようになりますか？ そのままの土壁基準耐力を加算しても良いのか、土壁は評価できないのか？
③また、A-234 も同様に評価できますか？

評価の考え方

① 間柱と受材を一体となる様に留め付ける必要がある。
② 貫部分まで削り取る場合は、削った箇所周囲にヒビや亀裂が生じ剥落する可能性があるので、土壁は評価しないものとする。また、欠損させない方法として、四方受材をアルミアングルとした仕様を 1 間横使いで追加評価した。



A46. 回答

① 間柱に取り付けた場合(間柱+継手受材)は、継手受材も追加することで A-311 と同等として評価できる。
② 貫部分まで土壁を削り取った場合は、補強計算時に評価してはならない。また、土壁を欠損させない方法として、A-326 アルミアングル仕様を追加評価した。
③ A-234 で裏桟、間柱を留め付けた場合は通常の A-234 の評価とする。

Q47. Ａ工法の横使いについて(R6)

①Ａ工法の合板横使いの場合、合板の枚数は規定がありますか？評価シートでは 3 枚となっていますが、階高が 3m 程度の場合は 4 枚使用も想定されるのですが 4 枚使用でも評価シートと同じ評価と考えて良いのでしょうか？またそれは裏桟有り無しによって判断は変わるのでしょうか？例えば裏桟ありの評価番号ならば 4 枚横使いでも評価シートと同じ評価ができ、裏桟なしの評価番号の場合は、評価シートの耐力よりも低減をする必要があるとか、ありますか？

②評価シートのスパンは半間 600≦W≦1000 と、1 間 1000＜W≦2000 とありますが、この場合のW寸法はどこの寸法を意味していますか？柱芯間それとも柱内々寸法でしょうか？

A47. 回答

① 3 枚を超える枚数で施工することは不可とする。

② 基本的に柱芯間距離としている。

Q48. A 工法の壁長さについて

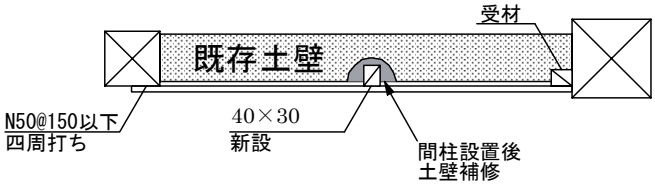
A-213 の補強方法を 0.75 間でそのまま長さをかけて計算していましたところ、行政より半間以上でも適用できるのかの問い合わせがありました。可能なのか、お教えください。

A48. 回答

0.5 間を超える場合は A-223 として評価する。

Q49. 柱面が異なる場合の片側受材仕様について

柱径又は柱面の出入り寸法が違うために、1 辺に受材を使用して合板を貼った場合、3 辺は大壁仕様に準じて合板が貼られているため、大壁仕様（A-111 壁基準耐力 5.2kN/m）と同等と考えていいでしょうか？同等と考えられない場合は、評価シートのどのシートの壁基準耐力を適用するのが良いか。また、大壁仕様に間柱寸法の記載はなく、40×30 以上としても良いでしょうか。

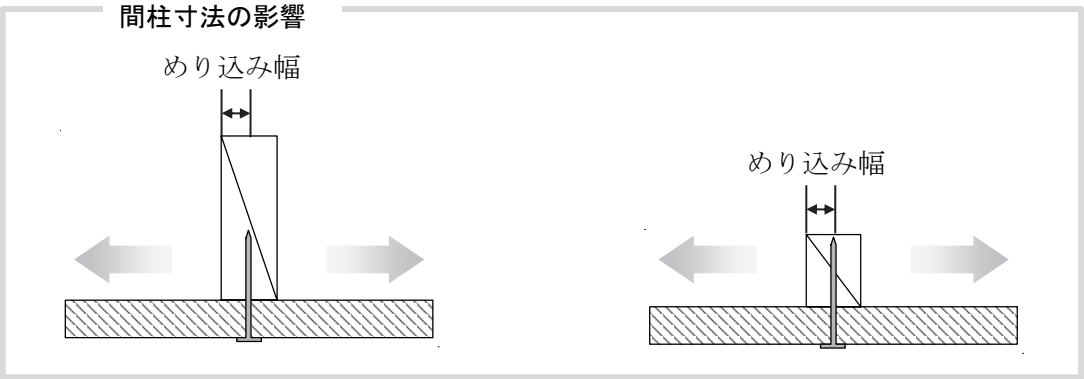


評価の考え方

大壁の一辺に受材を用いた場合は、この辺は真壁同等とみて、全体としては真壁と大壁の評価値の小さい値をとる。

また、間柱は 90×30 を基準としている。40×30 とした場合は、釘のせん断方向のめり込み性能にほとんど変化はないと思われるが、試験されてないことと、土壁以外で用いるとこれまでの仕様（A-111 等）と不整合となるため不可とする。

→今後の試験結果によって可とすることもある。



A49. 回答

大壁の 1 辺に四方受材（奥行 30×見付 40 以上を N75 以上@150 以下、又は N90 以上@200 以下で留め付け）を用いた場合は、真壁・大壁仕様の耐力・剛性のうちそれぞれ小さい値を用いる。また、間柱に小径 30×40 を用いることは試験を行っていないため不可とする。

評価）A-111 片側真壁仕様

	壁基準耐力	壁基準剛性
大壁 A-111	5.2kN/m	**730kN/rad./m**
真壁 A-311	**5.0kN/m**	910kN/rad./m
大壁入隅部	**5.0kN/m**	**730kN/rad./m**

Q50. A-111 の片側真壁仕様と入隅仕様について

A-111 片側受材仕様と A-111(カ), (マ)の入隅仕様で壁基準耐力の考え方が違うのはどういうことか。

評価の考え方

片側受け材仕様は柱にめり込むため真壁と挙動が同じであるが、入隅仕様は受け材もしくは面材にめり込む。入隅仕様は試験をして性能を確認しているが、片側受け材仕様は試験をしていないため柱のめり込み方向の挙動が不明確であり、評価性能に差を設けている。

A50. 回答

A-111(カ)は試験より評価したが、Q&A の A-111 片側受材仕様は納まりが違い試験はされていないためである。

Q51. 土壁納まりを考慮した受け材寸法について

①受材仕様の工法にて、工法ごとに受材寸法（30x40 or 45x45）及び釘ピッチ（N75@150 or N90@200）が異なっている。現場で混乱するもとになるので統一することはできないか。

②縦桟（四方受材）は 30×40 と 45×45 とどちらでもいいでしょうか? 土壁を残そうとすると、30×40 が一番使い勝手は良いです。

③ 上下あきの上下受け材の奥行を 30 ㎜にした仕様がほしい。

A51. 回答

①過去の試験仕様に則っている。統一するよう追加試験を考えていく。

②原則試験を行った仕様とする。A-422,A-423,A-442 については、奥行 30×見付 40 の四方受材を N90 以上@200 以下で留め付けても良いが、その他で同仕様とするためには試験により性能を確認する必要がある。

③現在は裏桟なし仕様での評価となる。要望として今後試験を行うか検討する。

Q52. 受け材留め付け釘長さについて

合板の受け材は 45×45(最小寸法は 30mm×40mm)の材料を使っているが、釘は N90 でいいのか？使用する釘について材料の厚み×2.5？

A52. 回答

N90@200, N75@150 で試験したものがあるため、それぞれの受け材-釘仕様とする。規定より大きい受け材断面を用いる場合は、釘の埋め込み長さが変化しないように追加で検討を行う。

Q53. 上下受け材の止付け位置について(R5)

A-234 や A-432 等の上下受材への釘を打つ位置に関係なく構造用合板端部からの距離をあき寸法としてはいけないでしょうか？

A53. 回答

上下受材を用いる工法は、受材中央を釘で留め付けることを想定しており、最小断面でも端から20mm 確保されることから 15mm~20mm の位置で留め付ける。上下受材を薄桟とする工法では、有薄桟の材せいが 90mm あり、中央で釘を留め付けると性能が低下する恐れがあるため上下受材の薄桟及び面材の端部から 15~20mm の位置で留め付けるものとする。

Q54. 受け材 30x90 について

継手受け材 30×90、継手受け材は正面から見て 90mm と、ありますが、N50, CN50 と構造用合板(t=9mm)に対して厚み 30mm では薄いのではないでしょうか？釘が貫通してしまうのは強度に影響が出ませんか?加えて、見付け 90mm は過剰ではないでしょうか？

A54. 回答

実験での仕様で評価している。

Q55. 継手受材の切断について

A-222 工法の継手受材の施工に際し、既設筋違いが干渉したためやむを得ず継手受材を切断し、構造用合板を既設筋違に止付けました。この場合、A-222 で耐力評価してよろしいでしょうか。それとも A-223 で耐力評価すべきでしょうか。

A55. 回答

設計者判断となるが、壁周囲の重要な釘から離れた位置であれば、その位置の筋かいも継ぎ手の役割を果たすものとみて、A-222 で評価できると考えられる。

Q56. A 工法アルミ下地ビス接合部

① アルミアングル 9×40, t=1.5 またはこれ以上のサイズとあるが、15×35, t=2.0 でよいか（施工性がよく市場での入手しやすい）。
② 真壁上下あきなどで用いるアルミアングルは、1 本ものでなくてもよいか。

評価の考え方

アルミアングル仕様の破壊性状は、柱からビスが抜けることが最も多い。提示されたアングル断面のせん断抵抗はほぼ変わらないため、性能に影響はないと考えられる。

また、アルミアングルは合板と柱梁を結びつける役割なので短くならなければ分割されても良い。ただし、アルミアングルの両端をビスで留め付けるものとする。

A56. 回答

① アルミアングル 15×35, t=2.0 を用いてもよい。
② 短辺方向は分割なし、長辺方向は 3 分割まで分割してもよい。ただし、アルミアングル両端を柱にビスで留め付けるものとする。

Q57. A 工法アルミ下地ビス仕様について

① A-435 工法にて木ビス、木タッピングビスの径及び頭形状が指定されていないが、試験においてどの程度のものを使用しているのか。評価シートにてあえて指定していない理由はあるのか。
② アルミアングルと合板を留める木タッピングビスはビスが負けて打ち損じることがある。鉄用のタッピングビスに変更は可能か。
③アルミアングルに構造用合板を留付けは、木タッピングビス L＝30 と書かれています。この木タッピングビスは、全ネジと半ネジの種類がありますが、どちらで施工するものなのかご回答ください。某市では、施工する場合、全ネジを使用すると構造用合板がアルミアングルと隙間が開いた状態で取付けた場合、隙間は出来たままになるため施工不良とみなされると考えています。半ネジで施工した場合は、構造用合板とアルミアングルが密着しアルミアングルのネジの抵抗力とビスの頭で密着してると考え半ネジで施工すべきと考えていますが根拠をご回答お願いします。

A57. 回答

①アルミアングルと柱，梁，土台への留め付けは木ビス(コーススレッド 3.8×32)とし、合板とアルミアングルの留め付けは、タッピングビス(3×30)の他に H28 年度試験で評価された木ビス(コーススレッド 3.8×32)または セルフドリルネジ(4×30)でも良い。
②合板へのめり込み具合で微妙に粘り性能が決まっているので、ビスが強ければいいというものではない。試験が必要である。先孔を設けるか、セルフドリルネジを用いられたい。
③本工法を評価するときの実験はすべて全ネジにて実施しており，全ネジでも評価シートの性能が確保できることを確認している。なお、半ネジとする場合、ネジがない部分の長さが合板の厚みの合計以下のものを用いる。

Q58. 継手受材の切断について

①Q&A の Q56 でアルミアングルは 3 分割まで良い(長辺方向)とされておりますが、木下地も分割して良いでしょうか？1m 程度の端材（30×40 ㎜の木下地の端材）が出るのでアルミアングルのように分割しても良い場合は端材を使用したいと考えております。
②Q&A の Q56 でアルミアングルの短辺方向の分割は不可とされておりますが、木下地も同様でしょうか？A-413 を施工する際に既存の間柱がある場合は、間柱を下地分切り欠いて設置しており施工が手間です。木下地の短辺方向を分割して間柱間に下地を設置して良いでしょうか？

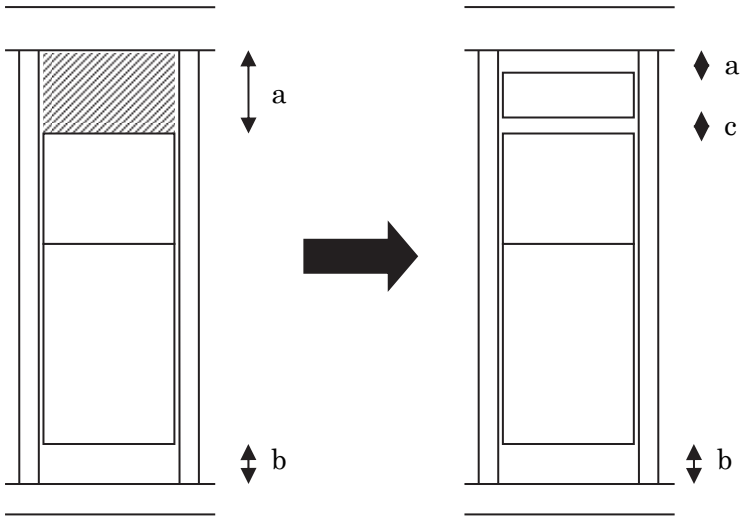
A58. 回答

①木下地の分割は問題ないが、分割した木下地の両端部は N75 以上の釘で留め付けること。また、合板-受材間の釘が、規定の端空き距離を満たし、受材間に打ち込まれないようにすること。
②木下地は適切に施工すること。

Q59. A-465 の適用について

A-455 検討していた壁で、部分開口が a+b で 370mm 以上あります。その場合、天井より上の部分にアルミアングル+合板を施工し A-465 押入仕様で計算し直し施工する事に問題はありませんか？（a+b、c+d がクリアしている場合）

評価の考え方



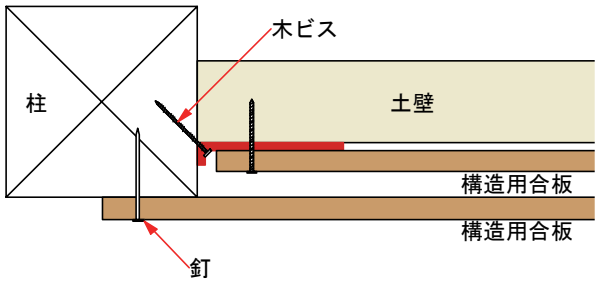
A59. 回答

寸法基準に適合する変更であれば問題ない。

Q60. 同一面に施工された構造用合板の評価について

真壁に構造用合板補強を行う場合、同一面に【部分開口　構造用合板補強工法　真壁「上下あき」アルミ材下地（A-435）】と、【部分開口　構造用合板補強工法　大壁「上下あき」裏桟なし（A-233）】を施工した場合有効に評価してよいのでしょうか？

評価の考え方



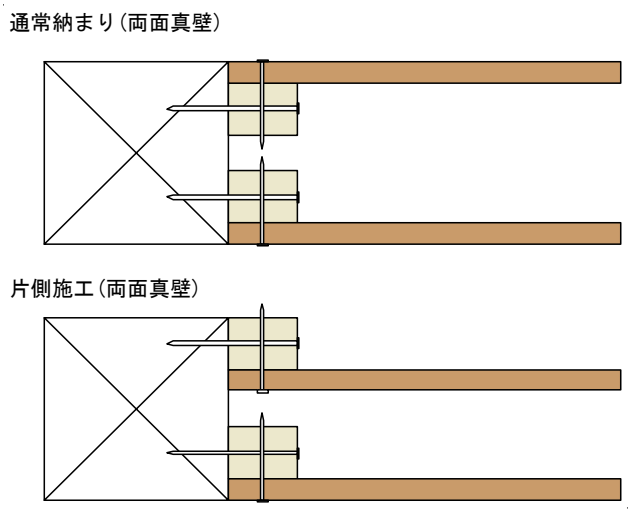
A60. 回答

土壁がある状態での A-435 真壁上下あきアルミ下地と A-233 大壁上下あき裏桟なしを併用する場合は、仕様上同じ個所に接合してもよいと判断する。

Q61. 同一面に施工された構造用合板の評価について

外壁を解体せずに、室内側から A-432 の補強壁を奥（外壁側）手前（室内側）に施工することはできませんか？

評価の考え方



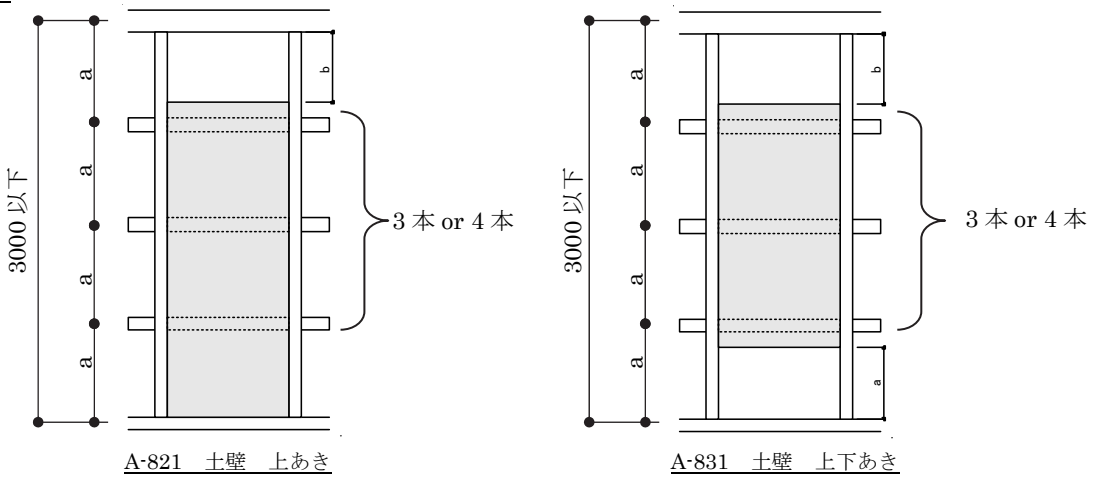
A61. 回答

通常の真壁両面打ちと同じ位置に受材を配することができるのであれば可能と考えられる。

Q62. A-821, 831 横架材間高さについて

A-821, 831 工法の際の横架材間の高さの上限はありますか。

評価の考え方



A62. 回答

横架材間は 3m 以下で 3 本以上の貫がほぼ均等に入っていることを想定している。

Q63. A-821, 831 土壁の上あきの耐力低減係数について

①耐震計算にホームズ君を使用していますが、既存壁が横架材まで届いていない場合、×0.7 で計算します。土壁の耐力は半分で見るとあったのは安全側で見た方が良いでしょうか。

②A-821, 831 工法 2012 年版 0.7 掛け土壁耐力（建築防災協会の 2012 年度版の青本の評価）との関係はどのように考えていますか。また、土壁評価「土壁　上あき」について建築防災協会の 2012 年度版の青本の評価では土塗壁厚 40mm 以上 50mm 以下の壁基準耐力が 1.5kN/m となっておりますが、こちらではなぜ 40mm 以上 50mm 以下の壁基準耐力が 1.2kN/m と下がるのでしょうか。

A63. 回答

①設計者判断となるが、あき寸法、貫き等が近い場合は安全側に判断する。

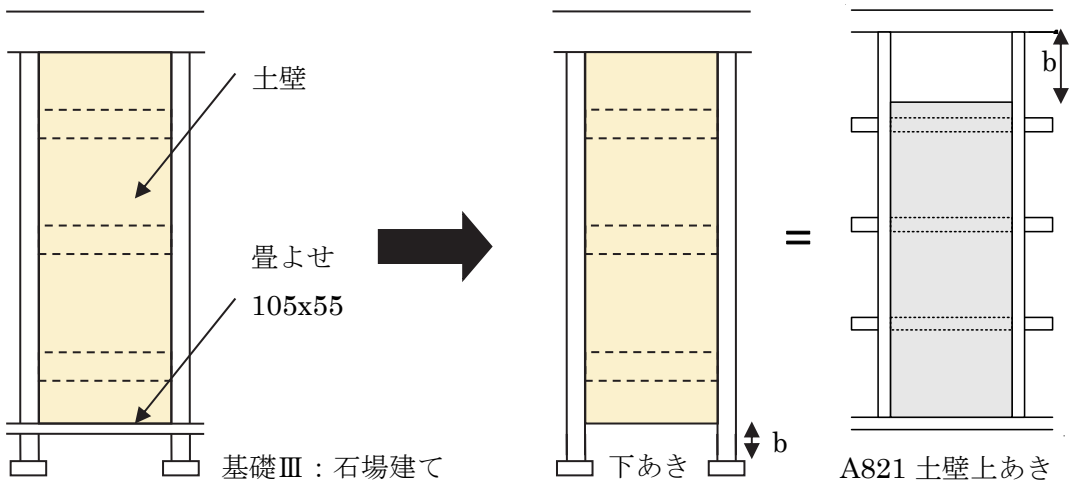
②双方有効である。減災協で試験を行った土壁の健全なもの、そうでないものの耐力の比率のみを採用し、健全な土壁の建防協の数値に掛けたため低い数値となった。

Q64. 土壁仕様土台と A-821 での評価について

１階の柱は玉石直建ちで固定されておらず、土壁の下端がすべて、土台（105 x 105 以上）がなく、畳寄せ（105 x 55）程度の材料で受けています。上部は２階床梁まで塗り上げてあります。

この場合の壁基準耐力及び壁基準剛性は A821 土壁上あきと同等と考えて、診断及び補強を算定してもよろしいでしょうか。また、主要構造部材である梁・土台の寸法に関して、記載が各評価シートにありませんが、どちらに記載がありますか。

評価の考え方



A64. 回答

梁、土台寸法には規定・記述はないが、A 工法は 90×90 の土台及び 90×120 の梁材を用いて試験を行っている。本仕様の場合は、基礎Ⅲで評価する場合、アンカーボルトへの土台の曲げ伝達が期待されていないため、A-821 と同等と考えてもいいものと考えられる。

(7)　その他の質疑

Q65. 隅角部直交金物の扱いに関して

柱接合部金物は、１方向に必要な耐力を、直交方向に取付ける金物にも期待してよいか。

A65. 回答

通常設計時の柱脚金物と同様に期待してよい。

Q66. あと施工アンカーの根入れ深さに関して

ホールダウンを施工されていましたが、基礎にケミカルアンカーを使用すると思われますが穴の深さは一定どのくらいですか。

A66. 回答

各アンカーのメーカーの仕様に従うこと。

Q67. 木部断面欠損に関して

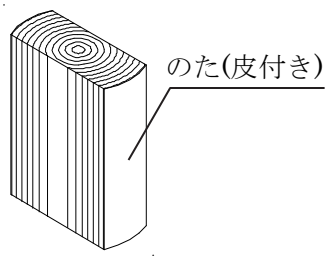
①柱に”のた”がある場合及び背割がある場合、いくつまで 100×100 と考えられるか。背割りは断面欠損なしと考えるか。

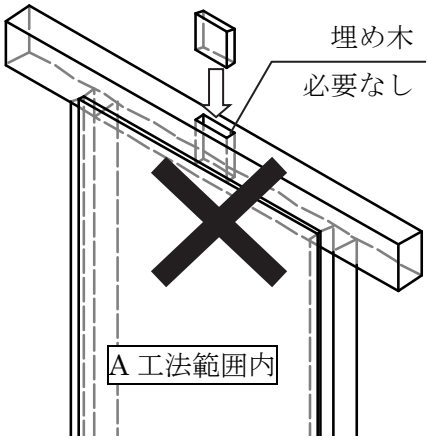
②改修によってほぞ穴が不要になった場合、埋め木が必要かどうか、埋め木せずに減災協の耐力が発現するのか教えてほしい。

評価の考え方

“のた”とは、製材した角材や板の淵部（角）に丸太の皮が付いている部分のものをいう。A 工法は、90×90 の柱材で試験を行っているため、”のた”がある場合や面取りを行った場合でも残存断面が 90×90 を上回れば問題ないと考えられる。しかし、他の工法で断面が指定されている場合は必要性能が不足する可能性もあるため、その仕様を満たすものが必要となる。

また、埋め木は圧縮軸力以外の力の伝達は期待できないが、A 工法の壁であって合板で覆われる範囲内であれば埋め木をする必要はないと考えらえる。





A67. 回答

①”のた”、面取りがある場合、実断面積が耐力壁試験に用いられている 90×90 以上であれば問題ない。また、背割りは耐力に影響しないと考えられているため、外形寸で判断する。

②設計者判断とする。A 工法の構造用合板で覆われる範囲であれば必要ない。

Q68. 方法 2 の耐力向上に関して

伝統構法で基礎の改修なしで耐力を上げる方法はあるか。

A68. 回答

柱の強度を上げるため抱き柱などを設ける、接合部仕口を固めるなどが考えられる。

Q69. 足固めの評価について

伝統構法で足固めを施工した場合の効果は数値で表せるか。

A69. 回答

建防協設計法より玉石基礎+足固めのみでは基礎Ⅱと判定できなくなった。基礎コンクリートを打設し足固めと緊結することで基礎Ⅱとなる。

Q70. 木造アパートの外部鉄骨階段の扱いについて

木造 2 階建てアパートの外部鉄骨廊下と階段の扱いはどうすべきか。

A70. 回答

階段部に水平抵抗要素は無く、すべて木造部分の水平抵抗要素で持つものと考えるべきである。即ち階段部の荷重も各階に見込んで計算を行う。

Q71. コンクリートブロック(CB)による腰壁の取扱いについて

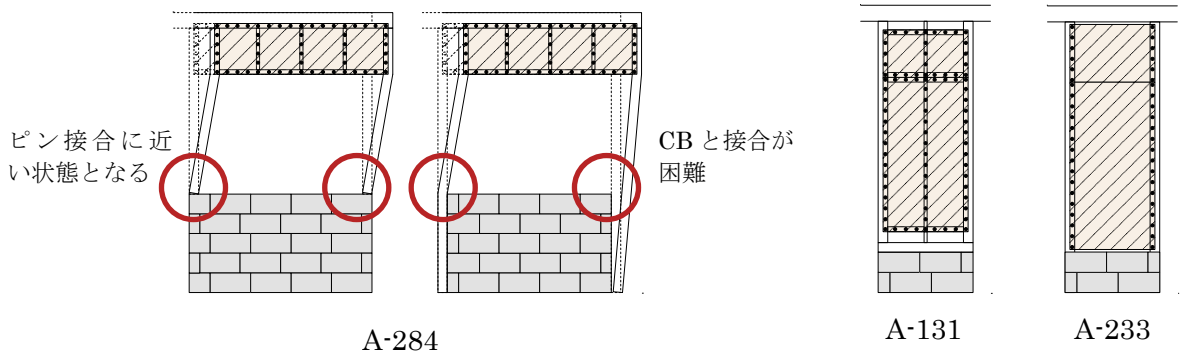
①【A-284】腰壁部分が CB であり、構造用合板と同等程度の耐力が望めると判断した場合、上部に構造用合板を添付すれば、同様に評価していいのではないか。

②【A-233（A-131）】CB によりある程度の耐力が認められると判断した場合、構造用合板の高さが規定値以上確保できているのであれば、同様に評価していいのではないか。

評価の考え方

A-284 は柱の曲げ耐力で抵抗する。そのため柱と土台及び梁が強固に固定され柱脚部でモーメントを負担する必要があるが、柱と CB の接合が不明確であり必要な反力が取れない懸念がある。

A-131, 233 で、壁と CB が強固に固定されているのであれば耐力としてみて問題ない。



Q&A　P.36

A71. 回答

①柱で耐力が決まっており、柱とコンクリートブロックが曲げ抵抗接合されていないため評価できない。
②評価可能とする。

Q72. 診断ソフトの入力内容について

診断ソフトで、雑壁を非構造壁として入力するか、耐力壁として入力するかで評点が変わってくるが、どちらにすべきか。

A72. 回答

耐力が少しでも見込まれる雑壁は、耐力壁として入力すべきである。

Q73. 耐震診断案件の壁量計算適用に関して

A 工法など、構造合板を用いて補強した場合の壁量計算にて標準の構造合板によるものが建防協の表で 5.2kN. 2.5 倍。それで、A-111 も同じ 5.2kN であるので、低減係数で算出・そのように考えればいいのでしょうか？

A73. 回答

A 工法性能は、壁倍率のように 4 つの性能値から求められていないため、壁量計算に用いることは不可とする。

Q74. 梁上耐力壁の低減係数の運用に関して

直下率の資料が追加されたが梁上低減係数は必須検討とするのか。P305 の回答では、「参考として記載した」とされている。L=1860mm で 0.86 は影響が大きい。下階の梁の大きさによる部分が大きいので一律に低減するのはどうかと思う。また、既存筋かいや土壁の低減も必要なのか。

A74. 回答

設計者の判断で必要に応じて、検討を参考にして個々の耐力要素ごとに配置位置による低減係数を設定してください。

(8)　A 工法　質疑解決箇所

解決 Q1. A 工法 耐力壁の長さについて

半間と 1 間の寸法範囲については、どの範囲を規定しているか不明である。

解決 A1. 回答

評価シートの壁長さ表記をすべて「半間」、「1 間」とした。また、それぞれの有効な長さは、半間は 600mm 以上 1000mm 以下、1000mm を超え 2000mm 以下であれば 1 間の耐力壁として適用することとした。なお、半間の工法で、1000mm を超えるものの評価は不可である。

解決 Q2. A 工法の減衰定数について

特性値に減衰定数ｈを加えて下さい。ホームズ君で限界耐力計算をするには「減衰定数ｈ」が必要です。とりあえず「木造住宅の耐震診断と補強方法（例題編・資料編）」P148　合板くぎ打ちの「0.13」を使っています。

解決 Q3. A 工法の減衰定数について

「木造住宅の耐震診断と補強方法」　例題編・資料編 P148　資表 4.1.2(ａ・ｂ・ｃ)　荷重変形関係・等価粘性減衰定数が有ります。限界耐力を検討するうえでＡ工法の減衰定数（ｈ）の値が知りたいと思っていますＡ工法の減衰定数は数値として出ているのでしょうか？それぞれＡ工法の減衰定数はどのような値になるのでしょうか？出ていないとするとどのように考えればよいでしょうか？ご回答よろしくお願いいたします。

解決 A2,A3. 回答

減衰定数 h は、1 つの値とすると、終局時の破壊性状が影響すると考えられ、釘打ちの場合は 0.13、土壁・筋かいは 0.10、アルミアングル仕様は 0.08 としている。

解決 Q4. A-812 の切欠き位置と評価について

A-812 の写真・図では、欠く箇所が両柱脚となっていますが、片方の柱の柱頭・柱脚の 2 カ所を欠いた場合もこの工法の数値を採用したので良いのでしょうか？

解決 A4. 回答

土壁は斜め方向の圧縮によって性能を担保することから、斜め方向の欠損率が同じとなる縦方向の 2 隅欠けと柱脚部 2 隅欠けは大きく変わらない。そこで、縦方向でも用いることを可とする。

