

平2元年度農林水産省補助事業
日本住宅・木材技術センター事業

技術開発推進事業報告書

複合梁開発

平成3年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

平成2年度 複合ばり分科会の委員構成（1990年度）

	氏 名	所 属
委員長	平嶋 義彦	静岡大学農学部森林資源科学科助教授
委 員	上西 秀夫	東京工芸大学工学部建築学科教授
”	徳田 迪夫	三重大学生物資源学部森林資源学科教授
”	宮澤 健二	工学院大学工学部建築学科助教授
”	佐藤 雅俊	建築研究所第二研究部有機材料研究室主任研究員
”	井上 明生	森林総合研究所木材化工部接着研究室
”	川元 紀雄	森林総合研究所木材利用部接合研究室
”	藤井 良隆	三井ホーム（株）技術開発研究センター
”	宮林 正幸	三井木材工業（株）システム建築室長
協力委員	春川 真一	林野庁林産課住宅木材技術専門官
事務局	倉田 久敬	（財）日本住宅・木材技術センター試験研究部長
”	鴛海 四郎	（財）日本住宅・木材技術センター主任研究員

目 次

はじめに	-----	1
1. 接着重ね梁のクリープ試験	-----	2
1.1 はじめに	-----	2
1.2 試験体	-----	2
1.3 試験方法	-----	6
1.4 試験結果と考察	-----	8
1.5 まとめ	-----	20
2. 接着重ね梁の実態調査	-----	21
2.1 部材の合理化を図っている住宅メーカーの例	-----	21
2.2 熊本県「郷の匠」での接着重ね梁の例	-----	27
2.3 床梁のたわみ制限	-----	53
3. 張弦梁のケーススタディ：登り梁の例	-----	54
3.1 ケース1：スパン10m	-----	55
3.2 ケース2：スパン15m	-----	57

はじめに

わが国の森林資源は、戦後造林された人工林が多いところから、今後数年後には量的に飛躍的な上昇をし、木材需要の過半を賄いうる状況、いわゆる国産材時代を迎えようとしている。

しかし、日本の山林から供給されるであろう国産材が、木材工業や建築等の分野の需要に応えゆくには、いくつかのハードルがあり、何が問題なのか？これは大きなテーマであり、日本の林業を考える場合の1つのキーワードとなろう。特に最近では、日米協議のアメリカ側の要求もあり、集成材やLVL等が海外（北米）でJAS認定工場が出現しており、競争はますます激しさを増してきている。

わが国のこの数年の住宅着工量は、順調な経済成長に支えられて150万戸を越える勢いにあるが、にもかかわらず木造率は年々漸減傾向にある。その理由はいくつかあり、はっきりと指摘できないが、その中の一つとして、現代の情報化社会の要求についていくだけの情報量を持っていなかったといえないだろうか。その情報とは、たとえば木造住宅に使用する建築部材の性能に関する問題も含まれるであろう。

今後、ますますユーザーの要求は、多用化、高度化していき、きめ細かい対応が必要であろう。

このようなユーザーの要求に対応するため本委員会では、木質系の横架材で高性能で且つ、経済性のある梁材の技術的な開発を実施してきたが、大きな住空間に使用できる梁材として接着重ね梁や張弦梁の開発を試みている。

今後、わが国の山から供給される木材は、スギ、カラマツが大きなウェイトを占め、断面の大きなものは今後も望めない。従来、柱材として利用されていた国産材も、最近では供給過剰気味である。また、山の問題として俗に云うスギ並材の問題もある。

一方、梁材に使用するような大きな断面の材は、資源の枯渇により不足気味であり、価格も高価なものとなっている。このような、両者の要求に応えられる技術開発として、柱材を用いた梁材の開発として接着重ね梁を、また接着重ね梁のより有効な利用と10mを越えるような梁材の開発として張弦梁の開発を試みてきた。

本プロジェクトは、このように出来るだけ低コストで、なおかつ所要の性能をもつ梁材を製造する技術を確立することを目的としている。

このように、従来の柱製材品によって大スパンを架け渡す梁を製造できれば、従来の国産材の供給状況や木造住宅に要求される大空間といった問題に対する一つの解答となり得るであろう。

本年度は、残された問題を洗いだし、それらに具体的に対応することこととした。

1. 接着重ね梁のクリープ試験

1. 1 はじめに

昨年度までのクリープ実験により、含水率の高い生材を接着接合した重ね梁はクリープに対して、かなり大きなクリープたわみを生ずることが確認された。そこで、本年度は、重ね梁に用いるスギ材の含水率を、製造段階より調整を行い、含水率のクリープたわみに対する影響をさらに詳細に検討してみた。

実験は場所と地域性を考慮して、東京（（財）日本住宅・木材技術センター）と三重（三重大学）で行うこととした。

1. 2 試験体

1) スギの含水率

スギは105mm角で、新木場の細田木材にお願いして、高周波型の含水率計であるケット（株）の「モコ2」により、スギの含水率を調整し、含水率が15%、20%、25%になるようにしてもらった。購入したスギ材の数はそれぞれの含水率について10体であった。含水率測定結果を表1-1に示した。含水率はスギ正角材1本について12箇所測定した。すなわち、1面3箇所（端から113cm、185cm、257cm）で、クリープ変位の測定に支障のない所とした。用いた含水率計はケット（株）の高周波型の「モコ2」と針打ち込み型の「ターク」の2つであった。なお、後者は含水率35%までしか測定できない。

含水率の測定結果を表1-2に示した。この表からつぎのことが判明した。

- a) 高周波型は針打ち込み型よりも高い含水率を示す。その比率はおおよそ1.5-1.7倍程度である。
- b) 赤身は白太に比べて含水率が高い。
- c) 重量の大きい材程高い含水率を示す。

以上の傾向を考慮しながら、初期設定含水率が約15%、20%、25%となるスギを選定した（表中の網がけの部分）。

表 1 - 1 人工乾燥したスギ正角材の含水率

供試体番号 スギ正角材 (105mm)	針打ち込み式水分計による含水率(ターナ) (%)				高周波式水分計による含水率(ε12) (%)				曲げヤ ング係 数(kgf /cm ²)	重量 (kg/本)		
	平均値	S. D.	C. V.	最大値	最小値	平均値	S. D.	C. V.			最大値	最小値
初期含水率 4 1	13.4	1.38	10.3	16.5	11.5	23.6	2.38	10.1	27.5	20.0	83200	22.6
4 2	14.6	1.25	8.6	17.8	13.0	21.8	4.39	20.1	29.0	17.0	63700	18.0
4 3	18.3	0.94	5.1	19.6	13.0	26.8	6.37	23.8	38.0	16.0	69800	20.3
4 4	15.6	1.74	11.1	18.9	13.5	26.8	2.88	10.7	30.5	23.0	67700	20.7
4 5	15.6	0.91	5.8	17.2	14.7	21.7	3.58	16.5	28.5	17.5	49500	17.0
4 6	17.1	2.14	12.5	20.8	14.3	20.0	2.78	13.9	25.5	16.0	62300	18.7
4 7	17.6	3.65	20.7	28.8	15.2	28.3	7.47	26.4	49.0	21.5	65900	21.3
4 8	15.0	1.39	9.3	16.9	12.2	19.8	1.21	6.1	21.0	17.5	76700	17.0
4 9	14.2	0.76	5.4	15.6	12.9	24.2	2.46	10.2	29.5	21.0	87200	21.8
5 0	13.7	1.05	7.7	15.3	11.8	20.4	2.85	14.0	26.0	17.0	62000	20.0
初期含水率 4	21.8	3.37	15.5	26.0	15.2	37.8	4.33	11.5	46.0	29.0	71800	26.3
5	15.9	3.06	19.2	20.2	12.2	26.9	3.91	14.5	30.5	20.5	78300	22.6
6	20.3	2.43	12.0	25.1	17.8	37.0	6.09	16.5	50.0	30.5	67700	24.0
7	18.0	2.00	11.1	22.6	15.5	31.4	5.43	17.3	45.0	24.5	68500	20.0
1 9	21.3	2.09	9.8	25.8	18.2	34.6	4.94	14.3	43.5	28.0	70900	27.0
2 0	22.7	3.60	15.9	29.1	17.7	36.0	4.46	12.4	44.5	30.0	67900	24.7
2 6	19.7	2.50	12.7	25.5	16.8	30.7	4.38	14.3	40.0	24.0	59400	22.0
2 7	24.3	5.14	21.2	32.6	17.1	36.6	5.71	15.6	42.0	29.0	86600	23.2
2 8	22.2	3.26	14.7	26.0	17.3	38.8	5.60	14.4	50.5	29.5	65600	26.2
3 0	18.7	2.74	14.7	21.7	14.0	35.4	9.62	27.2	52.0	24.0	76500	27.1

注1: 打ち込み式で、35%を越えたものは個数に加えていない。

注2: 網掛けは、重ね梁に用いた正角材。

表 1-1 人工乾燥したスギ正角材の含水率 (続き)

供試体番号 スギ正角材 (105mm)	針打ち込み式水分計による含水率(ターク)(%)				高周波式水分計による含水率(ト2)(%)					曲げヤ ング係 数(kgf /cm ²)	重量 (kg/本)	
	平均値	S. D.	C. V.	最大値	最小値	平均値	S. D.	C. V.	最大値			最小値
初期含水率												
5 1						29.7	4.68	15.8	40.0	22.5	66100	23.2
5 2						41.8	4.94	11.8	50.5	33.0	53500	25.0
5 3						38.4	9.62	25.1	54.5	25.5	62900	25.8
5 4						42.1	10.8	25.7	57.5	23.0	60900	23.5
5 5						31.9	4.12	12.9	39.0	25.0	67300	24.6
5 6						41.2	9.76	23.7	54.0	27.5	61200	23.1
5 7						47.1	19.3	41.0	85.0	29.0	75900	27.7
5 8						50.8	9.51	18.7	63.0	34.5	61300	25.6
5 9						44.0	15.1	34.4	79.5	25.5	61900	27.9
6 0						37.5	7.09	18.9	49.5	31.0	63400	
6 1						54.2	13.7	25.3	82.5	40.5	71200	32.1
6 2						40.2	6.49	16.1	51.5	32.0	67700	24.2
6 3						37.8	6.39	16.9	49.0	29.5	74200	25.3
6 4						44.0	9.16	20.8	58.0	34.0	73600	25.5
6 5						56.0	8.08	14.4	73.5	45.0	85000	31.5

注1: 打ち込み式では、35%を越えるものが多いので、数値は示していない。

注2: 網掛けは、重ね梁に用いた正角材。

2) 接着重ね梁の製造

選定したスギ材の表面にプレーナ掛けした後、ヤング係数の大きい材が外側になるように3段に組み合わせた。それから、「接着重ね梁の製作に関する手引書(案)」に基づいて、一液型のポリウレタン樹脂接着剤を用いて接着積層した。1週間養生した後、クリープ試験に供した。そして、接着重ね梁の端部より切りだしたブロックを用いて全乾法によって含水率を測定した。表1-2は用意した試験体で、Noのうち初めの2文字は目標含水率を、3桁目は試験体番号を表している。なお、201は目標含水率をはずれており、むしろ、25%のグループに入る。

表1-1の平均値を高周波式と比較してみると、ほぼ高周波型で含水率の推定が可能であることがわかる。

表1-2 重ね梁製作時の含水率

重ね梁の 供試体No	初期設定含 水率(%)	全乾法による含水率(%)			高周波式水分計(%)	
		全体	外表面	内部	水分測定用	重ね梁
151	15	18.4	16.6	18.8	n=6 15.8	n=18 19.3
152		19.0	—	—	—	—
201	20	34.8	27.3	39.4	27.8	29.5
202		22.0	—	—	—	—
251	25	29.2	23.8	32.0	25.5	29.4
252		38.6	28.0	45.1	27.4	31.9

注1) 全乾法の全体は2個の平均値、外表面は重ね梁の外側1.5~2cm程度。内部はその残り部。

注2) 高周波式の含水率は、水分測定用は長さ30cmで全乾法のすぐ隣で、n=6の平均値、重ね梁は、スギ正角材の測定位置と同じでn=18の平均値。

1. 3 試験方法

試験方法を図1-1と写真1に示した。曲げクリープ試験はスパンを360 cmとし、荷重は5等分点4点荷重方式とし、積載荷重は合計で1260 kgである。荷重は32 mm径の鋼棒でかけ、釣り下げ式で、2支点到同時荷重とした。

想定した荷重荷重条件は床梁で、以下のようである。

固定荷重	65	kg/m ²
積載荷重	130	kg/m ²
合計	195	kg/m ²

$195 \text{ kg/m}^2 \times 1.8 \text{ m (負担幅)} \times 3.6 \text{ m (スパン)} = 1264 \text{ kg}$
である。変位の測定はスパン中央1点とし、ダイヤルゲージを用いた。

クリープ試験は温湿度のコントロールのない部屋で行った。なお、重ね梁の含水率変化をモニターするために、製造した重ね梁の端部から長さ約20 cmのブロックを切りだした。このブロックの木口面をアルミフイルドでシールし、クリープ試験体の脇に置いて、この重量を計ることにより、含水率の推移をモニターした。

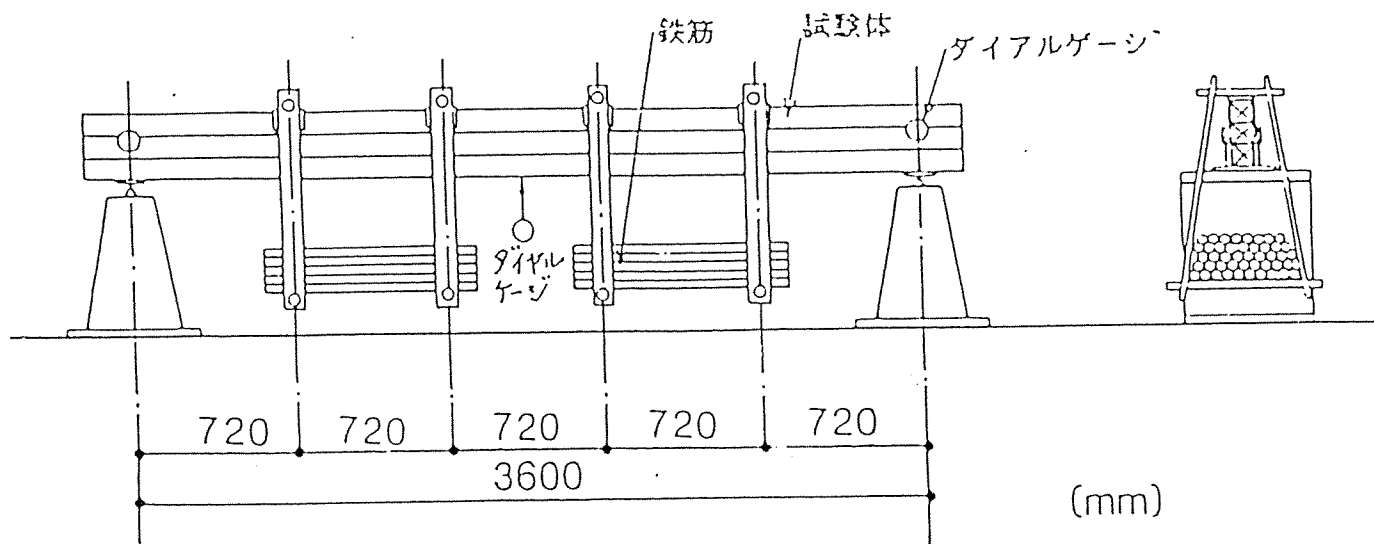


図1-1 曲げクリープ試験

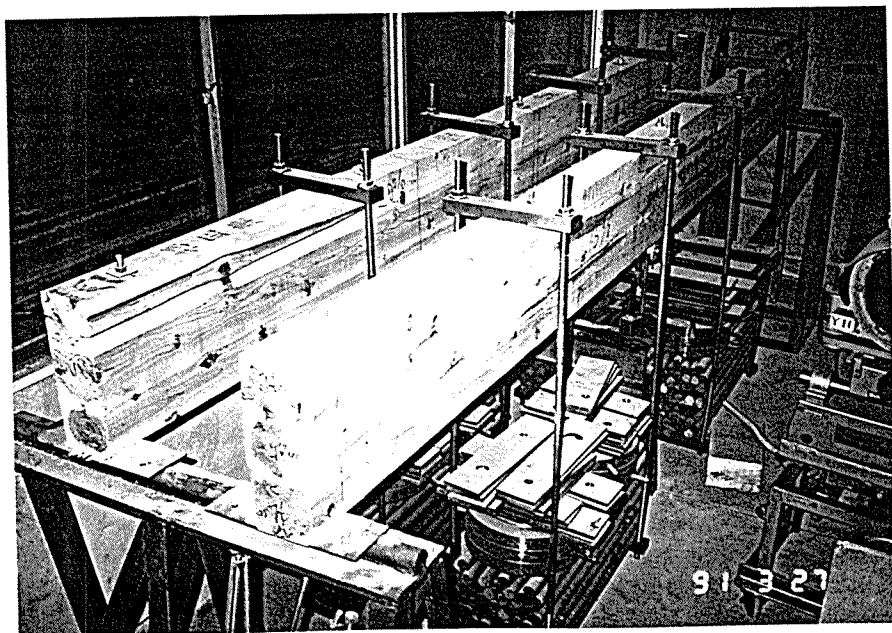


写真1-1 クリープ試験の様子

1. 4 結果と考察

1) クリープたわみ

試験は継続中であるが、図1-2に载荷後約1年の時間とクリープたわみの関係を含水率の変化とともに示した。含水率はモニター用ブロックで求めた値である。図1-3と1-4は6対を一枚の図に表したもので、前者の含水率はモニター試験体により、後者は高周波型による。

表1-3には100日目のクリープたわみの瞬間たわみに対する比を示した。傾向として、含水率の高い試験体は比率が0.8-0.9で、含水率の低い試験体で0.7程度である。

