

付録2 知っておくべき耐震改修設計法の知識

1. WEEだけが診断・改修設計法ではない

木造住宅の耐震診断・改修設計は(財)日本建築防災協会発行の「木造住宅の耐震診断と補強方法(以下マニュアル)」(2004年7月発行)で行っています。ここでは保有耐力診断法など高度な評価方法も紹介されていますが、愛知県では市町村の行う無料耐震診断を、講習会で配布されたプログラム(WEE)で行っているため、改修設計もこのソフトを使って行わなければいけないと考えている方が多いようです。

WEEは、必要耐力を単純に床面積に係数を乗じて算出する方法(マニュアル P25)で算定しています。この方法は、総2階を想定し、2階の大きさを無視しています。その一方で、2階の載っていない耐力壁は最上階の低減率が採用されるため、同じ壁量なら2階が大きい方が上部構造評点が良くなり、2階が小さいと悪くなるという逆転の判定になっています。そのため、WEEを使って改修設計をすると、総2階はわずかな補強で直り、2階の小さな建物はどれだけ壁を補強しても上部構造評点が1.0に届かない、ということになってしまいます。

この解決方法として、各階の床面積を考慮した必要耐力の算出法(精算法=マニュアル P37)があります。この方法で必要耐力を算定すると、2階が小さい建物ではかなり軽減されます。

例) 1F 10m×9m=90㎡ 2F 6m×5m=30㎡ 非常に重い建物

この建物をWEEの方式で必要耐力を算定すると、

$$2F \quad 30 \times 0.78 Z \quad (Z=1.0) = 23.4 \text{ kN}$$

$$1F \quad 90 \times 1.41 Z = 126.9 \text{ kN} \quad \text{となります。}$$

これを精算法で計算し直すと、

$$2F \quad 30 \text{ m}^2 \times 0.64 \times K2 \times Z \quad (K2=1.51) = 28.99 \text{ kN}$$

$$1F \quad 90 \text{ m}^2 \times 1.22 \times K1 \times Z \quad (K1=0.69) \times \text{形状割増} 1.15 \\ = 87.13 \text{ kN} \quad \text{となります。}$$

K1, K2が上下の床面積の割合(Rf1)によって変化し、上階の面積割合が小さいほどK1は小さくなり、K2は大きくなります。(マニュアル P37 参照)

この計算結果から、1階は126.9kNから87.13kNと3割以上も改善されます。その一方で2階は、振られる影響が考慮され、23.4kNから28.99kNになります。

2階は若干不利になりますが、1階は大きく改善され、仮に0.50の構造評点だったとすれば、0.73になります。

改修設計をする際は、まず精算法で必要耐力を計算し直すことが最低必要な作業と言えます。これを行わないで、改修設計を行うのは、無駄な費用を施主に負担させることになります。

精算法による必要耐力の計算表

※ Z (地域係数) = 1. 0

2階 or 平家 A2 床面積 (m²) ×

軽い	0.28
重い	0.40
非常	0.64

 ×

↓平家は1.0
K2

 × 1.0 ×

軟弱地盤

 =

Q _r (kN)

1階 A1 床面積 (m²) ×

軽い	0.72
重い	0.92
非常	1.22

 ×

K1

 ×

2階の短辺	
4.0m未満	1.3
4.0~6.0未満	1.15
6.0m以上	1.0

 ×

軟弱地盤

 =

Q _r (kN)

Rf1 = A2/A1
最小: 0.1

K2	軽い・重い	1.19+0.11/Rf1
K2	非常に重い	1.06+0.15/Rf1
K1	軽い・重い	0.40+0.60×Rf1
K1	非常に重い	0.53+0.47×Rf1

※K1, K2早見表参照

上記は手計算で行う計算表です。「木造耐震ネットワーク知多」の研修会資料として作成しました。表中の「軽い・重い・非常」は建物の重さランクを示し、「非常」は「非常に重い建物」を示します。