A-812

解決 Q5. 大壁入隅仕様の負け負けに関して

大壁入隅で対象壁負けの補強の場合、両側とも壁負けでも同じ耐力でよろしいですか。

解決 Q6 大壁入隅仕様の対象壁勝ち単体利用について

A-233 と A-435 を入隅で利用するとき、A-233 は A-233(カ)として評価してよいか。

解決 A5,A6 回答

A 工法のまとめシートとして「入隅仕様と低減係数α」を記載した。

解決 Q7. A 工法の合板の最小高さについて

A 工法の合板の最小高さは何㎜でしょうか？評価シートに「それぞれの構造用合板高さ 400 ㎜以上」と明記されているものと、そうでないものがあります。構造用合板の高さが明記されていない A 工法も 400 ㎜以上あれば良いのでしょうか？それとも最小高さはなく 300 ㎜程度の端材を使用しても良いのでしょうか？

解決 A7. 回答

上下あき、押入、長押の様な、合板が過度に小さくなる可能性のある仕様については、最小の合板を 400mm 以上とする制限を課している。その他については原則としてそのような制限は規定されていなかったが、あまりに小さいと合板間でせん断力をうまく伝達できない可能性があることから、全仕様において面材の下限寸法を 400mm 以上として設計すること。評価シートにルールを追加した。

解決 Q8. A-213 入隅仕様と低減係数αについて

A-213 入隅仕様と低減係数αについてですが、対象壁（勝ち）－反対側（単独壁）の低減係数αを教えて下さい。

解決 A8. 回答

手引きの表に記載された仕様は、入隅部と反対側は、一方と他方の関係であり、A-213 の単独壁と入隅壁(勝ち)の組合せでは、低減係数α=0.8 となる。その他の納まりも同表を適用し判断すること。手引きの表を見やすいよう更新した。

解決 Q9. A-432 の下地の勝ち負け順について

A-432 の下地の勝ち負け順についてですが、上下受材を四方受材に対して勝ちにしても良いでしょうか？A-432 の上下受材は「釘 柱に対し 2-N75 斜め打ち」となっております。しかし、四方受材が勝ちですと N75 が柱にほとんど届かず四方受材に効いている状態となります。上下受材を勝ちにすると正面から N75 を打てるので柱に効くのですが、上下受材を勝ちにしては駄目でしょうか？

役所からは、手引きの P,24 の「下地材の勝ち負け 勝ち順に、間柱 ＞ 四方受材 ＞ 上下受材 ＞ 継手受材」に準ずるようにとの指導をいただきます。

そのため、A-432 の下地の勝ち負け順もこれに準じておりましたが、N75 が柱に効いていないので上下受材を四方受材に対して勝ちにしても良いかご回答をいただきたく存じます。

解決 A9. 回答

上下受材が四方受材に固定されていることが重要である。手引きの施工順番に、「原則」とする旨を追記する。

解決 Q10. アルミアングルの仕様について (R6)

「アルミ不等辺アングル 9×40　t=1.5　またはこれ以上のサイズのもの　JIS H4100 の A6063-T5 材(アルミ建築構造設計基準で AS110 材)またはこれと同等の強度を有するもの」これは、記載されている JIS 規格を満たすアルミアングルとする必要があるということでしょうか。あるいはアルミアングルでこのサイズ以上のものであれば JIS 規格材でなくても構わないでしょうか。

解決 A10. 回答

A6063-T5 材と同等以上の強度性能のものの利用を可とする。

5.2 構造資料

（1）一般診断法（詳細法）および精密診断法１の計算方法，および両診断法の違いについて

（2）A 工法の復元力特性について

（3）直下率の不足による影響を考慮する指標について

（4）接合部金物の足し合せについて

（5）柱接合部金物とアンカーボルトの関係について

（6）A 工法上下あき耐力壁の配置に関する構造検討

添付：参考金物リスト 2025

(1) 一般診断法（詳細法）および精密診断法 1 の計算方法，および両診断法の違いについて

ここでは，一般診断法（詳細法）および精密診断法 1 における計算方法（の一部）を紹介し，それらの違いについて述べる。

1) 必要耐力

a) 精算法

一般診断法（詳細法）および精密診断法 1（精算法）では，表 5.2.1 に記載の式を用いて必要耐力 Q_r の算出を行う。ここで，床面積には「見上げの床面積」（すなわち，当該階が支持している床・天井の面積）を用いる。

Q_r = 表 5.2.1 に記載の式 × 床面積

表 5.2.1　床面積あたりの必要耐力(kN/m²)

建物の分類 ＼ 階数，階		軽い建物	重い建物	非常に重い建物
平屋建て		0.28Z	0.40Z	0.64Z
2 階建て	2 階	$0.28Z\times{}_QK_{f2}$	$0.40Z\times{}_QK_{f2}$	$0.64Z\times{}_QK_{f2}$
	1 階	$0.72Z\times{}_QK_{f1}$	$0.92Z\times{}_QK_{f1}$	$1.22Z\times{}_QK_{f1}$
3 階建て	3 階	$0.28Z\times{}_QK_{f6}$	$0.40Z\times{}_QK_{f6}$	$0.64Z\times{}_QK_{f6}$
	2 階	$0.72Z\times{}_QK_{f4}\times{}_QK_{f5}$	$0.92Z\times{}_QK_{f4}\times{}_QK_{f5}$	$1.22Z\times{}_QK_{f4}\times{}_QK_{f5}$
	1 階	$1.16Z\times{}_QK_{f3}$	$1.44Z\times{}_QK_{f3}$	$1.80Z\times{}_QK_{f3}$

Z：地震地域係数
係数 K_{f1}～K_{f6}：表 5.2.2 に示す式

表 5.2.2　各係数の算出方法

	軽い建物，重い建物	非常に重い建物
${}_QK_{f1}$	$0.40+0.60\times R_{f1}$	$0.53+0.47\times R_{f1}$
${}_QK_{f2}$	$1.30+0.07/R_{f1}$	$1.06+0.15/R_{f1}$
${}_QK_{f3}$	$(0.25+0.75\times R_{f1})\times(0.65+0.35\times R_{f2})$	$(0.36+0.64\times R_{f1})\times(0.68+0.32\times R_{f2})$
${}_QK_{f4}$	$0.40+0.60\times R_{f2}$	$0.53+0.47\times R_{f2}$
${}_QK_{f5}$	$1.30+0.10/R_{f1}+0.08/R_{f2}$	$0.98+0.10/R_{f1}+0.05/R_{f2}$
${}_QK_{f6}$	$1.23+0.10/R_{f1}+0.23/R_{f2}$	$1.04+0.13/R_{f1}+0.24/R_{f2}$

R_{f1}：1 階の床面積に対する 2 階の床面積の割合（0.10 未満の場合は 0.10）
R_{f2}：2 階の床面積に対する 3 階の床面積の割合（0.10 未満の場合は 0.10）

b) 簡易 Ai 法

精密診断法 1（簡易 Ai 法）では，建築基準法施行令（以下，「令」という）第 88 条の「大地震動時の地震力」に対し，表 5.2.3 に示す住宅の簡易重量表を準用して建物の必要耐力を求める（自らで床均し荷重を設定しても良い）。屋根の葺き替え等により建物分類の代表的な仕様と異なる仕様を持つ建物に対しては，本方法が非常に有効である。

i 階の各方向の必要耐力 Q_{ri} は次式で算出する。

$$Q_{ri} = \begin{cases} 0.2 \times C_i \times \sum_i W_i & \text{（非常に悪い地盤以外の地盤の場合）} \\ 0.3 \times C_i \times \sum_i W_i & \text{（非常に悪い地盤の場合）} \end{cases}$$

ここに　C_i = 層せん断力係数

$\sum_i W_i$ = 第 i 層より上にある層の全重量

層せん断力係数 C_i の算出方法は以下の通り。

$$C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_0$$

ここに　Z = 地震地域係数（昭 55 建告第 1793 号）

$$R_t = \text{振動特性係数} = \begin{cases} 1 & (T < T_c \text{ の場合}) \\ 1 - 0.2 \times (T/T_c - 1)^2 & (T_c \le T < 2T_c \text{ の場合}) \\ 1.6\, T_c/T & (T \ge 2T_c \text{ の場合}) \end{cases}$$

なお　$T_c = \begin{cases} 0.4 \text{（第 1 種地盤）} \\ 0.6 \text{（第 2 種地盤）} \\ 0.8 \text{（第 3 種地盤）} \end{cases}$　（地盤種別については建防協設計法の pp.101 – 102）

$$T = \begin{cases} 0.03 \times H & \text{（一般木造住宅）} \\ (0.02 + 0.01\alpha) \times H & \text{（混構造住宅）} \end{cases} ;$$

H = 建物高さ (m)（勾配屋根の場合は軒高と棟高の平均値）

α = (木造部分の高さ)/(建物高さ)

A_i = 層せん断力分布係数 = $1 + \left(1/\sqrt{\alpha_i} - \alpha_i\right) \times 2T/(1 + 3T)$

なお　α_i = (i 階より上の全重量)/(1 階より上の全重量)

$C_0 \ge 1.0$（大地震用の標準せん断力係数，令第 88 条第 3 項）

表 5.2.3　住宅の簡易重量表（床均し荷重，単位 kN/m²）

	屋根	外壁	内壁	床	積載荷重	積雪荷重*	仕様例
軽い建物	0.95	0.75	0.20	0.60	0.60	1.30d	屋根：スレート葺 外壁：ラスモルタル塗り 内壁：石こうボード
重い建物	1.30	1.20	0.20	0.60	0.60	1.30d	屋根：桟瓦葺 外壁：土塗壁 内壁：石こうボード
非常に重い建物	2.40	1.20	0.45	0.60	0.60	1.30d	屋根：土葺き瓦葺き 外壁：土塗壁 内壁：土塗壁

* 積雪荷重の d は積雪深である（単位 m）。積雪荷重は多雪区域のみで考慮する。

第 i 層の重量 W_i の算出方法については，建防協設計法（例題編・資料編）の pp.130 - 133 を参照のこと。なお，床面積の取り方は精算法と同様のものであり，各階の内・外壁単位重量に対しては当該階の短辺長さから求まる短辺割増係数を乗じることとなっている（建防協設計法（指針と解説編），p.61）。参考として表 5.2.4 に各診断法の短辺割増係数を示す。

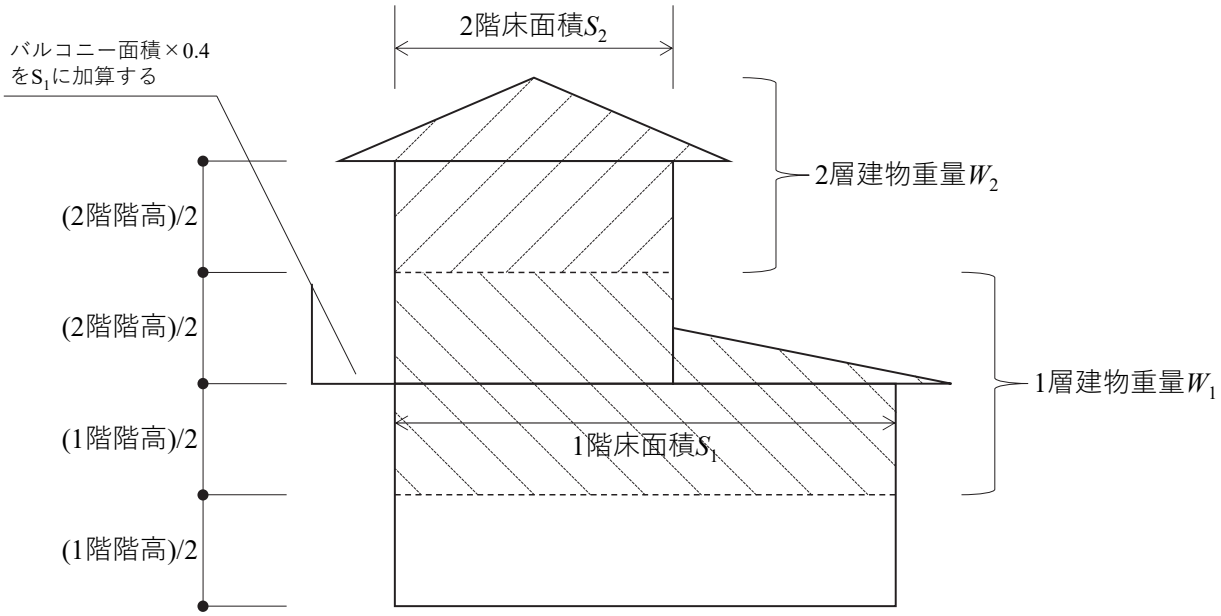


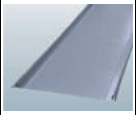
図 5.2.1　2 階建ての場合の各層の建物重量

表 5.2.4　各診断法の短辺割増係数

診断法＼短辺長さ		4.0 m 未満	4.0 m 以上 6.0 m 未満	6.0 m 以上	備考
一般診断法	総 2 階四分割法	1.13	1.0	1.0	当該階の短辺長さより算出，ただし最上階は適用対象外
	詳細法	1.3	1.15	1.0	上階の短辺長さより算出
精密診断法 1	精算法				
	簡易 Ai 法	1.3	1.15	1.0	1.　当該階の短辺長さより算出 2.　内・外壁単位重量に適用
	Ai 法				

簡易 Ai 法および Ai 法においては，建物の部位ごとに重量を算定できるため，<u>葺き土の撤去・屋根瓦の交換による屋根の軽量化を反映させた補強設計</u>を行うことができる。参考として，次ページの表 5.2.5 に屋根均し荷重表を示す。

表 5.2.5　屋根均し荷重表（建防協設計法（2012 年版）に準拠）

屋根種別または製品名	製品写真	入力均し荷重 (N/m²)	製品特長	耐久年数 CASBEE	メンテナンス性	快適性 遮音 熱伝導	設計・工事価格* (円/m²)
非常に重い屋根：土葺き瓦葺き	―	2,400	―	―	―	―	―
重い屋根：桟瓦葺き	―	1,300	―	―	―	―	―
軽量瓦 A（和形）冠一本伏工法 棟部:7 寸丸（乾式）軒瓦：引掛万十軒		1,150	耐震・耐風・防水性に優れた J 形陶器防災瓦のスタンダード。7 寸冠のシンプルな仕様でスッキリとしたデザイン。	60 年	○	○	12,000
軽量瓦 S（平形）隅棟部：廻隅瓦 袖部：一体袖		1,120	耐震・耐風・防水性・デザイン性に優れた F 形陶器防災瓦。屋根面と一体となる直線的なデザインが高級感のあるスマートな屋根を演出。	60 年	○	○	12,000
軽い屋根：屋根スレート葺き	―	950	―	―	―	―	―
化粧スレート コロニアル 棟部：板金		800	耐震、軽量性に優れたセメントに繊維素材を混ぜて薄い板状にした「スレート屋根」材。和から洋まで。伝統からモダンまで。どんなスタイルにも合う横一文字葺き。	30 年	△	△	8,400
立平葺き ガルバリウム鋼板（0.35 mm）棟部：板金		610	耐震、軽量性に優れた金属屋根材。屋根の頂点から軒に至るまで一枚の長い板金で構成されているため継ぎ目がなく、雨漏りのリスクを最小限に抑える。	30 年	△	×	12,000

*　参考目安：2 階建て足場・撤去費用別途 1.3 万円/m²

算定条件：施工規模 100 m² 想定

※1 屋根面　　：屋根荷重＋野地板 80 N/m²（瓦桟・防水シート・野地板・垂木を含む）

※2 小屋組　　：200 N/m²（もや・けた行つなぎ材含む）

※3 打上天井 ：150 N/m²

※4 均し荷重 ：屋根 5 寸勾配，軒の出 0.3 m

軽量瓦 A（和形）

軽量瓦 S（平形）

化粧スレートコロニアル

ガルバリウム鋼板

2) 壁基準耐力の上限

一般診断法（詳細法）では壁基準耐力の上限が 10 kN/mであるのに対し，精密診断法 1 での上限は 14 kN/mである。

3) 偏心率と床仕様による低減係数

一般診断法（詳細法）と精密診断法 1 の両方において，耐力要素の配置バランスの評価は，表 5.2.6 に記載の偏心率と床仕様による低減係数を算出することで行う。

i. 重心の算出

x_g ：重心の X 座標，$x_g = \sum_i W_i \cdot x_i / \sum_i W_i$

y_g ：重心の Y 座標，$y_g = \sum_i W_i \cdot y_i / \sum_i W_i$

ここに　W_i ：平面形状を矩形分割したときの，各矩形の重量

x_i ：平面形状を矩形分割したときの，各矩形の図心の X 座標

y_i ：平面形状を矩形分割したときの，各矩形の図心の Y 座標

ii 剛心の算出

x_s ：剛心の X 座標，$x_s = \sum_i l_{yi} \cdot x_i / \sum_i l_{yi}$

y_s ：剛心の Y 座標，$y_s = \sum_i l_{xi} \cdot y_i / \sum_i l_{xi}$

ここに　l_{xi} ：X 方向の各壁の剛性（一般診断法では各壁の耐力としてよい）

l_{yi} ：Y 方向の各壁の剛性（一般診断法では各壁の耐力としてよい）

x_i ：Y 軸から各壁までの距離（以下 iii において同じ）

y_i ：X 軸から各壁までの距離（以下 iii において同じ）

iii. 偏心率 R_e の算出および偏心率と床仕様による低減係数 F_e の算出

R_{ex}，R_{ey} ：偏心率、$R_{ex} = e_y / r_{ex}$，$R_{ey} = e_x / r_{ey}$

ここに　e_x ：X 方向偏心距離，$e_x = |x_g - x_s|$

e_y ：Y 方向偏心距離，$e_y = |y_g - y_s|$

r_{ex} ：X 方向弾力半径，$r_{ex} = \sqrt{\left\{\sum_i l_{xi}(y_i - y_s)^2 + \sum_i l_{yi}(x_i - x_s)^2\right\} / \sum_i l_{xi}}$

r_{ey} ：Y 方向弾力半径，$r_{ey} = \sqrt{\left\{\sum_i l_{xi}(y_i - y_s)^2 + \sum_i l_{yi}(x_i - x_s)^2\right\} / \sum_i l_{yi}}$

F_e ：偏心率と床仕様による低減係数（表 5.2.6）

表 5.2.6　偏心率と床仕様による低減係数 F_e

平均床倍率 ＼ 偏心率 R_e	0.15 未満*	0.15 以上 0.30 未満**	0.30 以上 0.45 未満	0.45 以上 0.6 未満	0.6 以上
1.0 以上（床仕様 I）	1.00	$\frac{1}{3.33R_e + 0.5}$	$\frac{3.3 - R_e}{3(3.33R_e + 0.5)}$	$\frac{3.3 - R_e}{6}$	0.45
0.5 以上 1.0 未満（床仕様 II）			$\frac{2.3 - R_e}{2(3.33R_e + 0.5)}$	$\frac{2.3 - R_e}{4}$	0.425
0.5 未満（床仕様 III）			$\frac{3.6 - 2R_e}{3(3.33R_e + 0.5)}$	$\frac{3.6 - 2R_e}{6}$	0.40

* $R_e < 0.15$ の場合は平均床倍率（床仕様）によらず耐力は低減されない。

** $0.15 \le R_e < 0.30$ の場合は耐力が低減されるが，平均床倍率（床仕様）による差はない。

なお，表 5.2.6 を用いるに当たって，一般診断法では床仕様を I（合板），II（火打ち＋荒板），III（火打ちなし）の 3 種に分類するだけであるのに対し，精密診断法 1 では床仕様により定まる平均床倍率を算出する。

$$平均床倍率 = \sum_i A_i \cdot x_i \Big/ \sum_i A_i$$

ここに A_i ：床を仕様に応じて矩形分割したときの，各矩形の面積

x_i ：各矩形の床倍率

精密診断法 1 における床仕様と床倍率の関係については，建防協設計法（指針と解説編）の p.98 を参照のこと。

4) N 値計算

診断方法によらず，N 値計算では注目している柱に生じる引き抜き力の最大値を

- 柱に取り付いている壁の強度
- 壁上の梁や床構面による押さえ効果
- 柱に加わる鉛直荷重

の 3 つの要因から算出し，接合部に必要な耐力を N という値で表す。$N = 1.0$は，接合部の必要耐力（＝引き抜き力の最大値）5.3 kNに対応する。数式で表記すると，以下の i，ii のようになる。

i. 平屋の柱，2 階建ての 2 階の柱の場合

$$N \geq A_1 \times B_1 - L$$

ここに N ：接合部倍率

A_1 ：両側の壁の壁倍率の差で，筋かいの場合は筋かい補正値を加える

B_1 ：周辺部材による曲げ戻しの効果をあらわす係数で，出隅 0.8、その他 0.5

L ：鉛直荷重による押さえの効果をあらわす係数で，出隅 0.4、その他 0.6

ii. 2 階建ての 1 階の柱の場合

$$N \geq A_1 \times B_1 + A_2 \times B_2 - L$$

ここに A_1，B_1，N ：上記 i に同じ

A_2 ：両側の壁の壁倍率の差で，筋かいの場合は筋かい補正値を加える

B_2 ：周辺部材による曲げ戻しの効果をあらわす係数で，出隅 0.8、その他 0.5

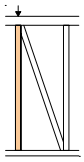
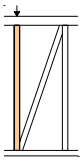
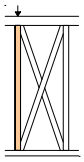
L ：鉛直荷重による押さえの効果をあらわす係数で，出隅 1.0、その他 1.6

筋かいが取り付いている場合，A_1 および A_2 に補正を行う必要があることに注意する。これは，筋かいが柱頭に取り付く場合と柱脚に取り付く場合とで柱に生じる引き抜き力が異なるためである。

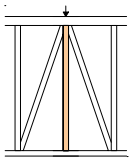
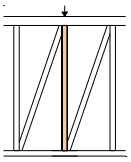
筋かい補正値の代表例を表 5.2.7 に，接合部の仕様と N 値・必要耐力の関係を表 5.2.8 に，それぞれ示す。なお，詳細については建防協設計法（指針と解説編）の pp.37 - 41 を参照のこと。

表 5.2.7　筋かいの端部柱の計算時に加える補正値

①　筋かいが片側から取り付く柱

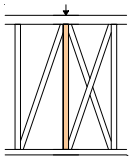
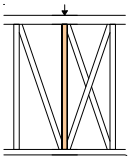
取付く位置 ＼ 筋かいの種類	柱頭部	柱脚部	たすき掛け
			
奥行 30mm 以上×幅 90mm 以上の木材	0.5	-0.5	0
奥行 45mm 以上×幅 90mm 以上の木材	0.5	-0.5	0

②筋かいが両側から取り付く柱

一方の筋かい ＼ 他方の筋かい	両方が柱頭		一方が柱頭、他方が柱脚	
				
	奥行 30mm 以上×幅 90mm 以上の木材	奥行 45mm 以上×幅 90mm 以上の木材	奥行 30mm 以上×幅 90mm 以上の木材	奥行 45mm 以上×幅 90mm 以上の木材
奥行 30mm 以上×幅 90mm 以上の木材	1.0	1.0	0.5	0
奥行 45mm 以上×幅 90mm 以上の木材	1.0	1.0	0.5	0.5

※両方の筋かいがともに柱脚部に取り付く場合は 0 とする。

③片方がたすき掛け筋かいで他方が片筋かいの場合

片筋かい ＼ たすき掛け筋かい	一方がたすき掛け筋かい 他方が柱頭に取り付く片筋かい		一方がたすき掛け筋かい 他方が柱脚に取り付く片筋かい	
				
	奥行 30mm 以上×幅 90mm 以上の木材	奥行 45mm 以上×幅 90mm 以上の木材	奥行 30mm 以上×幅 90mm 以上の木材	奥行 45mm 以上×幅 90mm 以上の木材
奥行 30mm 以上×幅 90mm 以上の木材	0.5	0.5	0	0
奥行 45mm 以上×幅 90mm 以上の木材	0.5	0.5	0	0

④両側がたすき掛け筋かいの場合
加算しない。

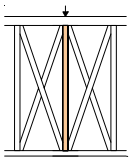


表 5.2.8　接合部の仕様

告示表 3	N 値	必要耐力(kN)	接合部の仕様例
(い)	0.0 以下	0.0	短ほぞ差し又はかすがい打ち
(ろ)	0.65 以下	3.4	長ほぞ差し込み栓又はかど金物 CP-L
(は)	1.0 以下	5.1	かど金物 CP-T，山形プレート VP
(に)	1.4 以下	7.5	羽子板ボルト又は短ざく金物（スクリュー釘なし）
(ほ)	1.6 以下	8.5	羽子板ボルト又は短ざく金物（スクリュー釘あり）
(へ)	1.8 以下	10.0	引き寄せ金物 HD-B10（S-HD10）
(と)	2.8 以下	15.0	引き寄せ金物 HD-B15（S-HD15）
(ち)	3.7 以下	20.0	引き寄せ金物 HD-B20（S-HD20）
(り)	4.7 以下	25.0	引き寄せ金物 HD-B25（S-HD25）
(ぬ)	5.6 以下	30.0	引き寄せ金物 HD-B15（S-HD15）×2 個
—	5.6 超	$N \times 5.3$	—

5) 劣化低減の適用方法

一般診断法では劣化低減が建物全体の耐力にかかるため，劣化事象が見つかった場合，劣化のない壁に対しても劣化低減係数を適用していることとなる。一方，精密診断法 1 では耐力壁毎に劣化程度を評価して耐力を算出するため，劣化のない壁に劣化低減係数は適用されない。

無開口壁の耐力 Q_w ：$Q_w = \sum\left(F_w \times L \times \min\left(K_j,\ {}_dK_w\right)\right)$

有開口壁の耐力 Q_{wo} ：$Q_{wo} = \sum\left(F_w \times K_o \times L \times \min\left(K_j,\ {}_dK_w\right)\right)$

ここに F_w = 壁基準耐力(上限 14 kN/m)

K_o = 開口低減係数 = $\begin{cases} 0.4/L & \text{(窓型開口)} \\ 0.2/L & \text{(掃き出し開口)} \end{cases}$

L = 壁長

$\min\left(K_j,\ {}_dK_w\right) = K_j$ と ${}_dK_w$ のうち小さい方(K_j = 接合部低減係数，${}_dK_w$ = 壁劣化低減係数)

古い木造住宅の柱接合部仕様は，ほとんどの場合に短ほぞ差し程度（柱接合部仕様 III，IV）である。表 5.2.9 (K_j) と表 5.2.10 (${}_dK_w$) を比較すると，最上階以外の階に対してはほとんどの場合に $K_j \leq {}_dK_w$ すなわち $\underline{\min\left(K_j,\ {}_dK_w\right) = K_j}$ となることが分かる。すなわち，<u>現況診断では劣化低減の影響は小さい</u>と言える。

表 5.2.9　一般区域における柱接合部低減係数 K_j

2 階建ての 1 階または 3 階建ての 1，2 階

壁基準耐力(kN/m)	2.0			3.0			5.0			7.0		
基礎仕様 / 接合部仕様	基礎 I	基礎 II	基礎 III	基礎 I	基礎 II	基礎 III	基礎 I	基礎 II	基礎 III	基礎 I	基礎 II	基礎 III
接合部 I	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0	0.85	0.7	1.0	0.8	0.6
接合部 II	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8	0.7	0.6
接合部 III	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
接合部 IV	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6

2 階建ての 2 階，3 階建ての 3 階

壁基準耐力 (kN/m) / 接合部仕様	2.0	3.0	5.0	7.0
接合部 I	1.0	1.0	1.0	1.0
接合部 II	1.0	0.8	0.65	0.5
接合部 III	0.7	0.6	0.45	0.35
接合部 IV	0.7	0.35	0.25	0.2

表 5.2.10　壁劣化低減係数 ${}_dK_w$

壁基準耐力	2.5 未満		2.5 以上 4.0 未満		4.0 以上 6.0 未満		6.0 以上	
階 / 劣化程度	最上階以外	最上階	最上階以外	最上階	最上階以外	最上階	最上階以外	最上階
劣化が認められない	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
部分的な劣化が認められる	1.0	0.85	0.9	0.7	0.8	0.6	0.8	0.6
著しい劣化が認められる	1.0	0.7	0.8	0.35	0.7	0.25	0.6	0.2

6) 劣化状況の調査方法

精密診断法 1 の場合は，一般診断法に基づく外観調査を行ったうえで，ハンマー等による打音検査，目視検査およびドライバー等を刺すことによる触感検査により劣化の有無・劣化程度を判断することとしている（調査すべき部位や判断基準の詳細については，建防協設計法（例題編・資料編）の pp.203 - 209 を参照のこと）。

本協議会では，精密診断法 1 での診断時の劣化低減による評点への影響は小さいことから，現況診断時の上記詳細調査はできる範囲で行い，実際の工事の際に詳細調査を行い補強設計の評点を適宜変更するものとする。この場合，補強費用が増加することをあらかじめ見込んでおくと良い。

7) 剛性率による低減係数

精密診断法 1 では，建物の高さ方向の堅さの分布を考慮した「剛性率による低減係数」F_s を壁の耐力の総和に乗じる（一般診断法では剛性率を考慮する必要はない。その理由については，建防協設計法（例題編・資料編）の pp.140 - 142 を参照のこと）。

$$F_s = \begin{cases} \dfrac{1.0}{2.0 - R_s/0.6} & (R_s < 0.6) \\ 1.0 & (R_s \geq 0.6) \end{cases}$$

ここに R_s = 各階の剛性率 = $r_s/\bar{r}_s$

r_s = 当該階当該方向の層間変形角の逆数

$\bar{r}_s$ = 当該方向の r_s の相加平均

層間変形角 = 当該階当該方向の必要耐力/当該階当該方向の剛性

なお，これが 1.0 未満となるのは（すなわち，剛性率が 0.6 未満となるのは），2 階建ての建物においては上下階での評点の比がおよそ 2.3 超となる場合であるため，一般的な補強設計の範囲内では $F_s = 1.0$ となる。以下にその根拠を示す。

建物の剛性 s_w と保有耐力 ${}_{ed}Q_u$ が比例関係にあるものと仮定すると，

$$r_s = \alpha\ {}_{ed}Q_u/Q_r = \alpha I_w$$

ここに I_w = 上部構造評点

α = 比例定数

であるため

$$\bar{r}_s = \alpha\left(I_{w,\mathrm{L}} + I_{w,\mathrm{H}}\right)/2$$

ここに $I_{w,\mathrm{L}}$ = 1，2 階の上部構造評点のうち低い方

$I_{w,\mathrm{H}}$ = 1，2 階の上部構造評点のうち高い方

ここで $I_{w,\mathrm{H}} = \beta I_{w,\mathrm{L}}$（$\beta$ = 上下階での評点の比）とおくと，上部構造評点が低い方の階の剛性率 $R_{s,\mathrm{L}}$ は

$$R_{s,\mathrm{L}} = \frac{\alpha I_{w,\mathrm{L}}}{\alpha\left(I_{w,\mathrm{L}} + I_{w,\mathrm{H}}\right)/2} = \frac{2 I_{w,\mathrm{L}}}{(1+\beta) I_{w,\mathrm{L}}} = \frac{2}{1+\beta}$$

となる（上部構造評点が高い方の階の剛性率は必ず 1 を超えるので，考えなくてよい）。よって，$R_{s,\mathrm{L}} < 0.6$ となるときの上下階の評点比は以下のようになる。

$$\frac{2}{1+\beta} < 0.6 \Rightarrow \beta > 7/3 \fallingdotseq 2.34$$

（2）A 工法の復元力特性に関して

＜目的＞

精密診断法 2 の保有水平耐力計算による方法、限界耐力計算による方法等高度な計算法を用いて耐震診断・補強設計を行う場合に用いる。A 工法の荷重-変形角関係、保有耐力 Q_u 及び D_S を実験データより取りまとめる。尚、精査中のデータは”－”として表示している。