建築学会の木構造設計規準では、梁の所要剛性として、 $l/300$ または2cm以内と定められているが。そうすると、No.251と252は100日ですでに $l/300$ を越えており、建築用の梁としては問題となろう。ただし、本実験の設計荷重は、積載荷重として、やや大きすぎたかも知れない。

表1-3 初期たわみに対する100日目のクリープたわみの比率

供試体No.	全乾法の初期含水率	初期たわみ δ_0 (mm)	100日たわみ δ_{100} (mm)	比率 δ_{100}/δ_0
151	18.4	5.10	4.54	0.890
152	19.0	6.00	4.66	0.777
201	34.8	5.97	4.43	0.742
202	22.0	5.42	3.98	0.734
251	29.2	7.06	5.88	0.833
252	38.6	6.80	6.12	0.901

注) δ_0 : 初期(瞬間)たわみ δ_{100} : 100日目のクリープたわみ

2) クリープ曲線の実験式およびこれを用いた10年後のクリープたわみ

木質材料のクリープ曲線の実験式は、一般に t^N 則や $\log t$ 則で近似されるが、長時間のクリープに対しては、 t^N 則の方が適合性が良いと言われている。すなわち、

$$\delta_c(t) = A \cdot t^N \quad \dots \dots (1)$$

ここで $\delta_c(t)$: クリープたわみ

A、N : 定数

また、全たわみを $\delta(t)$ とすれば、

$$\delta(t) = \delta_0 + \delta_c(t) \quad \dots \dots (2)$$

δ_0 : 瞬間たわみ

これらを相対クリープで表せば、

$$\delta(t) / \delta_0 = 1 + A / \delta_0 \cdot t^N \quad \dots \dots (3)$$

以上の式を用いて両対数にとったのが図1-5で、その結果を表1-4に示した。この表はクリープ試験開始から400日までのデータを用いて10年後のクリープたわみを推定したものである。これを眺めると、10年後のクリープたわみの瞬間たわみに対する比は初期含水率が比較的低いものは2-5であるのに対して、含水率の高いものでは8倍を越え、実用上問題がある。乾燥材を用いたボックスビームでは2-2.5程度の値に納まっており、これに比べると4-5倍と言うのも大きすぎる。

この原因としては、含水率変動下の変形 (Mechano-sorptive変形) が考えられる。これは、木材や木質材料がクリープ荷重を受けながら、水分が変動する場合、クリープたわみが定常状態にくらべると極端に大きくなる現象である。今回の実験では、乾燥材と言ってもスギ材内部にはかなりの水分が残っており、これが外周部に移動して、水分の非定常状態を形成したと考えられる。

ただし、Mechano-sorptive変形は長期間続く訳ではなく、含水率が平衡に達した時点からは、先のボックスビームと同様のクリープ挙動を示す。図でスギの含水率の低下の様子を見ると、載荷後3000時間までが大きく、その後は、20%に落ち着き、極めてゆるやかに低下している。そこで、載荷3000時間以降のデータに(1) - (3)式を適用し、推定したクリープたわみに3000時間の時のたわみを加えることによって、10年後のクリープたわみを求めてみた。こうすれば、非定常と定常とを区別した推定が可能となる。これを図式化したのが図1-6で、結果を表1-5に示した。先ほどの値よりかなり低くなり、初期含水率が20%以下ならば、10年後のクリープたわみの瞬間たわみに対する比は2-3に納まり、ボックスビームの値とほぼ同じになる。しかし、含水率が20%以上では、やはり実用上問題がある。

現実問題として、平角では含水率の高い材を梁として使っているわけであるから、実用上どの程度のクリープたわみならば問題とならないのかを改めて確認することも必要であろう。

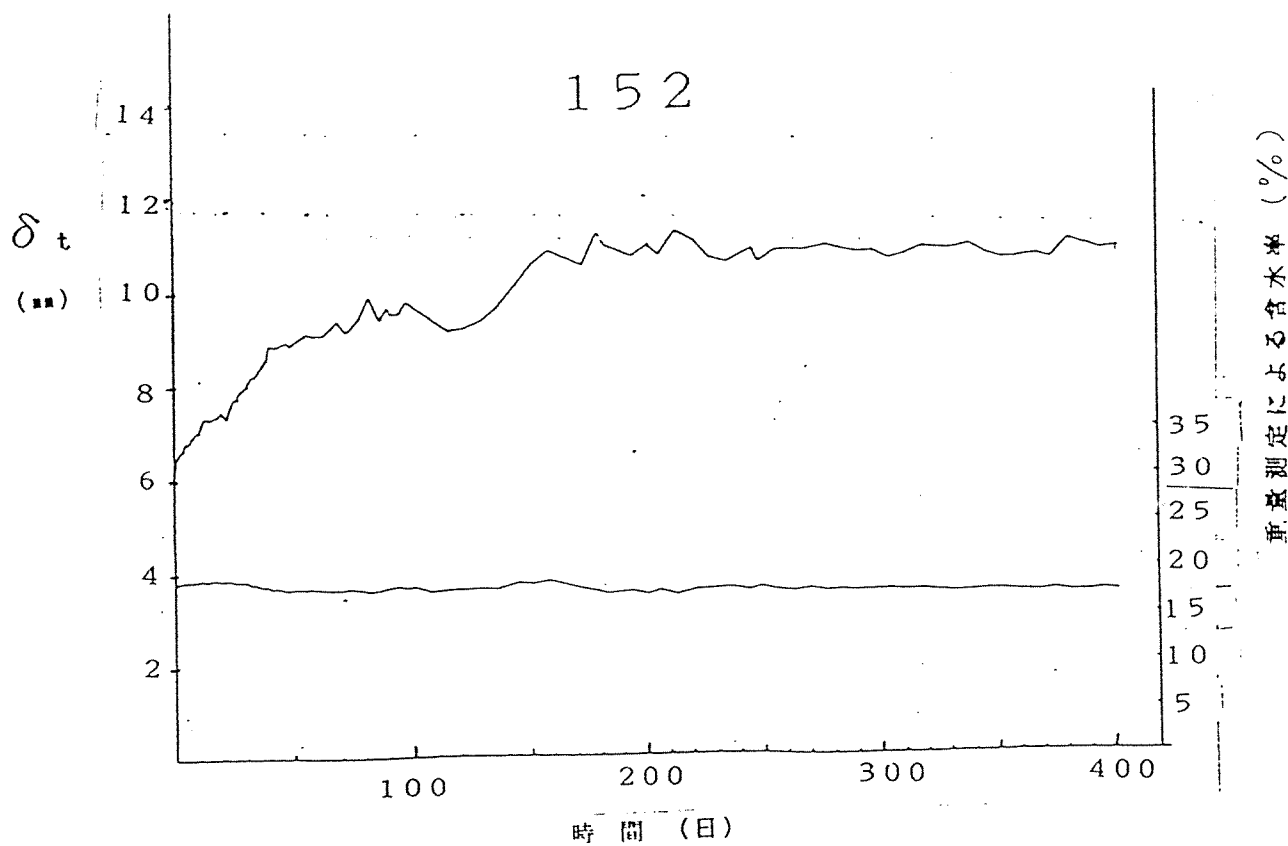
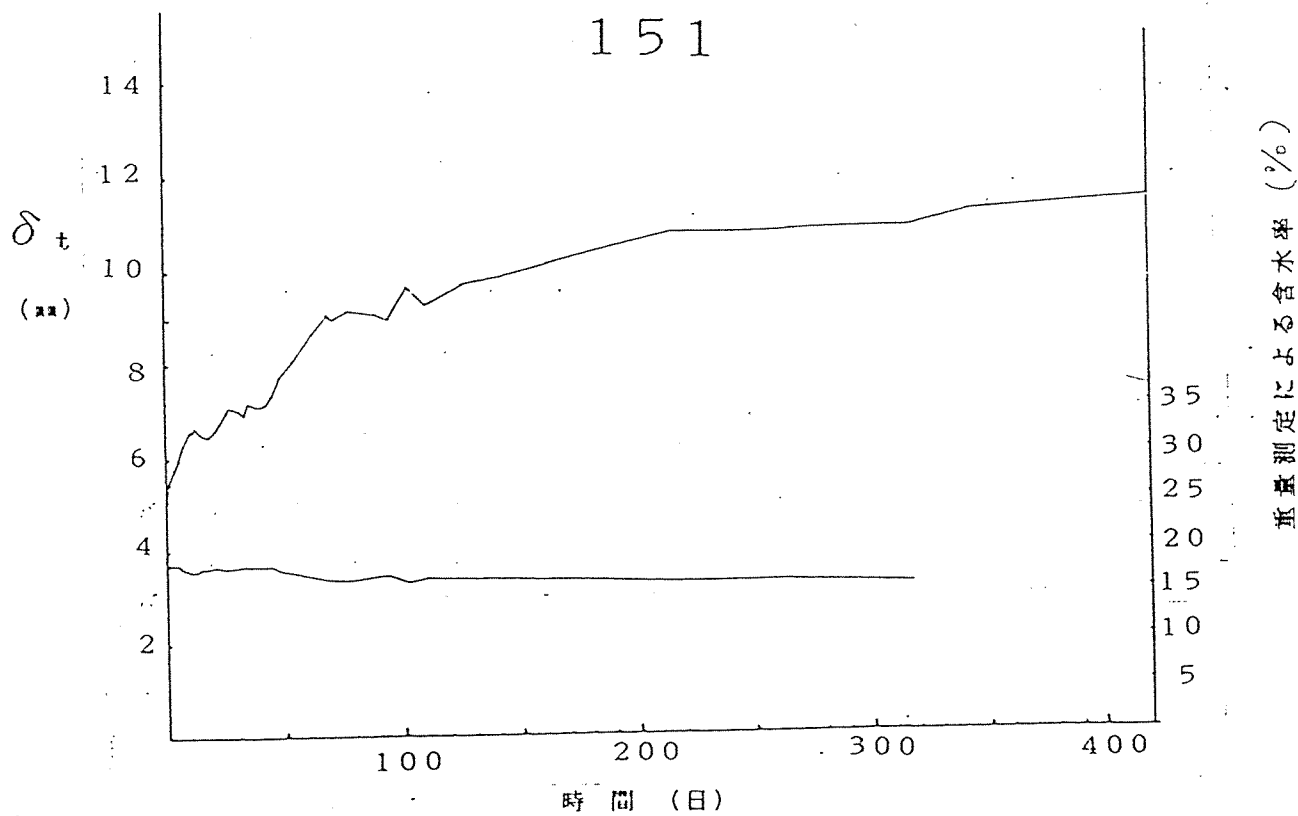


図1-2 スギ接着重ね梁の曲げクリープたわみと含水率
(モニター試験体)の推移

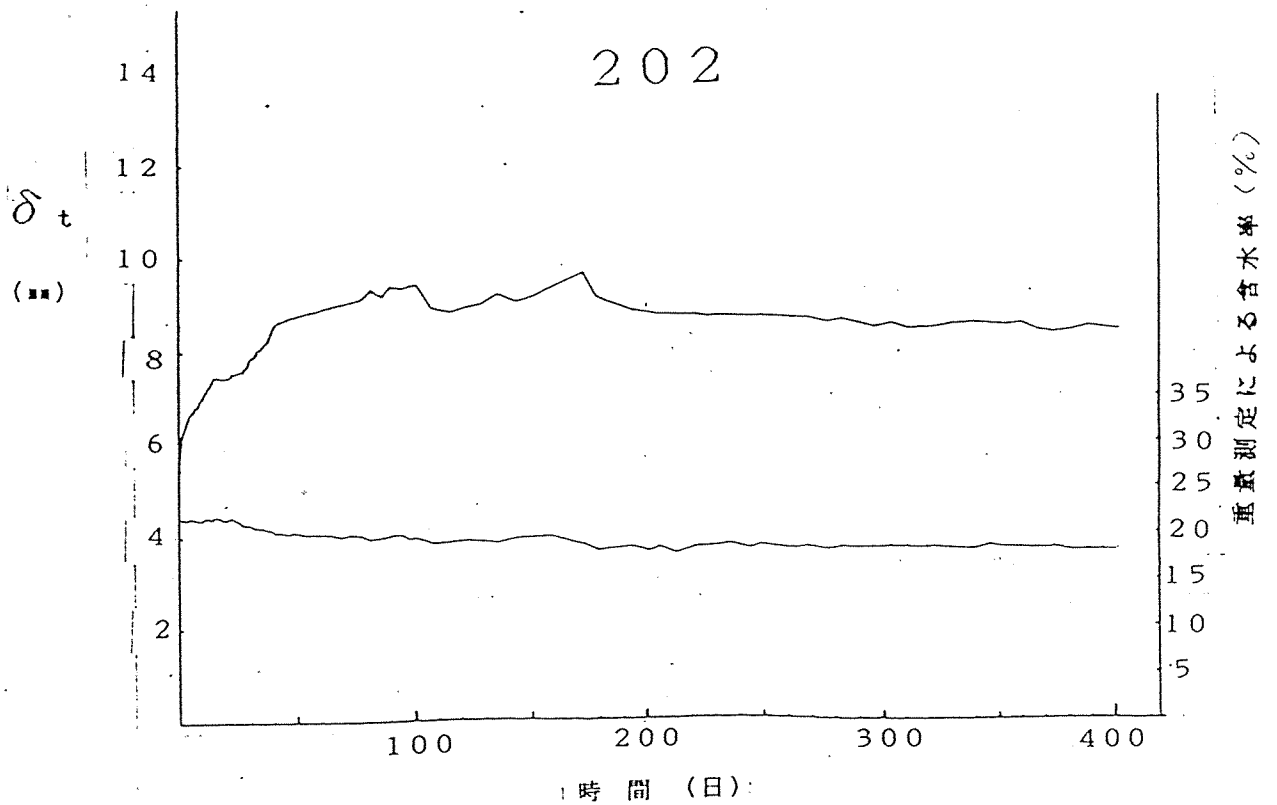
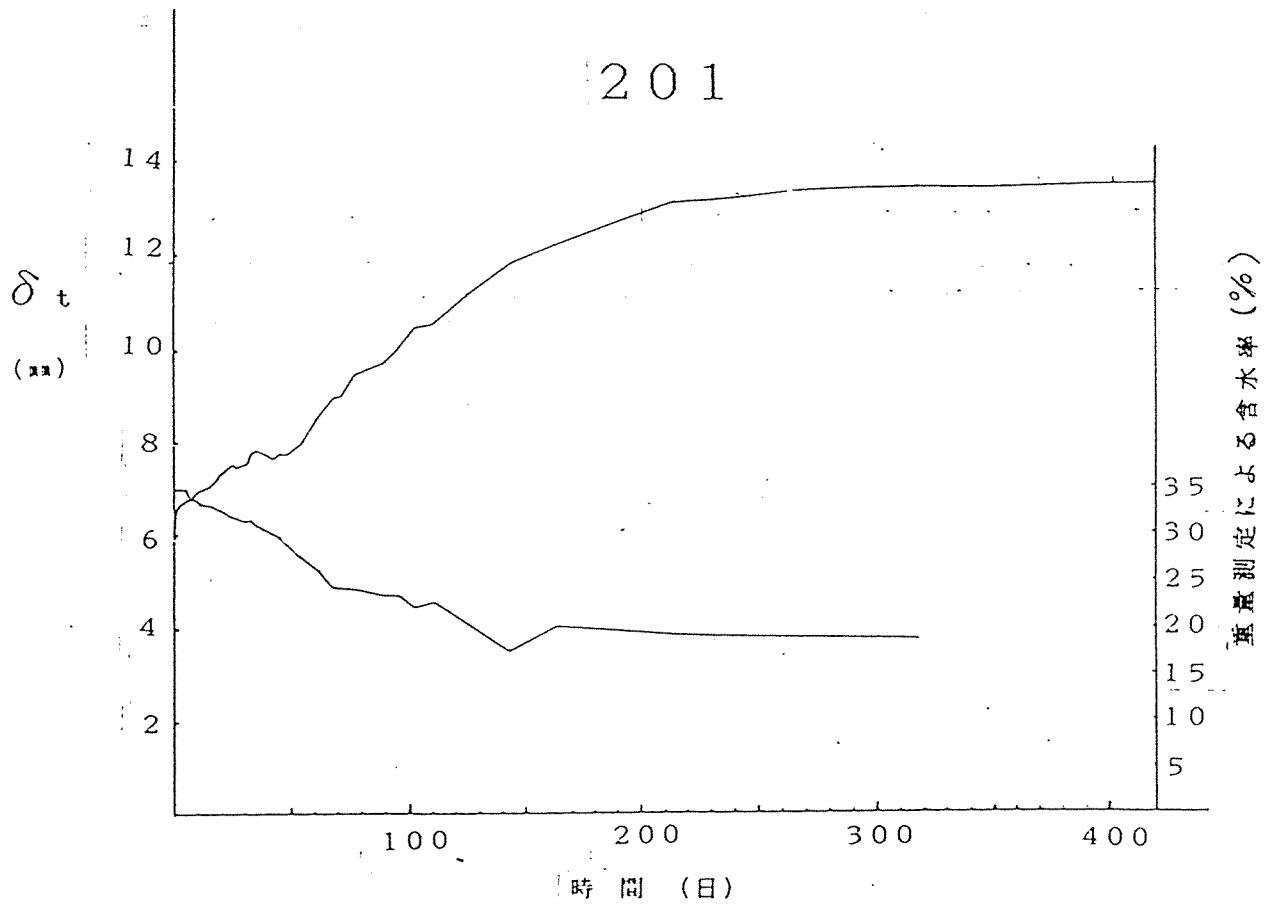