使用方法はA2, A1に床面積を記入し、Rf1を計算します。それをもとに、下記の早見表から、K1, K2を拾い出し記入、それで必要耐力Q_rを電卓でたたき、算定します。

詳細は、「木造耐震ネットワーク知多」のHPに研修会資料がありますのでご覧ください。

K1, K2 早見表

木造耐震ネットワーク知多

		軽い建物・重い建物										非常に重い建物											
		0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09		
K2	1.0	1.30										1.0	1.21										
	0.9	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.30	1.30	1.30	1.30	0.9	1.23	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.21	1.21	
	0.8	1.33	1.33	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.31	0.8	1.25	1.25	1.24	1.24	1.24	1.24	1.23	1.23	1.23	1.23	
	0.7	1.35	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.33	1.33	1.33	1.33	0.7	1.27	1.27	1.27	1.27	1.26	1.26	1.26	1.25	1.25	1.25	1.25
	0.6	1.37	1.37	1.37	1.36	1.36	1.36	1.36	1.35	1.35	1.35	0.6	1.31	1.31	1.30	1.30	1.29	1.29	1.29	1.28	1.28	1.28	1.28
	0.5	1.41	1.41	1.40	1.40	1.39	1.39	1.39	1.38	1.38	1.38	0.5	1.36	1.35	1.35	1.34	1.34	1.33	1.33	1.32	1.32	1.31	1.31
	0.4	1.47	1.46	1.45	1.45	1.44	1.43	1.43	1.42	1.42	1.41	0.4	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.39	1.38	1.37	1.37	1.37
	0.3	1.56	1.54	1.53	1.52	1.51	1.50	1.50	1.49	1.48	1.47	0.3	1.56	1.54	1.53	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47	1.45	1.44	1.44
	0.2	1.74	1.71	1.69	1.67	1.65	1.63	1.61	1.60	1.58	1.57	0.2	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.62	1.60	1.58	1.58
	0.1	2.29	2.19	2.11	2.04	1.98	1.92	1.88	1.84	1.80	1.77	0.1	2.56	2.42	2.31	2.21	2.13	2.06	2.00	1.94	1.89	1.85	1.85
K1	1.0	1.00										1.0	1.00										
	0.9	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.9	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	
	0.8	0.88	0.89	0.89	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93	0.8	0.91	0.91	0.92	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	
	0.7	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.7	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89	0.90	0.90	
	0.6	0.76	0.77	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81	0.6	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.84	0.85	0.85	
	0.5	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72	0.73	0.74	0.74	0.75	0.75	0.5	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.79	0.79	0.80	0.80	0.81	
	0.4	0.64	0.65	0.65	0.66	0.66	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69	0.4	0.72	0.72	0.73	0.73	0.74	0.74	0.75	0.75	0.76	0.76	
	0.3	0.58	0.59	0.59	0.60	0.60	0.61	0.62	0.62	0.63	0.63	0.3	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69	0.69	0.70	0.70	0.71	0.71	
	0.2	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.2	0.62	0.63	0.63	0.64	0.64	0.65	0.65	0.66	0.66	0.67	
	0.1	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49	0.50	0.50	0.51	0.51	0.1	0.58	0.58	0.59	0.59	0.60	0.60	0.61	0.61	0.61	0.62	

精算法は、名古屋市の報告書でも採用しています。また、使いやすいソフトもいろいろありますので、それらを利用して改修設計を行うのも良い方法です。

2. 多様な建物は多様な算定方法で

精算法から一歩突っ込んで、もう少し詳細な診断方法で経済的な設計は出来ないものか、と考えるのは、設計者として自然だと思います。

たとえば、母屋から一部屋突きだした形態の建物。これでネックになるのは1/4充足率です。1/4ラインが突きだし部分に納まる場合、突き出し部分を改修しないと数値が上がらず、その部分を改修して数値が上がったとしても、母屋が安全に改修されたということにはなりません。