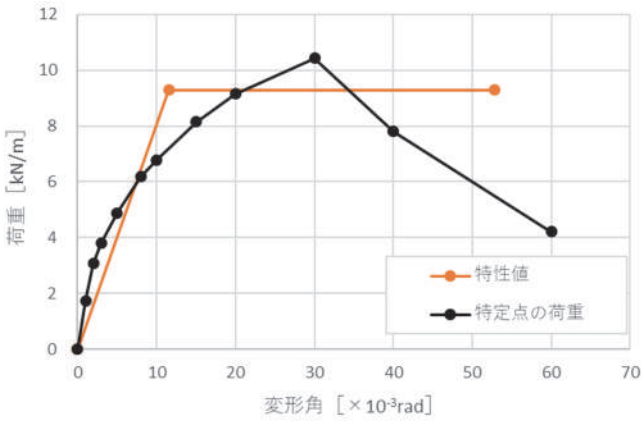


図 5.2.2　A-111 の各種特性値

表 5.2.11　A 工法における復元力特性および特性値-A-100,200 番台

単位：各変形角時の耐力及び Qu(kN/m)、θv 及び θu(rad)

耐力壁の種類	変形角(×10^{-3}rad)											特性値				
	1	2	3	5	8	10	15	20	30	40	60	Qu	θv	θu	Ds	h
A-111	1.75	3.08	3.79	4.88	6.18	6.79	8.15	9.15	10.4	7.81	4.21	9.09	0.012	0.053	0.35	0.13
A-111 (カ)	1.39	2.35	3.12	4.27	5.11	5.79	6.47	7.75	8.62	6.92	7.63	7.37	0.010	0.068	0.28	0.13
A-111 (マ,タ)	1.45	2.22	2.96	3.94	4.98	5.65	6.53	7.18	8.23	6.51	5.90	7.08	0.011	0.053	0.34	0.13
A-112	1.60	2.44	2.67	3.75	4.64	4.82	5.69	5.50	7.30	7.95	4.48	7.11	0.011	0.054	0.34	0.13
A-113	1.60	2.50	2.97	3.85	4.69	4.86	5.61	5.44	6.07	4.71	4.23	5.53	0.006	0.036	0.30	0.13
A-131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-134	2.53	3.76	4.45	5.31	6.40	6.63	8.00	7.75	10.1	7.93	5.09	8.34	0.009	0.049	0.32	0.13
A-161	0.90	1.44	1.89	2.40	3.09	3.14	3.71	3.88	4.91	4.98	4.76	4.68	0.011	0.070	0.30	0.13
A-173	1.17	1.88	2.42	3.02	3.78	4.18	4.46	4.96	5.31	5.31	2.50	5.00	0.009	0.046	0.32	0.13
A-213	1.47	2.58	3.36	4.41	5.52	6.30	7.07	8.51	9.97	9.16	8.37	9.07	0.013	0.060	0.35	0.13
A-213 (カ)	1.46	2.49	3.13	4.40	5.50	6.24	7.20	8.21	9.23	10.3	8.84	9.34	0.014	0.060	0.36	0.13
A-213 (マ,タ)	1.04	1.87	2.48	3.49	4.54	4.63	5.96	6.00	8.32	9.56	8.38	8.74	0.018	0.061	0.42	0.13
A-222	2.16	3.00	3.75	4.80	5.62	6.17	6.92	6.78	8.69	6.17	-	7.52	0.007	0.038	0.32	0.13
A-222 (カ)	1.17	1.92	2.64	3.84	5.07	5.35	6.35	7.04	8.57	9.40	5.16	8.39	0.013	0.058	0.36	0.13
A-222 (マ,タ)	1.47	2.44	3.06	3.84	4.85	4.93	6.11	5.81	7.91	7.73	2.13	7.24	0.011	0.041	0.40	0.13
A-223	0.76	1.12	1.28	1.68	2.02	2.25	2.35	2.56	3.32	3.36	2.84	2.99	0.010	0.067	0.29	0.13
A-232	1.40	2.33	2.98	3.86	5.03	5.63	6.46	7.29	8.86	9.71	10.3	9.22	0.015	0.067	0.35	0.13
A-233	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-233 (カ)	1.01	1.69	2.20	2.91	3.64	3.80	4.61	4.66	6.10	6.70	7.40	6.49	0.015	0.067	0.36	0.13
A-233 (マ,タ)	0.93	1.40	1.76	2.32	3.02	3.24	4.05	4.35	5.08	5.08	3.41	4.76	0.012	0.051	0.37	0.13
A-234	1.60	2.69	3.46	4.47	5.60	5.90	7.05	7.56	9.29	10.2	11.5	10.24	0.018	0.067	0.39	0.13
A-241 (旧 244)	1.99	3.17	4.06	5.23	6.54	6.99	7.95	8.44	9.95	6.76	7.12	8.93	0.009	0.037	0.38	0.13
A-242	0.37	0.43	0.94	3.20	4.06	4.38	4.89	5.19	6.17	5.70	-	5.48	0.009	0.043	0.35	0.13
A-244	1.32	1.91	2.31	3.07	3.72	4.04	4.69	5.17	4.72	-	-	4.65	0.007	0.032	0.36	0.13
A-263	1.99	3.17	4.06	5.23	6.54	6.99	7.95	8.44	9.95	6.76	7.12	8.93	0.009	0.037	0.38	0.13
A-273	0.61	0.91	1.13	1.36	1.61	1.67	1.97	2.13	2.60	2.60	3.07	2.98	0.020	0.102	0.33	0.13

※A-274, 284 は耐力要素として柱の曲げを基本とすることから定義しない。

表 5.2.12　A 工法における復元力特性および特性値-A-300,400 番台

単位：各変形角時の耐力及び *Qu*(kN/m)、*θv* 及び *θu*(rad)

耐力壁の種類	変形角(×10^{-3}rad)											特性値				
	1	2	3	5	8	10	15	20	30	40	60	*Qu*	*θv*	*θu*	*Ds*	*h*
A-311	1.75	3.08	3.79	4.88	6.18	6.79	8.15	9.15	10.4	7.81	4.21	9.09	0.012	0.053	0.35	0.13
A-312	1.57	2.44	3.13	4.09	4.99	5.03	6.44	7.43	8.68	5.09	3.42	7.27	0.009	0.033	0.40	0.13
A-313	1.29	2.22	2.94	4.12	5.49	5.67	6.48	6.90	5.24	4.93	4.04	6.89	0.009	0.027	0.44	0.13
A-316	1.30	2.25	3.05	4.10	5.13	5.23	5.84	5.84	4.80	4.91	2.52	5.46	0.006	0.038	0.30	0.08
A-326	1.05	1.45	1.76	2.23	2.57	2.76	2.87	2.03	1.98	2.16	1.02	2.60	0.004	0.020	0.33	0.08
A-334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-335	1.39	2.20	2.81	4.00	5.42	6.37	7.60	8.86	9.74	5.77	2.53	8.91	0.013	0.034	0.49	0.08
A-355	1.21	2.11	2.76	3.94	5.16	5.77	6.84	7.86	1.45	1.78	2.34	6.93	0.009	0.021	0.53	0.08
A-365	0.50	0.75	1.05	1.45	1.76	1.96	2.15	2.39	2.52	2.29	1.40	2.29	0.008	0.050	0.29	0.08
A-413	1.91	2.85	3.78	4.79	5.98	6.42	7.88	8.65	9.93	10.0	4.40	9.26	0.011	0.051	0.36	0.13
A-422	2.08	3.23	4.11	5.40	6.81	7.57	8.35	8.93	10.0	-	-	9.10	0.009	0.034	0.39	0.13
A-423	1.27	1.68	1.90	2.30	2.87	2.53	2.64	2.74	2.02	1.88	1.86	2.63	0.002	0.020	0.25	0.13
A-426	1.17	1.83	2.33	3.07	3.81	4.37	4.91	4.24	3.75	1.79	1.65	4.38	0.006	0.020	0.42	0.08
A-433	1.26	1.90	2.44	3.27	4.22	4.61	5.69	6.20	7.91	8.88	9.71	8.72	0.020	0.067	0.42	0.13
A-435	1.14	1.73	2.22	2.91	3.78	4.29	5.20	5.95	7.52	8.63	8.79	8.00	0.020	0.078	0.38	0.08
A-442	1.32	2.19	2.78	3.60	4.49	4.89	5.72	5.97	7.03	-	-	6.21	0.009	0.034	0.40	0.13
A-453	0.69	1.16	1.55	2.29	2.81	3.22	3.33	3.64	3.85	4.06	4.89	4.17	0.012	0.067	0.32	0.13
A-455	1.29	2.16	2.97	4.11	5.21	5.96	7.02	8.39	8.19	4.40	3.00	7.71	0.010	0.034	0.42	0.08
A-463	0.28	0.61	0.97	1.51	2.16	2.52	3.00	3.49	3.99	3.04	1.88	3.56	0.014	0.039	0.46	0.13
A-465	0.66	1.01	1.27	1.68	2.20	2.52	2.98	3.43	4.07	4.54	5.00	4.85	0.024	0.100	0.37	0.08
A-473	0.71	1.21	1.65	2.51	4.00	4.74	5.21	6.11	7.53	8.27	6.32	7.31	0.015	0.055	0.40	0.13
A-485	0.68	1.10	1.50	2.02	2.44	2.78	2.60	2.68	-	-	-	2.62	0.006	0.020	0.40	0.08

表 5.2.13　A 工法における復元力特性および特性値--A-800,900 番台

単位：各変形角時の耐力及び *Qu*(kN/m)、*θv* 及び *θu*(rad)

耐力壁の種類	変形角(×10^{-3}rad)											特性値				
	1	2	3	5	8	10	15	20	30	40	60	*Qu*	*θv*	*θu*	*Ds*	*h*
A-811	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-812	0.74	1.16	1.54	2.16	3.05	3.22	4.17	4.23	5.93	6.46	6.75	6.49	0.024	0.067	0.46	0.10
A-813	0.41	0.64	0.94	1.46	1.93	2.34	2.57	3.21	3.86	4.15	4.27	3.91	0.016	0.067	0.37	0.10
A-814	0.21	0.35	0.35	0.77	1.33	1.67	2.16	2.72	3.35	3.80	4.19	3.82	0.025	0.067	0.49	0.10
A-821	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-822	0.26	0.53	0.66	0.99	1.45	1.71	2.24	2.70	3.39	3.89	4.28	3.97	0.027	0.067	0.50	0.10
A-831	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-835	0.35	0.64	0.99	1.56	2.34	2.76	3.62	4.39	5.32	5.67	0.00	4.96	0.018	0.048	0.47	0.08

※土壁は 70mm および 75mm の試験結果を示す。範囲は、70mm 以上 90mm 未満に該当する。

(3) 直下率の不足による影響を考慮する指標について

＜目的＞

平成 28 年熊本地震を受けた住宅の特殊な破壊形状として、2 階のみが崩れた建物が見られた。倒れた建物は「柱、壁、耐力壁の直下率が低い」特徴的な建物であったと考えられ、2 階についても耐力要素の無理のない配置が必要であることが改めて認識された。この状況を鑑み、2 階の耐力壁直下に耐力要素がない場合に 2 階耐力壁が保有する耐力・剛性を適切に評価できるような設計手法を検討する。

直下率とは

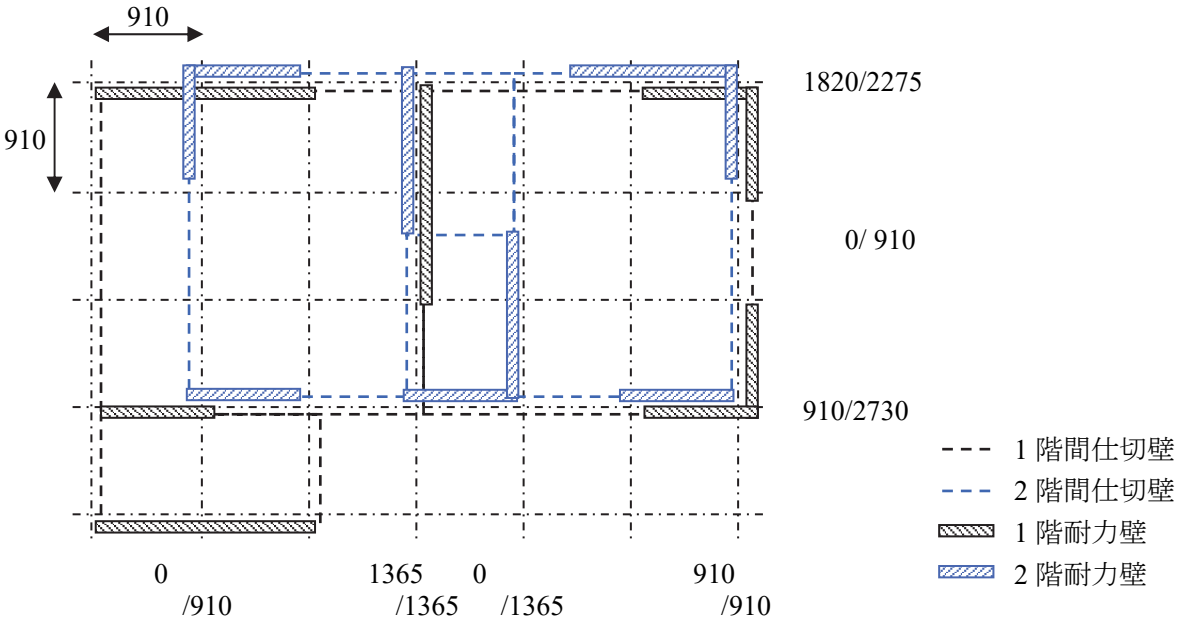
直下率とは、上階で負担した水平力を下階に効率よく伝達できているかを判断する指標である。木造住宅でよくみられる 2 次, 3 次梁、梁上耐力壁、間崩れなどの状態を数値的に把握でき、2 階の耐力の過大評価を防ぐために利用することもできると考えられる。

直下率の算出は、下階の耐力要素の直上にある上階の耐力要素の割合で表され、下式で与えられる。対象とする耐力要素は、柱、壁(間仕切壁含む)及び耐力壁である。

直下率 ＝ 上階の耐力要素で直下の下階に耐力要素がある個数(長さ)／上階の耐力要素の総数(長さ)

例）耐力壁直下率の算出

耐力壁直下率とは、検定する階の各方向の耐力壁長さに対する上階の耐力壁直下に下階の耐力壁がある箇所の長さの割合を示したものである。耐力壁には、耐力を有する腰壁、垂れ壁及び準耐力壁を含む。また、耐力壁直下率は X,Y 方向別に求める。



耐力壁直下率 X= (1820+910)	/(2275+910+2730) = 2730/5915 ×100 = 46%
耐力壁直下率 Y= (1365+910)	/(910+1365+1365+910) = 2275/4550 ×100 = 50%

＜検討内容＞

直下率の計算を行うことにより 2 階の耐力要素の配置による危険度を推測することはできるが、指標であることから直接的な保有耐力、剛性の不足については評価できない。そのため、耐力低下の主たる要因と考えられる梁上耐力壁の性能低下を考慮できる係数として、壁基準耐力、壁基準剛性に「梁上低減係数 Kwg」を考慮する。

＜運用方法＞

通常の耐震診断に加え、梁上低減係数を考慮した場合についても耐震診断の計算を行い、補強設計時にどちらの計算も満たすことを確認する。また、低減係数については以下の検討結果を用いることとする。

一般ルート		梁上低減係数を考慮
保有する耐力の計算	1 階	—
	2 階	各壁に状況に応じた梁上低減係数を掛ける Kwg×Fw
保有する剛性の計算	1 階	—
	2 階	各壁に状況に応じた梁上低減係数を掛ける Kwg×sw

壁長 *l*	壁高さ *h*	スパン *L*	低減係数 *Kwg*
910	2430	1820	0.86
		2275	0.78
		2730	0.70
		3185	0.64
		3640	0.58
		4095	0.54
		4550	0.50
		5005	0.46
		5460	0.43

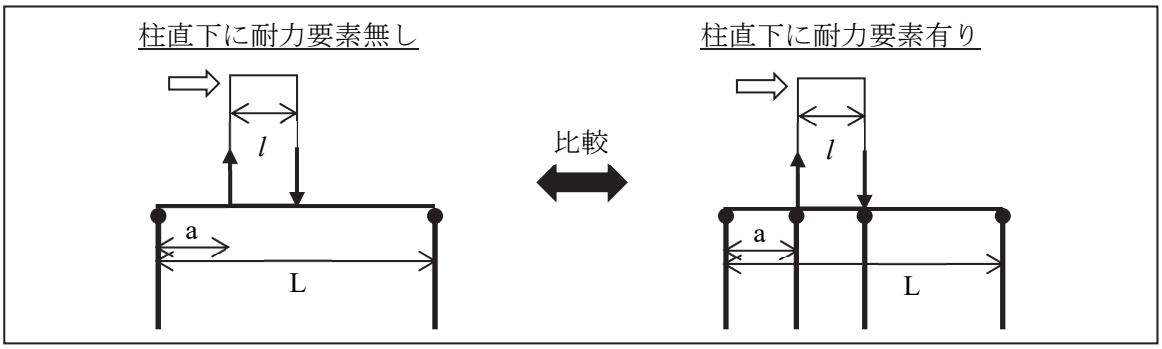
＜梁上低減係数の算出＞

梁上低減係数は、以下の条件によって変形が最も大きい場合の剛性の低下を考慮し設定した。

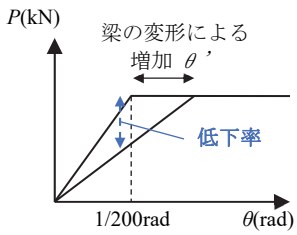
梁仕様　断面：105mm×150mm

樹種：スギ E70 下限値…5.9kN/mm^2

モデル



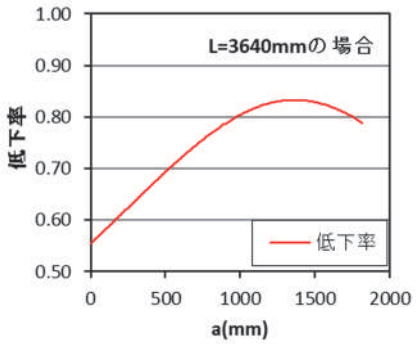
結果例(L=3640)



低下率= $P'_{1/150}/P_{1/150}$

$P_{1/150}$：1/150rad 時耐力

$P'_{1/150}$：計算結果耐力



（4）接合部金物の足し合せについて

＜検討内容＞

1 つの柱の柱頭又は柱脚に接合部金物を複数利用した場合の耐力の加算方法は、設計するうえで判断が迷う所である。文献では、実際に試験を行ったかで可否が分かれるところでもあり、耐震改修に用いる前提で検討する。

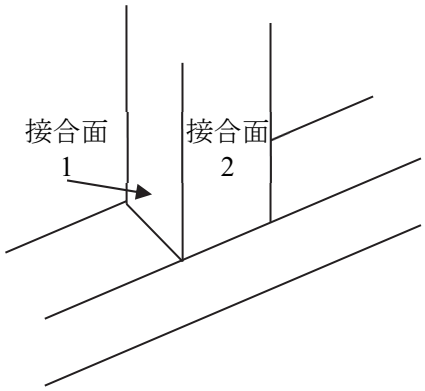
＜結果＞

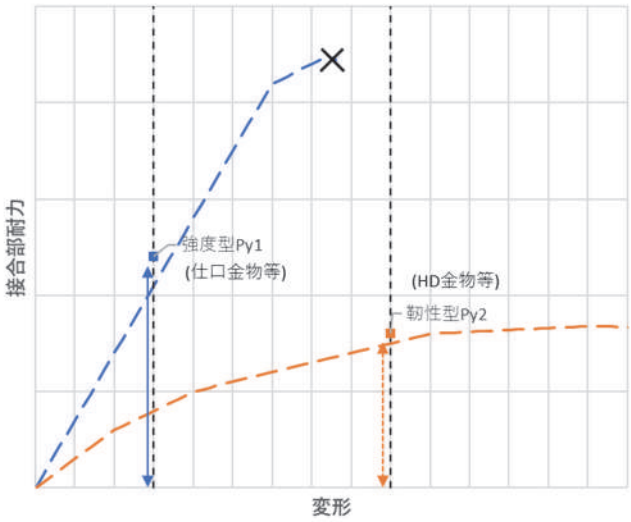
1）金物メーカーマニュアルに足し合わせの利用方法及び耐力が記載されているものは、記載内容に従って利用可とする。
2）同じ金物を用いる場合は、足し合わせ可とする。
3）異なる金物を接合する場合は、耐力の小さい金物の耐力×2 として評価する。ただし、仕口金物と HD 系金物の足し合わせは不可とする。
4）同じ金物であっても柱 1 面に 2 個以上の金物を用いることは不可とする。
5）同じ金物を用いる場合は留め付け釘・ビスが干渉しないよう注意する。

＜検討内容＞

複数の金物を柱に取り付ける例として以下がある。

・平 12 建告第 1460 号の告示表 3 の(ぬ)に該当する金物の固定方法として、「引き寄せ金物 HD-B15×2」として記載がある。
・各種金物メーカーでは同じ仕口金物(柱と横架材を直接留め付ける金物)を柱の 2 面に 1 つずつ取りつける場合で、足し合わせ評価結果として増加するものと低下するものの 2 種類の傾向が挙げられているが、増減した値と 1 個×2 の値の差は小さい。
・HD 金物と仕口金物を足し合わせた場合の評価例はない。これは、強度型と靭性型の足し合わせると耐力発現の領域が異なり、危険になる場合がある為と考えられる。





P_{y2} まで変形保証できないことから　　$\Sigma P_y \neq P_{y1}+P_{y2}$

(5) 柱脚接合金物とアンカーボルトの関係について

＜検討内容＞

補強での柱接合部金物は N 値計算等により設定・評価されるが、既存建物のアンカーボルトは柱近傍に M12 が 1 本配置されているのみなので、大きな引抜き力がかかる場合はアンカーボルトで基礎に伝達できない場合がある。評価方法を検討する。

＜結果＞

アンカーボルトへの引抜き力伝達は土台の曲げ性能・せん断性能により決定される。柱近傍にアンカーボルト 1-M12 の場合、以下の評価が適当と思われる。

柱接合部金物「へ」（10kN)以下の金物接合の場合：

1-M12 アンカーボルト OK。柱近傍に 2 本確認できる場合、金物 20kN まで Ok。

柱接合部金物「と」(15kN)以上の場合：

必要ホールダウン金物（アンカー含む）を柱脚に後施工設置する。

出来ない場合は、以下のどちらかで評価する

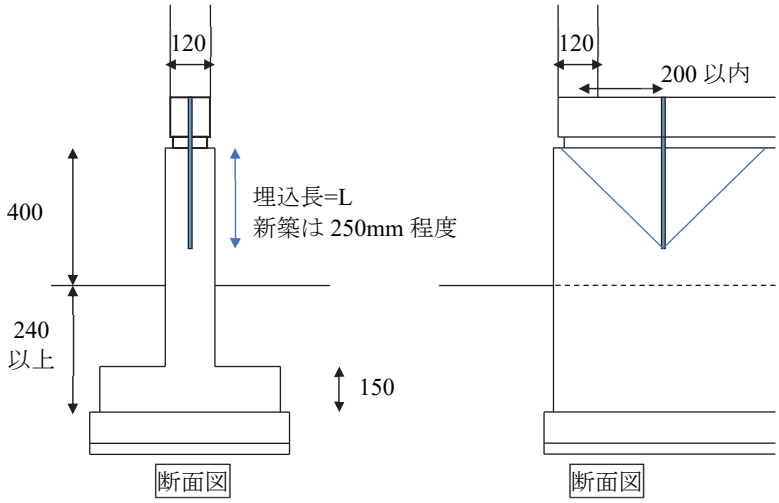
・「と」以上を必要とする方向の耐力壁を基礎Ⅲで評価

・接合部金物を接合部 I 以外で評価

＜検討内容＞

柱接合部金物から基礎への引き抜き力の伝達について検討する。

(1) アンカーボルト耐力(引張破断及びアンカー定着・コーン状破壊)



アンカーボルトの基礎の埋め込みで決まる耐力

アンカー径	基礎耐力(kN) 埋込長(mm)							鉄筋引張(kN)
	100	125	150	175	200	225	250	
M12	9.8	12.3	14.7	17.2	19.6	19.8	19.8	19.8
M16	13.1	16.3	19.6	22.9	26.1	29.4	32.7	36.9

埋め込みが 200 とすると、M12 で 19.6kN≧15kN（と）金物

(2) 土台耐力

ひば・ひのき 90 角の性能から柱の許容引張耐力 Ta を算出する。

①曲げ（柱からアンカーまでの距離を 200 とする）

Ma=Z×fb=121.5×26.7×2/3=216.3kN・cm

Ta=Ma/X=216.3/20=10.8kN

②せん断

Qa=2/3×A×fs=2/3×90×90×2.1×2/3=7.6kN

Ta=7.6kN

実際はこれに 1 階壁・床の重し効果が加わっている。

軽い建物の重量

	D.L.(N/m^2)	L.L.(N/m^2)	T.L.(N/m^2)
屋根(スレート)	950	-	950
外壁(ラスモルタル)	750	-	750
内壁(ボード)	200	-	200
床	600	600	1200

土台の負担荷重

仕様	T.L. (N/m^2)	負担面積 (m^2)	重量 (kN)
1 階外壁(ラスモルタル)	750	2.7×0.91=2.45	1.84
内壁(ボード)	200	2.7×0.91=2.45	0.49
1 階床	1200	0.455×0.91=0.41	0.50
計	-	-	2.83

以上より、

② 曲げ許容耐力　90 角：　10.8kN+2.83kN=　12.83kN≧10.0kN（へ）金物

②せん断許容耐力　90 角：　7.6kN+2.83kN=　10.43kN≧10.0kN（へ）金物

(6) A 工法上下あき耐力壁の配置に関する構造検討

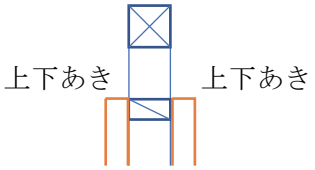
＜検討内容＞

A 工法上下あき合板耐力壁の上下のあき部分では両側柱の曲げ性能により水平力を伝達するため、その他の耐力要素を併用した場合のルールについて検討する。

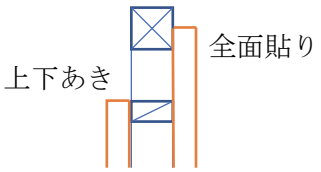
＜結果＞

A 工法上下あき仕様に組み合わせる耐力要素によって許容する組合せを設定する。表裏共に上下あき仕様とすることは不可とする。ただし、壁中央に横架材に達する土壁がある場合は可とする。また、両側の柱が共に隣接する全面壁、垂壁、及び腰壁に接している場合は可とする。なお、次項例のように別途柱の検討を行い、安全を確認してもよい。

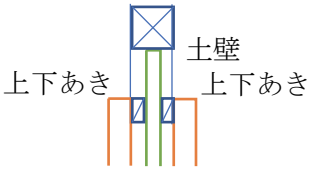
・両面上下あき　…NG



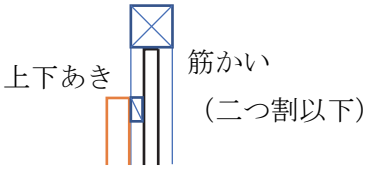
・片面上下あき+全面貼り　…OK



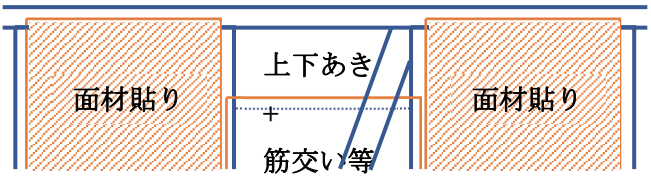
・両面上下あき+土壁　…OK



・片面上下あき+筋かい　…次項例 OK



・両側が全面壁、垂壁、腰壁に隣接している場合　…耐力要素は何を用いても OK



例)二つ割筋かい耐力壁を併用する場合

＜検討式＞

1）許容応力度

柱材の中間部は厚 9mm、幅 200mm の合板を柱一体と考えて細長比を求める。

中立軸位置 5.4cm　　I=908.82cm^4　Z=121.5cm^3(柱のみ)　A=99cm^2(複合)　i=3.03cm

合板による軸力が頂部側から脚部側に増加することから、頂部軸力と脚部軸力が異なる場合の座屈長さを用いる。(鋼構造設計規準　11 章「圧縮材ならびに柱材」　11.4(3)参照)

L=270cm、ℓk=270×(0.75+0.25×25.83/31.83)=257cm、λ=85

曲げ：f_b=2.22×2/3=1.48kN/cm^2（短期）

圧縮：f_c=1.77×2/3=1.18kN/cm^2（短期）

λ≦100 より　η=1.3-0.01λ=1.3-0.85=0.45

座屈：f_k=ηf_c=0.45×1.18=0.53kN/cm^2

2）応力

単位荷重は「改正基準法の構造関係規定の技術的背景」による

負担面積は一般的と考えられる部屋サイズ 3640×3640 の半分を仮定する

長期：　N_L=3.64m×3.64m/2×(0.55+0.6+1.3)=16.23kN

短期：　二つ割筋かい付加軸力(柱頭に取りつく側の筋かいによる軸力)

N_{b1}=3.2×0.91m×2.7m/0.91m=8.7kN

A 工法上下あき合板(最大α=1.0)による軸力

N_{b2}=5.2×0.91m×2.7m/0.91m=14.2kN

N_s=16.23+8.7+14.2=39.13kN

曲げ柱頭(Qa:5.2kN/m、隙間 30.0cm、柱２本で負担)

M_1=30.0×5.2×0.91m/2=70.98kNcm

曲げ柱脚(Qa:5.2kN/m、隙間 15.0cm、柱２本で負担)

M_2=15.0×5.2×0.91m/2=35.49kNcm

3）検定

上下あき部（柱のみ、軸力 fc チェック）

$$\frac{M}{Z\cdot f_b}+\frac{N_s}{A\cdot f_c}=70.98/(121.5\times1.48)+39.13/(81\times1.18)=0.81\ <1.0\ \text{—OK}$$

床上部（柱＋合板、fk チェック）；

$$\frac{M}{Z\cdot f_b}+\frac{N_s}{A\cdot f_k}=35.49/(121.5\times1.48)+39.13/(99\times0.53)=0.95\ <1.0\ \text{—OK}$$

例)かさ上げ+上あきの場合

＜検討式＞

1）許容応力度

柱材(90mmx90mm)の中間部は厚 9mm、幅 200mm の合板を柱一体と考えて細長比を求める。

複合の場合の中立軸位置 5.4cm　I=908.82cm^4　Z=121.5cm^3(柱のみ)　A=99cm^2(複合)　i=3.03cm

合板による軸力が頂部側から脚部側に増加することから、頂部軸力と脚部軸力が異なる場合の座屈長さを用いる。(鋼構造設計規準　11 章「圧縮材ならびに柱材」　11.4(3)参照)