図1-2 スギ接着重ね梁の曲げクリープたわみと含水率
(モニター試験体)の推移

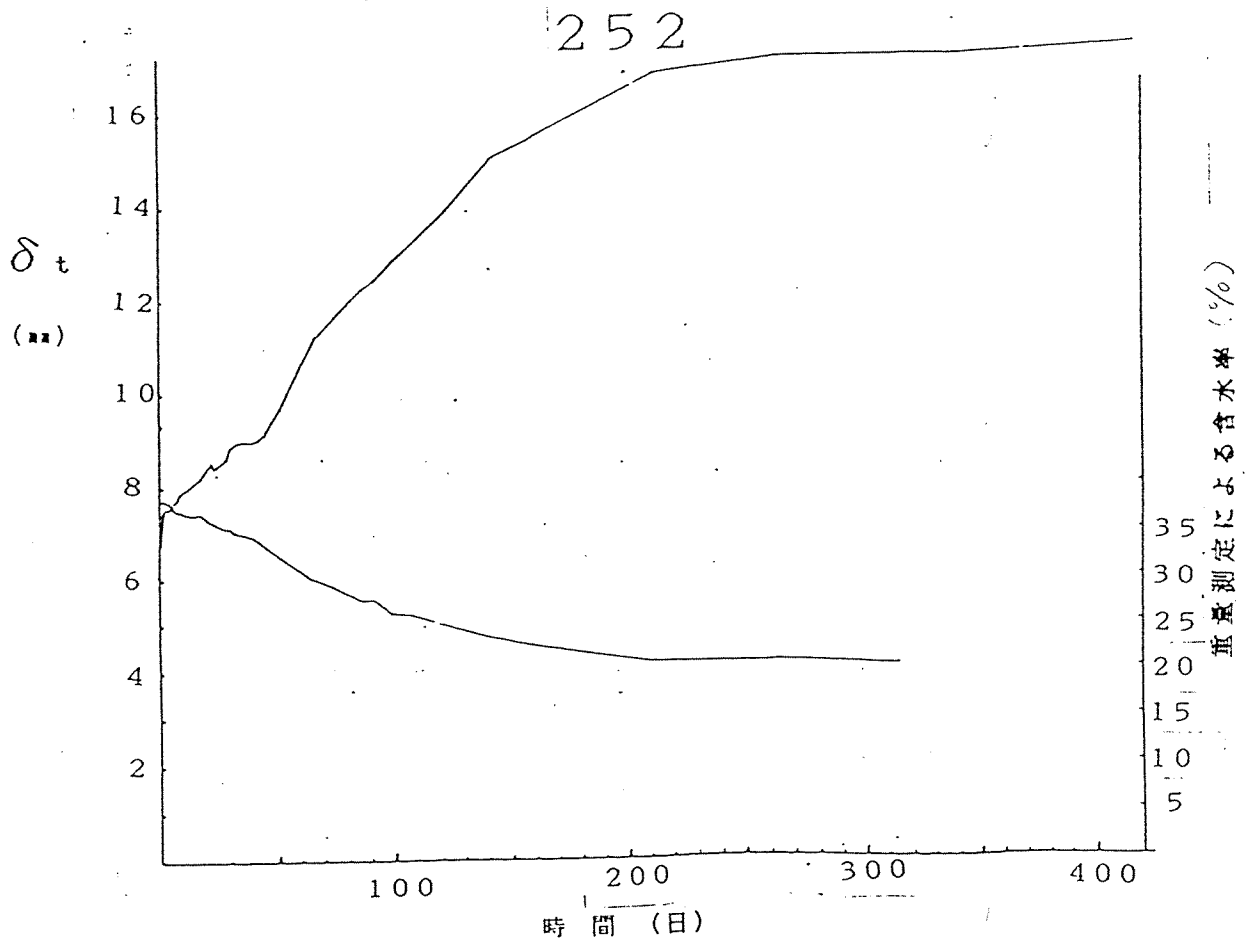
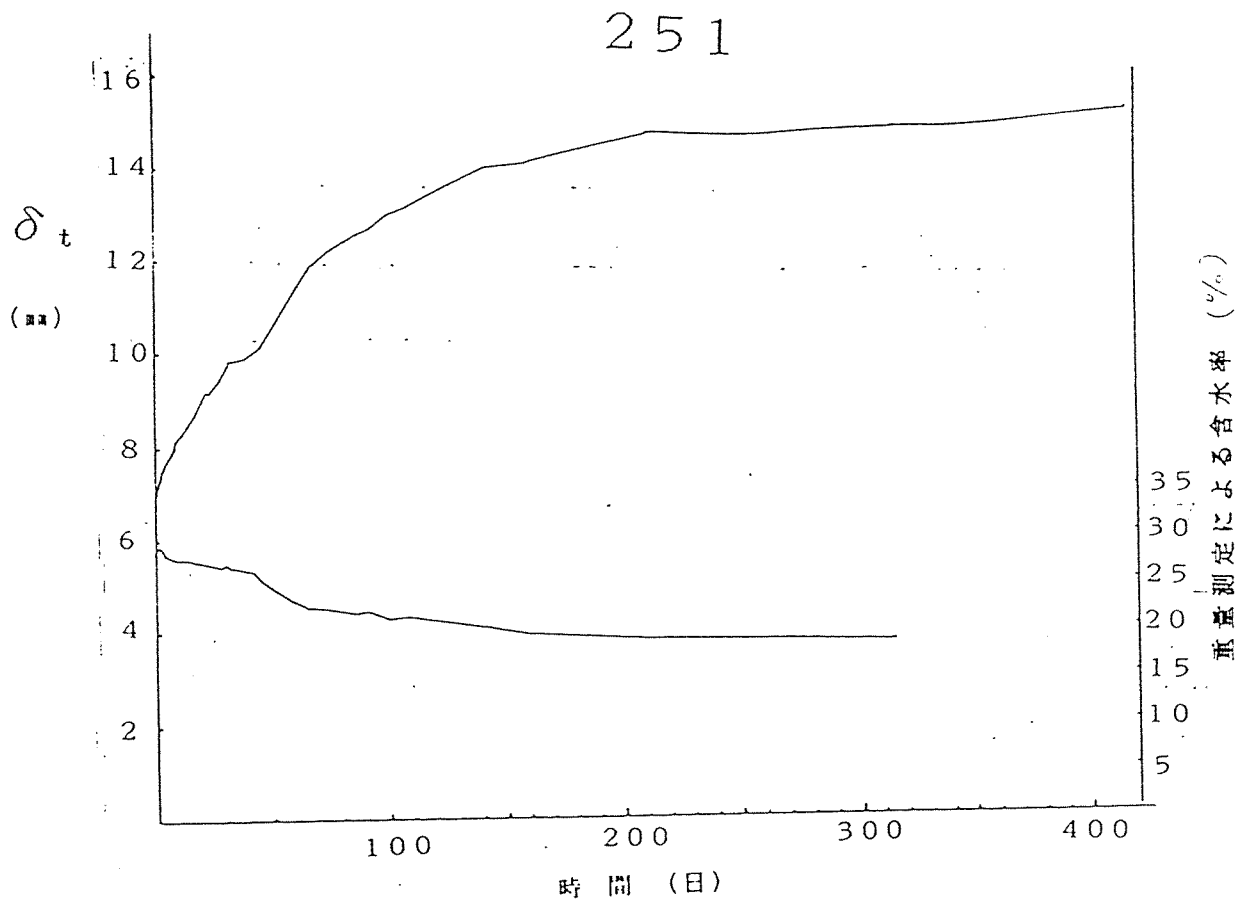


図1-2 スギ接着重ね梁の曲げクリープたわみと含水率

(モニター試験体)の推移

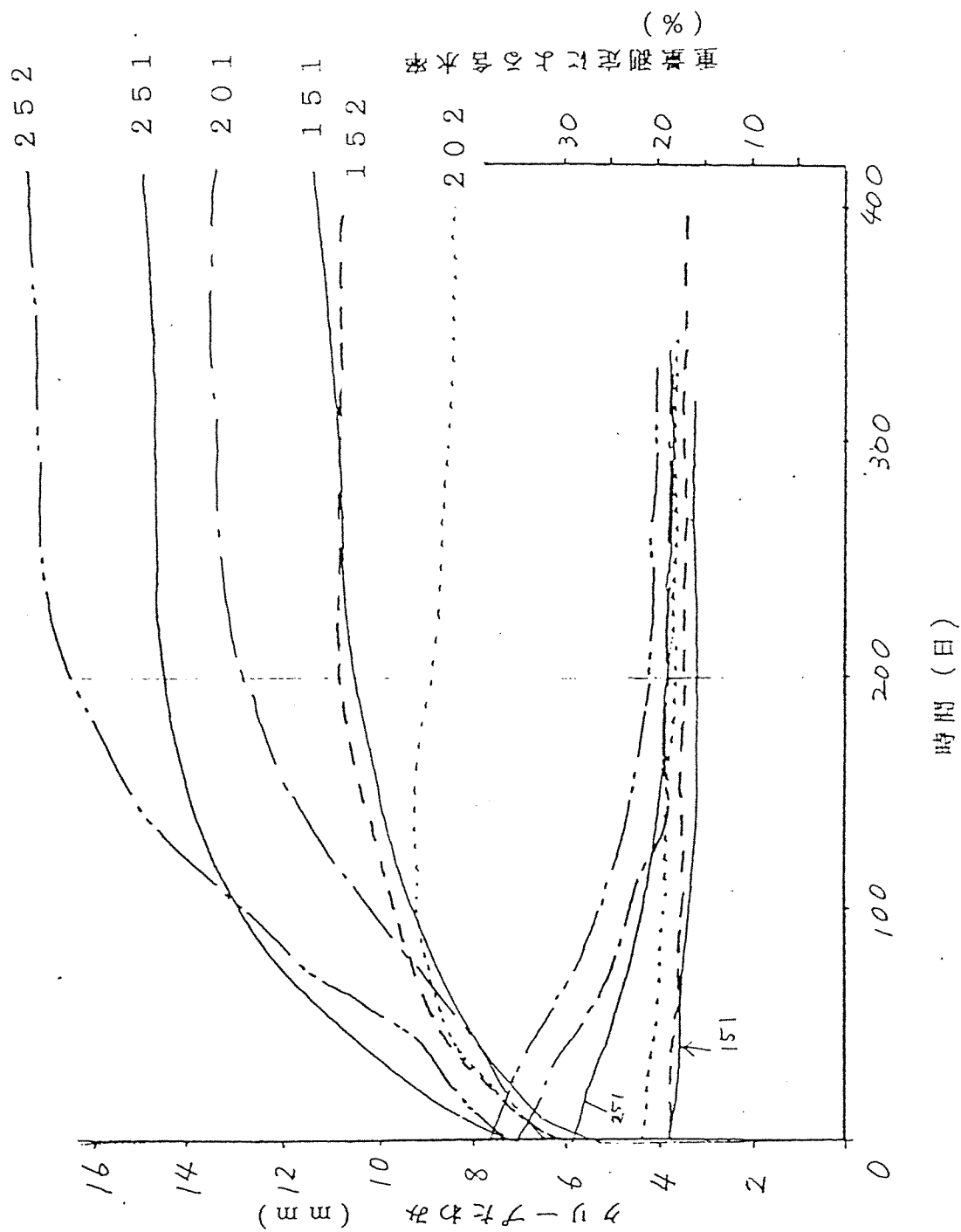


図1-3 時間とクリーブたわみおよび含水率 (重量測定法)
 (註) 試験体記号
 初めの2桁 --- 試験体選別時の推定平均含水率
 3桁目 - - - 試験N°.

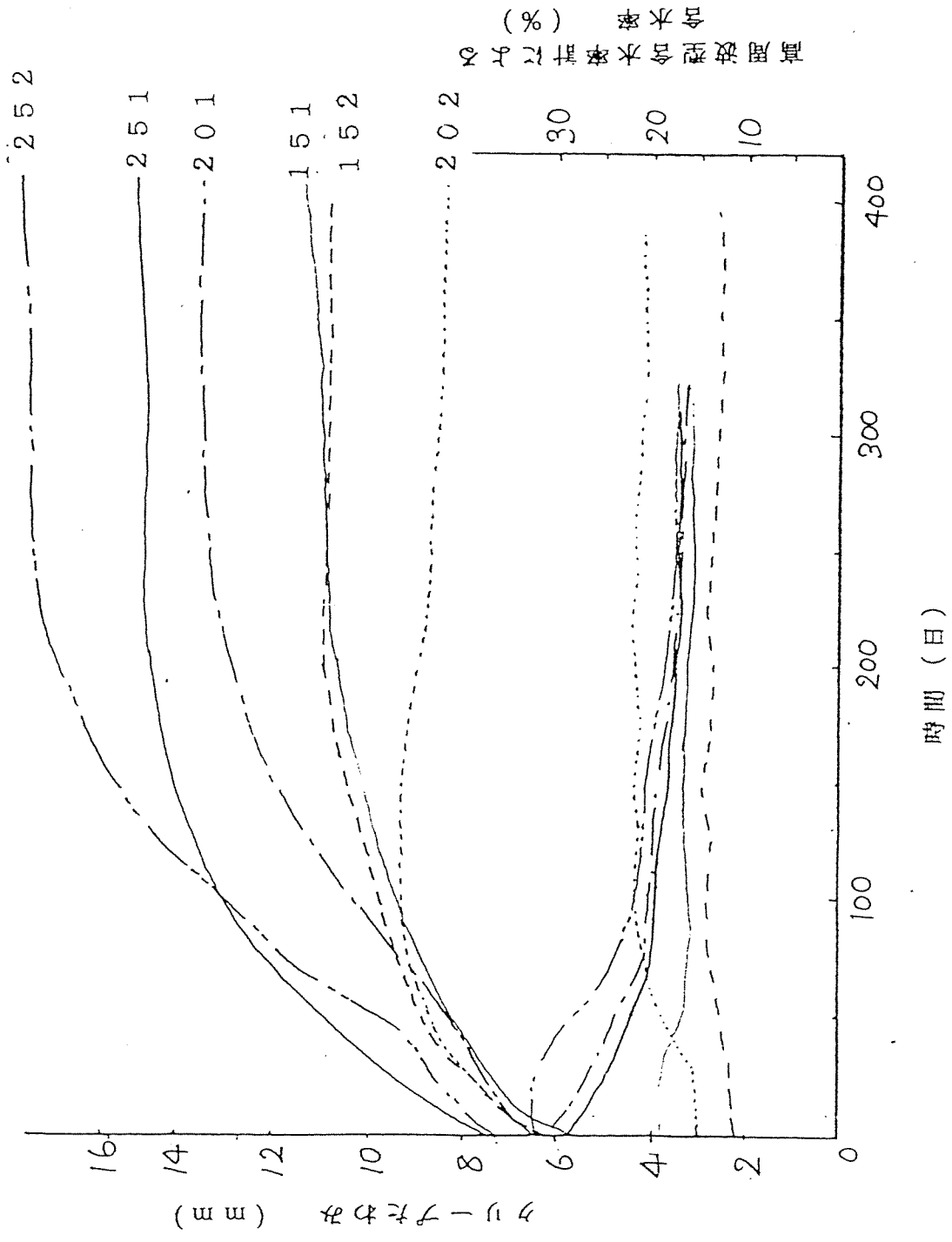


図1-4 時間とクリーフトおみおよび含水率 (高周波型含水率計による測定法)
 (註) 試験体記号
 初めの2桁 --- 試験体選別時の推定平均含水率
 3桁目 試験No.

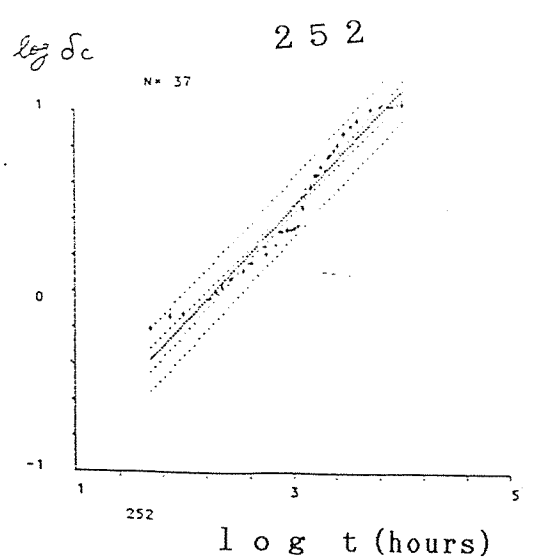
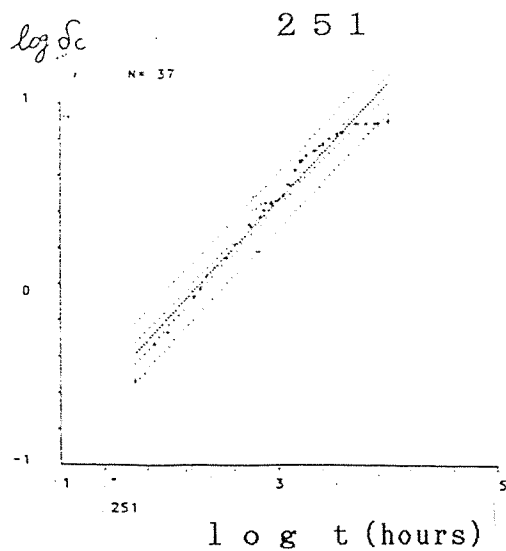
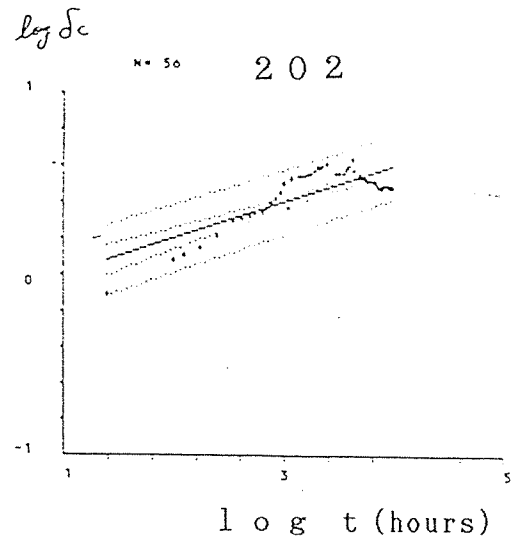
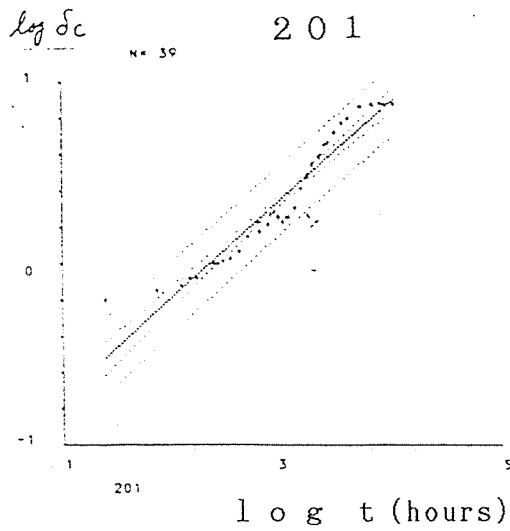
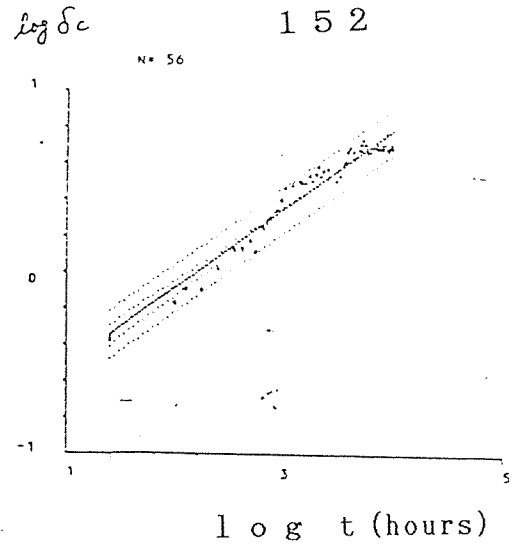
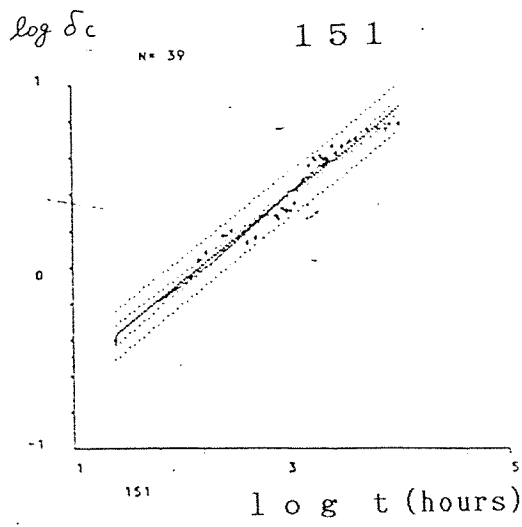