このような建物では偏心率を算定して、配置低減を検討します。その低減係数はマニュアルP33に、偏心率の算定方法はマニュアルP76,77に記載されています。

建物の重さランク3段階の中間にある建物、例えば、土塗り壁で軽量の屋根、土葺き瓦葺きで壁は乾式で軽量など。また小屋裏2階建てのような建物や、いわゆる丈三建て、2階荷重の軽いものなど、一般診断法の枠に収まりきれないような建物は、精密診断法を採用するのも経済設計の手法の一つです。多様な建物には多様な設計方法で対応したいものです。

【 改修設計方法の適合イメージ 】

建物の形状	WEE	精算法		精密診断	備考
		充足率	偏心率		
平家建	○	○	◎	○	精算法でも必要耐力かわらず
総2階	○	○	◎	○	//
一部2階	×	○	◎	○	
平面が変形	○※	△	◎	○	※平家の場合
丈三建	×	△	○	◎	物置2階の荷重低減
小屋裏2階建	×	△	△	◎	2階の判定が困難

◎：最良の手法 ○：可能な手法 △：ケースにより可能 ×：不適

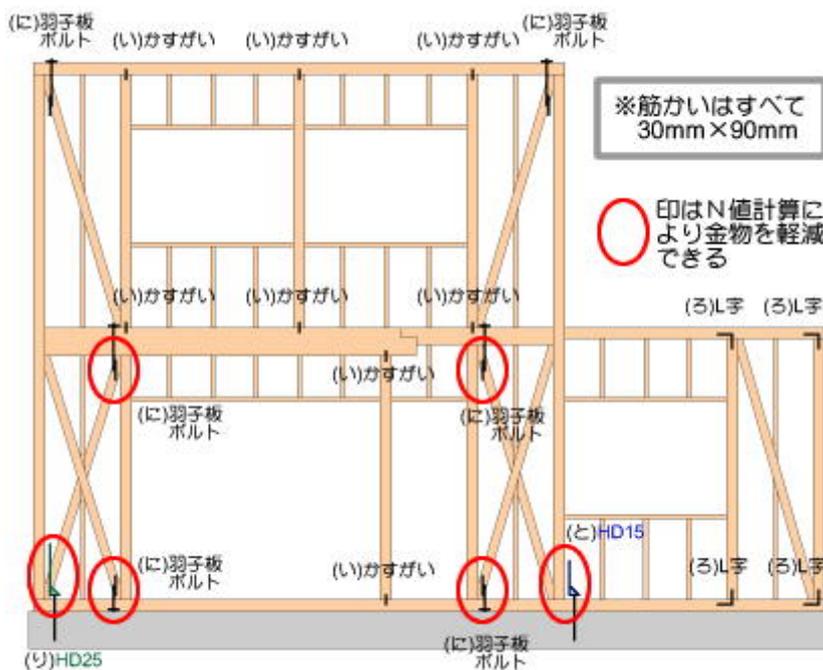
※ 精密診断の「○」は労多く、効果に大差がない。

3. N値計算で必要金物を算定

一般診断法では柱接合部による低減係数について柱接合部形式Ⅳ（またはⅢ）で診断する機会が多いため、耐力の低減値が大きく、評価が低く抑えられます。それをN値計算し、値がマイナス（「い」の金物）になった場合、引き抜きが生じず、短ほぞ差しで可になります。その場合、特に金物を施工せずとも、平12建告1460号に適合する金物に準ずることになり、柱接合部形式ⅣからⅠに上げることが出来ます。