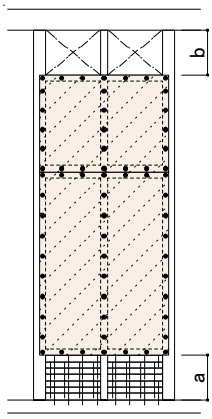
L=270cm、ℓk=270cm、λ=90.1

曲げ：f_b=2.22×2/3=1.48kN/cm^2（短期）

圧縮：f_c=1.77×2/3=1.18kN/cm^2（短期）

λ≦100 より　η=1.3-0.01λ=1.3-0.91=0.39

座屈：f_k=ηf_c=0.40×1.18=0.47kN/cm^2



かさ上げ寸法　a≦370mm
上あき寸法　b≦370mm

2）応力

単位荷重は「改正基準法の構造関係規定の技術的背景」により、負担面積は一般的と考えられる部屋サイズ 3640×3640 の半分を仮定する

長期：　N_L=3.64×3.64/2×(0.55+0.6+1.3)=16.23kN

短期：　A 工法上下あき合板(最大α=1.0)による軸力

N_b=5.2×0.91m×2.7m/0.91m=14.2kN

N_s=16.23+14.2=30.43kN

曲げ柱頭(Qa:5.2kN/m、隙間 37.0cm、柱２本で負担)

M_1=37.0×5.2×0.91m/2=70.98kNcm

3）検定

上下あき部（柱のみ、軸力 fc チェック）

$$\frac{M}{Z\cdot f_b}+\frac{N_s}{A\cdot f_c}=70.98/(121.5\times1.48)+30.43/(81\times1.18)=0.66\leqq1.0\ -\mathrm{OK}$$

床上部（柱＋合板、fk チェック）

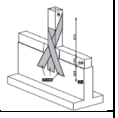
$$\frac{N_s}{A\cdot f_k}=\frac{30.43}{99\times0.47}=0.65\leqq1.0\ -\mathrm{OK}$$

他の壁高さとせん断耐力の柱の検定を行った結果を下表示す。検定結果は全て OK であった。

	せん断耐力					
	低減α	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	壁基準耐力	0.95	1.89	2.84	3.79	4.73
壁高さ (mm)	2400	0.51	0.51	0.51	0.56	0.66
	2500	0.55	0.55	0.55	0.56	0.66
	2600	0.59	0.59	0.59	0.59	0.66
	2700	0.64	0.64	0.64	0.64	0.66
	2730	0.65	0.65	0.65	0.65	0.66
	2800	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
	2900	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
	3000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84

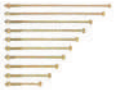
添付：参考金物リスト 2025

平成 12 年建設省告示第 1460 号第 2 号：柱接合部金物

記号 N 値 必要耐力 Z マーク例	凡例 製品名(1 種または 2 種) メーカー 短期基準引張耐力/N 値			
い N≦0.00 0.0kN かすがい	チャームかすがい 株式会社カナイ 2.4kN /0.45 以下	–	–	–
ろ N≦0.65 3.4kN CP-L	チビクリ CK 株式会社栗山百造 3.6kN /0.67 以下	ミニビルトコーナー※ 株式会社カナイ 3.6kN /0.68 以下※	スマートコーナー BX カネシン 株式会社 4.2kN / 0.79 以下	–
は N≦1.00 5.1kN CP-T	コンパクトコーナー※ 株式会社タナカ 6.4kN /1.20 以下	ホールダウンランサーII 株式会社住宅構造 研究所 5.1kN / -	DP-2 エーステンプレート・S※ BX カネシン 株式会社 5.9kN /1.1 以下	土壁 RV 日興産業株式会社 5.2kN / -
に N≦1.40 7.5kN 短冊金物	クリコーナーIII+ 株式会社 栗山百造 8.0kN / 1.50 以下	スリムプレート 床合板仕様 株式会社タナカ 8.5kN / -	J-003 接合補強システム コボット(土台スギ) 株式会社国元商会 8.23kN /1.55 以下	–
ほ N≦1.60 8.5kN 短冊金物	タイシンコーナー 株式会社カナイ 8.5kN / 1.6 以下	フリーダムコーナー 株式会社カナイ 8.8kN / 1.6 以下	N-1.6 短ざく金物 300 株式会社カナイ 9.4kN / 1.70 以下	–
へ N≦1.80 10.0kN HD-B10	スリムヘビー10※ BX カネシン株式会社 10.7kN /2.00 以下※	シナーコーナー※ 株式会社タナカ 11.6kN /2.10 以下※	柱交換用パイプ コーナー 株式会社タナカ 12.1kN / -	J-003 接合補強システム コボット(土台ヒノキ) 株式会社国元商会 10.6kN /2.01 以下
と N≦2.80 15.0kN HD-B15	オメガコーナー15kN II 株式会社タナカ 15.5kN /2.9 以下	リフォームコーナー 15kN 用 株式会社タナカ 16.8kN / -	ホールダウンハング 株式会社住宅構造研究所 15kN /-	フリーダムホール ダウン B 株式会社カナイ 15.6kN / 2.9 以下
ち N≦3.70 20.0kN HD-B20	オメガコーナー 20kN 用※ 株式会社タナカ 24.5kN /4.6 以下※	ヘビーコーナー20kN※ BX カネシン株式会社 20.4kN /3.80 以下※	ホールダウンボルダ 20 株式会社住宅 構造研究所 20kN / -	J-004 木造 SRF 接合部補強工法 構造品質保証 研究所株式会社 22.8kN /- 
り N≦4.7 25.0kN HD-B25	クリホールダウン III KHD III-15・20・25 株式会社栗山百造 25.8kN /4.80 以下※	スタンドコーナー ポス 25 株式会社住宅構造研究所 25kN / -	HD ジョイント 25kN 用 株式会社タナカ 28.8kN/5.40 以下※	–
ぬ N≦5.6 30.0kN HD-B15×2	クリホールダウンⅢ KHDⅢ-30・35 株式会社栗山百造 37.4kN /7.00 以下※	プルースホール ダウン 40 BX カネシン株式会社 40.3kN /7.60 以下※	J-002.2 JBRA-1 システム J 建築システム 株式会社 46.0kN /-	–

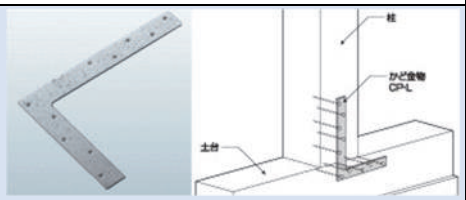
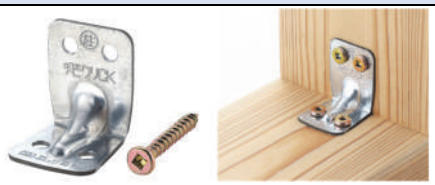
※ 仕様が複数あるため代表例を記載し、引張耐力及び N 値は代表例のものを記載。
J の番号の工法については、3 章評価シートにて詳細に記載。

平成 12 年建設省告示第 1460 号第 1 号：筋かい金物

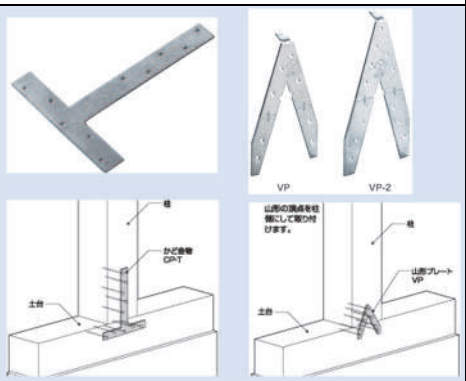
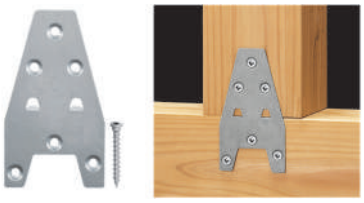
記号 倍率	凡例 製品名(1 種または 2 種) メーカー 短期基準せん断耐力 kN/m			
イ 1.0	–	–	–	–
ロ 1.0	–	–	–	–
ハ 1.5	筋かいプレート BP Z マーク金物	1.5 倍筋かい〈リベロ〉 株式会社タナカ 2.0kN/m	ジャスティーガセット・ライト BX カネシン株式会社 3.2kN/m	メタリフ筋かいプレート BX カネシン 株式会社 2.69kN/m
二 2.0	筋かいプレート BP-2 Z マーク金物	メタリフ筋かいプレート BX カネシン 株式会社 2.69kN/m	B イーグレット 2 倍 株式会社タナカ	–
ホ 3.0	M12 ボルト Z マーク金物 	ヘキサプレート SD 株式会社タナカ 2.98kN/m	N-フリーダム筋かいプレート　壁倍率 3 倍用 株式会社カナイ 3.73kN/m	–

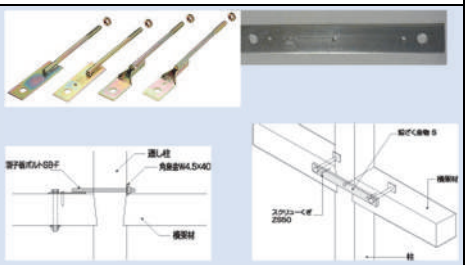
平成 12 年建設省告示第 1460 号と同等の接合金物表

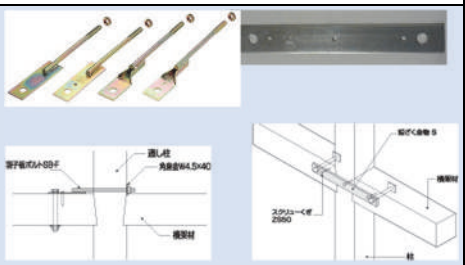
告示 1460 号第 2 号：柱接合部金物

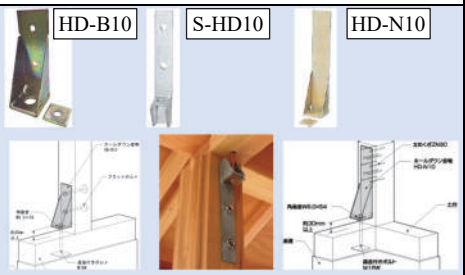
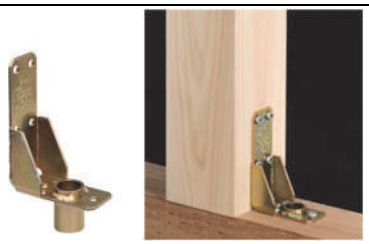
記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
い	0 以下	Z マーク	・短ほぞ差し ・かすがい打ち			120mm：40 150mm：50
		カナイ	・チャームかすがい 90 ・チャームかすがい 120		短期基準接合引張耐力 90：2.3 kN 120：2.4 kN	90mm：28 120mm：30
ろ	0.65 以下	Z マーク	・長ほぞ差し込み栓 ・※かど金物 CP-L	 接合具：ZN65×10 本		190
		栗山百造	※チビクリ CK	 接合具：クリ平頭ビス 5×45×4 本（専用ビス）	短期基準引張耐力 3.6 kN（$N \leq 0.67$）	116
		カナイ	・※ミニビルトコーナー ・☆※ミニビルトコーナー75（中柱・床合板仕様）	 接合具： ・YA-S45×4 本（専用ビス） ・床合板仕様は柱側 YA-S45×2 本, 横架材側 YA-S75×2 本（専用ビス）	短期基準接合引張耐力 3.6 kN（$N \leq 0.68$） 中柱・床合板仕様 4.2 kN（$N \leq 0.70$）（床合板の厚み 33mm 以下）	120 中柱・床合板仕様：150
		BX カネシン	スマートコーナー	 接合具：CPQ-45×4 本（専用ビス）	短期基準接合引張耐力 4.2 kN（$N \leq 0.79$）	115

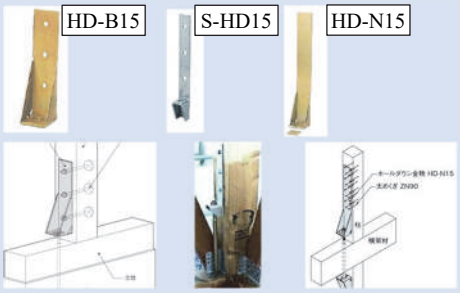
備考.
1. Z マーク金物の単価は「TANAKA 住宅関連金物カタログ」やネットストアより引用
2. Z マーク同等金物の単価は各社カタログやホームページより引用
3. 単価は原則としてネット値
4. 上下あき工法が施工された箇所の柱接合部に対し、床や天井を壊さずに設置可能な金物に対しては製品情報の前に☆印
5. 土台が負ける可能性のある金物に対しては製品名の前に※印

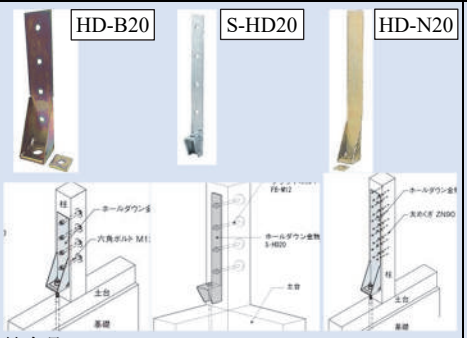
記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
は	1.0 以下	Z マーク	・※かど金物 CP-T ・※山形プレート （または同等以上の接合方法）	 接合具： ・CP-T　ZN65×10 本 ・山形プレート　ZN90×8 本（VP），ZN65×12 本（VP-2）		CP-T：265 VP：160
		タナカ	・※コンパクトコーナー ・☆※コンパクトコーナー床合板仕様	 接合具： ・TB-55×5 本（専用ビス） ・床合板仕様は 柱側　TB-55×3 本 横架材側　TB-101×2 本（専用ビス）	短期基準引張耐力 中柱型 6.4 kN ($N \leq 1.2$) 隅柱型 5.3 kN ($N \leq 1.0$) 床合板仕様： 中柱型 6.7 kN ($N \leq 1.3$) 隅柱型 7.0 kN ($N \leq 1.3$)	170 床合板仕様： 230
		住宅構造研究所	※☆ホールダウンランサーII	接合具： HL-TN8×1 個（専用ナット），鍋ビス 60（シルバーブルー）×2 本（専用ビス） 	短期引張耐力 5.1 kN	—
		BX カネシン	※DP-2 エーステンプレート・S	 接合具：CPQ-45×6 本（専用ビス）	短期基準接合引張耐力 5.9 kN （$N \leq 1.1$）	190
		日興産業	※☆土壁 RV	接合具： TBA-65×4 本 	短期引抜耐力 5.2 kN	1,000

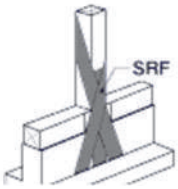
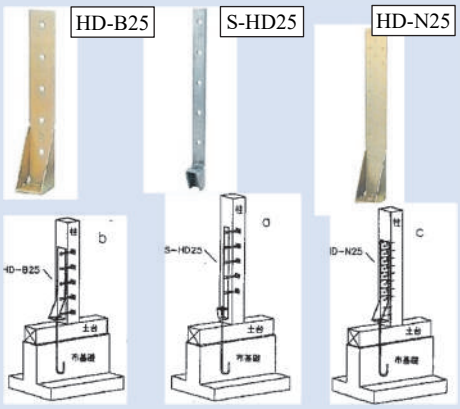
記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
に	1.4 以下	Z マーク	・羽子板ボルト ・短ざく金物（スクリュー釘なし）	 接合具： ・羽子板ボルト　M12 ボルト×1 本，M12 ナット×2 個，角座金 W4.5×40×2 個 ・短ざく金物　M12 ボルト×2 本，M12 ナット×2 個，角座金 W4.5×40×2 個		羽子板ボルト： 185～475 短ざく金物： 275～415
		栗山百造	※クリコーナーIII+	 接合具：クリ平頭ビス 5×75×7 本	短期基準引張耐力 8.0 kN（$N \leq 1.5$）	303
		タナカ	スリムプレート 床合板仕様	 接合具： 柱側　TBA-65×4 本 横架材側　TB-101×4 本（専用ビス）	短期基準接合引張耐力 8.5 kN	725
		国元商会	接合補強システム 「コボット」 （スギ土台）	接合具： M6×85　×9 本 （専用コーチスクリュー） 	許容荷重 8.2 kN （$N \leq 1.55$）	3,830

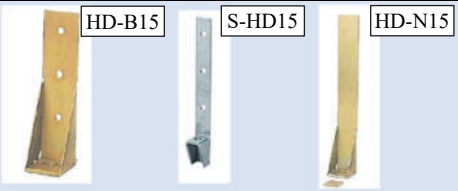
記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
ほ	1.6 以下	Z マーク	・羽子板ボルト ・短ざく金物（スクリュー釘あり）	 接合具： ・羽子板ボルト M12 ボルト×1 本，M12 ナット×2 個， 角座金 W4.5×40×2 個，ZS50×1 本 ・短ざく金物 M12 ボルト×2 本，M12 ナット×2 個， 角座金 W4.5×40×2 個，ZS50×3 本		羽子板ボルト： 185～475 短ざく金物： 275～415
		カナイ	※タイシンコーナー	接合具： YA-S45×12 本 （専用ビス） 	短期基準接合引張耐力 8.5 kN （$N \leq 1.6$）	300
		カナイ	フリーダムコーナー	接合具： 柱側　YD-N45×5 本 横架材側　YD-N90×2 本（専用ビス） 	短期基準接合引張耐力 8.8 kN （$N \leq 1.6$）	300
		カナイ	N-1.6 短ざく金物 300	 接合具：M12 ボルト×2 本，M12 ナット×2 個	短期基準接合引張耐力 9.4 kN （$N \leq 1.7$）	180

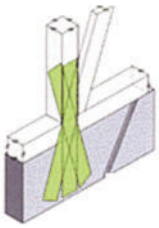
記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
へ	1.8 以下	Z マーク	・※HD-B10 ・※S-HD10 ・※HD-N10 （または同等以上の接合方法）	 接合具： ・HD-B10･･･[柱]M12 ボルト×2 本，M12 ナット×2 個，角座金 W4.5×40×2 個　[横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個，角座金 W6.0×54×1 枚　[上下階の柱相互接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 枚 ・S-HD10･･･[柱]M12 ボルト×2 本，M12 ナット×2 個，角座金 W4.5×40×2 個　[横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個　[上下階の柱相互の接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個 ・HD-N10･･･[柱]ZN90×10 本　[横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個，角座金 W6.0×54×1 枚　[上下階の柱相互接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 枚		HD-B : 2,150 S-HD : 975 HD-N : 3,500
		BX カネシン	※スリムヘビー10 ☆※スリムヘビー10 合板タイプ	 接合具： ・YPR-85×5 本（専用ビス） ・合板タイプは柱側 YPR-85×3 本，横架材側 YPR-115×2 本（専用ビス）	短期基準接合引張耐力 中柱型 10.7 kN （$N \leq 2.0$） 隅柱型 10.2 kN （$N \leq 1.9$） 合板タイプ 中柱型 10.1 kN （$N \leq 1.9$） 隅柱型 10.0 kN （$N \leq 1.8$）	380 合板タイプ：415
		タナカ	・※シナーコーナー ・☆※シナーコーナー床合板仕様	 接合具： ・柱側 TBA-65×4 本（専用ビス），横架材側 TB-101×2 本（専用ビス） ・床合板仕様は柱側 TBA-65×4 本，横架材側 TBA-120×2 本（専用ビス）	短期基準接合耐力 中柱型 11.6 kN （$N \leq 2.1$） 隅柱型 11.7 kN （$N \leq 2.2$） 床合板仕様 中柱型 10.7 kN （$N \leq 2.0$） 隅柱型 12.7 kN （$N \leq 2.4$）	395 床合板仕様：440
		タナカ	柱交換用パイプコーナー	 接合具：TBB-75×8 本（専用角ビットビス）	短期基準引張耐力 12.1 kN 短期基準接合耐力 9.3 kN	1,650

記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
へ	1.8 以下	国元商会	接合補強システム 「コボット」 （ヒノキ土台）	接合具： M6×85 ×9 本 （専用コーチスクリュー） 	許容荷重10.6 kN （$N \leq 2.01$）	3,830
と	2.8 以下	Z マーク	・HD-B15 ・S-HD15 ・HD-N15 （または同等以上の接合方法）	 接合具： ・HD-B15･･･[柱]M12 ボルト×3 本，M12 ナット×3 個，角座金 W4.5×40×3 個　[横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個，角座金 W6.0×54×1 枚　[上下階の柱相互接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 個 ・S-HD15･･･[柱]M12 ボルト×3 本，M12 ナット×3 個，角座金 W4.5×40×3 個　[横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個　[上下階の柱相互接合]両引ボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個 ・HD-N15･･･[柱]ZN90×16 本　[横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個，角座金 W6.0×54×1 枚　[上下階の柱相互接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 個		HD-B : 2,625 S-HD : 1,150 HD-N : 4,250
		タナカ	※オメガコーナー 15kN II	 接合具： 柱側 TBA-65×6 本（専用ビス） 横架材側 TB-101×3 本（専用ビス）	短期基準接合耐力 15.5 kN (中柱型) 16.0 kN (隅柱型)	690
		タナカ	☆※リフォームコーナー15kN 用	 接合具： 柱側 TBA-65×7 本（専用ビス） 横架材側 TB-101×4 本（専用ビス）	短期基準接合耐力 16.8 kN	3,500

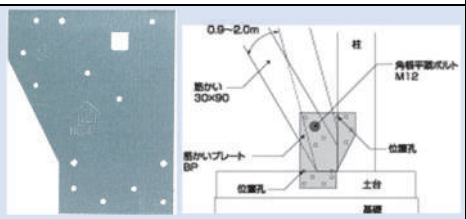
記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
と	2.8 以下	住宅構造 研究所	☆※ホールダウン ハング	接合具： ・六角ビス 105（緑） ×4 本, 六角ビス 75 （緑）×4 本 （専用ビス） ・HD-LEG400×1 本 （専用ボルト） ・HL-TN12×1 個 （専用ナット） ・HL-W/S（専用座金） 	短期引張耐力 15 kN	–
		カナイ	フリーダムホール ダウン B	 接合具：YD-H90×4 本（専用ビス，別売）	短期基準接合耐力 15.6 kN（$N \leq 2.9$）	1,000
ち	3.7 以下	Z マーク	・HD-B20 ・S-HD20 ・HD-N20 （または同等以上 の接合方法）	 接合具： ・HD-B20･･･[柱]M12 ボルト×4 本，M12 ナット×4 個，角座金 W4.5×40×4 個　[横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個，角座金 W6.0×54×1 枚　[上下階の柱相互接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 枚 ・S-HD20･･･[柱]M12 ボルト×4 本，M12 ナット×4 個，角座金 W4.5×40×4 個　[横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個　[上下階の柱相互接合]両引ボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個 ・HD-N20･･･[柱]ZN90×20 本　[横架材]アンカーボルト M16／座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個，角座金 W6.0×54×1 枚　[上下階の柱相互接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 枚		HD-B : 3,125 S-HD : 1,350 HD-N : 4,875
		タナカ	・※オメガコーナー 20kN 用 ・☆※オメガコーナー 20kN 床合板仕様	 接合具： ・柱側 TBA-65×8 本（専用ビス），横架材側 TB-101×4 本（専用ビス） ・床合板仕様は柱側 TBA-65×8 本，横架材側 TBA-120×4 本（専用ビス）	短期基準接合耐力 中柱型 24.5 kN （$N \leq 4.6$） 隅柱型 21.7 kN （$N \leq 4.0$） 床合板仕様 中柱型 23.3 kN （$N \leq 4.3$） 隅柱型 25.2 kN （$N \leq 4.7$）	775 床合板仕様： 800

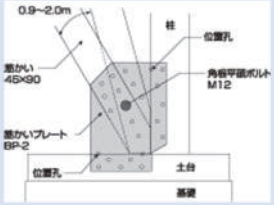
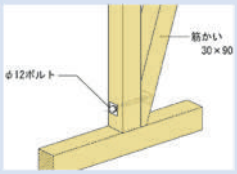
記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
ち	3.7 以下	BX カネシン	・※ヘビーコーナー 20 ・☆※ヘビーコーナー 20 合板タイプ	 接合具： ・YPR-85×12 本（専用ビス） ・合板タイプは柱側 YPR-85×6 本，横架材側 YPR-115×6 本（専用ビス）	短期基準接合引張耐力 中柱型 20.4 kN （$N \leq 3.8$） 隅柱型 21.2 kN （$N \leq 4.0$） 合板タイプ 中柱型 20.2 kN （$N \leq 3.8$） 隅柱型 22.0 kN （$N \leq 4.1$）	650 合板タイプ： 750
		住宅構造研究所	ホールダウンボルダ 20	接合具： 柱側　六角ビス 75（緑）×7 本 横架材側　六角ビス 105（黒）×4 本 （専用ビス） 	短期引張耐力 20 kN	—
		構造品質保証研究所株式会社	木造 SRF 接合部補強方法	主要構成部材： ・SRF ベルト　SRF2100（ポリエステル繊維） ・SRF 接着剤　SRF300（ポリウレタン系一液性無溶剤） 	短期許容耐力 22.8 kN （SRF2100×3 枚，定着長 200）	105,050 * (セット価格，テープ長 20m) *税込・送料込
り	4.7 以下	Z マーク	・HD-B25 ・S-HD25 ・HD-N25 （または同等以上の接合方法）	 接合具： ・HD-B25･･･[柱]M12 ボルト×5 本，M12 ナット×5 個，角座金 W4. 5×40×5 個　[横架材]アンカーボルト M16／座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個，角座金 W6.0×54×1 枚　[上下階の柱相互接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 枚 ・S-HD25･･･[柱]M12 ボルト×5 本，M12 ナット×5 個，角座金 W4.5×40×5 個　[横架材]アンカーボルト M16／座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個　[上下階の柱相互接合]両引ボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個 ・HD-N25･･･[柱]ZN90×26 本　[横架材]アンカーボルト M16／座金付きボルト M16×1 本，M16 ナット×1 個，角座金 W6.0×54×1 枚　[上下階の柱相互接合]両引きボルト M16×1 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 枚		HD-B : 3,700 S-HD : 1,565 HD-N : 4,550

記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
り	4.7 以下	栗山百造	クリホールダウン III KHDIII-15・20・25	接合具： ・クリスパイラル ビス 7×65 ×5 本 （専用ビス） ・アンカーボルト M16×1 本 ・M16 ナット×1 個	短期基準引張耐力 25.8 kN（$N \leq 4.8$）	924
		住宅構造 研究所	スタンドコーナー ボス 25	接合具： ・専用ケミカルカプセル 2 本 ・専用アンカーボルト 2 本 ・六角ビス 75（緑）×15 本 （専用ビス）	短期引張耐力 25 kN	—
		タナカ	HD ジョイント 25kN 用	 接合具：TBA-65×20 本 （専用ビス） 注．仮どめ用穴に TBA-65×2 本	短期許容引張耐力 28.8 kN（$N \leq 5.4$）	2,400
ぬ	5.6 以下	Z マーク	・HD-B15×2 個 ・S-HD15×2 個 ・HD-N15×2 個 （または同等以上の接合方法）	 接合具： ・HD-B15×2 個･･･[柱]M12 ボルト×6 本，M12 ナット×6 個，角座金 W4.5×40×6 個 [横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×2 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 枚 [上下階の柱相互の接合]両引きボルト M16×2 本，M16 ナット×4 個，角座金 W6.0×54×4 枚 ・S-HD15×2 個･･･[柱]M12 ボルト×6 本，M12 ナット×6 個，角座金 W4.5×40×6 個 [横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×2 本，M16 ナット×2 個 [上下階の柱相互の接合]両引ボルト M16×2 本，M16 ナット×4 個 ・HD-N15×2 個･･･[柱]ZN90×32 本 [横架材]アンカーボルト M16/座金付きボルト M16×2 本，M16 ナット×2 個，角座金 W6.0×54×2 枚 [上下階の柱相互の接合]両引きボルト M16×2 本，M16 ナット×4 個，角座金 W6.0×54×4 枚		HD-B : 5,250 S-HD : 2,300 HD-N : 8,500
		栗山百造	クリホールダウン III KHDIII-30・35	接合具： ・クリスパイラル ビス 7×65 ×8 本 （専用ビス） ・アンカーボルト M16×1 本 ・M16 ナット×1 個	短期基準引張耐力 37.4 kN（$N \leq 7.0$）	1,210

記号	N 値	メーカー	製品名	製品画像	耐力，N 値	単価/円
ぬ	5.6 以下	BX カネシン	プルースホール ダウン 40	接合具： ・YPR-85×10 本 （専用ビス） ・専用座金×1 枚 ・高耐力フレックスアンカーボルト×1 本 （専用アンカーボルト，別売 900～1,620 円） 	短期基準接合引張耐力 40.3kN （$N \leq 7.6$）	1,180
		J 建築 システム 株式会社	JBRA-1 システム	主要構成要素： ・JBRA シート　AK-40-10 （アラミド繊維シート） ・JBRA 専用接着剤　E-2500（エポキシ樹脂） 	引張定着強度※ 46 kN（シート長さ 70 cm クロス貼併用） ※最大引張荷重にばらつき係数を乗じた値	約 196,000 (1 セット，2～3 棟分)

告示 1460 号第 1 号：筋かい金物

記号	倍率	メーカー	製品名	製品画像	耐力	単価/円
イ	1	―	―	―	―	―
ロ	1	―	―	―	―	―
ハ	1.5	Z マーク	筋かいプレート BP	 接合具：M12 ボルト×1 本，M12 ナット×1 個，角座金 W2.3×30×1 枚，ZN65×10 本		252
		タナカ	1.5 倍筋かい〈リベロ〉	 接合具： [筋かい側]TB-30×5 本 [柱側]TBA-65×5 本（専用ビス）	基準せん断耐力 2.0 kN/m	475
		BX カネシン	ジャスティーガセット・ライト	 接合具： [筋かい側]CPQ-30×7 本 [柱・横架材側]CPQ-45×8 本（専用ビス）	基準せん断耐力 3.2 kN/m	330
		BX カネシン	メタリフ筋かいプレート	 接合具： [筋かい側]CPQ-30×5 本 [柱側]CPQ-45×8 本（専用ビス）	短期基準せん断耐力 2.69 kN/m	470

記号	倍率	メーカー	製品名	製品画像	耐力	単価/円
二	2	Z マーク	筋かいプレート BP-2	 接合具：M12 ボルト×1 本，M12 ナット×1 個，角座金 W2.3×30×1 枚，ZS50×17 本		714
		BX カネシン	メタリフ筋かいプレート	接合具： [筋かい側]CPQ-30×5 本 [柱側]CPQ-45×8 本（専用ビス）	短期基準せん断耐力 2.69 kN/m	470
		タナカ	B イーグレット 2 倍	接合具： [筋かい側]TBA-45×8 本 [柱・横架材側]TBA-45×8 本（専用ビス）		740
ホ	3	Z マーク	M12 ボルト	 接合具：M12 ナット×1 個		85 ～ 540
		タナカ	ヘキサプレート SD	接合具： [筋かい側]TBA-45×7 本 [柱・土台側]TBA-45×10 本（専用ビス）	許容せん断耐力 2.98 kN/m	465
		カナイ	N-フリーダム筋かいプレート　壁倍率 3 倍用	接合具： [筋かい側] φ6.0×43mm×6 本 [柱側]YS-N60×6 本（専用ビス）	基準せん断耐力 3.73 kN/m	350

5.3 関連論文

成果発表論文

・木造住宅耐震補強工法選択のための意志決定ツールに関する研究
日本建築学会大会技術報告集　第 15 巻　第 29 号,　105-110, 2009 年 2 月

・壁面に部分的な開口部を有する木造面材耐力壁の耐震性能
日本建築学会大会技術報告集　第 17 巻　第 37 号,　879-884, 2011 年 10 月

・部分的な開口部を有する土壁の耐震性能評価実験
日本建築学会東海支部研究報告書　第 51 巻　, 2013 年 2 月

・間柱のない壁長一間の木造耐力壁性能評価実験
日本建築学会東海支部研究報告書　第 52 巻　, 2014 年 2 月

・木造住宅の耐震改修促進に向けた有開口面材耐力壁の実用化
日本建築学会大会学術講演梗概集　22283　,2016 年 8 月

Architectural Institute of Japan

日本建築学会技術報告集　第15巻 第29号，105-110，2009年２月
AIJ J. Technol. Des. Vol. 15, No. 29, 105-110, Feb., 2009

木造住宅耐震補強工法選択のための意思決定ツールに関する研究

STUDY ON DECISION MAKING TOOLS FOR CHOOSING SEISMIC REINFORCEMENT METHOD OF WOODEN HOUSE

川端寛文——＊1　花井　勉——＊2
井戸田秀樹　—＊3　石井　渉——＊4
河尻　出——＊4

Hirofumi KAWABATA——＊1　Tsutomu HANAI —＊2
Hideki IDOTA ————＊3　Wataru ISHII ——＊4
Izuru KAWAJIRI————＊4

キーワード：
既存木造住宅，耐震補強工法，コスト評価，工法選択表，低コスト

Keywords：
Existing wooden house, Seismic reinforcement method, Cost evaluation, Industrial method selection table, Low-cost

In this report, the decision making tools for choosing seismic reinforcement method of old wooden house is proposed. The tools evaluate the aseismic performance, cost, ease of construction and visual quality. The evaluated methods of reinforcement are nine newlyproposed method and four traditional method. All newly-proposed methods get certified from the Japan Building Disaster Prevention Association and the four traditional methods contains the method using plywood with opening for more convenient works. The proposed tools can help a rational decision for both structural designers and house owners, and can promote the aseismic reinforcement of old wooden house.