図1-5 時間とはりのクリープたわみの関係 (両対数)

表1-4 スギ接着重ね梁における10年後の推定クリープたわみと
クリープ関数

供試体No.	初期含水率 (%)	A	N	δ_0 (mm)	$\delta_{10年}$ (mm)	$\delta_{10年}/\delta_0$
151	18.4	0.0908	0.4790	5.10	26.26	5.15
152	19.0	0.1103	0.4347	6.00	21.48	3.58
201	34.8	0.0531	0.5431	5.97	31.65	5.30
202	22.0	0.6240	0.1996	5.42	11.47	2.12
251	29.2	0.0336	0.6456	7.06	59.27	8.40
252	38.6	0.0342	0.6447	6.80	59.34	8.73

$$\delta_{10年} = \delta_0 + A \times 87600^N$$

表1-5 スギ接着重ね梁における10年後の推定クリープたわみと
クリープ関数

(載荷後3000時間以降のクリープたわみを基準とした推定)

供試体No.	初期含水率 (%)	A	N	δ_0 (mm)	$\delta_{3000時間}$ (mm)	$\delta_{10年}$ (mm)	$\delta_{10年}/\delta_0$
151	18.4	0.7369	0.2320	5.10	4.60	15.43	3.03
152	19.0	0.8320	0.1981	6.00	3.21	13.93	2.32
201	34.8	0.5560	0.2904	5.97	5.23	21.12	3.54
251	29.2	1.9570	0.1538	7.06	6.43	18.33	2.60
252	38.6	0.8460	0.2813	6.80	7.53	27.58	4.06

$$\delta_{10年} = \delta_{3000時間} + A \cdot (87600 - 3000)^N$$

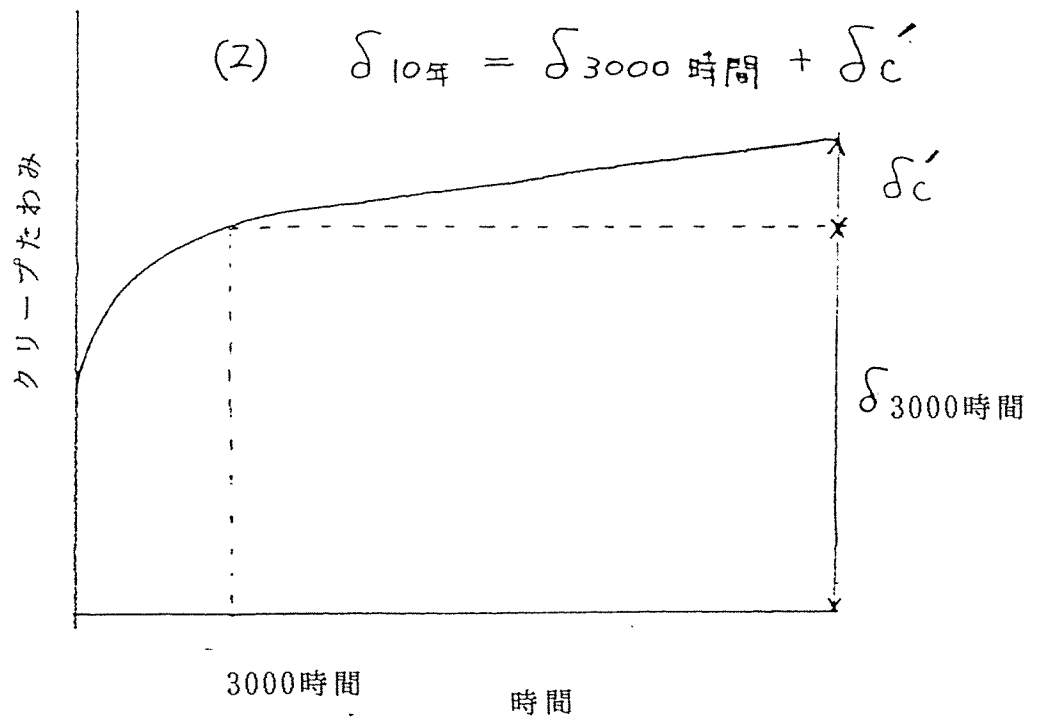
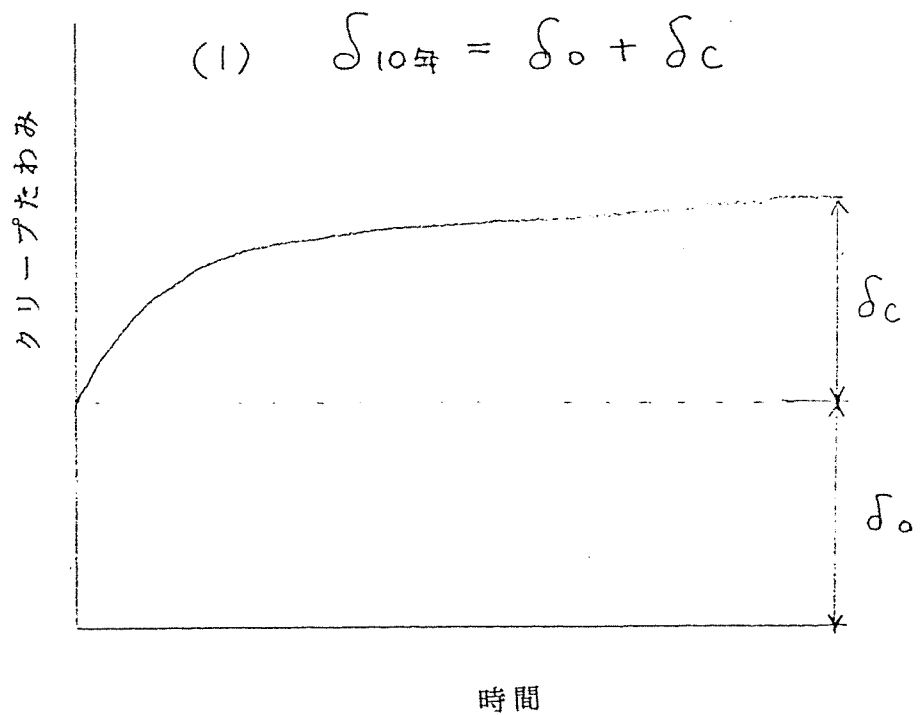


図1-6 2種類のクリープたわみ推定法

3) 高周波型含水率計による含水率の測定値と全乾法による測定値の比較

高周波型含水率計による含水率の測定値と全乾法による測定値の相関関係を図1-7に示した。これを見ると、含水率が18%以下の乾いた状態では、両者の相関は比較的良いが、それ以上になると、ばらつきが出ている。全乾法も、モニター試験体なので、スギ試験体の含水率を正確に表しているわけではないが、気乾状態で、両者の測定値がほぼ同じということは、モニター試験体がスギ材の含水率を代表していると考えて差し支えない。従って、含水率の高い所での変動は高周波型の測定値のばらつきと考えられる。実際に、含水率計を材に押し付ける際の圧力や、位置（赤身か白太か）で測定値のばらつきが生じる。

現場では高周波型含水率計は非常に便利なので、今後ますます利用されていくだろうが、その際には、予め全乾法との相関を捉えておき、含水率の適用範囲を念頭に置くことと、一定の測定方式（たとえば押し付ける圧力など）を守ることが肝要である。

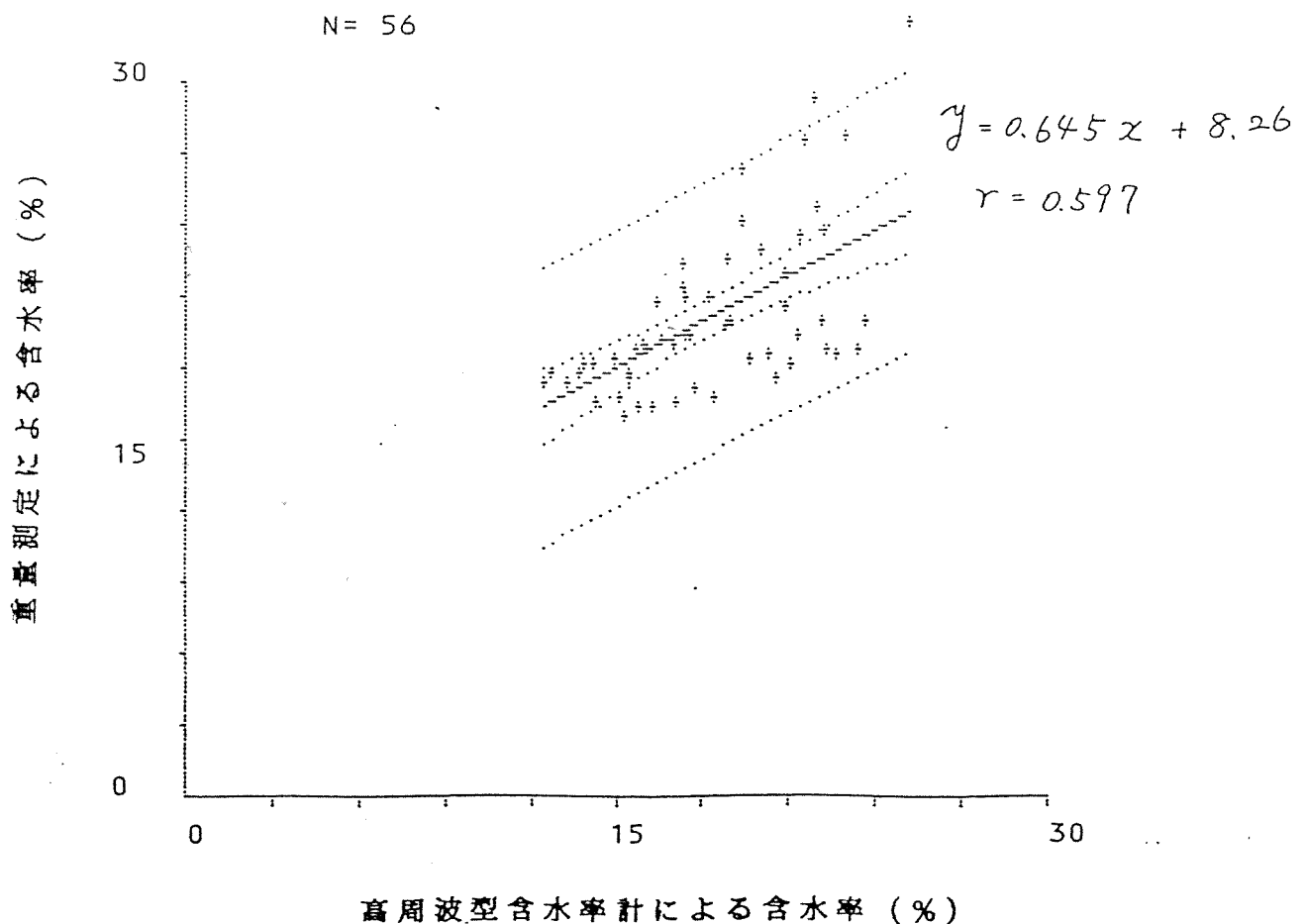


図1-7

高周波型含水率計による含水率と重量測定による含水率の関係

1. 5 まとめ

設計荷重を載荷したスギ接着重ね梁のクリープ限度内の曲げクリープ試験を行った結果、次のことが結論として得られた。

- 1) スギ接着重ね梁のクリープたわみは初期含水率に大きく影響される。
- 2) 初期含水率が20%以上と以下とで、載荷約3000時間までの、クリープたわみ速度に差が見られるが、その後は顕著な差はない。
- 3) 完全に気乾状態に達していない重ね梁の、10年後のクリープたわみを、載荷1年のデータから $t-N$ 則で推定すると、載荷初期(3000時間程度)の影響が強くて、クリープたわみを過大評価する恐れがある。
- 4) スギの含水率の低下は、載荷後3000時間までが大きく、その後は20%程度に落ち着き、極めてゆるやかに低下していく。このことは、2)と符合する。
- 5) 1-4の点を考慮すると、載荷3000時間以降のクリープたわみを基準にした推定が実用上適当と考えられる。すなわち、載荷3000時間におけるクリープたわみをスタートとして、10年ごとのクリープたわみをもとめ、これに3000時間でのたわみを加える方法である。
- 6) 高周波型の含水率計による測定値は全乾法と相関はあるものの、ばらつきが大きい。使用に際しては、予め全乾法との相関を捉えておき、含水率の適用範囲を念頭に置くことと、一定の測定方式(たとえば押し付ける圧力など)を守ることが肝要である。
- 7) スギ接着重ね梁のクリープ試験を総括すると、スギ材の含水率のクリープたわみに及ぼす影響は、含水率15%、15-20%、20%以上の3グループに分けられる。そして、実用上は、20%以下に乾燥させた材を用いることが必要である。

2. 接着重ね梁の実態調査

2. 1 部材の合理化を図っている住宅メーカーの例

このメーカーが供給する建物は、在来工法住宅であるが10cm正角材を主たる部材とし、一部にその三割材を使うなど部材合理化を考えた構法である。

梁部材は、接着重ね梁で、胴差し、桁には重ね透し梁を使っている。(図-1及び図-3参照)

接着重ね梁の種類は、図-2に示すように2段重ねから5段重ねまで4種類あり、状況に応じて使い分けることが可能である。(表-1参照)

重ね梁の最大スパンは、4.55m(2間半)までで、5段重ねでもスパン内で柱で支持するような使い方である。樹種はベイマツの乾燥材(含水率16~18%)を用いる。重ね梁の製造は、すべて工場で行われており、当複合梁委員会が作成した製造マニュアルに準拠して行われており、接着剤はポリウレタン樹脂接着剤である。

この住宅構法は、フランチャイズ制を敷いており、各地に部材プレカット工場や接着重ね梁製造工場があるが、今回はその内の1つである九州にある工場を調査した。この工場は元々製材工場であるが、最近この構法の指定加工工場となり、部材のプレカットや接着重ね梁の製造を行っている。

製造工程は、以下のとおりである。

予め、ボルト用の孔が開けられた部材に接着剤を塗布する。接着剤は竹ベラで接着面全体にひろげる。接着剤の塗布が終わると部材を機械にセットして、エアジャッキでプレスする。この状態でボルトを挿入し、ナットで締め付ける。プレスを解除し、機械から取り外して養生のため工場内に堆積する。この機械は、長さ2間半までの梁をプレスできる。1本の重ね梁を製造するのに約5分が必要である。

この住宅工法の場合、例えば、総2階建延べ床面積40坪程度の建物で接着重ね梁を約30本使い、かなり大量に使用する工法であるが、梁の製造能率がいま1つ低く、この点がこの工場の悩みであるということであった。

この工法を用いる接着重ね梁の曲げ性能についてみると表-2のようになる。この表は、荷重条件を固定+積載=195kgf/m²としてたわみを計算したものである。この表から接着重ね梁がきわめて剛性が高いことが判る。

