

負担面積を考慮した在来木造軸組住宅の 壁量決定法の考察

On the Total Length of Shear Walls in Japanese Wooden Structure in Consideration of Loads Area

山田耕司 Koji Yamada

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、多くの在来型木造軸組住宅(以下、在来型住宅)が倒壊などの被害を受け、多数の死傷者が発生した。在来型住宅の倒壊要因は、一概に食害・腐朽によるものとは言えず、壁配置のバランスの欠如、接合部の不十分な緊結なども考えられ、多くの文献の中で偏心量の多さが指摘されている^{例えは1)2)3)}。また、木質系プレハブ住宅やツーバイフォー住宅には構造規定があるが、在来型住宅の構法には明確な仕様規定がなく、かつ、古い建物が多く存在したため、木質系プレハブ住宅やツーバイフォー住宅に比べて被害が特に多かったとされている。在来型住宅に構造規定がないのは構造的に問題が無いからではなく、長年の慣例のためと考えられる。また、通常の在来型住宅の耐震計算には、耐震壁の最終耐力の和を一定値以上にする簡便な建築基準法施行令の考え方が用いられ、構造的なバランスは、設計者の良心に任せられている^{4) 5)}。そこで、在来型住宅にも他の構造形式(鉄筋コンクリート構造や鉄骨構造)と同様な構造設計法の確立が必要である。しかし、在来型住宅の構造特性は、“剛床仮定”が成立し難く、かつ、ピンとも剛節とも仮定し難く、他の構造形式に比べ、力学計算を行い難い。また、住宅の設計料は少ないので、それに見合った構造解析法を考案する必要がある。

そこで本研究では、木造建築物の地震荷重に対しての偏心量の軽減と、耐震性能の強化の1つの方法として、建築基準法施行令の考え方に“壁面線負担面積の考慮”を加えた簡便な在来型住宅の構造設計法について考察する。

2. 新しい構造設計法の提案

2.1 基本的な考え方

本報では、建築基準法施行令の考え方に“壁面線負担面積の考慮”を加えた簡便な在来型住宅の構造設計法を提案する。その基本的な考え方は、建築物に作用する鉛直力は柱、地震・風などの水平力は壁で負担していると考え、木造は剛床を仮定しにくいいため、壁面線毎に必要な壁量を配置して、偏心率を下げる様にする。

2.2 検討する設計法と検討事項

建築基準法施行令の地震力では、震度を0.2とし、 A_1 分布も取り入れている。そして耐震壁量は、その層間変形角 $\gamma=1/120$ 時の耐力和が地震力の2/3以上とすることになっている(地震力の1/3は耐震壁以外の雑壁が受け持つと仮定されている)。

そこで本報では、地震力を軒の出を考慮しつつ壁面線毎に算定し、この壁面線毎の地震力に対して、雑壁の耐力を期待しない場合(変更プラン1)と、その約1.67倍の耐力をもつ場合(変更プラン2、モルタル壁の剝落しない層間変形角 $\gamma \leq 1/200$ を想定)について、壁面線毎に壁量を設定する方法を検討する。なお、検討項目を以下に示す。

- ①各設計法の自由度の比較
- ②施行令46条の必要壁量と壁面線負担面積に応じて求めた必要壁量との比較
- ③各プランの1階偏心率の比較

2.3 検討例題とその特徴

前節に示した方法を参考文献6)に掲載されている被害建物の報告例5棟に対して適用する。これらの建物の特徴は次のようにまとめられる。

- 物件1：2階/1階の床面積比が大きく、ほぼ層2階のL字型で、1階にLDKが配置されている建物、被災度1(図1参照)
- 物件2：2階/1階の面積比が大きく、ほぼ総2階で東西方向に細長く、南側に大きくLDKが確保されている建物、被災度3(図2参照)
- 物件3：2階/1階の面積比が小さく、1階の形状は凹凸があり不整形で、LDKがそれぞれ独立している建物、被災度2(図3参照)
- 物件4：2階/1階の面積比が大きく、ほぼ総2階の長方形で、LDKが確保されている建物、被災度2(図4参照)
- 物件5：2階/1階の面積比が小さく、1階の形状は凹凸があり不整形で、LDKがそれぞれ独立している建物、被災度4(図5参照)