1. はじめに

現在、改修技術の中核となる木造住宅の耐震補強工法には、従来から用いられている在来工法だけでなく、新しいアイディアに基づいた様々な工法が提案されており、その多くが実用化されている。耐震補強工法のメニューが増えることは、住宅所有者の希望に合致した工法を、あるいはその建物にあった合理的な工法を選択する上で不可欠であるが、そのメニューの中から合理的な選択をするためには、各工法の様々な特徴を客観的な尺度を用いて比較した情報が必要である。

本報では現在までに公開されている耐震補強工法に、現場からの要請の高い部分開口を有する構造用合板を用いた耐震補強工法を加えて整理分析し、構造性能にコスト、施工性、見栄えなどの仕上性、施工時の居住性の観点でも相対的評価を加えて、合理的な耐震補強工法を選択するための意思決定ツールを提案する。

2. 提案手法の位置づけ

対象とする木造住宅の耐震補強工法を選択するために、まず公開されている情報を網羅的に調査した。都道府県実施の耐震補強工法のコンペに応募された工法のべ67件、建築の関連論文約600編、(財)日本建築防災協会、(財)日本建築センターなど公的機関の認定、都道府県で独自に定めた認定の評価書より204件、公開特許、実用新案より約600件、およびその時点で公開されていたホームページより約300件の耐震補強工法の情報（いずれも平成17年時点）を収集し、このうち、ある程度の実現性と具体性を持った工法104件を調査シートにまとめ、大まかに分類したのが図1である。基礎、接合部補強、屋根補強など様々な部位に分かれるが、開口部を含む壁系の補強工法が約半分を占めていることより。壁面補強に対するニーズの高さが窺われる。

また、所有者としては、コスト、居ながら施工の有無、分かりやすい効果の説明、見栄えなどが意思決定の重要な情報となるため、本提案手法では次のような評価基準に基づいて評価する。

- 低コストで施工可能な在来木造住宅用耐震補強工法を対象とする
- 開口部を含む壁系の補強に限定する
- 構造性能の定量的評価として耐震補強設計で一般的に用いられる壁強さ倍率[1]を用いる

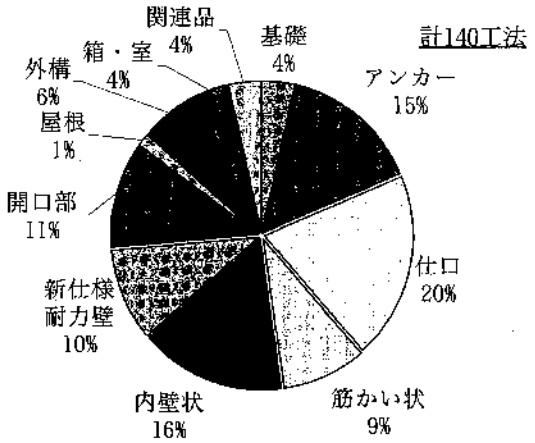


図1 耐震補強工法調査シート統計

本稿は，参考文献1)～2)を再構成し，加筆したものである。

＊1 愛知県建築指導課
（〒460-8501　愛知県名古屋市中区三の丸３丁目1-2）
＊2 えびす建築研究所　代表取締役・工博
＊3 名古屋工業大学　准教授・工博
＊4 日本システム設計

＊1 Aichi Prefectural Office
＊2 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.
＊3 Assoc. Prof., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.
＊4 Nihon System Sekkei

NII-Electronic Library Service

・ 施工コストは中立性の高い同一の基準で評価する
・ 施工性、見栄え、居ながら施工の有無についても評価する

3. 対象とする耐震補強工法とその構造的評価

対象とした工法は以下の３つに大別できる。

3.1 一般的な耐震補強工法

在来木造住宅の一般的な耐震補強工法としては、構造用合板による補強、二つ割筋かいによる補強が代表的である。各々の壁強さ倍率は 5.2kN（大壁仕様）、6.4kN（たすき掛け）と定められている[3]。

3.2 新しい材料を用いた耐震補強工法

図１の新しい材料を用いた壁系耐震補強工法のうち、今回は表１に示す壁強さ倍率の認定（(財) 日本建築防災協会）を取得している工法を対象とした。

表１ 新しい材料を用いた耐震補強工法

仮称	特徴	壁強さ倍率
格子壁	通風、採光、デザイン	6.6 (kN/m)
外支柱	外構工事、居住性良	14.0 (kN/本)
無機面材	床天井解体無し	6.6 (kN/m)
木質面材	床天井解体無し	7.1 (kN/m)
制震鋼板	粘弾性体で制震効果	8.6 (kN/m)
制震壁	粘性体で制震効果	5.3 (kN/910 巾)
開口耐震枠	開口部を耐力壁	3.4 (kN/910 巾)
土壁パネル	パネル化で現場省力化	2.8 (kN/m)
仕口パネ	天井裏、床下配置	0.21 (kN/本)

3.3 構造用合板を用いた部分開口耐震補強工法

対象には耐震改修の施工現場から要請の高い構造用合板を用いた一部切り欠きを有する（以下、部分開口）耐震補強工法[4)5)]も加える。

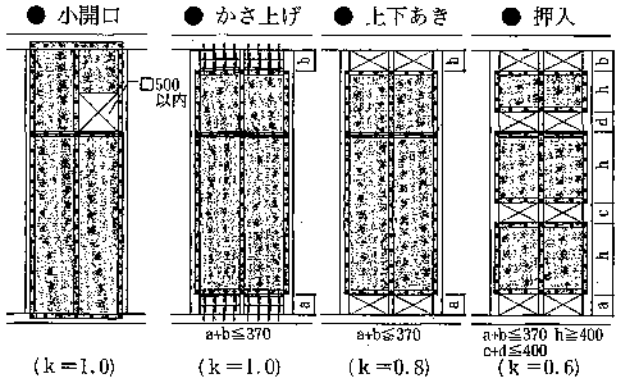


図２ 構造用合板を用いた部分開口耐震補強工法

部分開口耐震補強工法としては図２に示すように、換気扇などの小窓が空く小開口対応工法、床天井を解体しないで梁と土台をかさ上げして対応するかさ上げ工法、かさ上げもしない上下空き工法、そして押入れ奥を補強する場合に床天井に加えて中段の床も解体しない押入れ対応工法の４種類とした。

いずれも開口の周囲には下地の胴縁を設置し、9mm の構造用合板を 150mm ピッチの N50 くぎで止めた試験体を製作して、壁強さ倍率算定用実験を行い[2)]、図中（）に示す壁強さ倍率低減係数 k を設定した。

この仕様においては小開口対応、かさ上げ対応は標準の構造用合板の構造性能を保持しているため、壁強さ倍率の低減は必要ないと評価した。上下空き対応で-20%、押入れ対応では-40%の評価である。

4. コスト評価

壁系耐震補強工法のコスト比較のため、モデル住宅の一部を取り出した共通の構面を各工法で補強した場合のコストを算出する（図3）。新しい材料を用いた耐震補強工法については各開発メーカーから得た見積り回答を基に、工事単価を工法間で統一して見積額とし、コスト評価においては各工法により構面の壁強さ倍率のＵＰ値が

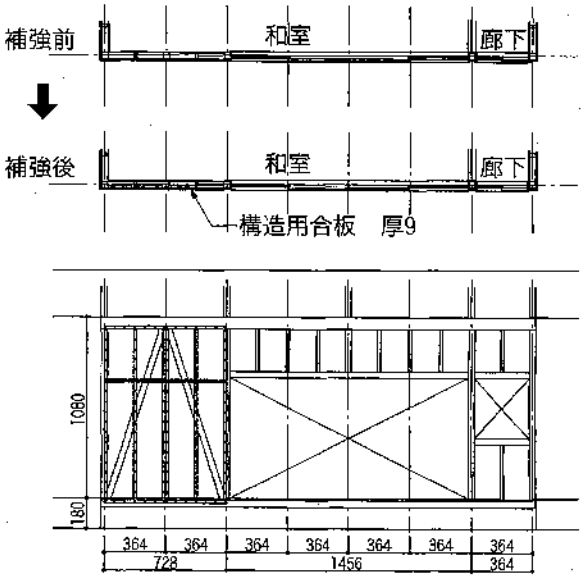


図３ コスト評価用モデル構面（(構造用合板補強の例）

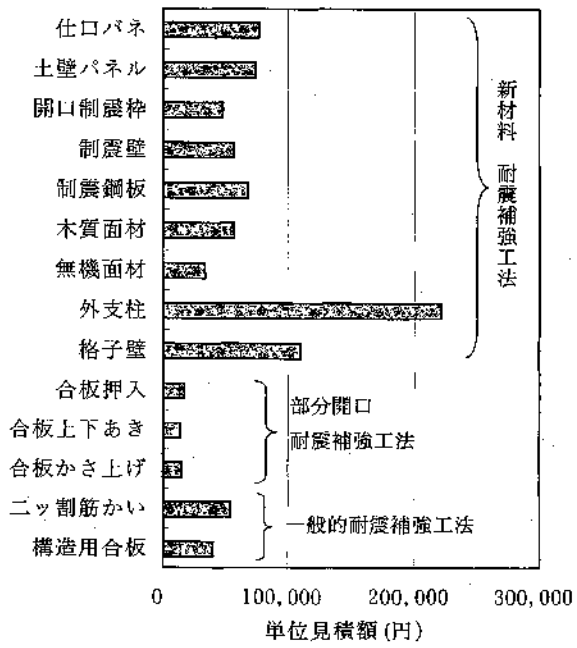


図４ 耐震補強工法別単位見積額

NII-Electronic Library Service

違うため、ＵＰ値当たりの単位見積額で評価した。尚、ここでは接合部及び基礎の仕様による壁強さ倍率の低減はないものとしている。又、見積額には材料費の他、仕上復旧、廃材処理、人工、経費が含まれている。

図４に対象とした各耐震補強工法の単位見積額を示す。採光性、居住性に特徴のある工法はコストが高く、それ以外の工法は一般的工法より若干高めに位置することが分かる。又、今回新たに加えた構造用合板による部分開口耐震補強工法は条件があえばかなり低コストで耐震補強工事が出来ることを示している。

5. 耐震補強工法選択のための意思決定ツール

5.1 耐震補強工法評価シート

評価した工法の概要、特徴、仕様、説明図、およびサンプル構面でのコストをまとめて図５（最終項）のように評価シートを作成した。フォーマットが揃っているので、設計者の比較検討時、家主への説明時などに有効となる。

5.2 レーダーチャート

耐震補強工法選択の要因には、構造性能（ここでは壁強さ倍率：強度と表示）、コスト性の他に、居住したまま施工できるか、開口を閉鎖しないかなどの居住性、見た目はどうか、収まりの仕上がり具合はどうかなどの仕上性、施工のしやすさ、および特殊技能が必要かなどの施工性がある。

一般的な構造用合板による耐震補強を基準に、相対的評価の一例として各要因を表２の評価基準に従って点数をつけることとする。

各要因を５つの軸に割り振って、対象とした各耐震補強工法の相対的評価を図６のようにレーダーチャートで示す。標準とした一般的工法構造用合板に比べ、各工法ともチャートのバランスに特徴が現れている。強度を優先するもの、居住性を優先するもの様々だが、グラフの面積からも構造用合板による部分開口補強工法の有効性が見て取れる。

表２ 壁系耐震補強工法　評価基準

項目	基準評点	算出式
強さ	3	壁強さ倍率×0.6
コスト性	3	見積り額／壁強さ倍率 UP 値 ５点：２万円以下、４点：３万円以下 、 ３点：４万円以下、２点：６万円以下 、 １点：６万円超
居住性	3	人が通れる：＋２点、風が通る：＋１点
仕上性	3	意匠性：＋１点、機能性：＋１点、床天井解体無し：＋１点、納まりが壁より 10mm 以下の出：－１点、90mm の出：－２点
施工性	3	特殊技能：－１点、特殊工具：－１点、特殊納まり：－１点、現場合わせ：－１点、床天井解体無し：＋２点

5.3 耐震補強工法選択表

設計者には相対的評価としてのレーダーチャートを参考に家主と相談して対象建物の耐震補強工法を選択してもらうことを想定しているが、設計者にとってさらに使いやすいように評価軸のうち最も重要な強度とコストを行列に取り、その中に耐震補強工法を当て

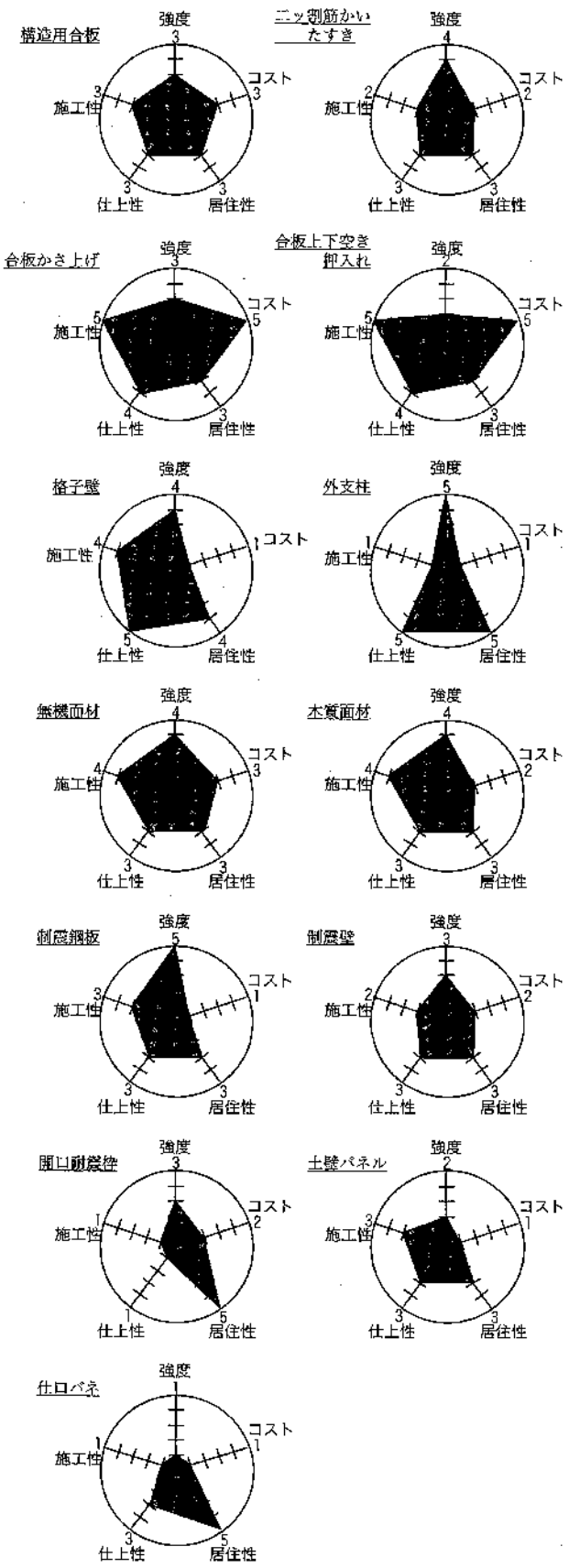


図６耐震補強工法レーダーチャート

NII-Electronic Library Service

はめる表を作成する。表3は居住者にとってこだわりのある通風・採光の有無、天井・床解体の有無の欄も加えた耐震補強工法選択表である。一目で費用対効果の優劣が分かり、同一の列であれば低コストの欄よりその他の特徴を加味して選択していくことになろう。

5.4 低コスト耐震補強設計フロー

作成したレーダーチャート、耐震補強工法選択表を用いた低コスト耐震補強のための設計フローを図7のように作成した。まず、大規模リフォーム、屋根の葺き替え、および基礎や接合部の全面的な補修・改修は大掛かりな改修工事であり、コストもかかることから専門家による個別補強設計で詳細に検討するものとする。次に耐震診断結果より必要壁強さ倍率を算出し、耐震補強工法評価シート、レーダーチャート、耐震補強工法選択表を参考に家主と相談しながら耐震補強壁（壁系）の配置計画を行なう。

補強設計での耐震診断値と概算コストで合意が得られたら、正式に工事見積りを依頼し、契約、施工への流れとなる。その際にも参考となる見積例と耐震補強工法ごとの施工シートを用意している。

5.5 設計例

低コスト耐震補強設計フローに沿って耐震補強設計をした事例を以下に示す。

PLAN1(図8):耐震診断の結果、1階両方向に補強が必要である。当面リフォームする予定は無く、屋根は軽量仕様であり、大げさな工事はしたくないとの家主の要望により、壁系での低コスト耐震補強を計画する。耐震診断評点より必要壁強さ倍率を算出して、耐震補強工法選択表で候補を選び出し、評価シート、レーダーチャートを用いて、どの補強工法であればどこに何箇所補強が必要かを説明していく。部屋内は工事せず外部からの補強にしたいとの家主の希望により、偏心に配慮して安価な一般的工法の構造用合板と二つ割筋かいで補強計画を行なう。評点が1以上となる補強案で、4章で求めた壁強さ倍率当りの工事単価に追加する壁強さ倍率をかけた概算コストを算出すると139万円となり家主の合意を得る。その後依頼した施工業者の正式な見積りでは、合理的な工事の効率が反映され86万円となった。

PLAN2(図 9):上記プランを外観は変えずに部屋内で極力安価に補強した場合ということで、耐震補強工法選択表より床天井の解体をしない部分開口構造用合板補強の「上下あき」、「押入れ」での補強計画を行なう。工事中の居住空間を考慮して2部屋を集中的に補強することとした。追加する壁強さ倍率から求めた概算コストは合計で51万円、正式な見積りでは積算条件が近かったため50万円となった。

PLAN3(図 10):耐震診断の結果、1,2階ともX方向で補強が必要である。リフォームの予定は無く、外観は変えずに部屋内で補強箇所も出来るだけ少なくしたい、出来れば床天井もそのままにしたいとの家主の希望により、耐震補強工法選択表から耐力の高い無機面材と木質面材を候補とする。評点を1以上とする補強箇所数が少ない木質面材案が採用され、1,2階合わせた概算コストは170万円で家主の合意を得る。正式な見積りでは合理的な工事の効率が反映され125万円となった。

用意した意思決定ツールを用いることで家主の希望に沿った耐震補強工法を容易に選定でき、また、その場で概算コストを提示することは費用対効果の実感を伴った形で家主及びその家族の合意を得る上で大変有効である。

表3　耐震補強工法（壁系）選択表

A:通風採光なし

壁強さ倍率	2.5～4.0kN/m		4.0～6.0kN/m		6.0kN/m超	
床天井解体	有	無	有	無	有	無
2万円以下		押入れ		上下あき かさ上げ		
3万円以下						
4万円以下			構造用合板			無機面材
6万円以下			制震壁		筋かい	木質面材
6万円超			土壁パネル 仕口パネ		制震鋼板	

B:通風採光あり

壁強さ倍率	2.5～4.0kN/m		4.0～6.0kN/m		6.0kN/m超	
床天井解体	有	無	有	無	有	無
2万円以下						
3万円以下						
4万円以下						
6万円以下					開口耐震枠	
6万円超				格子壁		外支柱

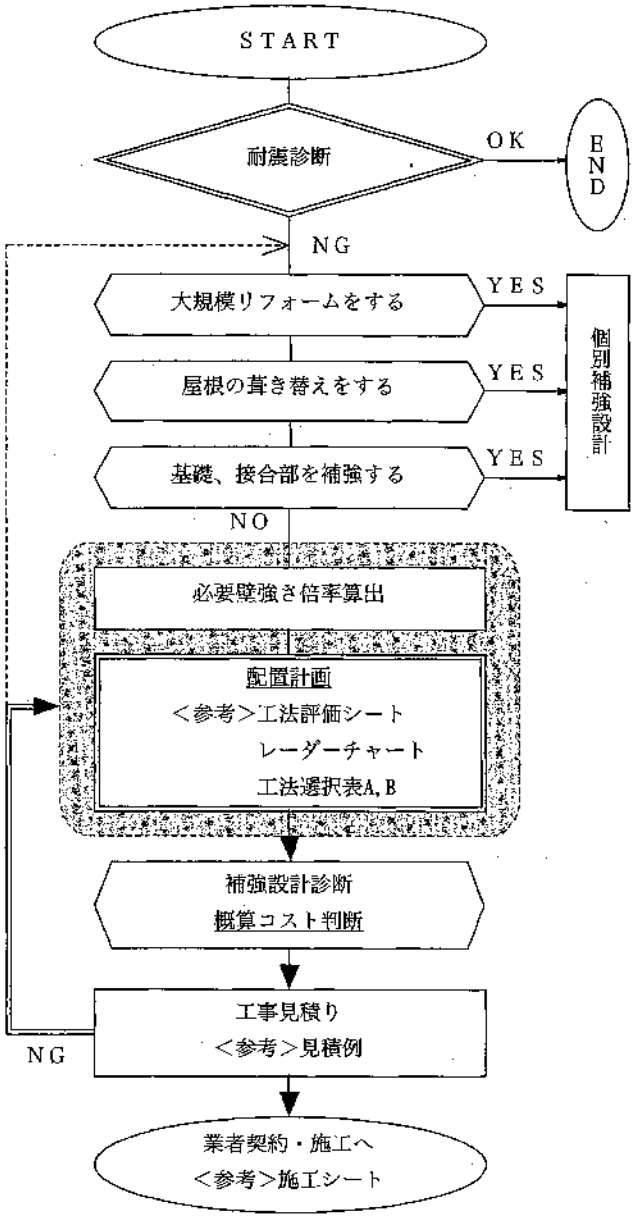


図7 低コスト耐震補強　設計フロー

NII-Electronic Library Service

6. まとめ

木造住宅の耐震改修の普及に繋がる耐震補強工法選択手法確立のため、対象とする耐震補強工法をニーズの高い壁系の低コスト耐震補強に絞込み、客観的な尺度を用いてその構造性能評価とコスト評価を行ない、各工法の評価シートを作成した。また、施工性、仕上性及び居住性の相対的評価も加えてレーダーチャート、耐震補強工法選択表を作成し、これを用いた低コスト耐震補強設計フローを提案した。

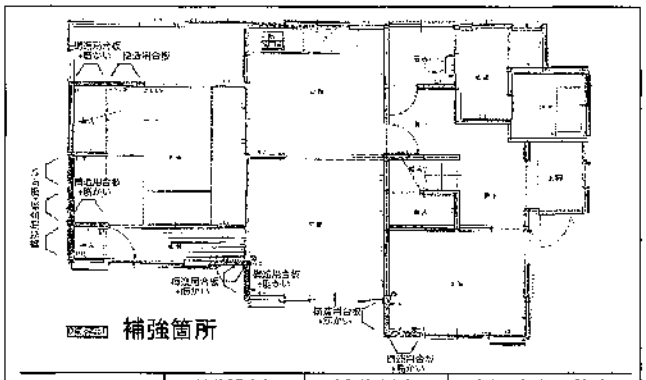
設計例に見られるように、客観的、相対的に評価された耐震補強工法とコストが結びつくことで、瞬時に希望する補強設計での概算コストが提示できるため、意思決定が容易となり、耐震改修の促進につながるものと期待する。

謝辞

本研究は、愛知建築地震災害軽減システム研究協議会（会長：椙山女学園大学，小野徹郎教授）の活動の一環として実施した。貴重なご意見を賜った関係各位に感謝申し上げる。

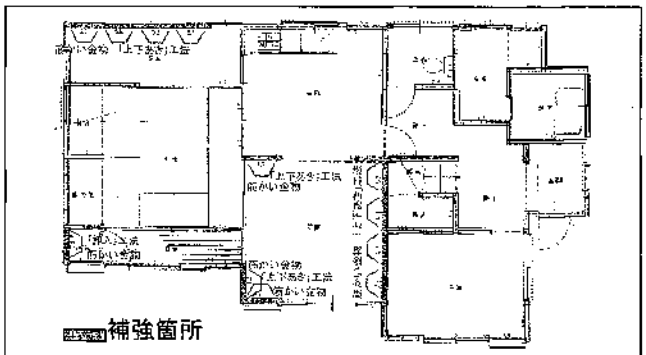
参考文献

1) 川端寛文、花井勉、井戸田秀樹、石井渉、河尻出：木造住宅耐震補強工法選択のための意思決定手法に関する研究　その1 提案手法の位置づけと耐震補強工法の評価方法，日本建築学会大会学術講演梗概集，2008投稿中
2) 花井勉、井戸田秀樹、川端寛文、石井渉、河尻出：木造住宅耐震補強工法選択のための意志決定手法に関する研究　その 2 意志決定手法の提案，日本建築学会大会学術講演梗概集，2008 投稿中
3) 日本建築防災協会：木造住宅の耐震診断と補強方法，2004
4) 城殿隼一郎、井戸田秀樹、山崎和浩：面材に開口部を有する木造耐力壁の耐震性能に関する実験的研究 その 1 実験概要と実験結果，日本建築学会東海支部研究報告集，第 46 号，pp209-212，2008 年 2 月
5) 山崎和浩、井戸田秀樹：面材に開口部を有する木造耐力壁の耐震性能に関する実験的研究 その 2 耐震性能評価，日本建築学会東海支部研究報告集，第 46 号，pp213-216，2008 年 2 月



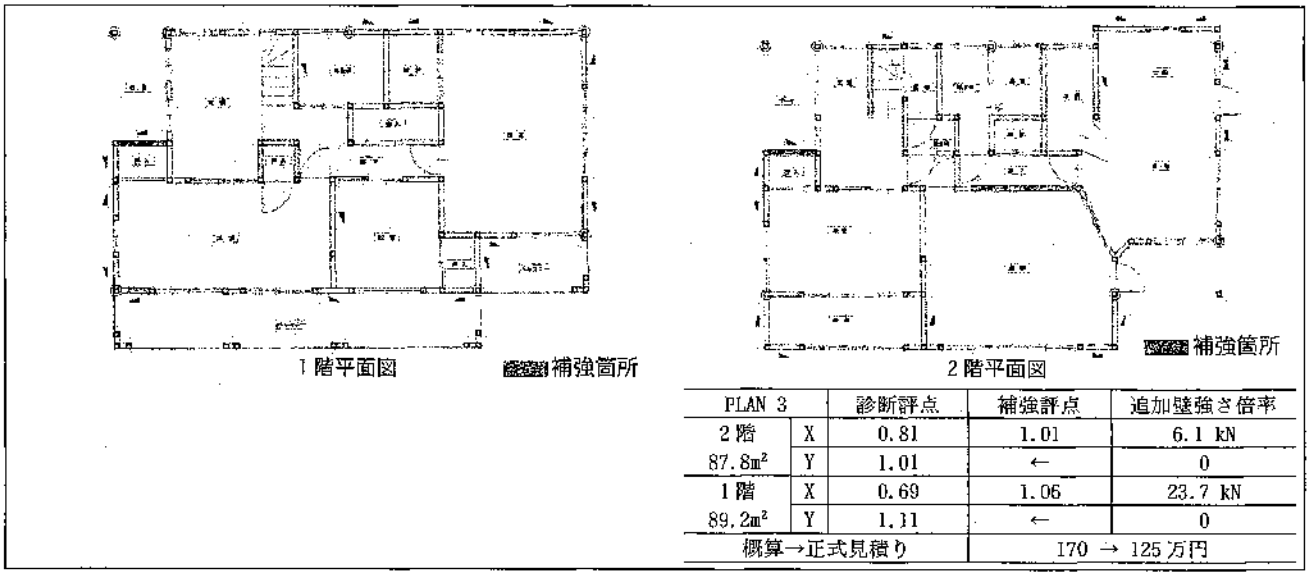
PLAN 1		診断評点	補強評点	追加壁強さ倍率
2 階	X	1.25	←	0
37.3m²	Y	1.42	←	0
1 階	X	0.80	1.01	15.2 kN
87.6m²	Y	0.60	1.03	20.4 kN
概算→正式見積り			139 → 86 万円	

図 8 設計例_PLAN1



PLAN 2		診断評点	補強評点	追加壁強さ倍率
2 階	X	1.25	←	0
37.3m²	Y	1.42	←	0
1 階	X	0.80	1.02	15.9 kN
87.6m²	Y	0.60	1.02	20.0 kN
概算→正式見積り			51 → 60 万円	

図 9 設計例_PLAN2



PLAN 3		診断評点	補強評点	追加壁強さ倍率
2 階	X	0.81	1.01	6.1 kN
87.8m²	Y	1.01	←	0
1 階	X	0.69	1.06	23.7 kN
89.2m²	Y	1.11	←	0
概算→正式見積り			170 → 125 万円	

図 10 設計例_PLAN3

NII-Electronic Library Service

評価シート

耐震	部位	壁	分類	通風・採光型	評価推薦日	平成20年8月26日	評価番号	W-012

評価技術名称	連絡先 ○○○	http://www. ○○○
「格子壁」	〒○○○	
	電話 ○○○	Fax ○○○

概要

技術概要

FRP(ガラス繊維強化プラスチック)面格子材による木造住宅用耐力壁。採光や通風が可能な耐力壁で、光を取り込みながら壁量を確保できる。施工はサイド金物を使用して、柱に直接固定。柱抜け防止金物も付属。
既存木造住宅の既存の床・天井を壊さずに補強できる。

技術の特徴

- 耐震性を確保しながら採光、通風が可能。
- インテリア性が高く、居住性を改善できる。
- 面材のFRP(繊維強化プラスチック)を3分割にし、施工時の搬入、取扱が簡易。
- 火気使用室には原則使用禁止。

コスト

サンプル構面	110,568
モデルプラン	調査中

公的機関による技術評価・性能証明

機関名	財団法人 日本建築防災協会
評価番号	住宅等防災技術評価 DPA-住技-14
評価取得日	2007年5月14日

実験実施機関

自社実験

その他

長野県既存建築物耐震化評価

仕様

構法	木造在来軸組工法
規模	3階建て以下、延べ面積500㎡以下
基礎、地盤	特になし
適用部位	内部壁
その他	梁とFRPとの隙間は200mm以下、土台とFRPとの隙間は150mm以下であることが必要

要 成部 の仕様

面材:FRP

耐震補強性能

壁強さ倍率(柱間距離900mm～1005mm)

施工仕様	壁の上下に開口を有するFRP。柱へサイド金物をコーチスクリューにて留め付ける。	
壁強さ倍率(kN/m)	柱105角	6.6
	柱90角～柱105角未満	6.3

法

①柱接合部による低減
取付部位が健全であることが前提。
②劣化による低減
取付部位が健全であることが前提。

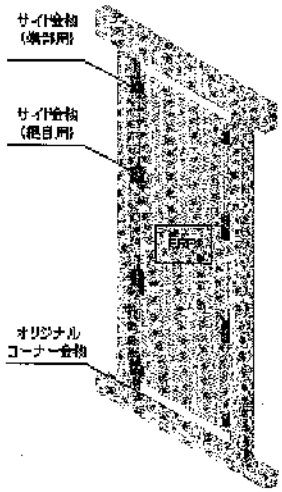
施工

○○○が開催する研修会。

その他

特になし

図



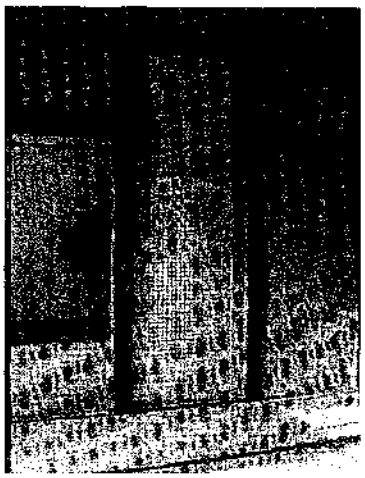


図5 評価シート例

[2008年6月20日原稿受理 2008年8月12日採用決定]

NII-Electronic Library Service

日本建築学会技術報告集　第17巻　第37号，879-884，2011年10月
AIJ J. Technol. Des. Vol. 17, No.37, 879-884, Oct., 2011

壁面に部分的な開口部を有する木造面材耐力壁の耐震性能

SEISMIC PERFORMANCE OF WOODEN SHEAR WALLS WITH PANEL OPENING

井戸田秀樹 ——＊1　山崎和浩 ——＊2
花井　勉 ——＊3　川端寛文 ——＊4
石井　渉 ——＊5　山田耕司 ——＊6

Hideki IDOTA ——＊1　Kazuhiro YAMAZAKI ——＊2
Tsutomu HANAI ——＊3　Hirofumi KAWABATA ——＊4
Wataru ISHII ——＊5　Koji YAMADA ——＊6

キーワード：
在来軸組工法，面材耐力壁，耐震改修，面材開口，低コスト

Keywords:
Conventional post and beam wooden house, Shear panel, Seismic reinforcement, Panel opening, Low-cost

In order to achieve the reasonable and economic aseismic reinforcement for old wooden houses, it is very important to clarify the seismic performance of the quake-resistant shear walls with opening in structural plywood. The purpose of this paper is to evaluate strength and stiffness of the wooden shear walls with panel opening. Twenty three types of test specimens with various shapes of opening on the structural plywood are employed as a load-bearing tests under cyclic loads. Based on the experimental results, the paper proposes the useful evaluation sheets for an economical aseismic reinforcement.