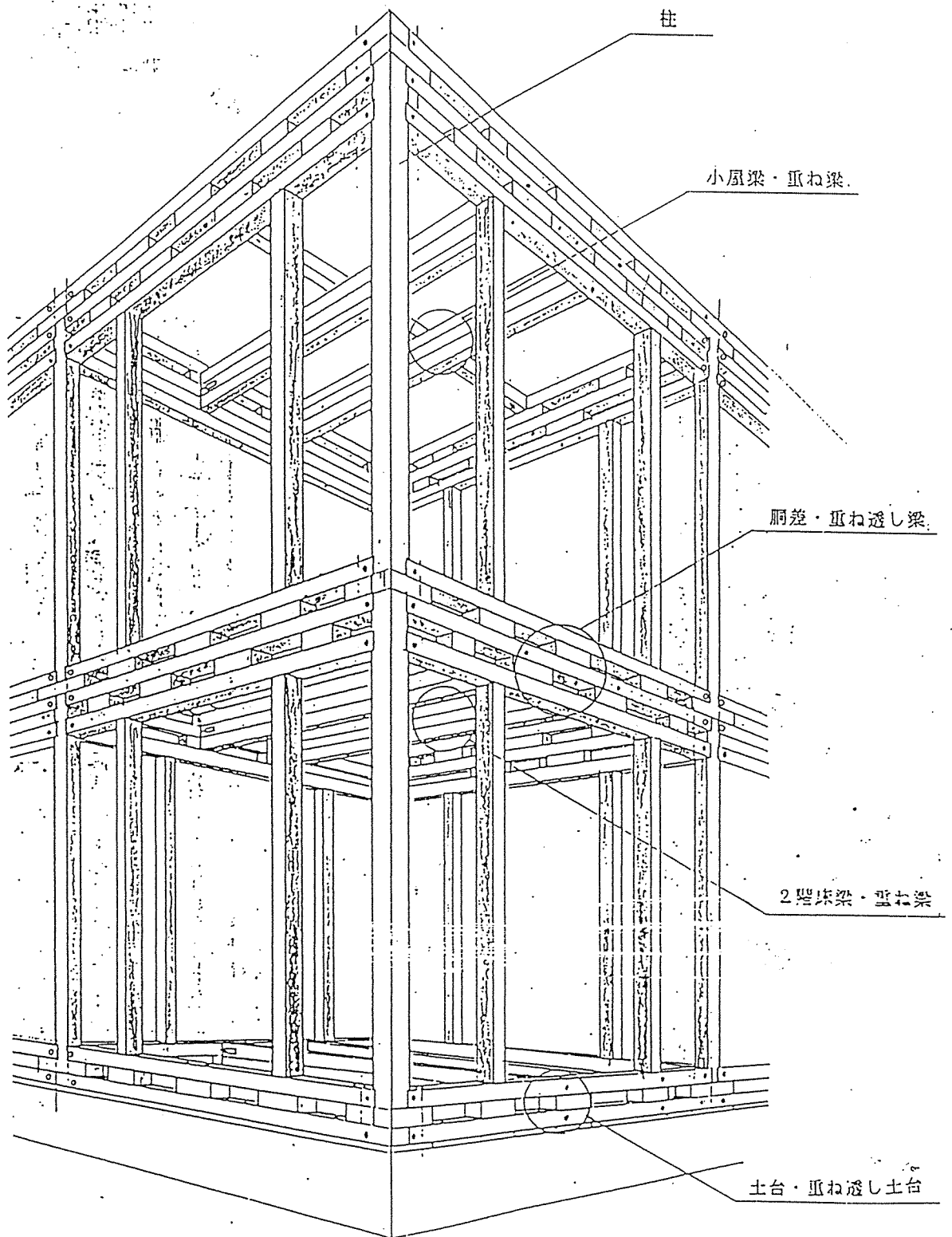


図-1 構造軸組 1階

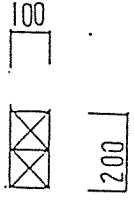
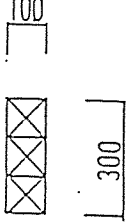
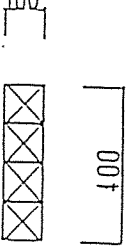
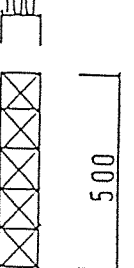
寸法	断面形状
100×200	
100×300	
100×400	
100×500	

図-2 床梁、小梁の断面種類

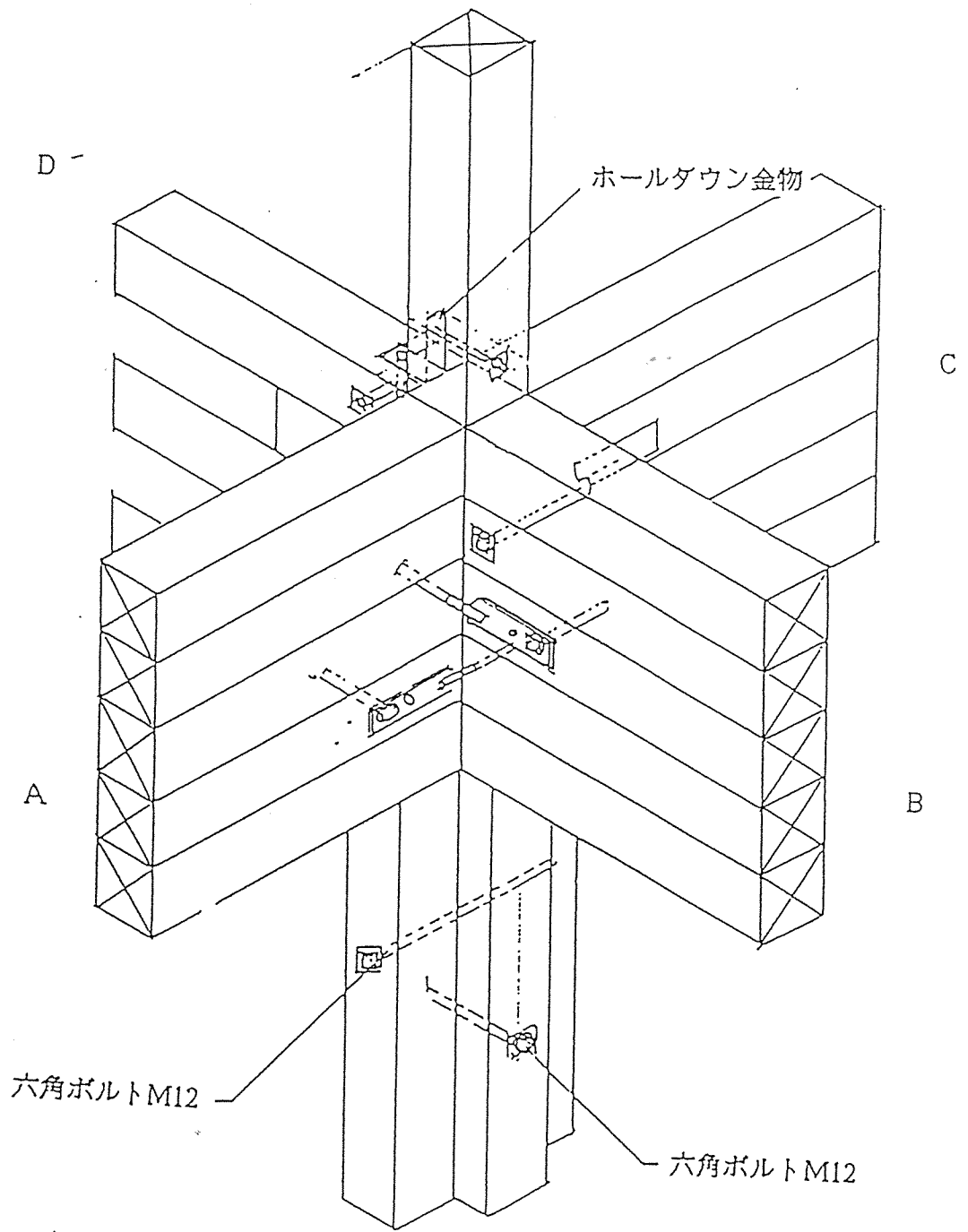


図-3 柱・梁仕口詳細図

表-1 庫ね梁のスペン

(単位: mm)

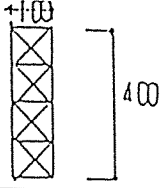
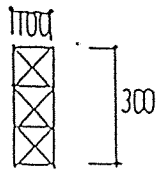
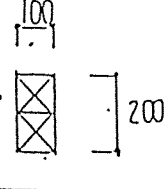
使用箇所	記号	形状	間隔	スペン
床根太 胴差、桁	A		910 1365	4550 4095
床梁 胴差、桁 小屋梁	B		910 1365	3640 2730 2275
床梁 胴差、桁 小屋梁	C		910 1365	2275 1820 1365

表 - 2 接着重ね梁のたわみ

段 数	間 隔 (cm)	ス パ ン (ℓ) (cm)	たわみ (cm)
4	9 1	4 5 5	0 . 1 9 (ℓ / 2390)
4	1 3 6 . 5	4 0 9 . 5	0 . 1 8 (ℓ / 2280)
3	9 1	3 6 4	0 . 1 8 (ℓ / 2020)
3	1 3 6 . 5	2 7 3	0 . 0 8 6 (ℓ / 3170)
2	9 1	2 2 7 . 5	0 . 0 9 3 (ℓ / 2450)
2	1 3 6 . 5	1 8 2	0 . 0 5 7 (ℓ / 3190)

2. 2 熊本県の「郷の匠」での接着重ね梁の例

1) はじめに

「郷の匠」は、熊本県が実施している在来軸組工法で、品質・性能の向上を図り、部材の種類を整理し、工法の合理化を行い、高品質・高性能の木造軸組工法を目指したものである。この工法は建築基準法施行令第40条第3節に適合し、なおかつ、「熊本県地域優良木造住宅建設基準」、住宅金融公庫の「高耐久性木造住宅」「高規格住宅」の仕様に準じている。

この工法で、接着重ね梁を採用している理由は、部材数の整理を行うことにより軸組工法の合理化を図るためで、構造部材を11種類、重ね梁を8種類としている。以下「郷の匠」の設計施行マニュアルより重ね梁の実施状況を述べる。

2) 郷の匠の特徴

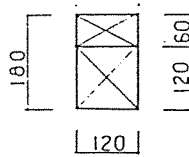
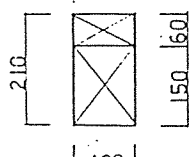
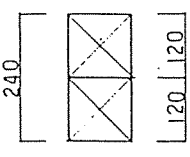
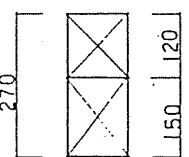
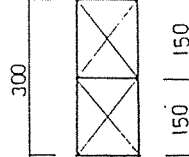
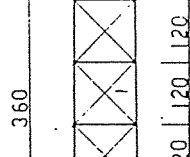
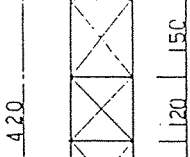
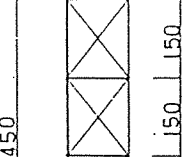
郷の匠では、工法の特徴として、20項目が挙げられているが、ここでは重ね梁と関係しそうな項目について示す。

- ① 構造用部材を11種類、重ね梁8種類に整理した。
 - ・部材の入手を容易にし、架構方法を明快にした。
 - ・梁の種類は単材梁も含め10種類とした。
 - ② 含水率19%以下の乾燥材を用いた。
 - ・建設後の狂いが少なくなり、性能が長期にわたり維持される。
 - ③ 構造要部材は4面プレーナー掛けとした。
 - ・断面寸法のばらつきを少なくした。
 - ④ プレカットによる仕口・継手を採用した。
 - ・加工の機械化により施工の短縮化や加工の均質化が図れる。
 - ⑤ 柱の基本寸法は、120×120mmとした。
 - ・構造強度を増し、構造躯体の耐久性を向上させる。
 - ⑥ 960mm（半間）モジュールを採用した。
 - ・広い空間がとれる。
 - ⑦ 重ね梁を採用した。
 - ・現有する小径木や中径木の有効活用ができ、むく材に置き換えることができる。
 - ・3種類の単材から構成されている。（120×120mm、120×60mm、120×150mm）
 - ・重ね梁の種類は、8種類とし、その他単材を2種類とした。
 - ⑧ 最大スパンは、4.8m（2間半）とした。
 - ・大きい部屋空間が取れる。
 - ⑨ 内部空間の標準高さを1900mm、標準天井高さを2450mmとした。
 - ⑩ 2階床をプラットホーム工法とした。
 - ・胴差し、床根太を床合板で一体化し、床剛性を増した。
- その他、郷の匠の特徴を図-1に示す。

3) 重ね梁の使用部位と種類

重ね梁は、入手しにくいむく材に代わるものであり、当然むく材と同じように使用することができる。断面性能もむく材と同じ断面性能を有しており、使用可能箇所として、主に2階床梁、小屋梁、胴差し、桁などの横架材である。最大スパンは4.8m(2間半)で、梁間隔は1.92mである。図-2に製造可能な重ね梁の種類を示す。

図-2 重ね梁の種類

			
120×180mm	120×210mm	120×240mm	120×270mm
			
120×300mm	120×360mm	120×420mm	120×450mm

4) 重ね梁の製造

重ね梁の製造は、(財)日本住宅・木材技術センター「木造軸組構法等の開発業務報告書・合成梁等の利用開発」、建築学会「木構造計算基準・同解説」および熊本県林業指導所の指導に基づいて製造される。以下に製作方法を示す。

重ね梁の製造方法

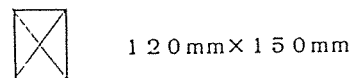
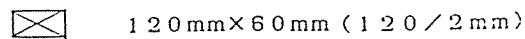
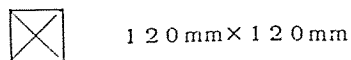
①重ねる段数・・・2段または3段とする。

②使用材料

- ・木材の品質・・・JAS規格の1等以上
- ・芯持ち・・・正角材の両木口に樹芯が含まれること。
- ・繊維傾斜・・・繊維傾斜大きいものは中央部で樹芯が外れるので使用しない。
- ・樹種・・・スギまたはヒノキ、混用はしない。

③構成材

構成する単材の種類は、次の3種類とする。



④構成材の含水率

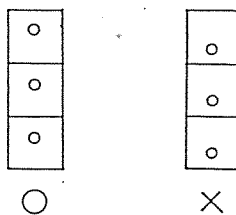
単材の表面含水率は、19%以下とする。

⑤製作場所

品質管理ができる工場生産する。

⑥重ね方

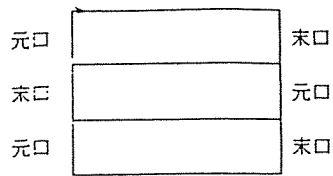
- ・樹芯が中央または、上側にくるように重ねる。



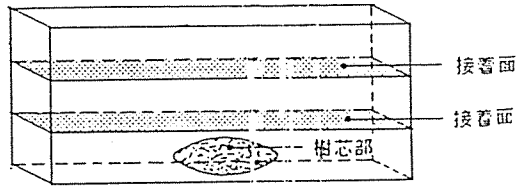
- ・部材の大小は、大きい部材を下層材とする。



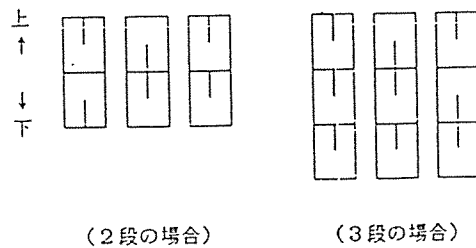
- ・元口と末口は交互に重ねる



- ・樹芯が見える材面は接着面としない。



- ・背割材を用いる場合は、背割の方向は梁背方向と平行になるように重ねる。

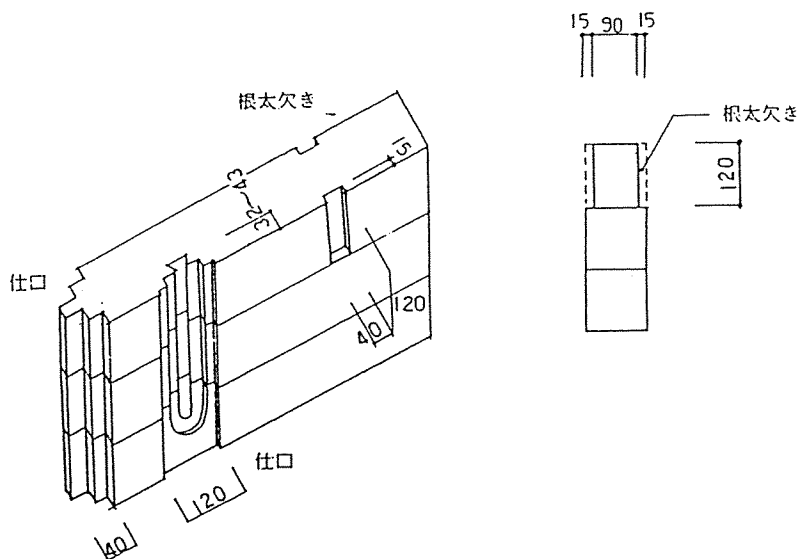


⑦ 接着

- ・使用する接着剤は、レゾルシノール樹脂系とする。
- ・単材の接着面は全面塗布とする。
- ・圧縮は、ターンバックル等の締め具用いて行い、圧力が均一になるよう十分注意する。

⑧ 重ね梁の製作時の加工

- ・切欠きの加工は原則として工場で行う。
- ・仕口・継手の加工は原則としてプレカット機械により加工する。



5) 重ね梁の各部の納まり

熊本県の郷の匠の設計施工マニュアルより、重ね梁と関係するの各部の納まりを次に示す。

- ① 2階床梁
 - ・ 開口部 (2段重ね)
 - ・ 〃 (3段重ね)
 - ・ 連続開口部の仕口継手
 - ・ 開口スパン別2階床梁(重ね梁)の寸法
- ② 胴差し
 - ・ 胴差しと管柱
 - ・ 開口部 (2段重ね)
 - ・ 〃 (3段重ね)
 - ・ 連続開口部の胴差しの仕口継手
 - ・ 開口スパン別胴差しの寸法
- ③ 軒桁
 - ・ 軒桁と柱、小屋梁、頭つなぎの仕口継手
 - ・ 開口部 (2段重ね)
 - ・ 〃 (3段重ね)
 - ・ 連続開口部の仕口継手
 - ・ 開口スパン別軒桁の寸法
- ④ 小屋組
 - ・ 小屋裏収納(居室)
 - ・ 小屋裏根太
- ⑤ マンサード
 - ・ 小屋裏居室(平屋建て)
 - ・ 小屋裏居室(収納)
- ⑥ バルコニー
 - ・ バルコニー(2階床梁持ち出し)