以上の既存プランに対して、変更プラン1、変更プラン

ン2を想定し、各プランについて壁面線毎に荷重の算定を行い、必要壁量を求めて壁を配置し、先の項目に基づき比較・検討を行う。

3. 結果

3. 1 各建物での検討結果

3. 1. 1 物件1 (表1参照)

1) 各プランの偏心率について

既存プラン：y方向の偏心率がx方向に比べて悪いが、いずれも0.15以内に収まっており比較的よいと思われる。

変更プラン1：偏心率は、既存プランに比べ大幅に向上した。

変更プラン2：偏心率は、既存プランよりも低下した。これは、1階(2)通りの必要壁量をプランを変更しないように確保するために、(2)通り壁面線上に耐力壁が集中したため、x方向の剛心が大きくなりすぎたためと考えられる。

2) 各プランの壁量増加状況について

変更プラン1：2階②通りのように建物中央部では、全く耐力壁の配置されていない壁面線もあり、約2～9倍の壁量を必要とした。また、1・2階(2)通りにおいては、引き戸を外開きドアにする、耐力

壁を加えるなどのプランの変更を行い、壁量を確保した。

変更プラン2：建物端部については、1～1.3倍の壁量を増やすのみであったが、建物中央部においては、4～15倍もの壁量を必要とした。

3. 1. 2 物件2 (表2参照)

1) 各プランの偏心率について

既存プラン：南側にLDKが確保されているため、x方向・y方向のバランスは悪いが偏心率はかなり良いプランである。

変更プラン1：(1)・(2)通りの壁面線上に壁が集中したため、元のプランよりも偏心率が大きくなった。

変更プラン2：x方向偏心率は変更プラン1に比べて悪いが、これはLDKを確保するために、南側の玄関・水回り部分に壁倍率の高い耐力壁が集中したため、x方向の剛心が南側にずれたためと思われる。

2) 各プランの壁量増加状況について

変更プラン1：建物中央部(2)・②・③通りでは2～4倍の壁量を必要とした。非耐力壁を耐力壁に変更す

表1 物件1の壁量

		令46条の必要壁量	壁面線	変更プラン1必要壁量	変更プラン2必要壁量	各プランの壁量		
						既存プラン	変更プラン1	変更プラン2
1階	x方向	19.8	(1)	11.63	19.77	5.0	15.0	20.5
			(2)	15.77	26.81	6.0	16.0	25.0
			(3)	4.87	8.28	6.0	6.0	9.0
	y方向	19.8	①	5.74	9.76	9.0	9.0	10.0
			②	15.19	25.82	9.0	19.0	25.0
			③	11.32	19.24	15.0	15.0	19.0
2階	x方向	11.6	(1)	8.50	14.45	13.5	13.5	19.5
			(2)	9.24	15.71	3.0	10.5	18.0
			(3)	3.46	5.88	6.0	6.0	9.0
	y方向	11.6	①	4.30	7.31	9.0	9.0	9.0
			②	9.24	15.70	0.0	13.5	16.5
			③	7.66	13.02	10.5	10.5	13.5

表2 物件2の壁量

		令46条の必要壁量	壁面線	変更プラン1必要壁量	変更プラン2必要壁量	各プランの壁量		
						既存プラン	変更プラン1	変更プラン2
1階	x方向	19.8	(1)	6.83	11.6	14.0	14.0	14.0
			(2)	15.59	26.5	6.0	18.0	30.0
			(3)	10.98	18.7	18.0	18.0	19.0
	y方向	19.8	①	5.38	9.2	9.0	9.0	10.0
			②	10.66	18.1	3.0	12.0	20.0
			③	10.34	17.6	14.0	14.0	17.5
2階	x方向	12.0	(1)	5.04	8.6	6.0	6.0	9.0
			(2)	9.5	16.2	6.0	10.0	20.0
			(3)	7.95	13.6	12.0	12.0	14.0
	y方向	12.0	①	3.88	6.6	3.0	4.0	7.5
			②	6.4	10.9	9.0	9.0	12.0
			③	6.78	11.6	12.0	12.0	12.0
			④	5.43	9.3	6.0	6.0	10.0