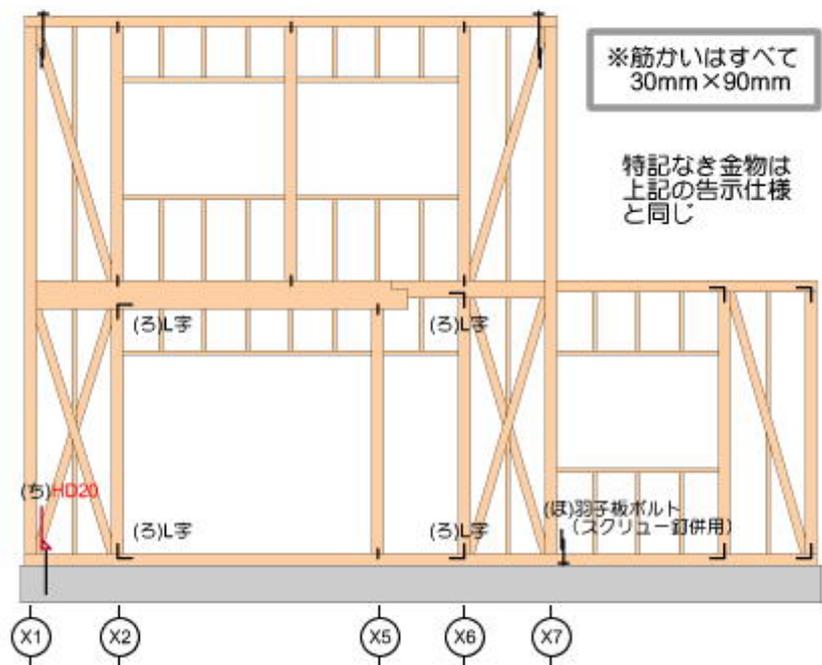
また、N値を計算せず告示の表で金物を判断するとたいへん不経済で、施工が困難な箇所が多数出てしまいます。

精算法で評点を見直した次の段階は、N値計算をして金物による低減見直しの作業が安価な改修に不可欠であります。



上図：告示の表による金物

下図：N値計算で入れた
接合部金物



(資料提供)

mokuzou.com

N値計算の方法

■平屋建の場合若しくは2階建ての部分における2階の柱の場合

(算定式) $N=A1 \times B1 - L$

N: 表1に規定するNの値

A1: 当該柱の両側における軸組の倍率の差(片側のみ軸組が取り付く場合には当該軸組の倍率)の数値。ただし、筋かいを設けた軸組の場合には、【別記】の補正を加えたものとする。

B1: 周辺の部材による押さえ(曲げ戻し)の効果を表す係数で、0.5(出隅の柱においては、0.8)とする。

L: 鉛直荷重による押さえの効果を表す係数で、0.6(出隅の柱においては、0.4)とする。

■2階建の部分における1階の柱の場合

(算定式) $N=A1 \times B1 + A2 \times B2 - L$

N: 表1に規定するNの値

A1: 当該柱の両側における軸組の倍率の差(片側のみ軸組が取り付く場合には当該軸組の倍率)の数値。ただし、筋かいを設けた軸組の場合には、【別記】の補正を加えたものとする。

B1: 周辺の部材による押さえ(曲げ戻し)の効果を表す係数で、0.5(出隅の柱においては、0.8)とする。

A2: 当該柱に連続する2階柱の両側における軸組の倍率の差(片側のみ軸組が取り付く場合には当該軸組の倍率)の数値。ただし、筋かいを設けた軸組の場合には、【別記】の補正を加えたものとする。

(当該2階柱の引抜き力が他の柱等により下階に伝達され得る場合には、0とする。)