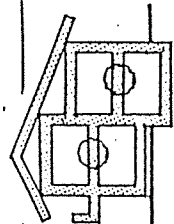
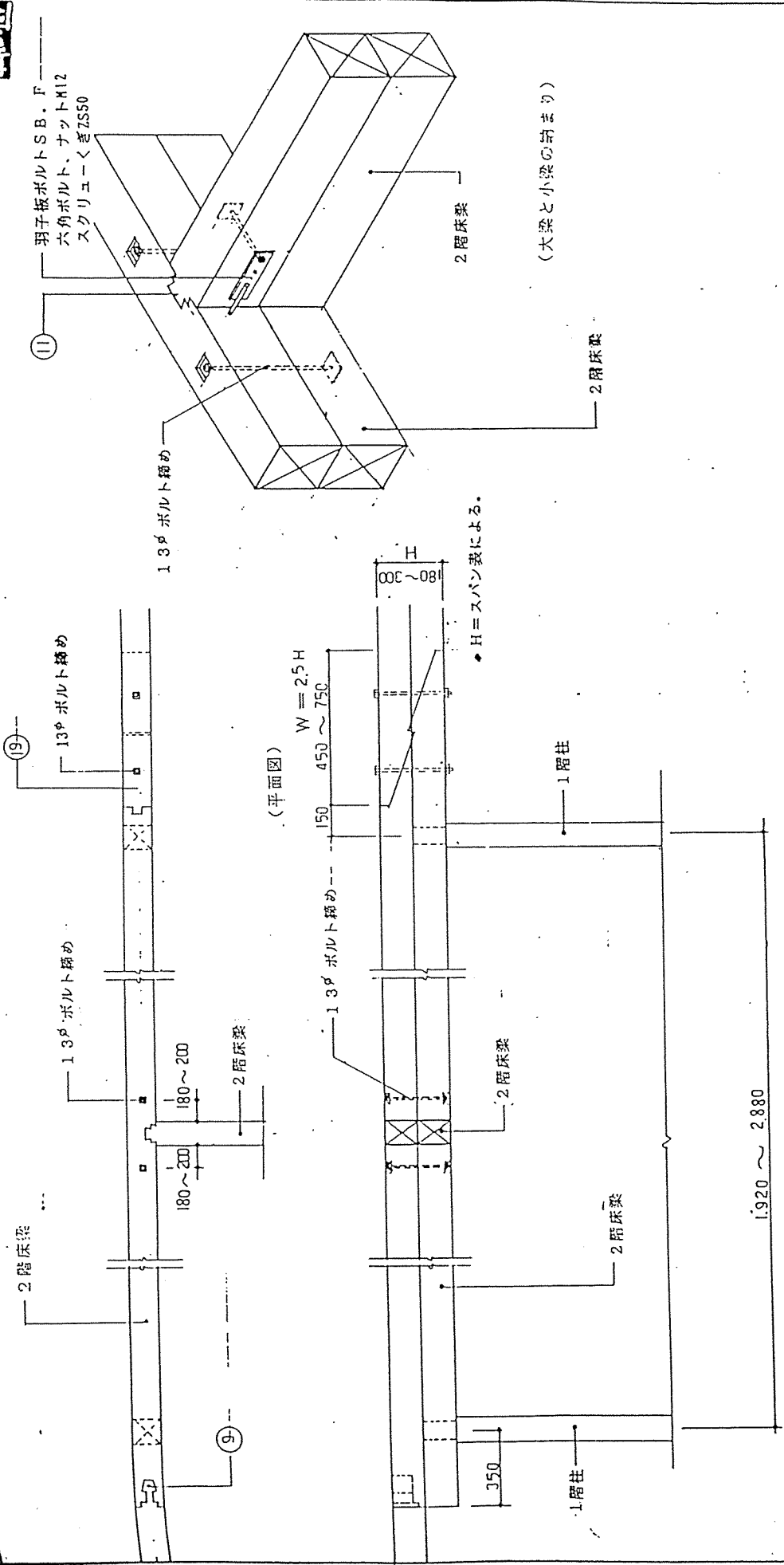
6) 「郷の匠」住宅の建築状況と重ね梁

現在までに建築されている建築棟数は次の102棟である。

①地域工務店	14社	49棟
②熊本県住宅供給公社	15社	18棟
③JR九州建築部	3社	3棟
④その他	2社	2棟
小計		102棟

このうち、接着重ね梁を用いている建物は、合計29棟に達している。内訳は、いえつくり'85のマニュアルで製造したもの（接着剤がポリウレタン樹脂接着剤）が13棟、郷の匠マニュアルによるもの（接着剤がレゾルシノール樹脂接着剤）16棟である。

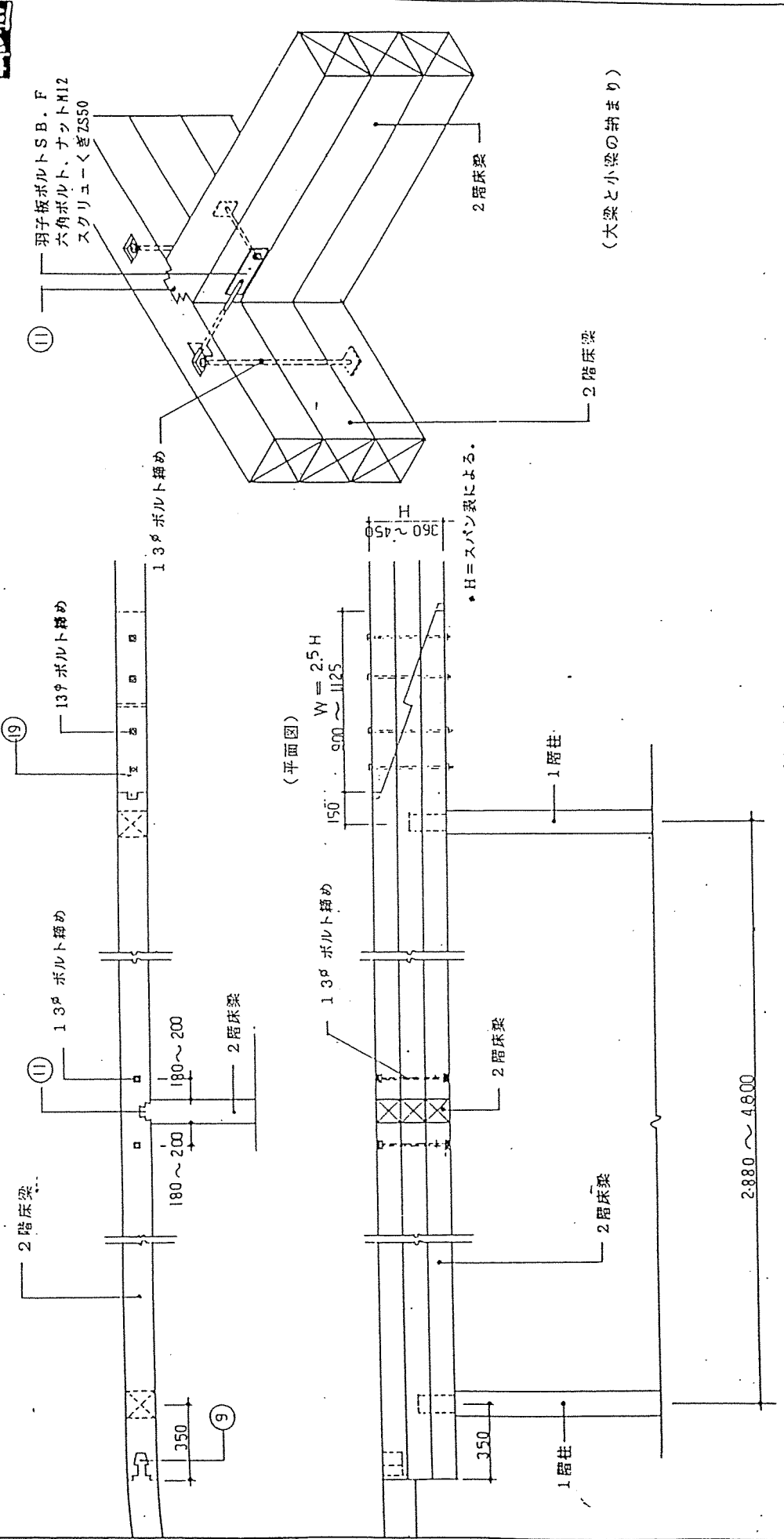
接着重ね梁を製造しているメーカーは、現在のところ1社（天草木材協同組合）だけである。また、1棟に使用される重ね梁の数量は、20～30本でかなり多い数である。製造数の多い梁の種類は、B12×H30×L400cmであり、製造本数の1割については、品質管理試験を行っている。



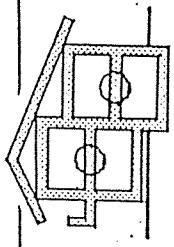
・重ね大梁に重ね小梁が掛かる場合はその両端部をボルト締めとする。
 ・開口寸法は 1,920 ~ 2,880 mm (1間半) までとする。

* ○ 番号はアレット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。

・開口部の納まり (重ね梁3段の場合)



(立面図)



(大梁と小梁の納まり)

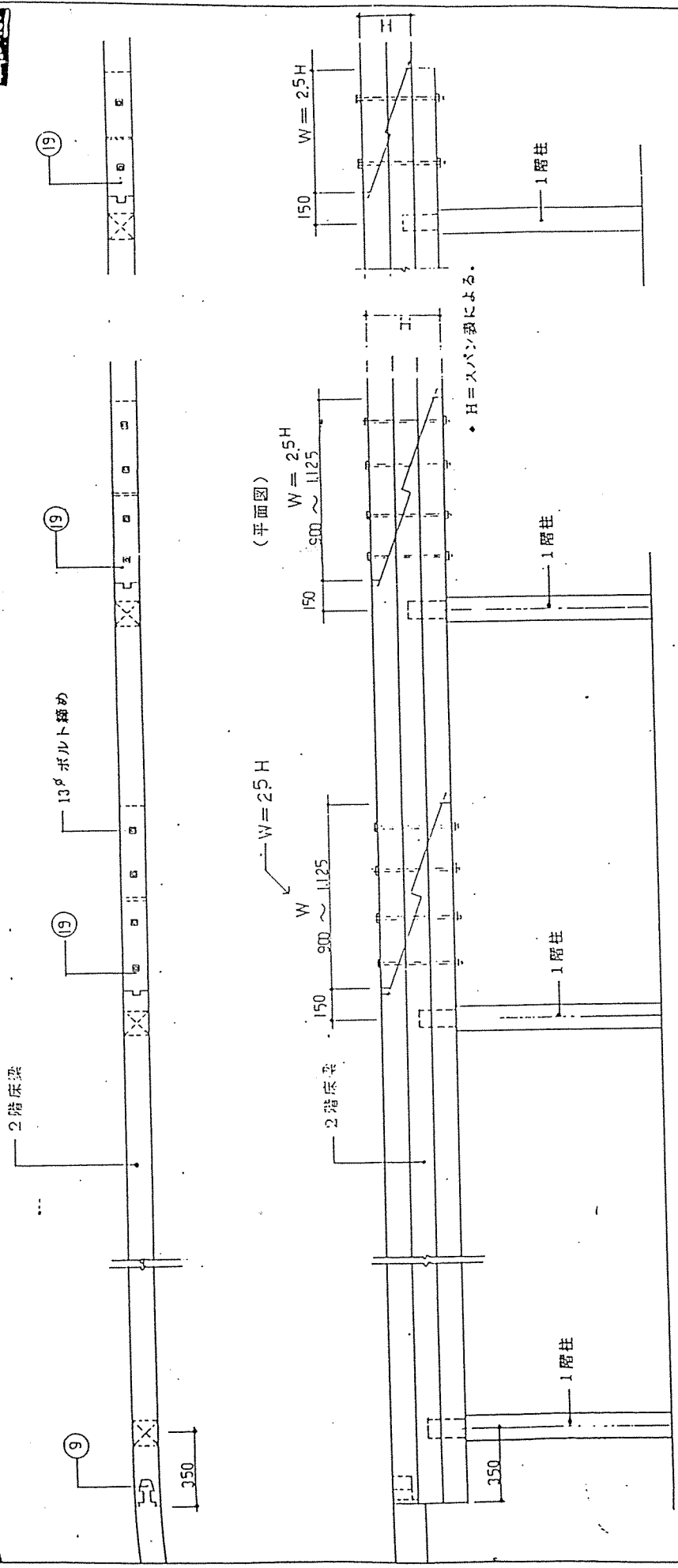
- ・重ね大梁に重ね小梁が掛かる場合はその両端部をボルト締めとする。
- ・開口寸法は2,880~4,800mm (2間半) までとする。

* ○番号はアレット、又は手加工による仕口・継ぎ手の頂の番号に対応する。



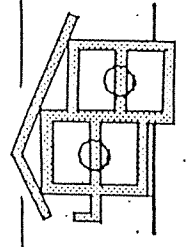
№. 65

17 2階床梁の納まり
・連続開口部の場合の重ね梁の仕口継ぎ手の納まり



・重ね梁の継ぎ手は柱の位置を避ける。

* ○番号はブレット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。



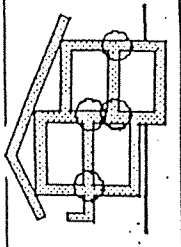
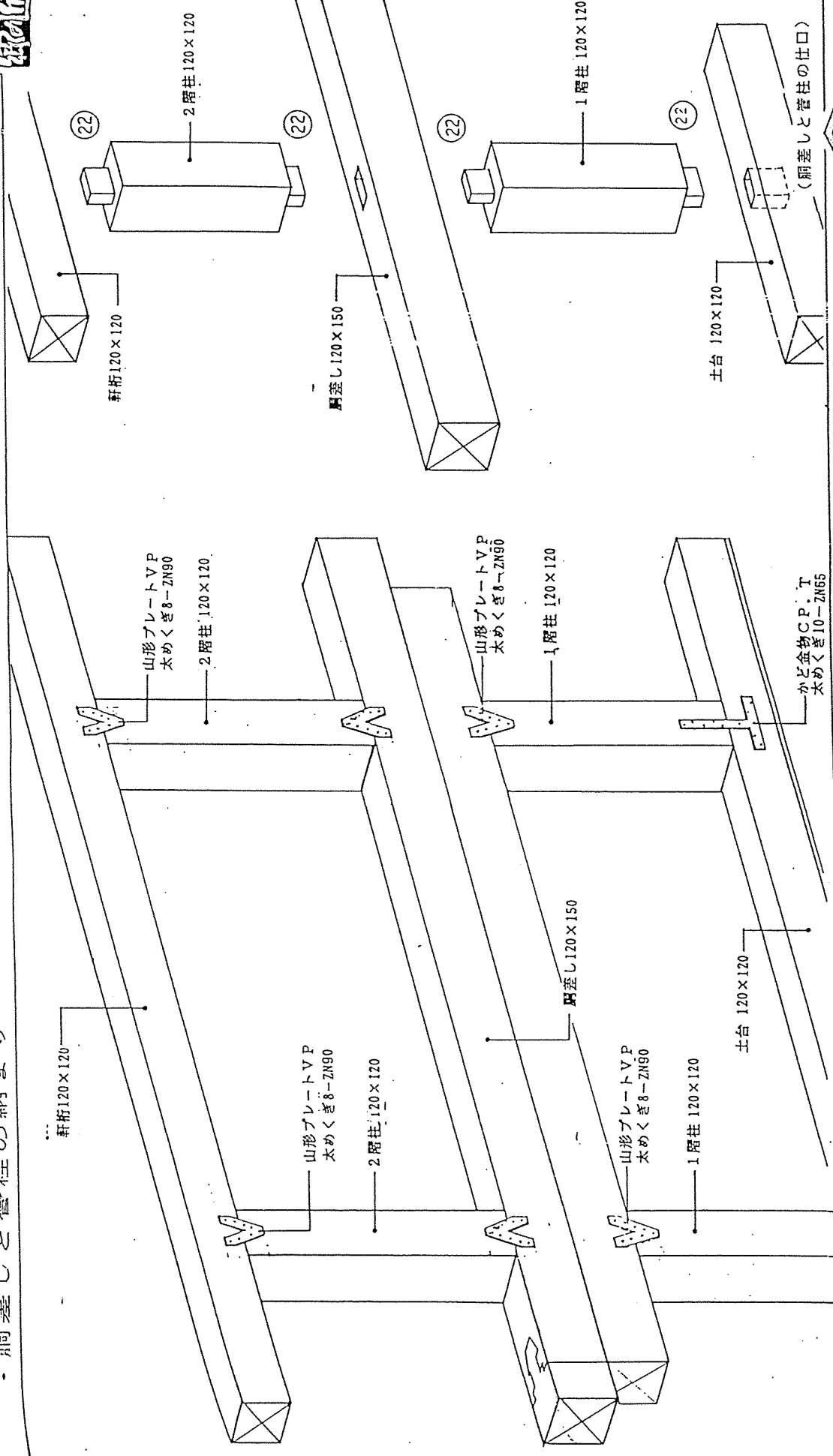


no.66

17 2階床梁の納まり
・ 開口スパン別2階床梁（重ね梁）の寸法について

- ・ 開口スパンは1, 920 (1間) ~ 4, 800 mm (2間半) までとする。
- ・ 2階床梁の種類は120×150, 120×180, 120×210, 120×240, 120×270, 120×300, 120×360, 120×420, 120×450の9種類とする。
- ・ 2階床梁の選定については、別冊スパン表より決定すること。