ることで壁量を確保でき、プランに変更はない。

変更プラン2：建物外壁側①・④・(1)・(4)通りについては、1～2.5倍の壁量を必要とした。建物中央部②・③・(2)通りでは、1～7倍もの壁量を必要とした。そこで、構造用合板両面張りをを用いて壁量を確保した。

3. 1. 3 物件3 (表3参照)

1) 各プランの偏心率について

既存プラン：偏心率は0.112, 0.124とあまり良くなく、

2階部の配置による影響が考えられる。

変更プラン1：偏心率は良くなるが、x方向とy方向のバランスが悪い。

変更プラン2：必要壁量を各壁面線毎に確保することで、偏心率が大幅に良くなった。L・D・Kがそれぞれ独立した形を持っているため、比較的無理がなく壁量を設定することができたためと考えられる。

2) 各プランの壁量増加状況について

変更プラン1：2階③通りは、元のプランの壁量が少なかったため、6倍もの壁量を必要とした。1階(3)通りについては、壁量を確保するため引き戸のプ

表4 物件4の壁量

		令46条の必要壁量	壁面線	変更プラン1必要壁量	変更プラン2必要壁量	各プランの壁量		
						既存プラン	変更プラン1	変更プラン2
1階	x方向	21.0	(1)	8.0	13.5	4.5	12.0	14.0
			(2)	11.5	19.0	3.0	12.0	21.0
			(3)	9.5	16.5	7.5	10.0	16.9
			(4)	6.0	10.0	8.3	8.0	12.4
	y方向	21.0	①	8.0	13.5	8.3	8.3	15.0
			②	16.0	27.0	1.5	18.0	30.0
③			11.0	19.0	6.0	12.0	20.0	
2階	x方向	12.0	(1)	6.0	9.5	3.0	8.0	10.0
			(2)	7.5	12.5	0.0	8.0	16.0
			(3)	6.0	10.5	3.8	8.0	14.0
			(4)	4.0	7.0	3.0	4.0	8.0
	y方向	12.0	①	6.5	10.5	7.5	7.5	12.0
			②	10.0	16.5	3.0	10.0	20.0
③			7.0	12.0	4.5	7.0	16.0	

表3 物件3の壁量

		令46条の必要壁量	壁面線	変更プラン1必要壁量	変更プラン2必要壁量	各プランの壁量		
						既存プラン	変更プラン1	変更プラン2
1階	x方向	33.6	(1)	2.0	3.4	4.0	4.0	4.0
			(2)	16.0	27.2	14.0	20.0	28.0
			(3)	24.5	41.65	18.0	28.0	46.5
			(4)	5.5	9.35	4.0	6.0	10.0
	y方向	33.6	①	10.5	17.85	8.0	12.0	18.0
			②	14.3	24.65	9.0	18.0	34.0
			③	13.0	22.1	11.0	16.0	26.0
			④	9.5	16.15	12.0	12.0	18.0
2階	x方向	12.1	(1)	6.5	11.0	4.5	9.0	12.0
			(2)	9.0	15.3	6.0	12.0	16.0
			(3)	6.5	11.05	6.0	7.5	12.0
	y方向	12.1	①	4.5	7.65	4.5	5.3	7.5
			②	6.5	11.05	6.4	9.8	16.3
			③	6.5	11.05	1.1	6.8	11.3
			④	4.0	6.8	1.5	6.0	9.0

表5 物件5の壁量

		令46条の必要壁量	壁面線	変更プラン1必要壁量	変更プラン2必要壁量	各プランの壁量		
						既存プラン	変更プラン1	変更プラン2
1階	x方向	42.9	(1)	6.0	10.5	0.0	8.0	10.0
			(2)	27.5	46.5	6.0	28.0	45.0
			(3)	22.5	38.0	13.5	24.0	42.0
			(4)	5.0	8.5	0.0	8.0	10.0
	y方向	42.9	①	9.5	16.0	4.5	12.0	17.5
			②	17.0	28.5	3.0	20.0	32.0
			③	21.0	35.5	11.3	24.0	36.0
			④	13.5	22.5	3.0	16.0	24.0
2階	x方向	18.9	(1)	5.0	8.5	3.0	8.0	10.0
			(2)	16.0	27.5	4.5	20.0	30.0
			(3)	12.5	21.0	10.5	14.0	24.0
	y方向	18.9	①	5.0	8.5	4.5	6.0	12.0
			②	8.5	14.5	1.5	11.0	16.0
			③	12.0	20.0	4.5	16.0	20.0
			④	8.5	14.5	6.0	10.0	16.0