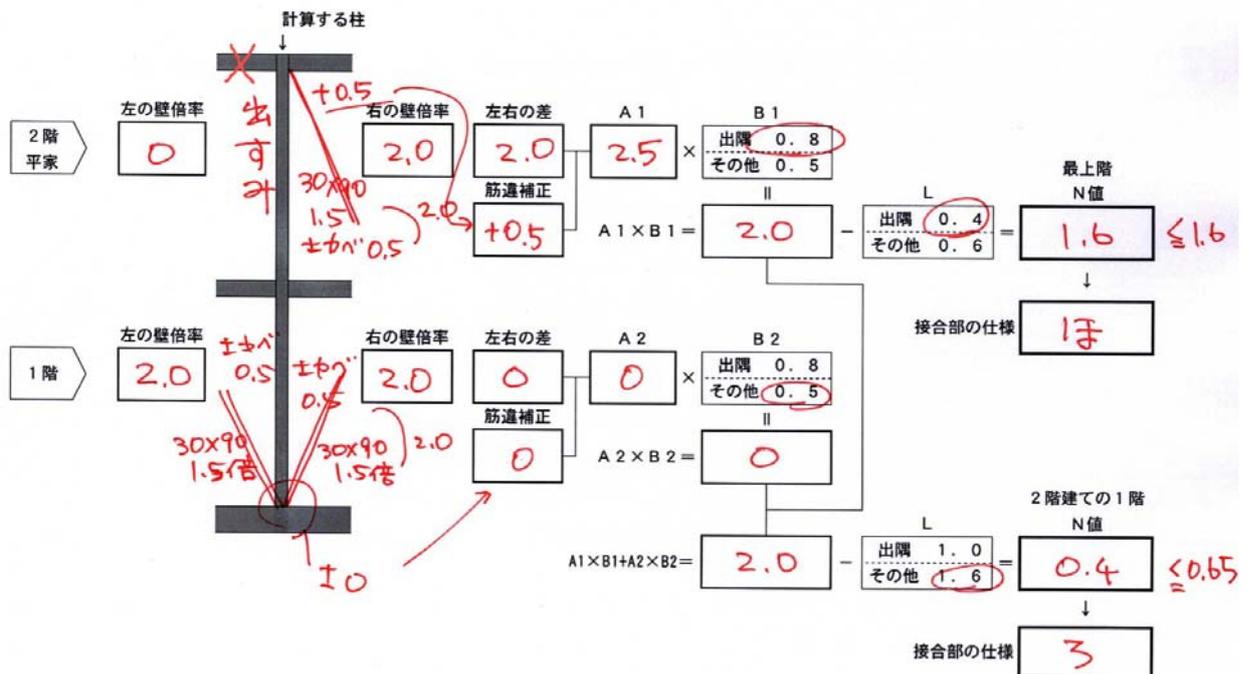
B2: 2階の周辺の部材による押さえ(曲げ戻し)の効果を表す係数で、0.5(2階部分の出隅の柱においては、0.8)とする。

L: 鉛直荷重による押さえの効果を表す係数で、1.6(出隅の柱においては、1.0)とする。

N値は上記の計算基準で行います。ただ、若干わかりにくいので、「木造耐震ネットワーク知多」の研修会用に作成したN値を計算することができる計算表を紹介します。

N値計算表

木造耐震ネットワーク知多



<使用手順>

- ① 表の梁柱状の部分に筋違・耐力壁の情報を記入する。
- ② 左右の壁倍率の合計を記入する。
- ③ 左右の壁倍率の差を記入する。
- ④ 筋違の補正值を下の表から拾い出し、記入する。
- ⑤ 2階の左右の差+筋違補正值を入れ、A1に記入。
- ⑥ 同じように1階A2を求め記入。
- ⑦ 出隅またはその他でB1を決める。同じく1階B2を決める。
- ⑧ 2階A1×B1、1階A2×B2を計算し記入。
- ⑨ 2階Lを選びN値を出す。
- ⑩ 1階は2階A1×B1の値をA2×B2と足し、Lを選択しN値を出す。
- ⑪ 金物の表から適合する金物を選択する。

筋違の補正值

1. 筋かいが片側から取り付く柱

筋かいの種類	取り付く位置		備考
	柱頭部	柱脚部	
15mm以上×90mm以上の木材または9φ以上の鉄筋	0.0	0.0	 たすき筋かいの場合には、0とする。
30以上×90以上の木材	0.5	-0.5	
45以上×90以上の木材	0.5	-0.5	
90以上×90以上の木材	2.0	-2.0	