18 胴差しの納まり
・ 胴差しと管柱の納まり



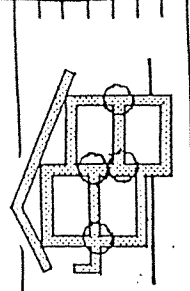
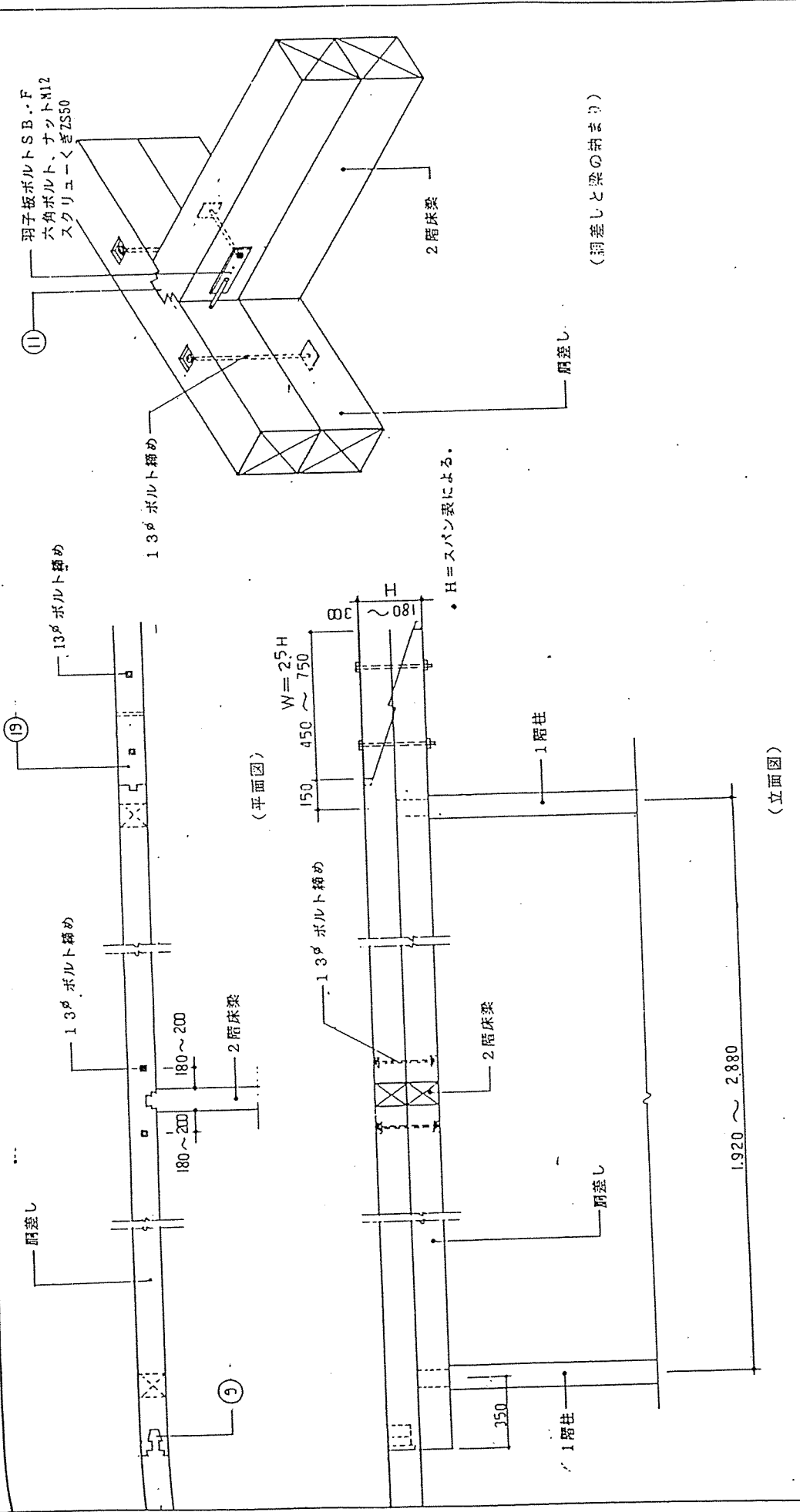
・ 胴差は、管柱と金物で緊結する。

* ○番号はブレカット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。



no. 68

18 胴差しの納まり
開口部の納まり (重ね胴差し2段の場合)

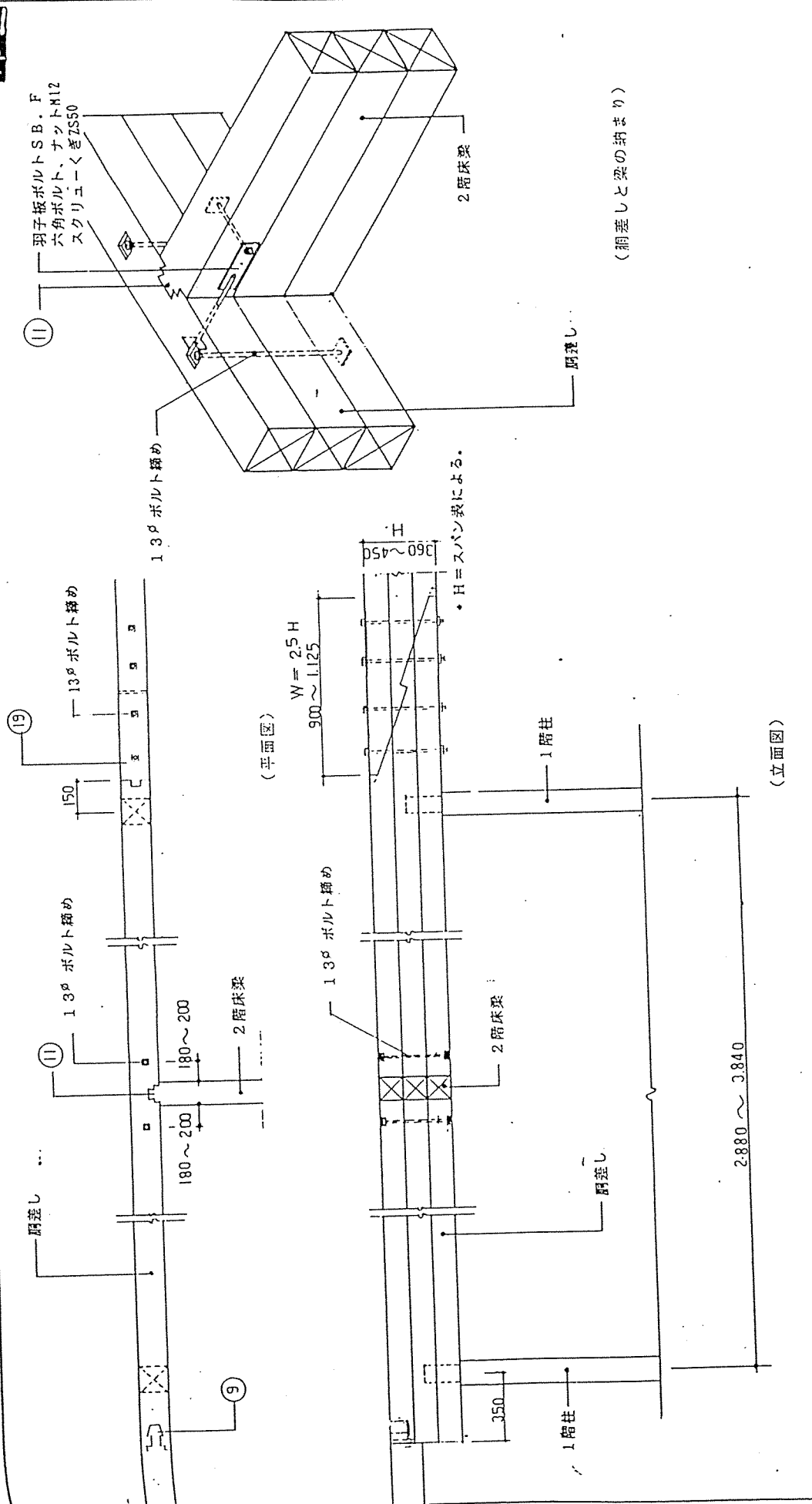


- ・重ね調整しに梁が掛かる場合はその両端部をボルト締めとする。
- ・開口寸法は1, 920 ~ 2, 880mm (1間半) までとする。

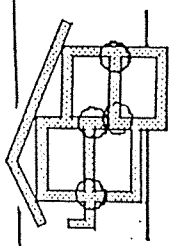
* ○番号はブレッケット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。



18 胴差しの納まり
開口部の納まり (重ね胴差し3段の場合)



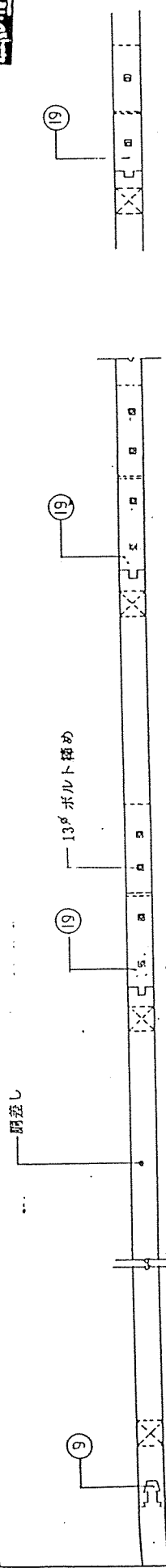
(胴差しと梁の納まり)



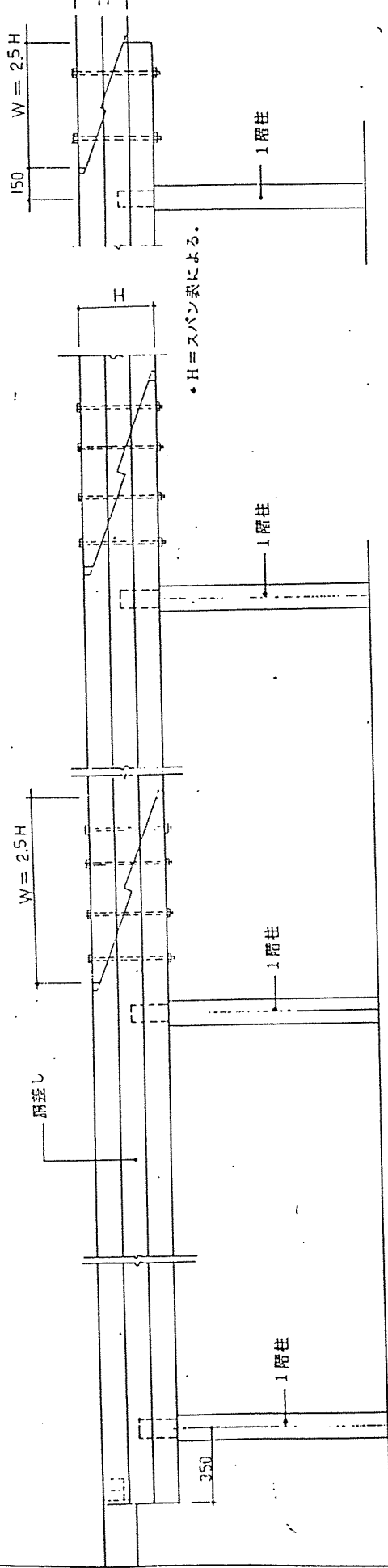
・重ね胴差しに梁が掛かる場合はその両端部をボルト締めとする。
・開口寸法は2, 880~3, 840 mm (2間) までとする。

* ○番号はブレカット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。

連続開口部の重ね胴差しの仕口継ぎ手の納まり

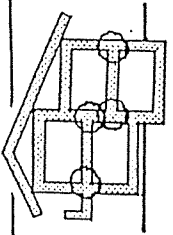


(平面図)



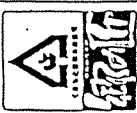
(立面図)

◆ H = スパン表による。



・ 胴差しの継ぎ手は柱の位置を避ける。

* ○ 番号はブレカット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。

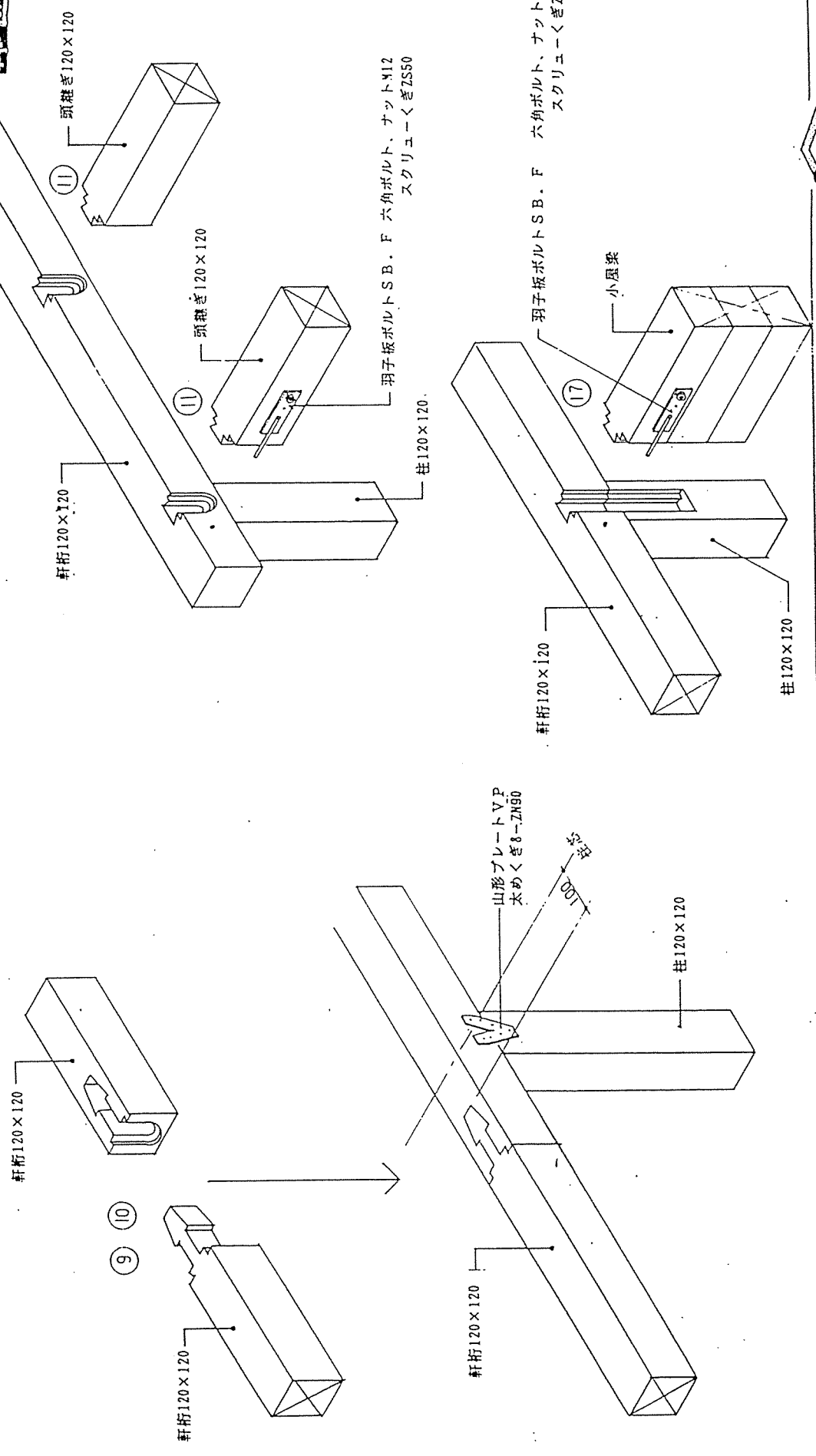


・ 開口スパン別胴差しの寸法について

- ・ 開口スパンは1,920 (1間) ~ 3,840mm (2間) までとする。
- ・ 胴差しの種類は120×150, 120×180, 120×210, 120×240, 120×270, 120×300, 120×360, 120×420, 120×450の9種類とする。
- ・ 胴差しの選定については、別冊スパン表より決定すること。