ランを外開きドアに変更。

変更プラン2：2階③通りは、元のプランの11倍の壁量を必要とした。1階(3)通りには構造用合板両面張りを設け、更に、引き戸を外開きドアに変更して壁量を確保した。

3. 1. 4 物件4 (表4参照)

1) 各プランの偏心率について

既存プラン：東側にLDKが配置されているため、西側にやや壁が偏っているためx方向偏心率が悪い。

変更プラン1：偏心率はx方向y方向とも向上した。

変更プラン2：x方向・y方向ともに更に向上し、比較的両方向のバランスもよい。

2) 各プランの壁量増加状況について

変更プラン1：3つ割り筋交いを2つ割り筋交いに変更及び非耐力壁を耐力壁に変更することで壁量を確保した。1階(2)通りについては壁量が少なく、10倍もの壁量が、2階②通りについても壁量が全く入っていないため、7.5倍の壁量が必要となった。

変更プラン2：プランを変更することなく壁量を満たす

ことはできたが、元のプランの壁量自体が少なかったこともあり、壁の大部分が耐力壁となった。但し、1部分は構造用合板両面張りをを用いた。

3. 1. 5 物件5 (表5参照)

1) 各プランの偏心率について

既存プラン：雑壁効果を効果してもなお、施行令46条の壁量に満たず、大変壁量が少なく、偏心率も大きい。

変更プラン1：偏心率はx方向y方向ともに向上し、バランスもよい。

変更プラン2：壁量を確保することで、偏心率が更に向上した。

2) 各プランの壁量増加状況について

変更プラン1：1階(1)・(4)通りでは、元のプランに壁量が全く入っていないため、8倍もの壁量が必要となった。3つ割筋交いを2つ割筋交いに変更し、非耐力壁を耐力壁に変更することで壁量を確保した。

変更プラン2：3倍～10倍の壁量が必要であったが、元のプランは耐力壁は少なかったものの非耐力壁自体はかなり入っていたため、無理なく壁量を確保する事ができた。

3. 2 平面形による差異

先の5種類の既存プランを表5、6にまとめる。

表5より、物件1、2のようなL字型プランの場合、LDKを確保したまま壁量を増やすと、凸部分及び壁面線上に壁量が集中するために偏心率が悪くなる。物件番号3、5のようなL・D・Kの独立したプランでは、LDK

表5 各プランの1階偏心率

物件	既存プランの1階偏心率		変更プラン1の1階偏心率 $\gamma \leq 1/120$		変更プラン2の1階偏心率 $\gamma \leq 1/200$	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向
1	0.062	0.105	0.049	0.021	0.147	0.062
2	0.018	0.006	0.072	0.092	0.091	0.140
3	0.112	0.124	0.048	0.012	0.005	0.016
4	0.162	0.100	0.078	0.026	0.019	0.060
5	0.266	0.011	0.039	0.039	0.034	0.015

表6 各プランの1階壁量

物件	令46条必要壁量(m)	既存プランの1階壁量(m)		変更プラン1の1階壁量(m)		変更プラン2の1階壁量(m)	
		X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向
1	19.8	27.0	33.0	37.0	43.0	54.5	54.0
2	19.8	38.0	38.0	50.0	47.0	63.0	60.0
3	33.6	40.0	40.0	58.0	58.0	88.5	96.0
4	21.0	23.3	23.5	42.0	38.3	64.3	65.0
5	42.9	19.5	21.8	68.0	72.0	107.0	109.5

表7 被災度と壁の充足性との関係

物件	被災度	Win/Wiorgの 最大値		Wn/Worg	
		x	y	x	y
1	1	2.6	1.7	0.7	0.6
2	3	2.6	3.5	0.5	0.5
3	2	1.4	1.6	0.8	0.8
4	2	3.8	10.6	0.9	0.9
5	4	∞	5.6	2.2	2.0