2. 筋かいが両側から取り付く柱

a) 両側が片筋かいの場合



他方の筋かい	一方の筋かい				備考
	15以上×90以上の木材または9φ以上の鉄筋	30以上×90以上の木材	45以上×90以上の木材	90以上×90以上の木材	
15以上×90以上の木材または9φ以上の鉄筋	0.0	0.5	0.5	2.0	 両筋かいがともに柱脚部に取り付く場合には、加算する数値を0とする。
30以上×90以上の木材	0.5	1.0	1.0	2.5	
45以上×90以上の木材	0.5	1.0	1.0	2.5	
90以上×90以上の木材	2.0	2.5	2.5	4.0	

b) 一方がたすき筋かい、他方が片筋かいの場合



他方の筋かい	一方の筋かい			
	15以上×90以上の木材または9φ以上の鉄筋	30以上×90以上の木材	45以上×90以上の木材	90以上×90以上の木材
15以上×90以上の木材または9φ以上の鉄筋	0.0	0.5	0.5	2.0
30以上×90以上の木材	0.0	0.5	0.5	2.0
45以上×90以上の木材	0.0	0.5	0.5	2.0
90以上×90以上の木材	0.0	0.5	0.5	2.0

c) 両側がたすき筋かいの場合



加算しない

接合部の仕様（建設省告示第1460号表三に対応）

Nの値	告示表三	必要耐力 (kN)	金物等（これらと同等の接合方法を含む）
0.0以下	い	0.0	短ほぞ差し又はかすがい打
0.65以下	ろ	3.4	長ほぞ差し込み栓打又はL字形かど金物
1.0以下	は	5.1	T字形かど金物又は山形プレート金物
1.4以下	に	7.5	羽子板ボルトφ12mm又は短冊金物
1.6以下	ほ	8.5	羽子板ボルトφ12mm又は短冊金物（共に長さ50mm径4.5mmのスクリーナー併用）
1.8以下	へ	10.0	10kN引き寄せ金物
2.8以下	と	15.0	15kN引き寄せ金物
3.7以下	ち	20.0	20kN引き寄せ金物
4.7以下	り	25.0	25kN引き寄せ金物
5.6以下	ぬ	30.0	15kN引き寄せ金物×2枚

上記手順で、簡単にN値が計算でき、また手書きすることにより、理解を促進できます。簡単な計算ですので、EXCELなどの表計算ソフトでワークシートを作成するのも良いでしょう。

また、無料のソフト、安価なソフトなど、ネットを調べるとたくさんあります。それらを使えばさらに簡単に計算できます。

N値を計算して、適切な金物を施工すれば低減率を減らすことができ、耐震化は促進します。

強い壁には強い金物が必要となります。N値が1.6を上回ると、ホールダウンが必要となります。鉄筋コンクリートの基礎で、施工ができるところなら良いですが、できない場合も多くあります。そのときは「ほ」以下（N値1.6以下）になるような工夫も必要となります。

仕上げ材はN値計算とは関係ありませんので、それを利用して数字を上げるのも手法の一つだと思います。

4. おわりに

耐震診断結果を申込者に報告する際、「耐震補強は、無数に方法があります」と説明してきます。それは私の提案がほんの一案にすぎず、それに縛られることなく最善の改修方法を選んでいただきたいからです。瓦屋根が気に入っている人に「屋根を軽くしなさい」言ってもダメだし、居間をリフォームしたばかりの人に「居間に壁を入れなさい」と言っても無理なのです。

家の人のお話を良く聞いた上で、何に不安や不満を抱いているのかを察知して、耐震改修の方法を考えれば、きっと気に入っていただける提案ができると思います。そのとき、私たちがたくさんの方々の手法を持っていなければ、その期待に応えることが十分にできません。そのためにも、改修設計に携わる方々にはできる限りの研鑽を積んで幅広い知識を得ていただきたいと、思います。

1日も早く地震に強い街になるよう、私たち診断員ができることはやっていきたいと考えています。

(成 田 完 二)

付録2の資料提供	モクゾウ ドットコム http://www.mokuzou.com
	木造耐震ネットワーク知多 http://www.taishin-chita.net