1．はじめに

在来軸組工法で一般的に用いられる面材耐力壁は，構造用合板が柱，梁，土台などの軸材に釘で隙間なく接合されていることを前提としてその性能が定められている．したがって，壁面に部分的な開口部を有する壁は原則として耐力壁とみなすことができない．しかし，耐震改修の現場では換気扇やエアコンのダクトなど，ある程度の開口を持つ壁を補強対象にせざるを得ない場合や，コスト低減のために施工手間を省き，天井や床の解体をせず，構造用合板を部分的に施工する場合も多い．そのため，より合理的な耐震改修工事の実現には，これらの工法を積極的に使用できる情報を提供していくことが重要である．

本報告は，面材が不完全な形で施工される木造面材耐力壁の性能評価実験を行い，より合理的かつ経済的な耐震改修工事の促進に貢献できる技術情報の提供を行うことが目的である．

2．実験概要

2.1　面材が不完全に施工される事例

実験計画の立案にあたっては，現実に耐震改修現場で問題となっている事例を適切に反映させることが重要である．そこで，建築士あるいは設計士を対象としたヒアリング調査を行い，耐震改修工事の現場で面材が不完全な形で施工される場合として，下記のような事例の存在を確認した．

a）合理的かつ経済的な補強のため，天井や床を撤去せずに室内側から壁面を補強することにより面材が梁および土台と接合されておらず，壁面の上下に開口を有するもの．

b）設備配管，換気扇等の壁面貫通により面材に開口部を有するもの．

c）柱端部の接合金物の存在，あるいは補強対象壁面に直交するはりや土台の存在により，隅角部に面材の欠損を有するもの．

d）壁内の設備配管等の存在により，補強のための面材を胴縁などで軸材から浮かせて設置するため，面材が柱，はり，土台に直接接合されていないもの．

e）補強壁面が入隅部分の両側に存在するため大壁タイプの面材補強が困難なもの．

f）補強対象となる壁面内に上壁が存在し，面材の開口部分周辺に裏桟が取り付けられないもの．

2.2　試験体概要

前節のような事例の存在を考慮し，本報告では表1および図1，図2に示すような試験体を用意した．

Mタイプ試験体：面材の上下が梁および土台に達しておらず，事例a）あるいはc）に対応する試験体である．面材の上下に存在する開口部の大きさをパラメータとし，M-1～M-8の8タイプを計画した．一般的な床位置と天井高さを考慮すると，床と天井を撤去せずに施工した場合の事例がM-1試験体に対応している．また，M-4試験体は，押入の内部から補強をする場合を想定したものであり，中段と天袋棚位置に開口を存在させた．なお，面材と土台あるいは梁の間の応力伝達を目的とし，土台や梁に数本の軸材を釘打ちしてかさ上げし，面材と梁や土台との応力伝達を可能にした施工も比較的多く実施されている．M-6試験体はこのような場合に対応した試験体である．M-7試験体は事例d）に対応した試験体である．また事例f）の

本稿の一部は参考文献[1-3]にて発表している。

＊1　名古屋工業大学大学院社会工学専攻　教授・工博
（〒466-8555　名古屋市昭和区御器所町）
＊2　名古屋工業大学大学院社会工学専攻　博士前期課程
＊3　㈱えびす建築研究所　代表取締役・工博
＊4　名古屋大学災害対策室　スーパーバイザー・博士（工学）
＊5　日本システム設計
＊6　豊田工業高等専門学校　准教授・博士（工学）

＊1　Prof., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.
＊2　Graduate Student, Nagoya Institute of Technology
＊3　President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.
＊4　Supervisor, Disaster Management Office, Nagoya Univ., Dr. Eng.
＊5　Nihon System Sekkei
＊6　Assoc. Prof., Toyota National College of Technology, Dr. Eng.

表１　試験体一覧

試験体	試験体仕様	構造用合板補強仕様		土壁	面材面積比 α	備考		試験体数
		厚(mm)	釘ピッチ(mm)					
B	基本タイプ	9	150	×	1.00			3
M-1	面材内はり及び土台に取り付かないタイプ	9	150	×	0.81	天井、床を撤去せずに施工		3
M-1a		12	100	×	0.81	天井、床を撤去せずに施工(裏桟なし)		1
M-2		9	150	×	0.67	面材１枚で施工		1
M-3		9	150	×	0.37	同上		1
M-4		9	150	×	0.66	挿入の内壁面に施工		3
M-4a		12	100	×	0.66	挿入の内壁面に施工(裏桟なし)		1
M-5		9	150	×	0.67	面材１枚を土台だけに連結		1
M-6		9	150	×	0.81	土台と梁を面材までかさ上げ かさ上げ材：45×90mm，N90釘		3
M-7		9	150	×	1.00	駆体＋面材 間隔：半貫空150mm		1
M-8a		12	100	×	0.67	面材１枚(裏桟なし)		1
R-1	面材に四角の穴があるタイプ	9	150	×	0.93	柱梁高角部に矩形孔		1
R-2		9	150	×	0.84	換気扇仕様		3
R-2a		12	100	×	0.84	換気扇仕様(裏桟なし)		1
R-3		9	150	×	0.84	柱との接合部分に矩形孔		1
R-4		9	150	×	0.90	軸材から離れた位置に矩形孔		1
R-4a		9	150	×	0.90	軸材から離れた位置に矩形孔(裏桟なし)		1
R-5		9	150	×	0.80	軸材に接した位置に矩形孔		1
R-5a		9	150	×	0.80	軸材に接した位置に矩形孔(裏桟なし)		1
R-6		9	150	×	0.80	軸材から離れた位置に雑壁の矩形孔		1
R-6a		9	150	×	0.80	軸材から離れた位置に雑壁の矩形孔(裏桟なし)		1
C-1	面材に円形の穴があるタイプ	9	150	×	1.00	設備配管用の孔(孔周りの裏桟なし)		3
C-2		9	150	×	0.95	柱材に接する位置に円形孔		1
C-3		9	150	×	0.89	面材中央に円形孔		1
C-4		9	150	×	0.89	面材角部に円形孔		1
S-1	真壁仕様	12	100	○	0.82	天井、床を撤去せずに施工	アルミアングル 50mm×50mm，t=1.5mm 土壁厚70mm， 軸材+貫15mm×100mm	1
S-2		12	100	○	0.83	長押下に構造用合板１枚を施工		1
S-3		12	100	○	0.51	長押の内壁面に施工（天袋あり）		1
S-4		12	100	○	0.71	長押の内壁面に施工（天袋なし）		1

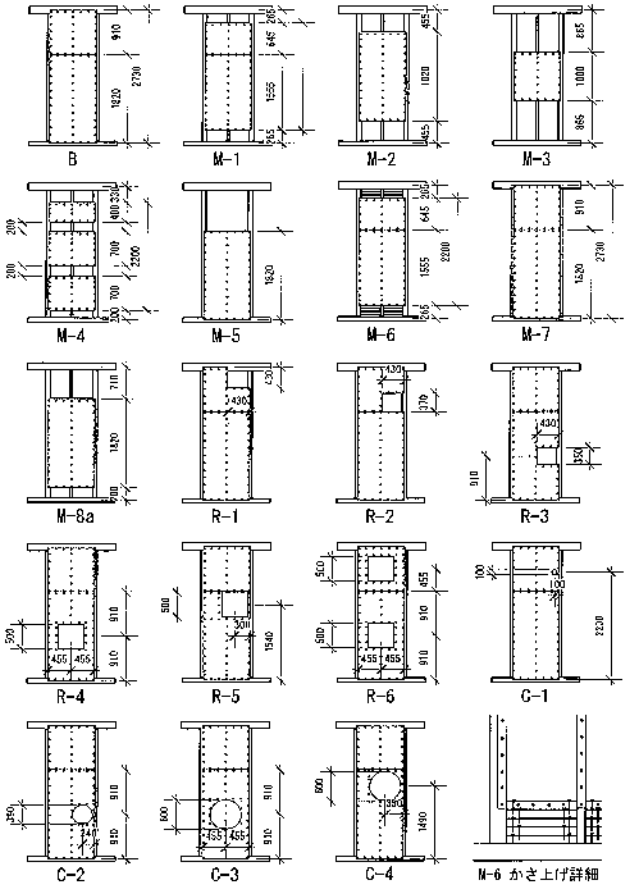


図１　試験体概要

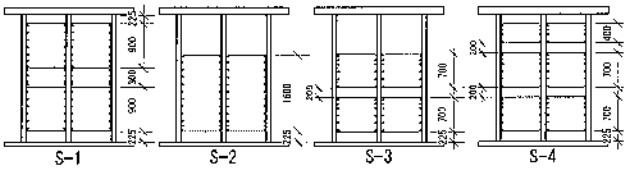


図２　土壁試験体概要

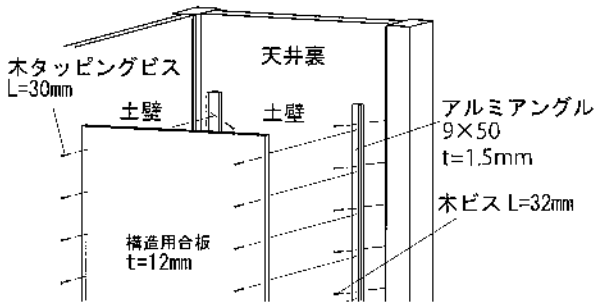


図３　アルミアングル納まり

ように裏桟を施工できない場合の試験体も用意した．これらの試験体は末尾にａをつけて表示した．

Ｒタイプ試験体：面材に矩形の開口部を有する試験体である．矩形の開口部を正方形に固定し，その大きさと位置をパラメータとした．事例 b)のような換気扇を対象とした試験体は R-2 試験体である．R-2 試験体の開口径は 370mm 角であるため，開口の大きさは一回り大きい 500mm 角を限度とした．ところで，面材を切り欠いて開口を設けた場合，開口部の形状に合わせて面材の裏側から桟を施工する場合が多い．この桟は面材と軸材両方に釘打ちされているため，軸材と面材間の応力伝達能力を有する．そこで，この裏桟の存在の影響を観察するため，開口部周りに裏桟のない試験体も用意した．これらの試験体はＭタイプ試験体と同様に末尾にａをつけて表示した．

Ｃタイプ試験体：面材に円形の開口部を有する試験体であり，Ｒタイプ試験体の開口部形状を円形にしたものである．開口部の大きさと位置に応じて４タイプの試験体を計画した．なお，C-1 試験体はエアコンダクト貫通を想定したものである．

Ｓタイプ試験体：事例 e), f) を想定して，土壁を施工したまま面材補強を施した試験体[3]であり，柱間に構造用合板を落とし込んで真壁仕様のまま合板補強を可能にした試験体を用意した．図３のように土壁表面と柱面とのちり部分にアルミアングルをビス止めし，面材を固定することで，面材と柱軸材との応力伝達を可能にしている．アルミアングルは 9mm × 50mm，t=1.5mm のものを木ビス L=32mm で柱に斜め打ちし，そこに木タッピングビス L=30mm で合板を留めた．なお，アルミアングルの材質は A6063 系の形材（JIS H4100）であり，一般的なホームセンター等に流通しているアルミ形材の材質はほぼこの規格である．

Ｂタイプ試験体：面材に開口を有さない一般的な面材補強仕様の試験体である．

いずれの試験体も軸材の樹種は土台がヒノキ，柱と梁はスギである．試験体の壁長さはＭ，Ｒ，Ｃ，Ｂタイプ試験体は 910mm，Ｓタイプ試験体は 1,820mm，断面は土台，および柱が 105mm×105mm，梁が 105mm × 210mm である．補強用の面材には，厚さ 9mm の構造用合板を

使用し，釘はN50釘を150mmピッチで軸材および裏桟に手打ちで打ち込んだ．なお，事例f）を想定した裏桟のないMタイプ試験体およびR-2a試験体では，構造用合板は厚さ12mm，面材釘ピッチを100mmとした．

2.3　実験方法

載荷には，図4に示すような装置を用いた．土台をアンカーボルトで鋼製の土台に固定し，梁端部をオイルジャッキで水平に載荷した．試験体の境界条件はホールダウン金物を用いた柱脚固定式である．載荷プログラムは同一変位繰返し数3回の漸増繰返し載荷[4]とした．なお，Sタイプ試験体については，土壁だけの試験体にあらかじめ1/10radまでの漸増繰り返し載荷を経験させ，損傷した土壁に合板補強を施した上での載荷を行った．構造用合板設置前の土壁の剥落はほとんど見られないが，土壁の載荷履歴は進行スリップ型であり，補強後の性能に与える土壁の影響はほとんど無視できるものと考えられる．

3．実験結果

3.1　全体概要

実験結果を図5～図7，および表2に示す．以下，各タイプごとに考察する．なお，表2中の壁強さ倍率は文献[4]に従い，終局加力を行った側（今回の場合は正載荷側）の荷重変形曲線の包絡線より求めた．全体的に正載荷側の方がわずかに高めの耐力となるが，すべての試験体において，負載荷側とに大きな差は見られなかった．

Mタイプ試験体：図5にMタイプ試験体の荷重変形関係を示す．Mタイプ試験体ではBタイプ試験体の面材面積に対する試験体の面材面積（以下，面材面積比）αの低下に伴って剛性，耐力ともに低下し，M-3試験体では最大耐力がM-1試験体の半分程度まで低下した．裏桟のない影響は顕著で，裏桟ありに比べ壁強さ倍率は0.55～0.88倍であった．破壊性状はいずれの試験体も面材釘の抜けあるいは頭抜けであった．繰返し載荷による釘の破断はほとんど観察されなかった．また，同様に面材の面外座屈も観察されなかった．

M-6試験体は，かさ上げ材によって梁および土台から面材への応力伝達が十分になされており，Bタイプ試験体とほぼ同じ壁強さ倍率が確認できた．

Rタイプ試験体：図6にRタイプ試験体の荷重変形関係を示す．Mタイプ試験体が面材面積比αの低下に伴い耐力が低下したのに対し，Rタイプ試験体では面材面積比αによる耐力低下はほとんど観察されなかった．Rタイプ試験体においても裏桟がないことによる性能低下が見られたが，Mタイプ試験体に比べると低下の割合は小さい．壁強さ倍率は0.77～0.99倍であった．破壊性状はMタイプ試験体と同様に面材釘の抜け，あるいは頭抜けであった．一部の試験体では面材の隅角部の割れが観測された．また，裏桟を設けた試験体では面材の面外座屈は観測されなかったが，裏桟を設けなかった試験体では，最大耐力を迎える前に開口部周辺での面材の面外座屈が観測された．

Cタイプ試験体：いずれの試験体もBタイプ試験体との差は認められず，開口による性能の低下は観測されなかった．

Sタイプ試験体：図7にSタイプ試験体の荷重変形関係を示す．Sタイプ試験体では面材自体が柱材を拘束する効果も加わり，比較的

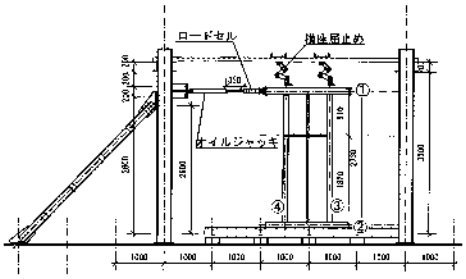


図4　実験装置図

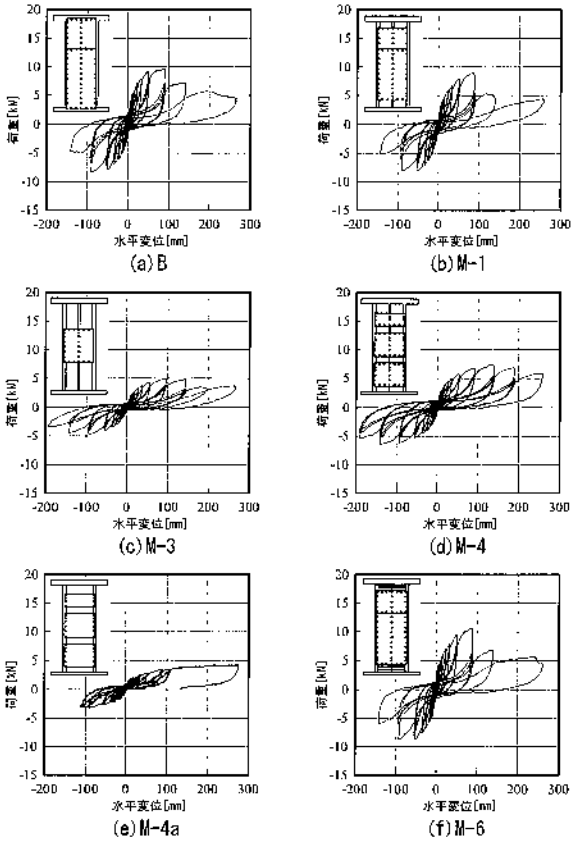


図5　荷重変形関係（Mタイプ）

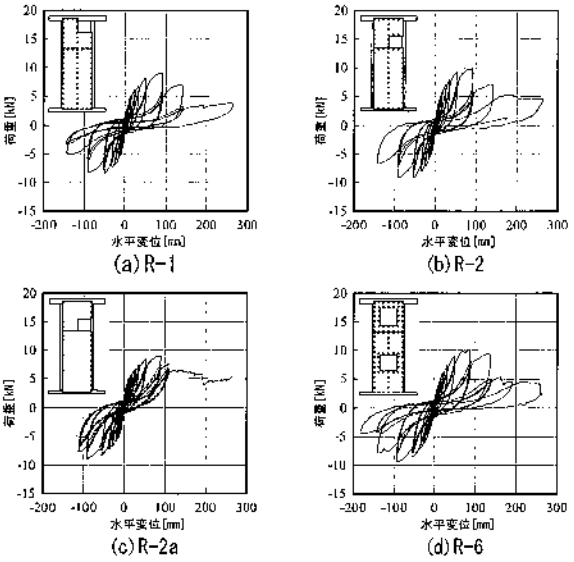


図6　荷重変形関係（Rタイプ）

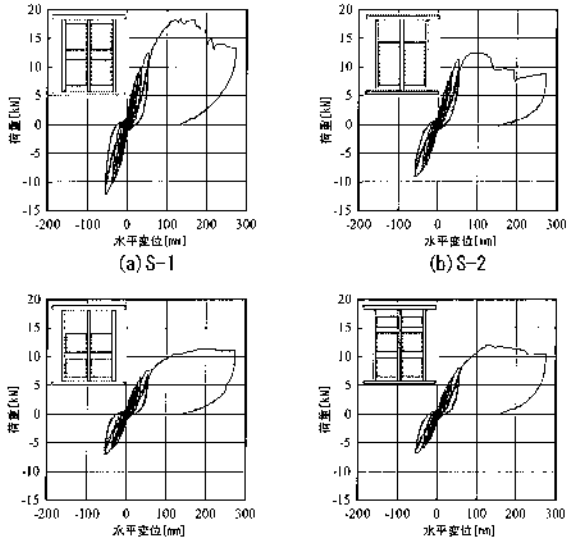


図７　荷重変形関係（Ｓタイプ）

高い剛性と耐力が得られた．破壊性状は，せん断変形に伴って合板が面外座屈し，アルミアングルを柱材に留めつけているビスが抜けて耐力低下に至った．破壊した土壁補強面材の性能を低下させるような現象は観測されなかった．

４．壁強さ倍率および剛性の評価

前章で示した実験結果に基づき，本章では面材に部分的な開口を有する耐力壁の壁強さ倍率と剛性を評価する．

Ｍタイプ試験体：図８はＭタイプ試験体について，表２で示した壁強さ倍率と面材面積比αとの関係を示したものである．図中黒塗りのプロットは開口部周辺に裏桟を施工した試験体，白抜きのプロットは裏桟のない試験体である．面材面積比αが0.8を下回るあたりから壁強さ倍率も低下しており，裏桟のない試験体の低下率はより大きいことがわかる．これらの結果を踏まえ，次式を提案する．なお，壁強さ倍率は下限値を，剛性は平均的な値を与える．

裏桟あり

$$\text{壁強さ倍率}=\begin{cases}4.16 & (0.8\leqq\alpha<1.0)\\ 5.2\,\alpha & (0.3\leqq\alpha<0.8)\end{cases}\quad\cdots(1)$$

$$\text{剛性}=\begin{cases}800 & (0.8\leqq\alpha<1.0)\\ 800\,\alpha+160 & (0.3\leqq\alpha<0.8)\end{cases}\quad\cdots(2)$$

裏桟なし

$$\text{壁強さ倍率}=\begin{cases}2.5 & (0.8\leqq\alpha<1.0)\\ 5.2\,\alpha-1.56 & (0.3\leqq\alpha<0.8)\end{cases}\quad\cdots(3)$$

$$\text{剛性}=\begin{cases}500 & (0.8\leqq\alpha<1.0)\\ 1000\,\alpha-300 & (0.3\leqq\alpha<0.8)\end{cases}\quad\cdots(4)$$

(1)～(4)の各式と実験結果との対応は図８に示すとおりである．

Ｒタイプ試験体：図９はＲタイプ試験体の壁強さ倍率と剛性を面材面積比αの関係で示したものである．Ｍタイプ試験体に見られた面材面積比αの減少に伴う壁強さ倍率と剛性の低下はほとんど見られないが，面材の開口部が面材の端部にあり，軸材と接合されていない部分が存在するR-1～R-3試験体ではやや壁強さ倍率が低下した．

表２　実験結果

試験体名	Py [kN]	Pu [kN]	Pmax [kN]	基準剛性 [kN/mm]	α	Ds	基本耐力 (kN)	壁強さ倍率 (kN/m)	r
B	5.02 (0.84)	8.36 (0.69)	9.47 (1.29)	1083 (298)	6.41 (1.31)	0.293 (0.035)	5.02 (0.84)	5.52 (0.93)	
M-1	4.80 (0.43)	8.13 (0.68)	9.27 (0.66)	880 (126)	4.83 (0.35)	0.336 (0.014)	4.80 (0.43)	5.28 (0.48)	
M-1a	4.23	6.30	7.25	528	5.24	0.325	4.23	4.65	0.88
M-2	3.75	6.30	7.25	756	5.00	0.333	3.75	4.12	
M-3	2.85	4.38	5.00	440	6.18	0.297	2.85	3.13	
M-4	3.73 (0.32)	6.46 (0.44)	7.25 (0.42)	542 (33)	5.65 (0.18)	0.312 (0.005)	3.73 (0.32)	4.10 (0.35)	
M-4a	2.05	3.37	4.03	291	5.24	0.325	2.05	2.25	0.55
M-5	4.20	6.79	7.84	541	4.39	0.359	4.20	4.62	
M-6	5.27 (0.48)	8.96 (0.08)	10.38 (0.50)	1138 (91)	6.67 (1.90)	0.288 (0.041)	5.27 (0.48)	5.79 (0.52)	
M-7	5.24	8.98	10.19	797	4.83	0.340	5.24	5.76	
M-8a	4.58	2.71	5.49	369	5.04	0.332	2.71	2.98	
R-1	4.43	7.75	9.01	1207	8.07	0.257	4.43	4.87	
R-2	5.00 (0.40)	8.38 (0.61)	9.57 (0.58)	1157 (172)	6.41 (1.13)	0.292 (0.028)	5.00 (0.40)	5.50 (0.44)	
R-2a	7.95	5.00	9.11	779	5.72	0.309	5.00	4.95	0.90
R-3	4.50	8.02	9.31	1248	6.86	0.280	4.50	4.95	
R-4	5.53	9.73	10.87	1013	5.90	0.304	5.53	6.08	
R-4a	5.24	8.62	10.19	923	4.50	0.354	5.24	5.76	0.95
R-5	5.13	8.46	9.40	917	6.00	0.302	5.13	5.64	
R-5a	5.65	8.65	10.28	1215	6.44	0.290	5.65	5.59	0.99
R-6	5.39	9.10	10.19	919	4.89	0.337	5.39	5.92	
R-6a	5.51	7.59	9.99	945	4.25	0.365	4.16	4.57	0.77
C-1	5.23 (0.13)	8.89 (0.12)	9.93 (0.21)	1461 (132)	6.73 (0.53)	0.284 (0.012)	5.23 (0.13)	5.74 (0.15)	
C-2	5.22	8.56	9.89	1117	5.06	0.331	5.22	5.74	
C-3	5.93	9.88	11.75	1166	5.05	0.331	5.93	6.52	
C-4	5.52	8.82	10.58	920	4.80	0.341	5.52	6.07	
S-1	9.35	15.90	18.51	467	4.21	0.367	8.66	4.76	
S-2	5.87	11.60	12.60	523	4.20	0.367	5.87	3.23	
S-3	6.19	9.20	11.30	276	3.64	0.399	4.61	2.53	
S-4	6.60	10.70	12.24	283	3.21	0.430	4.98	2.74	

・３体載荷した試験体については上段は３体の平均値，下段（ ）は標準偏差を表す．
・r：裏桟ありに対する裏桟なしの壁強さ倍率の比率

一方，剛性については裏桟を設けた試験体の剛性は開口部の位置に関わらず基本となるＢタイプ試験体よりもかなり高い値が観測された．これは，裏桟がある程度の応力伝達の役割を担っているためと考えられる．裏桟がない場合には壁強さ倍率と同様に剛性の低下が見られた．これらのことから，面材に矩形の開口部を有する耐力壁では，開口部が面材の端部に存在する場合と裏桟が設けられていない場合について壁強さ倍率と剛性の低下を考慮する必要がある．

Ｃタイプ試験体：Ｃタイプ試験体では裏桟の応力伝達能力が高く，面材面積比αの低下に伴う耐力の低下は観測されなかった．

Ｓタイプ試験体：図10はＳタイプ試験体の壁強さ倍率および剛性と面材面積比αとの関係を示したものである．Ｓタイプ試験体はいずれも裏桟が施工されていないため，Ｍタイプ試験体と同様，面材面積比αの減少に伴って壁強さ倍率と剛性の低下が観測された．実験値との対応から，Ｍタイプ試験体と同様に考え，次式のような評価式を提案する．

$$\text{壁強さ倍率}=\begin{cases}4.00 & (0.8<\alpha<1.0)\\ 20\,\alpha-12 & (0.6\leqq\alpha\leqq0.8)\end{cases}\quad\cdots(5)$$

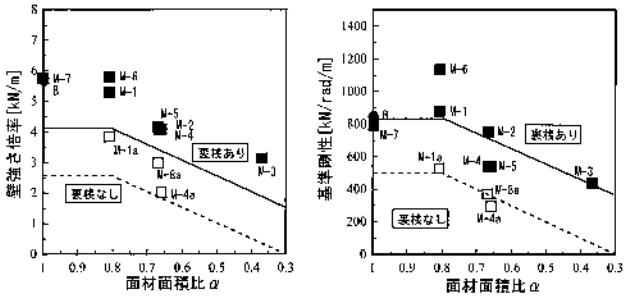
$$\text{剛性}=1000\,\alpha-300\quad(0.6\leqq\alpha<1.0)\quad\cdots(6)$$

図中の実線は上記(5)(6)式を表す．

５．実用化に向けた仕様の規定と評価シートの提案

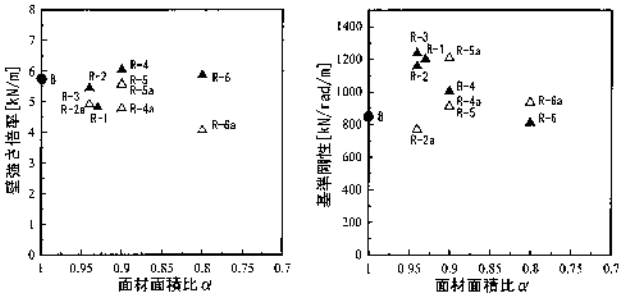
5.1 部分開口の取り扱いの基本方針

前章までの評価をもとに，実際の現場での耐震改修に必要な部分開口合板補強の技術仕様と評価シートを提案する．実際の耐震改修工事では実建物の状況に応じた自由度の高い対応が必要であり，そのためには前章で評価した実験結果の適応範囲をさまざまな仕様について明確にする必要がある．そこで，部分開口の取り扱いの基本方針として，図11に示すような運用方針を提案する．なお，ここで