Win：変更プラン1における1階壁面線iの必要壁量

Wiorg：既存プランにおける1階壁面線iの壁量

Wn：令46条における1階の必要壁量

Worg：既存プランにおける1階の壁量

が独立しているため比較的無理なく壁量の配置が行えるため、偏心率は壁量に比例して向上する。いずれの場合においても偏心率が0.15を超えることはない。

表6より、施行令46条の必要壁量と、壁面線負担面積による必要壁量を元に変更したプランの壁量とを比較してみると、プラン全体で、変更プラン1の場合の壁量は1.6~2.6倍に、変更プラン2の場合の壁量は、2.5~3.2倍になり、現行法規で確保される壁量が少ないことがわかる。更に、壁面線毎にみるとプランによっては十分に壁量を満たしている壁面線と、10倍もの壁量が必要となる壁面線とがある。また、既存プランの壁量と比較してみても、変更プラン1の場合1.4~3.5倍の壁量に、変更プラン2の場合1.6~5.6倍の壁量になり、壁面線負担面積による必要壁量を満たすことで、プランの自由度を確保し難くなるといえる。

3.3 被災度と壁量の関係

被災度と変更プラン1に基づく壁面線毎の壁量と既存プランにおける壁量の比を表7に示す。この表では、示す値が大きいほど危険性が高いことを示している。

表7を見る限り、今回の計算例からでは、被災度と壁量との間に単純な相関性は見られない。これは、地震荷重に対して個々の壁面線が単独に抵抗していると仮定しているため、建物全体の荷重抵抗機構を表現していないためである。しかし、令46条に基づく壁量比と被災度との間にも単純な相関性が見られないことから、更なる考察が必要である。

4. 結論

壁面線負担面積を考慮した壁量の設定による偏心量の軽減などについて検討するため5種類のプランに適用した結果、おおよそのプランについては有効な方法であることが確かめられた。但し、プランの自由度を確保するという観点において若干の問題が見られる。また、偏心率の軽減に関してのみいえば、建物中央部に位置する壁面線については本研究で設定した壁量よりも少なくとも満足できる結果が得られる可能性もあるため、壁面線の設定の変更を行うなどの、建物中央部の必要壁量の低減を計る方法について考える必要があると考えられる。また、被災度と壁の充足率との間に単純な相関は見られなかった。

5. 今後の方針

建物中央部の必要壁量の低減を計る方法として、

- ①本報では壁面線の設定を3.0~5.0mで行ったが、壁面線の設定幅を広げることで、建物中央部に位置する壁面線を無くし、建物中央部の壁量を減らす。
- ②壁面線の設定を3.0~5.0mで本報と同様に設計を行い、建物の外壁に接していない壁面線について低減率を設定する。

などを考え、より実用的な設計法について検討する必要がある。

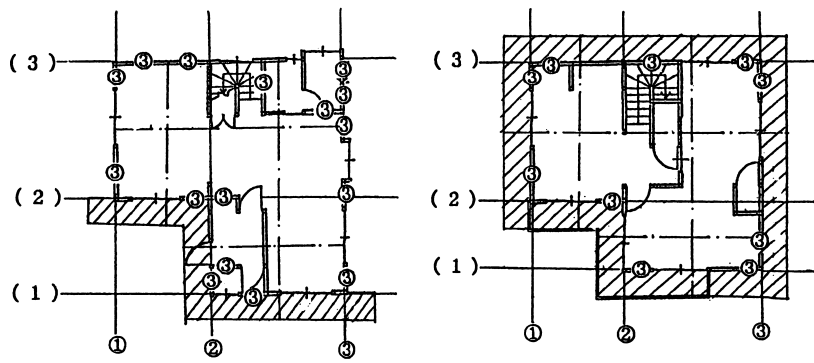
なお、必要壁量の条件については、層間変形角 $\gamma \leq 1/120$ を条件とした設計法でも十分な耐震性能が得られると考えられる。また、層間変形角 $\gamma \leq 1/200$ を条件とした設計法では、プランの自由度を確保することは難しい。このことから、今後、層間変形角 $\gamma \leq 1/120$ を条件とした設計法で研究を進める予定である。

謝辞

本研究は豊田工業高等専門学校の平成8年度卒論生である金子直美君がまとめたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 被災木造住宅100棟調査から3事例を検証する, 三澤文子, 『建築知識』1995年5月号
- 2) 1995年兵庫県南部地震一木造建物の被害一, 日本建築学会近畿支部, 1995, 9
- 3) 平成7年阪神・淡路大震災木造住宅等震災調査報告書, 木造住宅等震災調査委員会, 平成7, 10
- 4) 阪神・淡路大震災後の設計手法を考える 地震に強い [木造住宅] の設計マニュアル, 建築知識, 1996
- 5) 構造設計法の諸問題, 大橋好光, 建築知識 木造3階建てパーフェクトマニュアル, 1995
- 6) 平成7年兵庫県南部地震 被害調査最終報告書, 建設省建築研究所, 平成8, 3

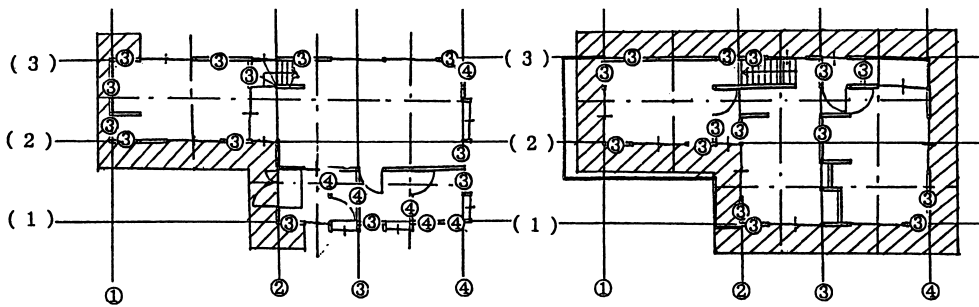


1 階平面図

2 階平面図

○内の数時は壁倍率を表す
 ——— 壁面線
 - - - 負担面積境界線
 ▨ 仮定軒面積

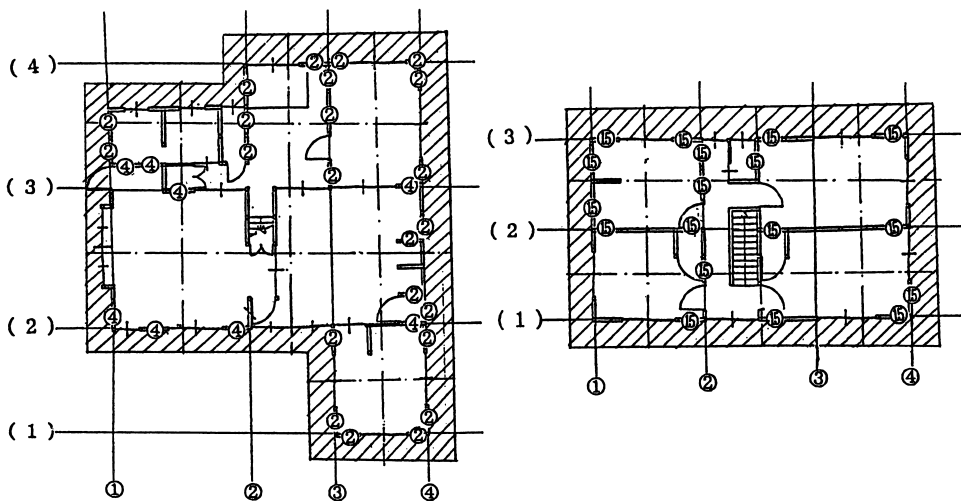
図1：物件1の平面図と壁面線の仮定



1 階平面図

2 階平面図

図2：物件2の平面図と壁面線の仮定



1 階平面図

2 階平面図

図3：物件3の平面図と壁面線の仮定