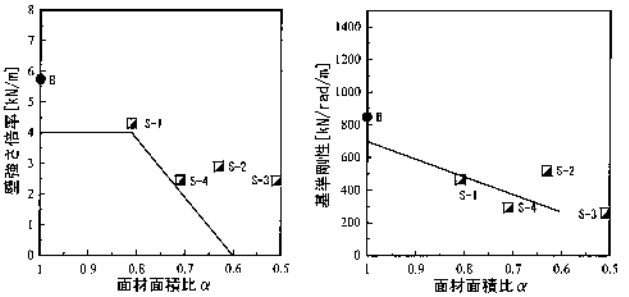
(a) 壁強さ倍率　(b) 剛性

図8　Mタイプ試験体の性能



(a) 壁強さ倍率　(b) 剛性

図9　Rタイプ試験体の性能



(a) 壁強さ倍率　(b) 剛性

図10　Sタイプ試験体の性能

区画とは柱、間柱，梁および裏桟に囲まれた範囲を指す．

1) 開口部の大きさの制限

実験結果から，図11(a)に示すように各区画内における直径100mm以下の単独の円形孔，あるいはそれに含まれる大きさの孔は開口と見なさないものとする．一方，長辺の長さが500mm以下の矩形孔に対しては，3章のRタイプ試験体の評価を適応するものとする．ただし，開口部が面材の縁端部にある場合には後述する4)の規定を適応する．

2) みなし開口

開口の四辺に裏桟が施工されていない場合には，その開口が存在する区画全体を開口とみなす．図11(b)の場合，面材に存在する2つの矩形孔はいずれも四辺に裏桟が施工されていないため，それぞれの孔が存在する区画全体が開口と見なされる．したがって，下側の矩形孔はみなし開口の長辺が500mmを超え，この壁は耐力壁とは評価されない．

3) 開口部が複数個ある場合

同じ区画内に開口が複数個存在する場合は，包絡形をみなし開口とする．図11(c)の場合は，それぞれの開口は100mmの円形孔だが同区画に2個存在するのでそれらを包絡した矩形がみなし開口となる．また，開口が間柱を切欠いている場合には，切欠かれた間柱は無視して区画を考えるものとする．なお，みなし開口部の長辺が500mmを超える場合には耐力壁とは評価されない．

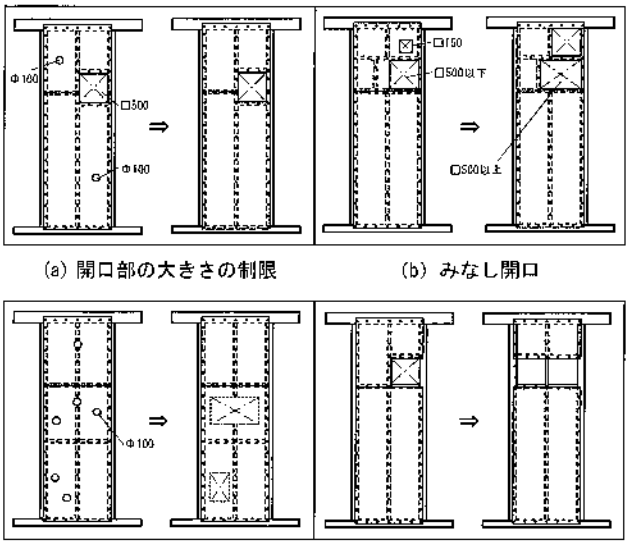
4) 切欠きがある場合

切欠きとは，部分開口が面材の縁端部にあり面材が接合されていない軸材部分が存在するような部分をいう．M-1～M-5試験体，およびR-1～R-3試験体がそれに該当する．これらの試験体では，いずれも壁強さ倍率，剛性ともに開口による低下が観測されている．そこで，図11(d)に示すように，面材の開口部が切欠きである場合は，開口部両側の面材は存在しないものと仮定してMタイプ試験体で提案した評価式(1)～(4)式を適用するものとする．

5.2 耐震補強工法の評価シートの提案

4章で示した評価と前節の基本方針に従い，一般的な耐震補強工事で用いられるであろういくつかの仕様について，図12に示すような評価シートを提案する．運用のし易さを考慮し，それぞれの壁強さ倍率は基準となる構造用合板を用いた耐力壁の値5.20kN/m³に低減係数γを乗ずる形で表現した．低減係数γは基本的には5.20kN/mと(1)，(3)，(5)式との比率に基づき与えるが，実験データの試験体数とばらつきを考慮し，一部の仕様では(1)，(3)，(5)式よりも小さめの値になるよう設定した．また，剛性は実験平均値と概ね対応する値を記載した．

1) 上下あきタイプ(図12(a)(b))：天井，床を解体することなく，仕上げ復旧の手間とコストを削減した補強方法である．面材面積比αを規定するため，天井部分と床下部分の開口高さの合計を370mm以下とした．間柱が存在し，裏桟を施工している場合は低減係数γ=0.8である．壁体内に土壁や設備配管が存在し，裏桟の施工ができない場合は低減係数γ=0.7とする．ただし，この場合は実験試験体の仕様と整合させるため，構造用合板は厚さ12mm以上，面材釘ピッチは100mm以下とする．



(a) 開口部の大きさの制限　(b) みなし開口

(c) 複数個の開口がある場合　(d) 切欠きがある場合

図11　開口部の考え方の基本方針

2) 押入れタイプ（図12(c)(d)）：押し入れ内部の壁面に対し，天井，床，枕棚，天袋を解体することなく補強が可能であり，仕上げの復旧もほとんど必要ないことから，きわめて合理的な補強方法である．上下あきタイプと同様，面材面積比を規定するため，4つの開口高さに対して図中に示すような規定を設けた．裏桟が施工される場合，低減係数γ=0.6であり，裏桟がない場合にはγ=0.35となる．裏桟のない場合の構造用合板の厚さと面材釘のピッチの規定は上下あきタイプと同様である．

3) かさ上げタイプ（図12(e)）：M-6試験体に対応するもので，天井と床の解体はしないが，土台と梁に同幅の角材を落とし込み，釘またはビスで固定してかさ上げしていき，床および天井から出た部分に面材を接続する方法である．柱に挟まれたかさ上げ材の拘束の効果が大きく，実験結果から低減なしで使うことができる．

4) 換気扇タイプ（図12(f)）：換気扇などによる開口部を想定した補強方法である．開口部の長辺が500mm以下で切欠きがなく，開口部周辺に裏桟が施工してあれば低減の必要はない．図に示す開口部は面材端部に存在するため切欠きとなっており，低減係数γ=0.7となる．

5) 真壁タイプ（図12(g)(h)）：入り隅の両壁面を耐震補強できる工法である．上下あき，押し入れの両タイプについて実験結果に基づき，それぞれ図のような低減係数を提示した．

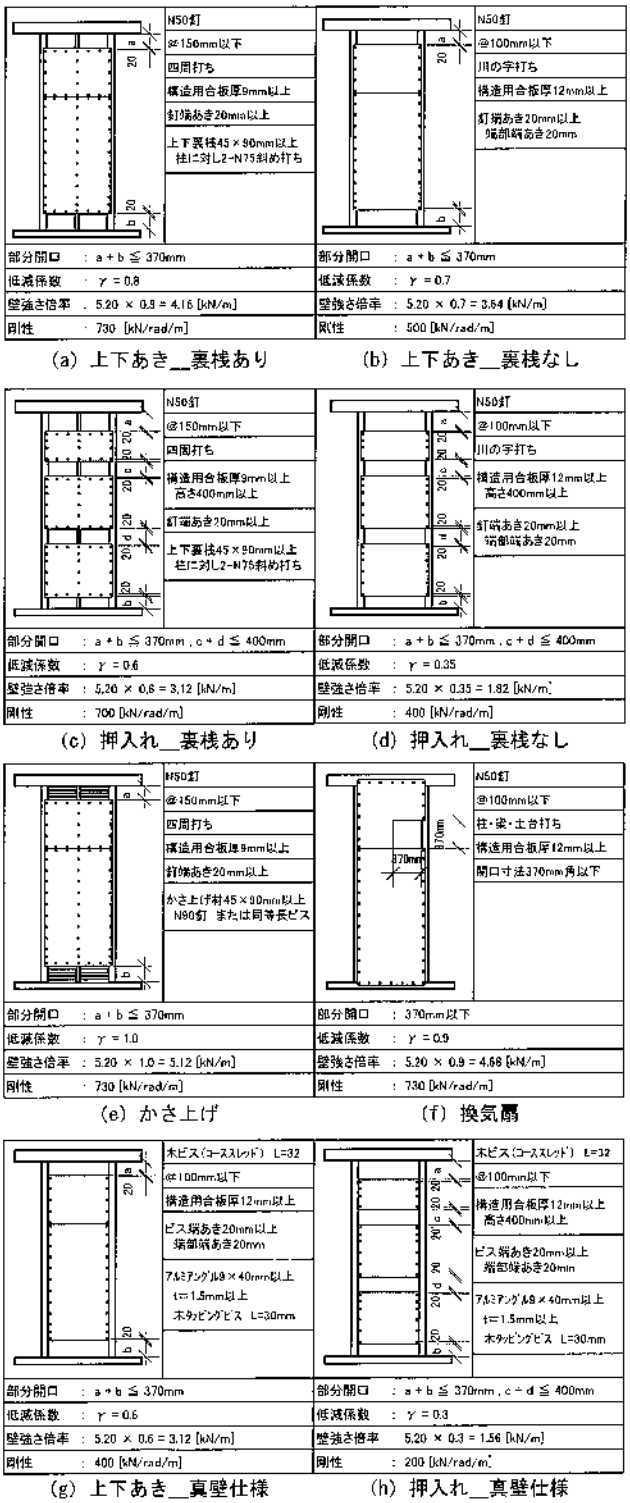


図12 部分開口面材耐力壁の評価シート

6．結論

面材に開口部を有する在来軸組工法耐力壁の性能評価実験を行い，耐震改修工法の提案をした。本研究で得られた結論は以下のとおりである．

1) いずれの試験体も破壊性状は面材釘（またはビス）の抜け，あるいは頭抜けである．釘の破断はほとんど見られなかった．また，一部の面材で，開口部隅角部での面材の割れが観測されたが，裏桟を施工した試験体では面材の破壊や面外座屈は観測されなかった．

2) 各タイプの試験体に対し，面材面積比や裏桟の有無に応じて壁強さ倍率，剛性を規定する考え方を示した．また，それぞれの適応範囲を明確にした．

3) 一般的に用いられると考えられるいくつかの基本的な仕様については低減係数γを定め，合理的な耐震補強工法の評価シートを提案した．

謝辞

本実験は、愛知建築地震災害軽減システム研究協議会の活動の一環として実施した。貴重なご意見を賜った関係者各位に感謝申し上げます。

参考文献

1) 城殿準一郎，井戸田秀樹，山崎和浩：面材に開口部を有する木造耐力壁の耐震性能に関する実験的研究　その1　実験概要および実験結果，日本建築学会東海支部研究報告集，第46号，2008.2，pp.209-212
2) 山崎和浩，井戸田秀樹，城殿準一郎：面材に開口部を有する木造耐力壁の耐震性能に関する実験的研究　その2　耐震性能評価，日本建築学会東海支部研究報告集，第46号，2008.2，pp.213-216
3) 荒木　智，井戸田秀樹，山田耕司：木造住宅の超簡易耐震補強方法の提案，日本建築学会東海支部研究報告集，第44号，pp.305-308，2006.2.
4) 在来軸組木造住宅の許容応力度設計法，日本住宅・木材技術センター，2001.
5) 木造住宅の耐震診断と補強方法・木造住宅の耐震精密診断と補強方法（改訂版），財団法人 日本建築防災協会，2004.

［2011年2月18日原稿受理　2011年5月10日採用決定］

Architectural Institute of Japan

日本建築学会東海支部研究報告書
第５１号　　２０１３年２月

部分的な開口部を有する土壁の耐震性能評価実験

Seismic Capacity Evaluation Tests of Mad walls with Openings

2. 構造 -7. 木質構造
土塗り壁　部分開口　繰返し載荷
壁倍率　耐震性能

準会員　○山田　真也 *　YAMADA Shinya
正会員　井戸田秀樹 **　IDOTA Hideki
同　山田　耕司 ***　YAMADA Koji

1．序

在来軸組工法で用いられる土壁の壁倍率は、開口部を有しないことを前提として性能が定められている。したがって、壁面に部分的な開口を有する土壁は原則として耐力壁とみなすことができない。しかし、耐震改修の現場では、コスト低減のために施工手間を省き、天井や床を解体せずに部分的に施工する場合や柱端部の接合金物の設置・施工のため隅角部に面材の欠損を有するものも多い。そのため、より合理的かつ経済的な耐震改修工事の実現のためには開口を持つ土壁の壁倍率評価が強く求められているが、これらに関する情報はほとんど得られていないのが現状である。

本研究は部分的な開口を有する土壁の性能評価実験を行い、合理的な耐震改修のための技術情報の提供を行うことを目的とする。

2．実験計画

2.1　試験体概要

本報告では、柱の寸法の違いにより３タイプ試験体を用意し、序で述べたような事例の存在を考慮して開口の仕様を４パターンに分類した。それぞれの試験体概要及び試験体名を表１に示す。

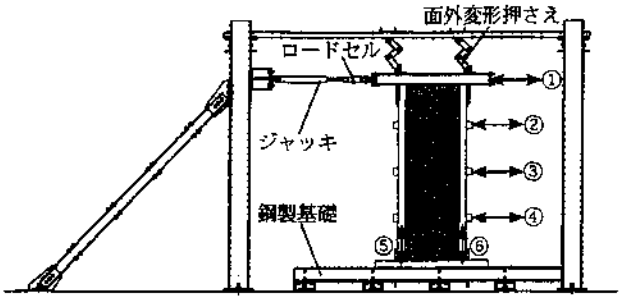


図１　実験装置

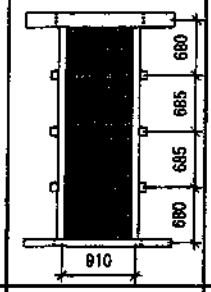
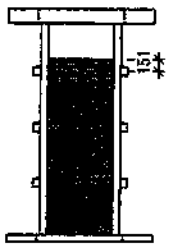
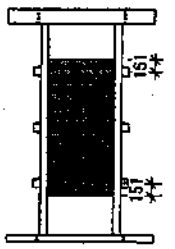
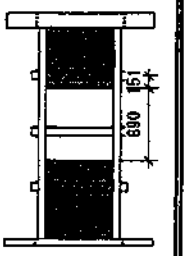
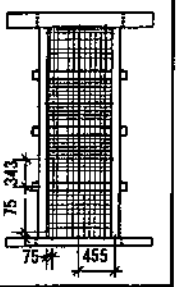
貫は 15mm×105mm を使用し、文献[1]に従い軸組を製作したのち、建設省告示第 1100 号（第 1543 号）に従い小舞・土壁を製作する。間渡し竹は小径 12mm の丸竹とし、小舞竹は幅 25mm の割竹として小舞を組んだ。ちり幅を 15mm に設定し、90 角、105 角、120 角でそれぞれ 60mm、75mm、90mm となるよう壁厚を設定した。

また、通し貫のラーメン効果を確認するため、塗土のない小舞だけの試験体 F-type も用意した。

2.2　実験方法

載荷には、図１に示すような装置を用いる。土台をアンカーボルトで鋼製の基礎に固定し、梁端部をオイル

表１　試験体概要および試験体名一覧

		B-type	T-type	TB-type	W-type	F-type
開口仕様						
開口率（設定値）α		0.00	0.16	0.35	0.35	
柱断面寸法（設定壁厚t）	90角（60mm）	B-90	T-90	TB-90	W-90	
	105角（75mm）	B-105	T-105			F-105
	120角（90mm）	B-120	T-120	TB-120	W-120	

*　名古屋工業大学工学部建築デザイン工学科・学部生
**　名古屋工業大学大学院　教授・工博
***　豊田工業高等専門学校　准教授・工博

*　Student. of Architecture, Nagoya Institute of Technology
**　Prof., Nagoya Institute of Technology, Dr.Eng.
***　Assoc.Prof.,Toyota National Collage of Technology,Dr.Eng.

NII-Electronic Library Service

ジャッキで水平に載荷する。試験体の境界条件はホールダウン金物を用いた柱脚固定式である。載荷プログラムは同一変位繰り返し数3回の繰返し漸増載荷とする。測定はロードセルによる荷重測定と図中①～⑥の位置で変位計による変形の測定を行う。

加力の繰返しは見掛けのせん断変形角が1/450,1/300,1/200,1/150,1/100,1/75,1/50radの正負変形時に3回ずつ行う。最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するか、試験体の変形角が1/15rad以上に達するまで加力する。

3、実験結果

図2に代表的な荷重変形関係として90角試験体における完全弾塑性モデルを測定結果とともに示す。なお、図2の（b）では1/15radにて面外変形押さえの状態が不安定であったため、1/15radまでの測定結果と想定される荷重低下から包絡線を描きモデルを作成した。また、図2の（d）に関しては最大耐力が得られなかったため1/15rad時の荷重を最大耐力としてモデルを作成した。（a）～（d）の完全弾塑性モデルを比較すると開口を多く有するものほど耐力が低くなっている。特に高さ方向中央に開口を有する(d)では剛性が著しく小さくなった。

4．耐力と壁倍率および剛性の評価

各試験体について実験結果から柱断面寸法及び壁土欠損面積と剛性、耐力及び壁倍率の関係について考察する。なお、壁倍率は文献[1]に従い求める。

表2に履歴曲線の包絡線から求めた完全弾塑性モデルの各パラメータ及び壁倍率を示す。図4，5，6，7では初期剛性K、降伏耐力P_y、終局耐力P_u、そして壁倍率βの各値について、それぞれ壁厚と壁土の開口率αで整理して示した。αは開口部のないB-type試験体に対する壁土欠損面積の割合で定義した。

4.1　剛性の評価

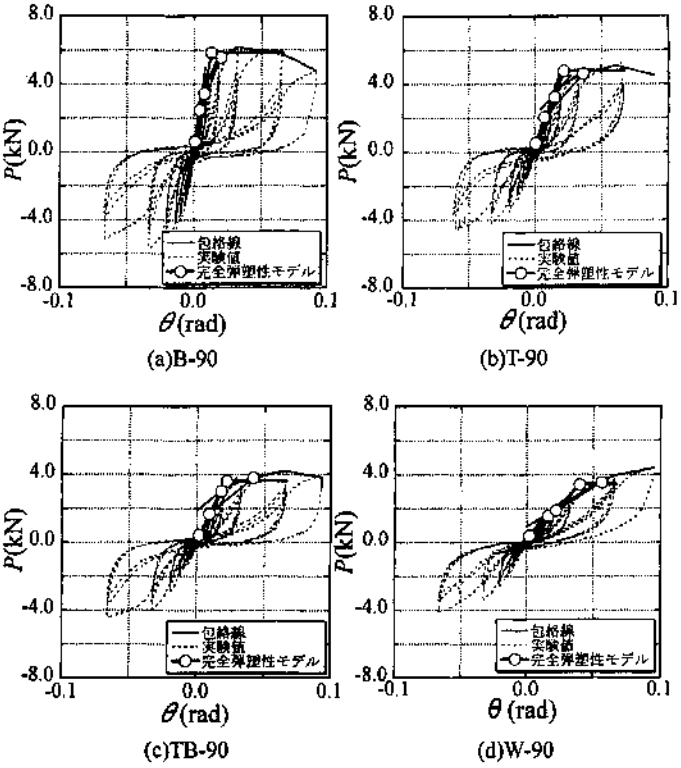


図2　履歴曲線と完全弾塑性モデル（90角）

図4は初期剛性Kと壁厚tおよび開口率αとの関係を示したものである。tが厚いほど剛性は高く、その変化の割合は開口を有する試験体で高くなったが顕著な差は現れなかった。また、αの増加によるKの低下は顕著であり、35%程度の開口の存在でKは1/3程度まで低下した。ただし、TB-typeに関してはその2倍程度高い値が得られた。

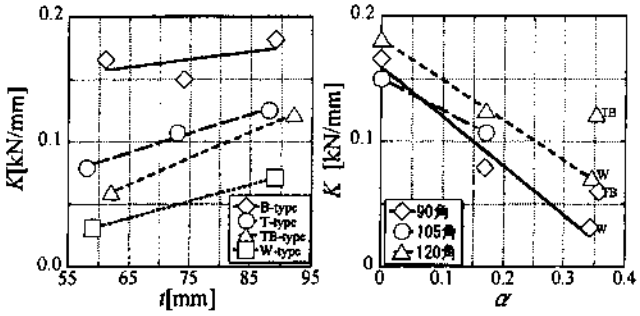
4.2　降伏耐力の評価

図5は降伏耐力P_yとtおよびαの関係を示したものである。tがP_yに与える影響はW-typeを除いて顕著な差は見られなかった。W-typeについてはW-90とW-120で2倍程度の差が観察された。また、柱寸法ごとのαの影響はあまり観察されず、35%程度の開口が存在して

表2　完全弾塑性モデルの各パラメータと壁倍率

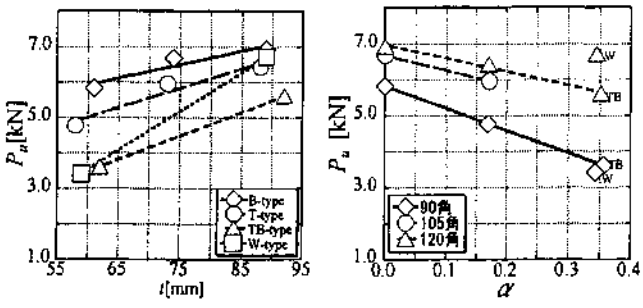
試験体名	K[kN/rad]	P_y[kN]	δ_y[rad]	P_u[kN]	δ_u[rad]	P_{max}[kN]	δ_u[rad]	μ	Ds	$2/3P_{max}$[kN]	$P_d(0.2*Ds)$[kN]	P_{120}[kN]	壁倍率β
B-90	453	3.44	0.008	5.83	0.013	6.17	0.067	5.19	3.06	4.11	3.57	3.96	1.93
T-90	200	3.63	0.018	4.75	0.024	5.88	0.067	2.79	2.14	3.92	2.03	2.42	1.14
TB-90	164	3.03	0.018	3.61	0.022	4.21	0.067	2.98	2.23	2.81	1.61	1.66	0.90
W-90	85.2	1.87	0.022	3.41	0.040	3.92	0.067	1.67	1.53	2.61	1.04	1.20	0.58
B-105	409	3.98	0.010	6.68	0.016	7.05	0.067	4.19	2.72	4.70	3.63	4.62	2.04
T-105	292	3.88	0.013	5.96	0.021	6.37	0.067	3.21	2.33	4.24	2.77	3.03	1.55
B-120	498	4.11	0.008	6.94	0.014	7.44	0.067	4.80	2.93	4.96	4.07	4.35	2.28
T-120	340	3.94	0.012	6.43	0.019	7.05	0.063	3.27	2.35	4.70	3.03	3.38	1.70
TB-120	333	3.77	0.011	5.61	0.017	6.17	0.056	3.34	2.38	4.70	2.67	3.30	1.50
W-120	194	4.18	0.022	6.71	0.035	7.44	0.067	1.92	1.68	4.96	2.26	2.06	1.16
F-105	84.9	1.02	0.012	2.06	0.024	2.55	0.067						

NII-Electronic Library Service



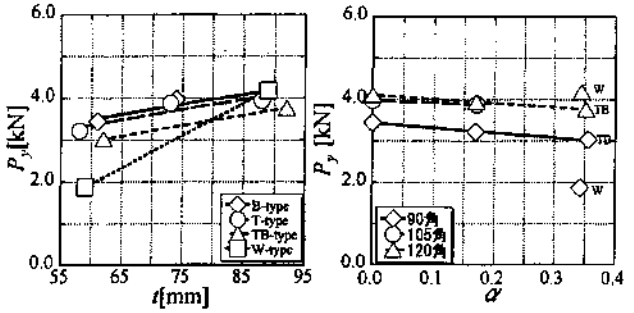
(a) t-K　　(b) α-K

図4　t および α と K との関係



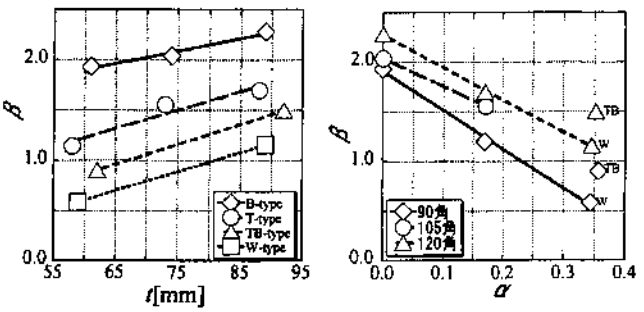
(a) t-P_u　　(b) α-P_u

図6　t および α と P_u との関係



(a) t-P_y　　(b) α-P_y

図5　t および α と P_y との関係



(a) t-β　　(b) α-β

図7　t および α と β との関係

も 1 割程度の低下であった。

4.3　終局耐力の評価

図 6 は終局耐力 P_u と t および α の関係を示したものである。P_u でも P_y と比較的似た特徴が観察された。ただし、開口率の増加に伴う低下傾向は P_y よりも大きく、90 角では 4 割程度、120 角で 2 割程度の低下が観察され柱寸法による差も観察された。

4.4　壁倍率の評価

図 7 は壁倍率 β と t および α の関係を示したものである。β は K と比較的似た関係性が観察された。t が厚いほど β も高くなり、どの開口仕様も同じような変化を示した。α に対しては W-type で 5 ～ 7 割程度の低下が観察されたが、TB-type ではその 1.5 倍近く高い値が得られた。

5．開口を有する土壁の簡易評価式の提案

前章の実験結果から簡便な壁倍率評価式を提案する。本提案では開口のない B-type 試験体を基準とし、部分的な開口の存在による壁倍率の低下割合を評価するものとした。まず、実験結果より T,TB,W-type の壁倍率と B-type の壁倍率との比率を図 8 に示す。いずれの柱太さでも α の大きいものほど低下の割合が大きいが、同じ柱径を比べても W-type の試験体の低下が顕著であった。このことから、α のみでなく開口部の位置と柱の太さも考慮した評価を行う。

a）開口部分による補正係数 γ

まず、柱 90 角の各試験体と F-type 試験体の最大荷重時における変位計①～④の値を図 9 に示す。各変位計は通し貫の端部および梁端部に取り付けられているため、グラフの傾きが各貫の間の層間変形角に対応する。全体の傾向として，最下層での変形角が小さい。また、F-type 試験体では 2 層と 3 層の変形角が大きく、最上層の変形がやや小さくなっている。これは、本実験で採用した試験体が HD 金物を用いた仕様であり、鋼製の基礎に緊結した柱脚にはある程度の回転剛性が生じているためと考えられる。また、TB-type と W-type を比較すると 2 層目の変形角に顕著な差があり、開口の位置も各層の変形に影響していると考えられる。

そこでこの影響を定量的に把握するため、図 10 に示すような柱頭と柱脚に弾性回転バネ（剛性 k_1, k_2）を有する弾性柱を考え、柱頭を水平方向に載荷したときの各層の変形角を図 11 に示す。F-type の実験結果と対応させた結果、$k_1 = 1.8\times10^4$, $k_2 = 4.2\times10^4$ [kNmm/rad] を得た。なお、柱の曲げ剛性は通し貫の曲げ戻し効果を考慮し曲げヤング係数を 1 割増して検討した。

このモデルで計算した柱の回転変形量と壁全体の平均回転量との差の平均回転量に対する割合 A_x を図 10 の右側に示す。A_x が大きい部分ほど他の部分に比べて相対

NII-Electronic Library Service

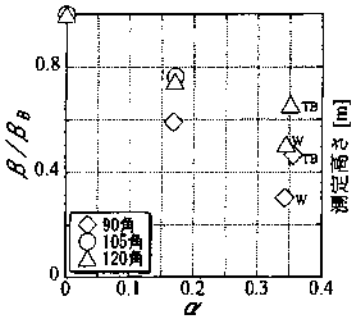


図 8　α - β/β_B

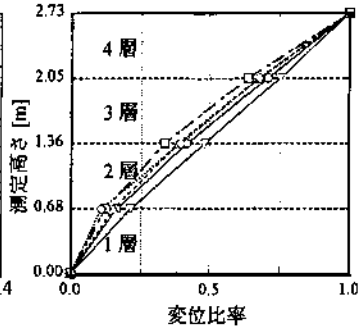


図 9　各貫位置の変位比率

的な層間変形角が大きな部分であり、その位置に土壁がある場合には壁全体の挙動に土壁がより効果的に働くと考え、土壁が存在する範囲の A_x に囲まれた面積を見かけ上の壁面積の補正係数 γ と定義して式 (1) で与える。このとき、A_x は高さ A_y の関数として式 (2) で与えられる。

$$\gamma = 1 + \int_{\text{上壁のある部分}} A_x dA_y \tag{1}$$

$$A_x = \begin{cases} A_y - 0.82 & (0 \leqq A_y \leqq 2.20) \\ -3.36A_y + 8.772 & (2.20 \leqq A_y \leqq 2.73) \end{cases} \tag{2}$$

TB-type、W-type 試験体について γ の決め方を示したものが図 12 である。

b) 柱寸法による補正係数 ν

土壁のない開口部分では柱の曲げ変形が増大する。そこで、柱の太さに応じて下記のような見かけ上の開口部面積の補正係数を設定した。

ν_{90}=1.1　　ν_{105}=1.0　　ν_{120}=0.8

以上の 2 つの補正係数を用い、面積のみで決まる α を下記で補正する。なお、α の適用範囲は 0.35 までとする。

$$\alpha' = \nu \cdot \gamma \cdot \alpha \tag{3}$$

この α' を用い、基準試験体 B-type からの壁倍率低下率を次式で表す。

$$\frac{\beta}{\beta_B} = -1.3\alpha' + 1.0 \tag{4}$$

図 13 は式 (4) で評価した壁強さ倍率の低下率を α' で整理して示したものである。柱太さ及び開口位置にかかわらず、いずれの試験体も十分な精度で評価できていると言える。