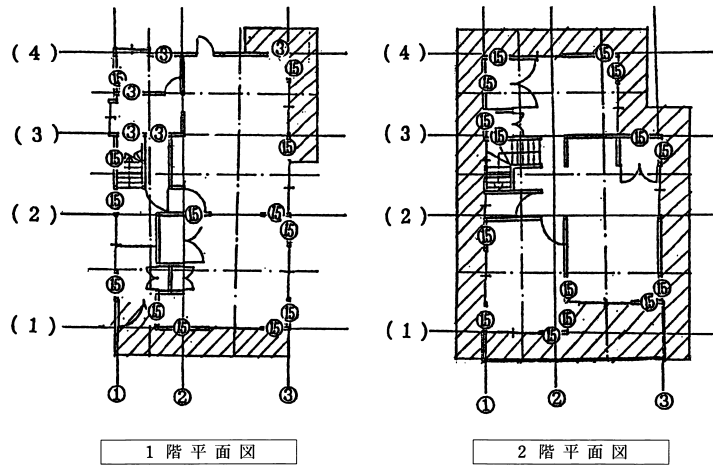


図4：物件4の平面図と壁面線の仮定

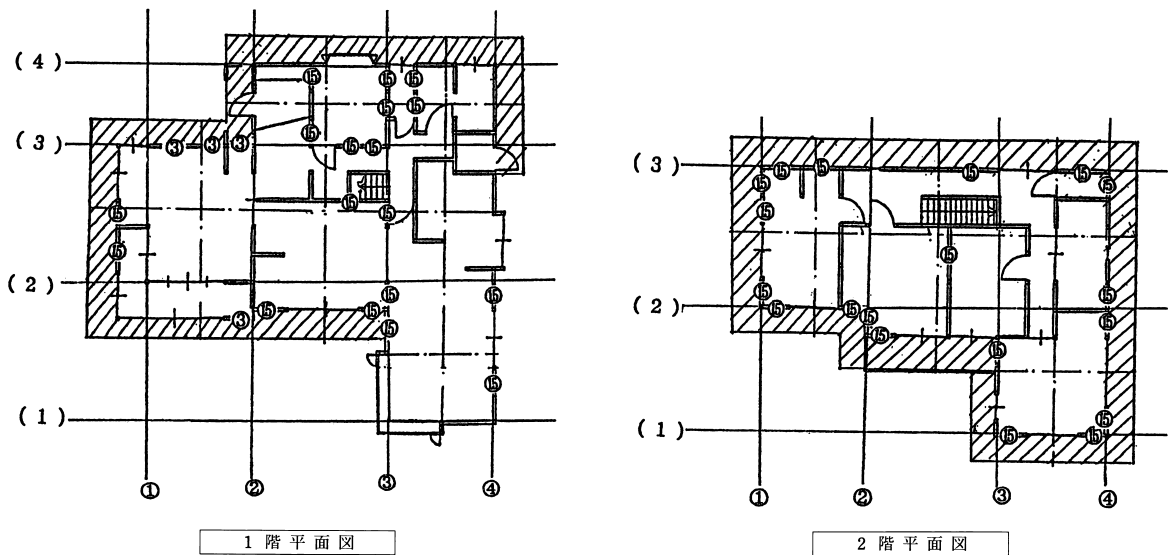


図5：物件5の平面図と壁面線の仮定

《執筆者紹介》

- (創作編) 小林亮介 名古屋造形芸術大学専任講師(インスタレーション・ホログラフィー)
柴田正三 名古屋造形芸術大学教授(造形材料学・化学)
坪井勝人 名古屋造形芸術短期大学助教授(彫刻)
松井勅尚 名古屋造形芸術短期大学講師(空間造形)

- (論文編) 飯村隆彦 名古屋造形芸術大学教授(ビデオアート・実験映画)
池田洋子 名古屋造形芸術大学助教授(日本美術史)
江本菜穂子 名古屋造形芸術大学助教授(西洋美術史)
大藪幸博 名古屋造形芸術短期大学助教授(プロダクトデザイン)
岡田 敦 名古屋造形芸術大学講師(芸術心理学)
加藤万毘子 名古屋造形芸術大学助教授(アメリカ文学)
木村博雄 名古屋造形芸術大学講師・同短期大学講師(英文学)
鈴木勝之 名古屋造形芸術大学講師・同短期大学講師(環境・造形計画)
田代有樹女 名古屋造形芸術短期大学助教授(日本画・仏教文化)
坪井勝人 名古屋造形芸術短期大学助教授(彫刻)
宮崎保光 名古屋造形芸術大学講師(情報学)
山田耕司 名古屋造形芸術短期大学講師(建築構造)

《研究紀要委員》

- 中村英樹
加藤万毘子
品川 誠
柴田正三
武田 昭
藤田清孝
八代美智子
三頭谷鷹史