5. 結論

以上、開口部を有する土壁の性能について実験結果から考察し、その結果に基づいて壁倍率の開口率に関する簡易評価式を提案した。

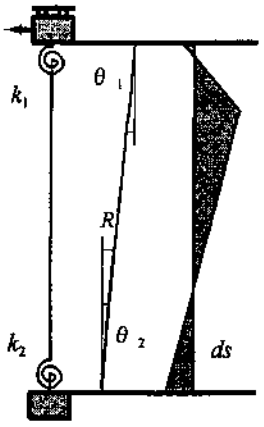


図 10　曲げ変形モデル

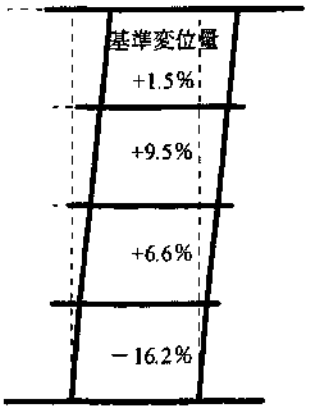


図 11　水平変形比率

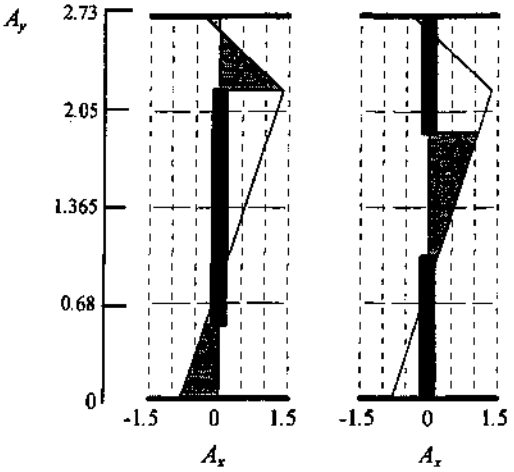


図 12　A（開口影響値）の取り方

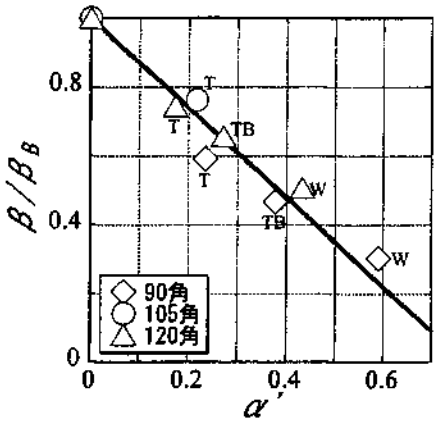


図 13　α'-β/β_B

【参考文献】

1) 在来軸組木造住宅の許容応力度設計法，日本住宅・木材技術センター，2001

2) 井戸田秀樹，山崎和浩，花井勉，川端寛文，石井渉，山田耕司：壁面に部分的な開口部を有する木造面材耐力壁の耐震性能，日本建築学会技術報告集，第 17 巻，第 37 号，2011.10

3) 原恭平，井戸田秀樹，荒木智：等変位繰返し載荷における土壁耐力壁の耐震性能評価，日本建築学会東海支部研究報告集，第 44 号，2006.24

NII-Electronic Library Service

日本建築学会東海支部研究報告書
第５２号　　２０１４年２月

間柱のない壁長一間の木造耐力壁性能評価実験

Seismic Performance of 1820mm Shear Wall Without Stud Column

2. 構造 -7. 木質構造　　準会員　○山田 拓実 *　Yamada Takumi
在来軸組工法　一間　耐力壁　　正会員　佐藤 篤司 **　Sato Atsushi
壁倍率　釘ピッチ　　正会員　井戸田 秀樹 ***　Idota Hideki

1．はじめに

これまで、在来軸組工法における面材耐力壁の耐震性能評価は壁長が半間（910mm）のものであった。[1] しかし、実際の家屋を見てみると、軸組長さが間柱のない 1820mm というものが多く見られる。耐震改修には施工性を考慮し、天井や床を解体せず部分的に施工する工法もある。しかし、耐震改修は半間の軸組長さを基本としており、一間を対象とした合板横張りの改修方法は認められていない。そのため、軸組長さが一間の耐震改修法が現場から求められており、壁倍率の評価を明らかにする必要がある。

本研究では、軸組長さが一間の耐力壁実験と外付けアイワンブレース付耐力壁[2] の性能評価実験を行い、その力学的性能を明らかにする。

2．実験計画

2.1　試験体概要

1 章で述べたような背景を考慮し、面材耐力壁試験体では、面材配置、裏桟の有無を実験パラメータとした。表 1 に試験体一覧を示す。柱は 90×90mm（杉）、梁は 150×90mm（杉）、土台は 90×90mm（桧）を使用する。構造用合板にはベイマツ（JAS2 等級）、厚さ 12mm を使用する。また、面材に打ち付けた釘には N50 釘を使用し、釘ピッチは 100mm とする。面材の木端から釘までの距離は全て 20mm とする。裏縦桟は 30×40mm、裏横桟は 30×90mm であり柱に N75、90 釘で固定する。

アイワンブレースでは通常、構造芯位置に円形座金[2] を設置している。施工上の制約から、梁中間にブレース端部を接合する場合は梁に大きなせん断力と曲げモーメントが作用することのなり、終局が梁部材の破壊で決まってしまうことが想定される。梁の破壊を防止することを目的として本研究では、図 1 に示す矩形座金を使用する。N-2 は既報との比較のため実施する。

2.2　載荷装置および測定計画

載荷には図 2 に示すような装置を用いる。土台をアンカーボルトで鋼製基礎に固定し、梁をオイルジャッキで水平に載荷する。載荷では梁に圧縮力が作用するように、エンドプレートと PC 鋼棒を用いて接合する。

境界条件は、HD 金物を用いた柱脚固定式である。載荷プログラムは同一変位繰返し数 3 回の漸増繰返し載荷とする。変形角は 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50[rad] とし、図 2 中①～④の位置で制御する。

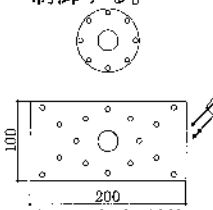


図 1　座金形状
（上：従来、
下：本実験
寸法 mm）

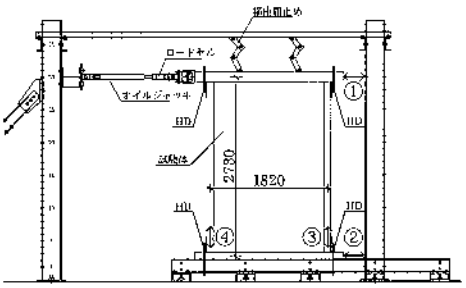
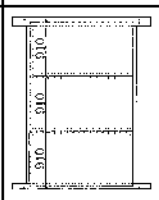
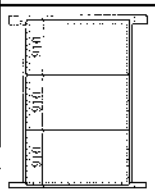
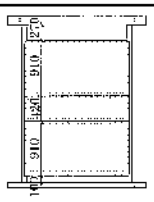
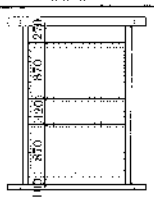
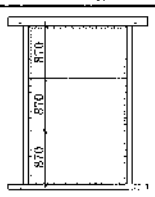
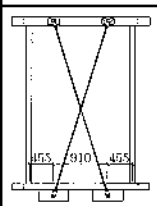
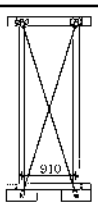


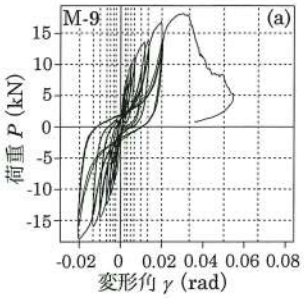
図 2　載荷装置（寸法 mm）

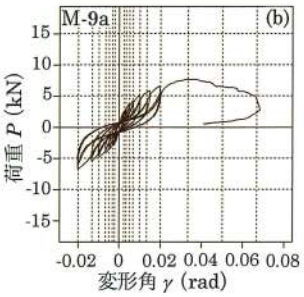
表 1　試験体一覧（寸法 mm）

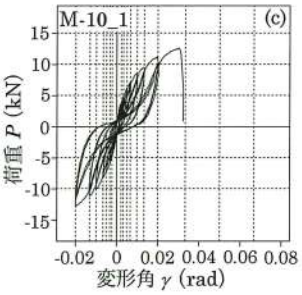
試験体名	M-9	M-9a	M-10	M-11	M-11a	N-1	N-2
試験体図							
試験体数	1	1	3	3	1	1	1
壁仕様	大壁	大壁	大壁	真壁	真壁	外付けブレース	外付けブレース
裏桟	あり	なし	あり	あり	なし		

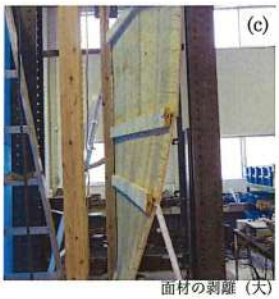
* 名古屋工業大学　建築・デザイン工学科　学部生
** 名古屋工業大学大学院　准教授
*** 名古屋工業大学大学院　教授

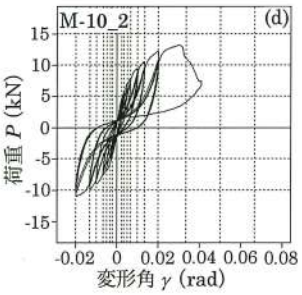
* Undergraduate Student,Nagoya Institute of Technology.
** Assoc,Prof,Nagoya Institute of Technology,Dr.Eng.
*** Prof,Nagoya Institute of Technology,Dr.Eng.

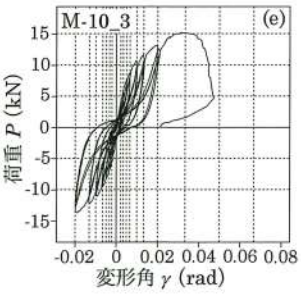












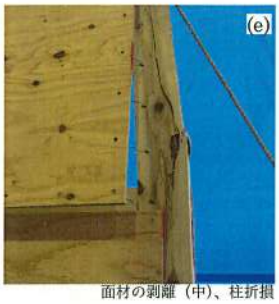
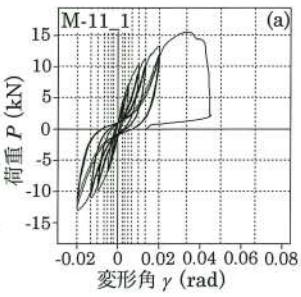
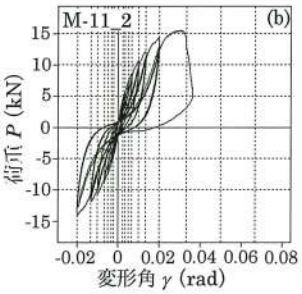
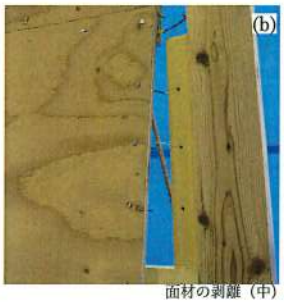
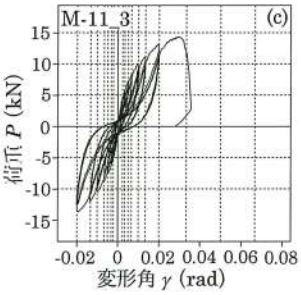


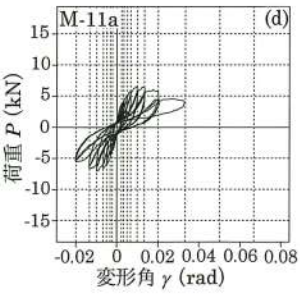
図 3-1　荷重 - 変形角関係　　図 4-1　終局耐力時状況











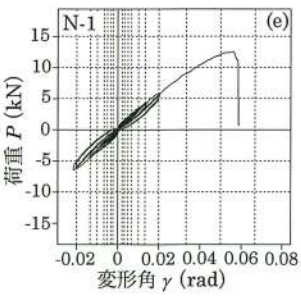


図 3-2　荷重 - 変形角関係　　図 4-2　終局耐力時状況

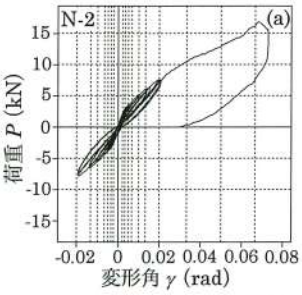


図 3-3　荷重 - 変形角関係

図 4-3　終局耐力時状況

表 2　完全弾塑性モデルの各パラメータと壁倍率

試験体名	K(kN/rad)	P_{max}(kN)	P_y(kN)	P_u(kN)	μ	P_0(kN)*	β
M-9	2195	18.2	9.17	15.87	5.34	8.53	2.39
M-9a	677	7.7	4.10	6.25	5.92	3.81	1.07
M-10_1	1131	12.6	6.75	10.71	3.26	4.69	1.31
M-10_2	1403	13.2	6.82	11.56	4.06	5.74	1.61
M-10_3	1264	15.3	8.78	13.40	4.04	6.63	1.86
M-11_1	1188	15.5	8.72	13.76	3.57	6.33	1.77
M-11_2	1345	15.5	8.32	13.81	3.27	6.05	1.70
M-11_3	1433	14.4	7.38	12.32	3.86	5.93	1.66
M-11a	1729	6.4	3.80	5.83	7.57	3.53	0.99
N-1	310	12.6	5.04	11.05	9.64	2.94	0.82
N-2	384	16.9	7.84	13.85	2.02	4.33	2.43

K：初期剛性　P_{max}：最大荷重　P_y：降伏耐力　P_u：終局耐力　μ：塑性率　D_s：構造特性係数　P_0：短期許容せん断耐力　β：壁倍率
＊許容せん断耐力は低減率を 7% として計算した。

3．実験結果・考察

図 3 に各試験体における荷重 - 変形角関係、図 4 に終局耐力時に特に破損の大きかった箇所をそれぞれ示す。表 2 に完全弾塑性モデルの各パラメータと木造軸組住宅の許容応力度設計 [3] に従って求めた壁倍率 β を示す。

M-9 試験体と M-9a 試験体を比較すると、同じ大壁全面張りで、裏桟ありとなしでは壁倍率に 2 倍以上の差が見られる。裏桟を付けることで壁倍率向上に大きな効果があることが確認できる。

M-10 タイプ試験体では得られた壁倍率に大きなばらつきが出たが、M-11 タイプ試験体では得られた壁倍率に大きなばらつきは見られず、安定した数値が得られている。また、M-10 タイプ試験体と M-11 タイプ試験体を比較するとばらつきはあるものの、全体的に真壁上下開きは大壁上下開きと比較して高い壁倍率が得られている。上下開きの場合、真壁は大壁よりも壁倍率が高くなることが確認できる。

M-9a 試験体と M-11a 試験体を比較すると、裏桟のない場合、大壁全面張りは真壁全面張と比較して壁倍率がやや高くなるが、大きな差は見られない。全面張りの場合、大壁と真壁の違いは壁倍率に大きく影響しないことが分かる。

M-9 試験体と M-10 タイプ試験体を比較すると、同じ大壁裏桟ありでも、壁倍率に大きな差が見られる。上下に開口部を設けることで、壁倍率が大きく低下してしまうことが確認できる。

梁中間にアイワンブレースを設置した N-1 試験体は、梁の捩れが大変形時には観測されたが、層間変形角 1/30 においても梁が破壊することなく、矩形座金が十分に機能していたことが確認できた。表 2 に示すように、壁倍率は大きな値ではなかったが、梁中間にアイワンを設置する場合には、矩形座金の利用が推奨される。また、N-2 試験体では文献 [2] で得られた壁倍率と同程度の値が得られた。

4．面材に打付ける釘ピッチの変化による壁倍率の変化

文献 [3] に従って、詳細計算法により面材に打ち付ける釘ピッチ @ が 100、150、75mm の場合についてそれぞれの壁倍率を計算し、その変化にを考察する。表 3 に面材の釘配列型、サイズをパラメータとした釘配置図を示す。面材にはベイマツを使用し、厚さは全て 12mm、

表 3　釘配列図

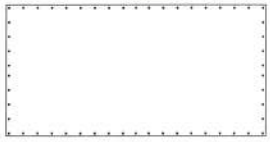
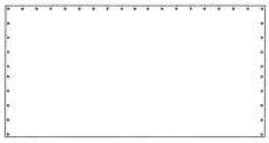
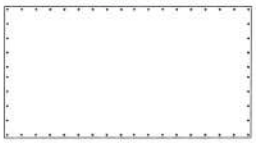
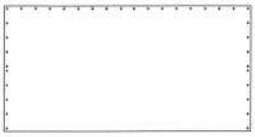
面材名	Type1	Type2	Type3	Type4
釘配置図				
釘配置型	ロ型	コ型	ニ型	ロ型
面材サイズ	910×1820	910×1820	910×1820	910×1730
Type	Type5	Type6	Type7	Type8
釘配置図				
釘配置型	コ型	ニ型	ロ型	ロ型
面材サイズ	870×1730	870×1730	420×1820	420×1730

表 4　壁倍率計算結果

試験体名	使用面材 Type	$_{exp}\beta$	$_{cal}\beta_{@100}$	$_{cal}\beta_{@150}$	$_{cal}\beta_{@75}$	$_{exp}\beta/_{cal}\beta_{@100}$	$_{cal}\beta_{@150}/_{cal}\beta_{@100}$	$_{cal}\beta_{@75}/_{cal}\beta_{@100}$
M-9	1+1+1	2.47	2.63	2.25	3.88	0.94	0.86	1.48
M-9a	2+3+2	1.10	1.36	0.97	1.69	0.81	0.71	1.24
M-10_1~3	1+7+1	1.59	2.43	1.85	3.19	0.65	0.76	1.31
M-11_1~3	4+8+4	1.71	1.82	1.05	2.86	0.94	0.58	1.57
M-11a	5+6+5	1.02	0.86	0.46	1.25	1.19	0.53	1.45

面材の木端から釘までの距離は全て 20mm とする。表中の釘配列図は @100 時のものである。釘ピッチは面材端からそろえていき、中央部で設定釘ピッチを満たせない場合はその部分の釘ピッチが設定釘ピッチを越えないように釘を配置することとする。(例えば、両端から @100 として釘を打っていき、中央部が 180mm になってしまった場合、その部分の釘ピッチは 90mm、90mm となるようにする。) 表 4 に詳細計算法により得られた壁倍率 $_{cal}\beta_{@100,150,75}$ と実験結果壁倍率 $_{exp}\beta$ を示す。表中の壁倍率 $_{exp}\beta$ は表 2 とは異なり低減率 7% を加味していない値であり、M-10 タイプ試験体及び M-11 タイプ試験体については 3 試験体から得られた壁倍率の平均値をその壁倍率としている。表中の使用面材 Type とは、各試験体にどの面材を使用したかを示しており、例えば 1+2+3 とは上から順に Type1、Type2、Type3 の面材を使用することを意味する。

4.1　@100 時の壁倍率

大壁全面張り裏桟あり (M-9) では実験値と計算値が概ね一致したが、同裏桟なし (M-9a) ではやや精度が落ちる。

大壁上下開き裏桟あり (M-10_1~3) では、実験値に大きなばらつきがあり、また、計算値もかなり高めとなる。しかし、真壁上下開き裏桟なし (M-11_1~3) では、実験値に大きなばらつきもなく、計算値とも概ね一致している。

4.2　@150 時の壁倍率

@100 時の壁倍率と比較して、全ての試験体で壁倍率は低下する。しかし、大壁タイプと真壁タイプではその低減率に差が見られ、大壁タイプでは低減率が 15~30% 程度であるのに対し、真壁タイプでは 40~50% 程度となる。

真壁タイプは大壁タイプと比較して釘ピッチを大きくすることによる壁倍率低下に対する影響が顕著に現れることが確認できる。

4.3　@75 時の壁倍率

@100 時の壁倍率と比較して、全ての試験体で壁倍率は向上する。また、M-9 試験体を除いて、ばらつきはあるものの、@150 時で低減率が小さかった試験体 (大壁タイプ) では向上率も小さく、低減率が大きかった試験体 (真壁タイプ) では向上率も大きくなるという結果が得られる。@150 と同様に @75 の場合においても真壁タイプは大壁タイプと比較して釘ピッチを小さくすることによる壁倍率の向上への影響が顕著に現れることが確認できる。大壁全面張り (M-9) では釘ピッチを小さくする効果が大きい。

以上、4.1~4.3 節の結果から、M-10 タイプ試験体と M-11 タイプ試験体の 2 種類の試験体において $_{cal}\beta_{@100,150,75}$ の値は M-10 タイプ試験体が上回る。しかし、$_{exp}\beta$ の値は M-10 タイプ試験体が下回ることが多く見られ、$_{exp}\beta$ と $_{cal}\beta_{@100,150,75}$ との値で異なる傾向となる。その他試験体では $_{exp}\beta$ と $_{cal}\beta_{@100,150,75}$ の値との大小関係が概ね一致していた。

5、まとめ

本研究は主に軸組長さが一間で間柱のない木造在来軸組工法住宅を対象とした面材張り及び外付けアイワンブレース耐力壁実験を基に性能評価を行った。さらに詳細計算法を用い面材に打付ける釘ピッチが変化したときの壁倍率の変化について考察・比較を行った。

(1) 同じ形状の試験体であっても裏桟の有無によって壁倍率に大きな差が生じ、上下開きの場合は真壁が大壁を上回る。しかし、全面張りの場合、壁仕様による壁倍率の差はほぼ見られない。

(2) 外付けアイワンブレースの場合、本実験の座金を用いれば梁部材によって終局は決まらず、耐力壁として評価できる。

(3) 面材に打ち付ける釘ピッチを変化させることによる壁倍率の上昇率・低下率の変化は真壁タイプは大壁タイプと比較して顕著に現れる。

今後は、さらに多くの試験体について実験を行い実験値の信頼性を高めると共に、大壁上下開きと真壁上下開きの 2 種類の試験体で $_{exp}\beta$ と $_{cal}\beta_{@100,150,75}$ との値の関係について異なる傾向が見られてことについての原因を明らかにしていく必要があると考えられる。

[参考文献]

1) 愛知建築地震災害軽減システム研究協議会：木造住宅低コスト耐震補強の手引き ,2012

2) 愛知建築地震災害軽減システム研究協議会：木造住宅の耐震補強工法評価 , 評価専門委員会資料 ,2010.3

3) (財) 日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計 ,2008

日本建築学会大会学術講演梗概集
（九州） 2016 年 8 月

木造住宅の耐震改修促進に向けた有開口面材耐力壁の実用化

正会員 ○ 井戸田秀樹*1 同 花井 勉*2
同 山根 光*3 同 津田 康生*4

木造住宅 耐震改修 低コスト
面材耐力壁 部分的開口

1. はじめに

安価な耐震改修プランは住宅所有者が改修工事に踏み切る上で重要な切り札である。安価なプラン実現のためには、施工手間を極力抑えると同時に現場の様々な予期せぬ要求に応えうる自由度の高い工法が必要である。

こうした位置づけのもと、安価で自由度の高い工法として有開口面材耐力壁の耐力評価が継続的に行われており [1)2)]、すでに 2,500 棟を超える施工実績を持つ（愛知県耐震改修補助対象物件）。有開口面材耐力壁は構造用合板を柱梁等の軸材に釘で接合する在来の工法であるが、部分的な面材の開口を許容する。これにより、天井や床の解体を必要としない施工の省力化や、換気扇やダクトなどが貫通する壁面の耐力要素化も可能となる（図１）。

本工法の最大の特徴は、対象建物ごと様々に異なる寸法や納まりの制約に対して極めて柔軟に対応できる点にある。この特徴をより拡張するため、様々な仕様の有開口面材耐力壁について 2008 年から継続的に性能評価実験を実施してきた。本報は、現在までに評価が完了した有開口面材壁を整理し、その実用化の進捗を報告するものである。

2. 有開口面材耐力壁の分類と整理

面材に許容する開口位置はその壁の使用目的に応じて様々である。また、壁体内の土壁の有無や設備機器との干渉により間柱や裏桟の施工が不可能な場合もある。そこで基本的な分類軸として下記の３項目を設定した。

分類軸１： 面材および耐力要素に関わる仕様［大壁（t =9mm），大壁（t =12mm），真壁（t =9mm），真壁（t=12mm），土壁，筋かい］

分類軸２：スパンおよび開口位置に関わる仕様［半間，一間，上下あき半間，上下あき一間，長押半間，押入半間，矩形開口半間，矩形開口一間］

分類軸３：面材受仕様［裏桟あり，間柱なし，裏桟なし，補強あり，アルミ裏桟（柱のみ），アルミ裏桟（四周）］

以上のような分類軸に対し，分類軸１に百の位の数値，分類軸２に十の位の数値，そして分類軸３に一の位の数値を対応させて整理したものが表１である．

表１で耐力壁形状の示されている欄は実験を実施した仕様である。仕様の選定にあたっては、耐震改修工事あるいは設計に関わる実務者からの要望に基づいている。最も基本的な大壁＋半間の仕様に加え、上下あき、押入タイプに現場からの要望が高いことがわかる。

土壁試験体の開口は，土壁を撤去せずに HD アンカーなどの接合部金物の施工を想定したものである．また，アルミアングルを用いた真壁補強は，土壁を残したまま真壁仕様で構造用合板を施工するための工法である [1)]。

表中に表記されている低減係数は、開口のない一般的な面材壁に対する壁基準耐力の比を表す。面材に開口を許すことで当然壁基準耐力は低下するが、その低下率を定量的に評価して改修設計に使用できることが安価な改修プランの実現に大きく貢献している。

尚、釘ピッチ、裏桟、受け材サイズ等の標準仕様は表２に示す通りである。また、各仕様の詳細は文献 [2)]および HP[3)]を参照されたい。

3. まとめ

改修現場から要望の高い仕様に対して耐震改修用耐力壁の実験と性能評価を継続的に実施・蓄積し、それを一覧表に整理した。この一覧表を用いることで耐震改修設計ではより安価な改修プランが実現するとともに、現場監理においては仕上撤去時に遭遇する想定外の事象に対し臨機応変に仕様を変更するための選択肢が飛躍的に広がることになる。

今後はさらに耐震改修現場からの需要を適切に反映させることで有開口面材耐力壁の仕様を拡大し、さらなる耐震改修促進に繋げていきたい。

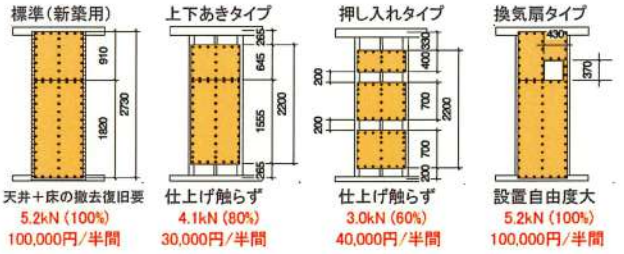


図 1 有開口面材耐力壁工法の特徴

Practical use of wooden shear walls with panel opening for promoting aseismic reinforcement of old wooden house

IDOTA Hideki, HANAI Tsutomu, YAMANE Hikaru, TSUDA Yasuo

表 1 有開口面材耐力壁の仕様

百の位	A-100大壁 構造用合板厚9mm				A-200大壁 構造用合板厚12mm						
十の位	10 半間	30 上下あき 半間	60 押入 半間	70 開口	10 半間	20 1間	30 上下あき 半間	40 上下あき 1間	60 押入 半間	70 開口	80 開口 1間
一の位 1 裏桟あり	A-111 (力),(マ) ⑦ @150 1.0	A-131 ⑦ @150 0.8	A-161 ⑦ @150 0.6								
2 間柱なし	A-112 ⑯ @150 0.8	A-111(力) 対象壁勝ち ⑮ 1.0	A-111(マ) 対象壁負け ⑮ 0.8			A-222 ⑬ @100 0.9	A-232 ⑯ @100 1.0	A-242 ⑬ @100 0.6			
3 裏桟なし	A-113 ⑯ @100 0.8			A-173 換気扇 ⑯ @100 0.7	A-213 ⑮ @100 1.0	A-223 ⑬ @100 0.4	A-233 (力),(マ) ⑨ @100 0.7		A-263 ⑨ @100 0.35	A-273 換気扇 ⑨ @100 0.9	
4 補強あり		A-134 ⑦ @150 1.0					A-234 ⑯ @100 1.0	A-233(力) 対象壁勝ち ⑯ 0.7 / A-111(マ) 対象壁負け ⑯ 0.5		A-274 ⑯ @100 0.5	A-284 ⑯ @100 0.3

百の位	A-300真壁 構造用合板厚9mm					A-400真壁 構造用合板厚12mm					
十の位	10 半間	20 1間	30 上下あき 半間	50 長押 半間	60 押入 半間	10 半間	20 1間	30 上下あき 半間	40 上下あき 1間	50 長押 半間	60 押入 半間
一の位 1 裏桟あり	A-311 ⑬ @150 1.0										
2 間柱なし	A-312 ⑯ @100 0.7						A-422 ⑮ @100 0.9		A-442 ⑬ @100 0.6		
3 裏桟なし	A-313 ⑯ @100 0.6					A-413 ⑯ @100 1.0	A-423 ⑬ @100 0.4	A-433 ⑯ @100 0.8			
4 補強あり			A-334 かさ上げ ⑬ @150 1.0								
5 アルミ縦			A-335 ⑮ @100 0.7	A-355 ⑮ @100 0.5	A-365 ⑮ @100 0.3			A-435 ⑨ @100 0.8		A-455 ⑮ @100 0.7	A-465 ⑨ @100 0.4
6 アルミ四周	A-316 ⑯ @100 0.6	A-326 ⑮ @100 0.3					A-426 ⑮ @100 0.4				

○ ：評価(予定)年度(20○年度)
@ ：構造用合板釘ピッチ
α ：標準大壁に対する低減係数
α ：標準土壁に対する低減係数
α ：標準大壁(土壁)に対する低減係数
(2016 年度は未評価のため仮)

百の位	A-800土壁			A-900 筋かい
十の位	10 半間	20 上あき	30 上下あき	10 半間
一の位 1 標準	A-811 ⑬ 1.0	A-821 ⑬ 0.5	A-831 ⑬ 0.4	A-911 壁基準耐力 6.2kN/m 壁基準剛性 1300kN/rad/m ⑦
2 1隅欠け	A-812 ⑯ 0.8	A-822 ⑯ 0.45		
3 2隅欠け	A-813 ⑯ 0.6			
4 4隅欠け	A-814 ⑯ 0.45			
5 アルミ			A-835 ⑯ 1.0	

表 2 標準仕様

A-111 標準大壁	A-335 真壁上下あき
構造用合板9mm以上	構造用合板9mm以上
合板との接合 N50,CN50@150以下 四周打ち，端あき15mm以上	合板との接合 木ﾀｯﾋﾟﾝｸﾞﾋﾞｽL=30@100以下 川の字打ち，端あき15mm以上 端部端あき20mm以上
継手受材：奥行30×見付40 四方受材に対し2-N75斜め打ち	受材：ｱﾙﾐ不等辺ｱﾝｸﾞﾙ 9×40 t=1.5以上
間柱：三ツ割材以上	受材と柱の接合 木ﾋﾞｽ(ｺｰｽｽﾚｯﾄﾞ) L=32@100以下
下地受材：奥行30×見付40 四方受材に対し2-N75斜め打ち	

謝辞

本工法の評価は、愛知建築地震災害軽減システム研究協議会の活動の一環として実施した。関係者各位に感謝申し上げます。

参考文献

1) 井戸田秀樹，山崎和浩，花井勉，川端寛文，石井渉，山田耕司：壁面に部分的な開口部を有する木造面材耐力壁の耐震性能，日本建築学会技術報告集，第 17 巻，第 37 号 879-884，2011.10
2) 愛知建築地震災害軽減システム研究協議会：木造住宅低コスト耐震補強の手引き，2016.3
3) 減災協議会ホームページ：http://www.aichi-gensai.jp/

*1 名古屋工業大学大学院社会工学専攻　教授・工博
*2 株式会社えびす建築研究所　博士（工学）
*3 株式会社えびす建築研究所　修士（工学）
*4 名古屋工業大学大学院社会工学専攻博士前期課程

*1 Prof, Nagoya Institute of Technology, Dr.Eng.
*2 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr.Eng.
*3 Ebisu Building Laboratory Co., Mr.Eng.
*4 Graduate Student, Nagoya Institute of Technology