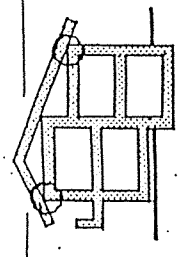
19 軒桁の納まり

・ 軒桁と柱、小屋梁、頭継ぎの仕口継ぎ手の納まり



・ 桁は通し柱、管柱と金物で緊結する。
 ・ 小屋梁が掛かる軒桁と柱の仕口は2部材に渡るため、手加工とする。

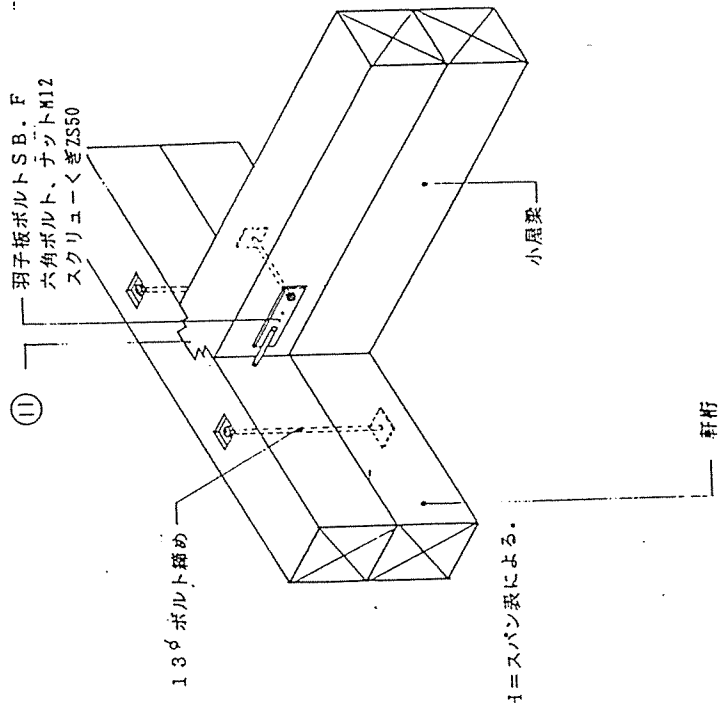
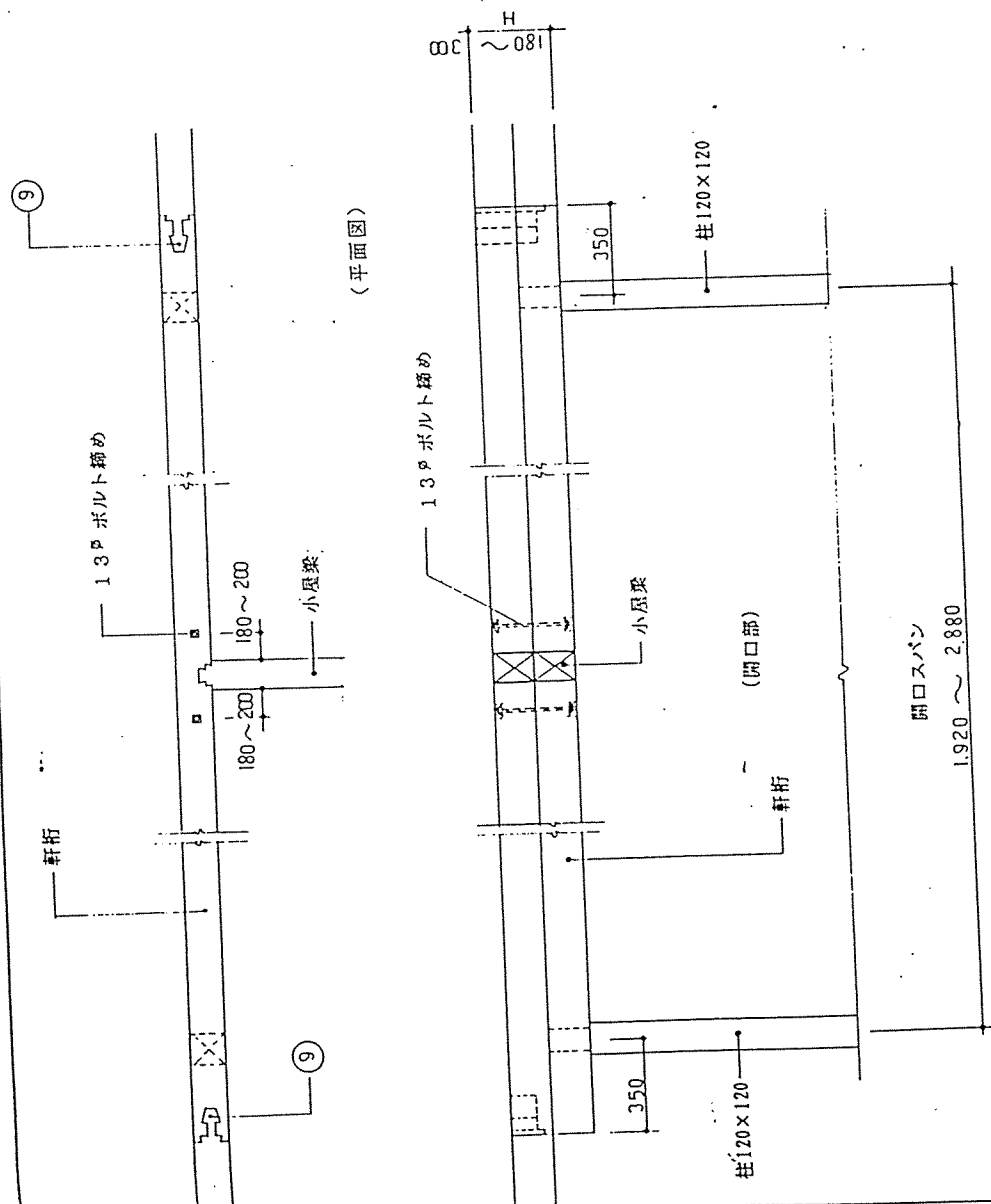
* ○番号はプレカット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。



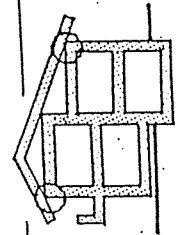


no. 73

19 軒桁の納まり
・開口部の納まり (重ね桁2段の場合)



(軒桁と小屋梁の納まり)

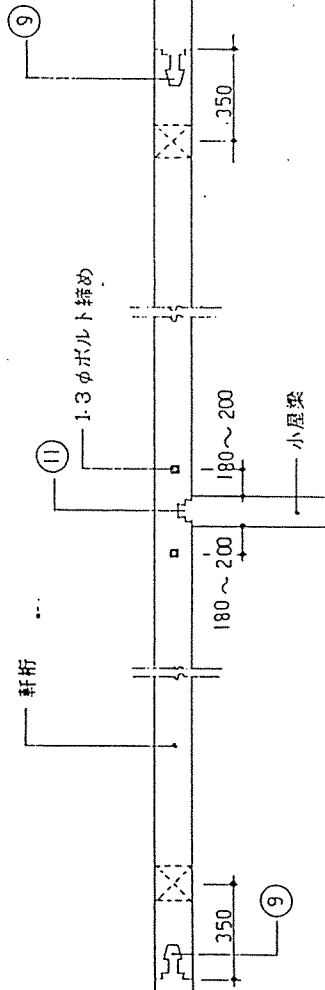


(立面図)

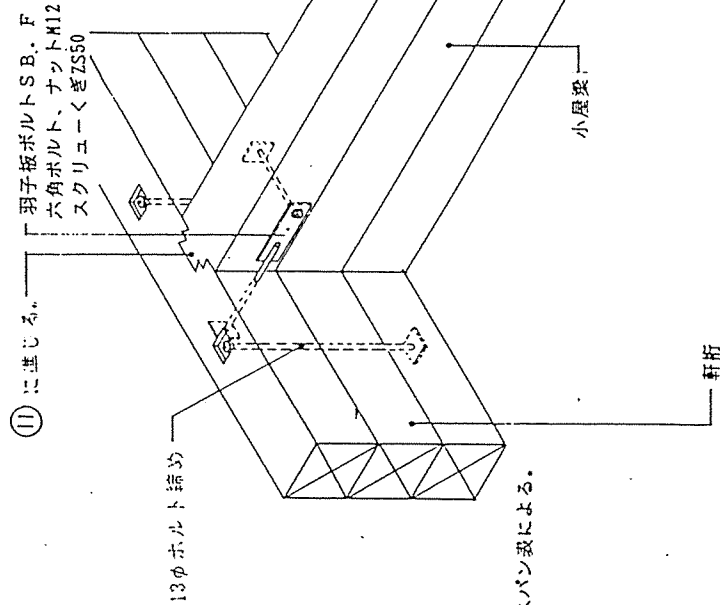
- ・重ね桁に梁が掛かる場合はその両端部をボルト締めとする。
- ・開口寸法は1,920~2,880mm (1間半) までとする。

* ○番号はブレカット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。

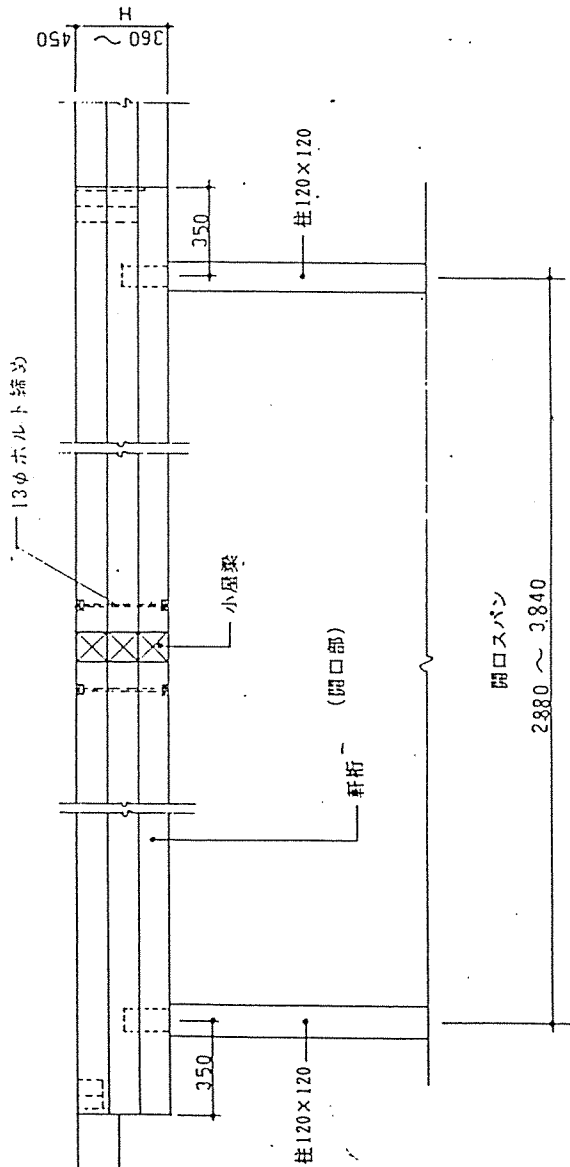
・開口部の納まり (重ね桁3段の場合)



(平面図)



(軒桁と小屋梁の納まり)

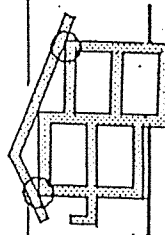


(立面図)

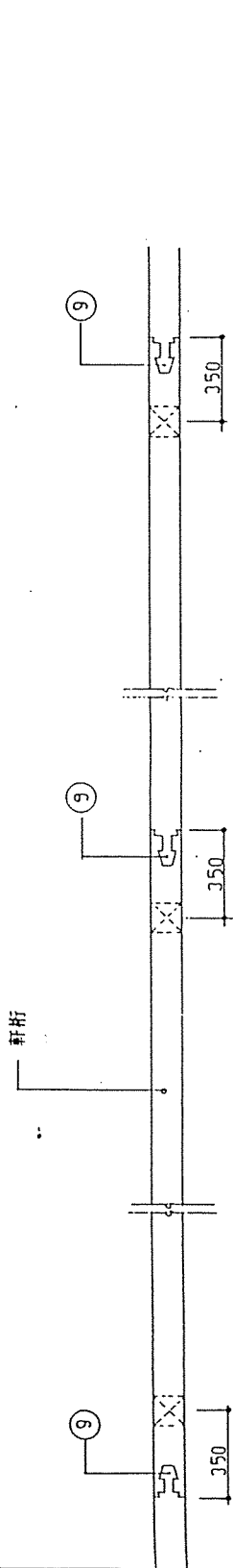
・重ね桁に梁が掛かる場合はその両端部をボルト締めとする。

・開口寸法は2, 880 ~ 3, 840 mm (2間) までとする。

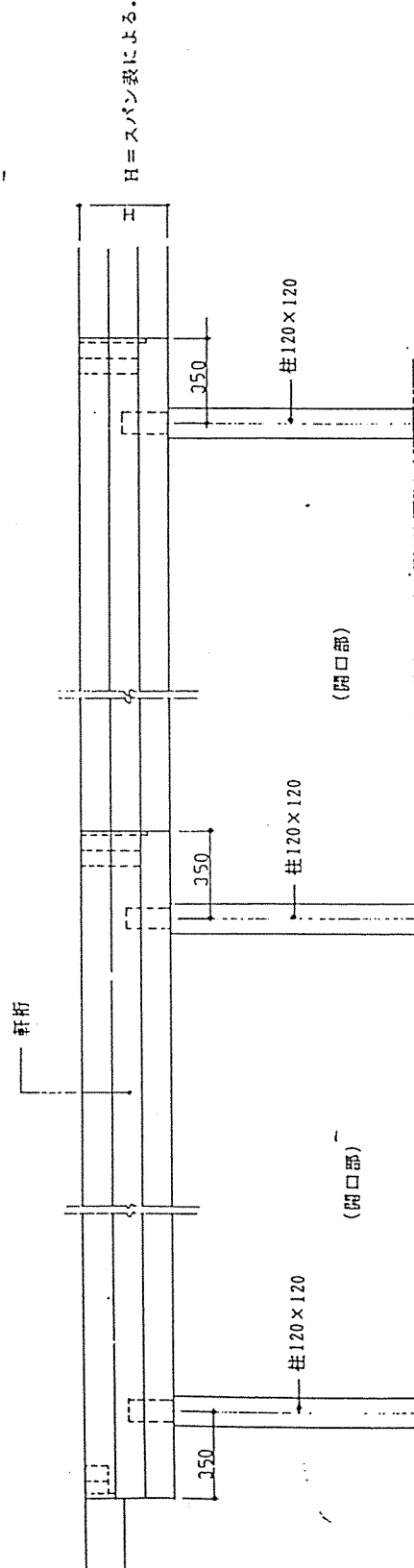
* ○番号はブレイカット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。



・連続開口部の場合の重ね桁の仕口継ぎ手の納まり



(平面図)

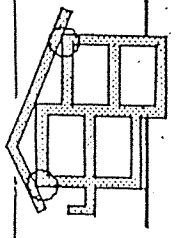


H = スパン表による。

(立面図)

・軒桁の継ぎ手は柱の位置を避ける。

* ○番号はブレカット、又は手加工による仕口・継ぎ手の項の番号に対応する。





NO. 76

1.9 軒桁の納まり

・ 開口スパン別軒桁の寸法について

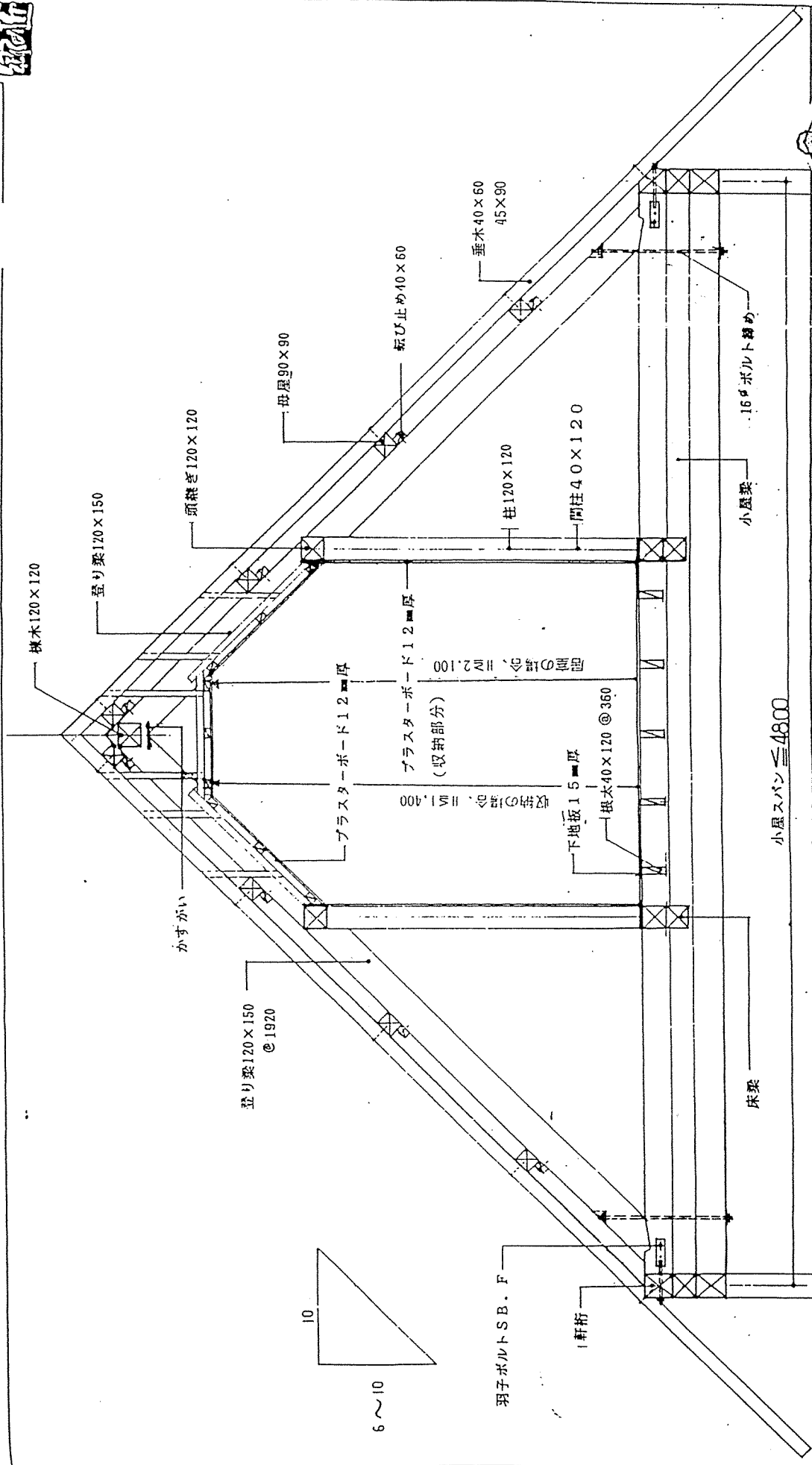
- ・ 開口スパンは1,920 (1間) ~ 3,840mm (2間) までとする。
- ・ 軒桁の種類は120×150, 120×180, 120×210, 120×240, 120×270, 120×300, 120×360, 120×420, 120×450の9種類とする。
- ・ 軒桁の選定については、別冊スパン表より決定すること。



NO. 89

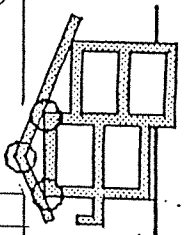
21 小屋組 (登り梁による納まり)

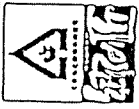
・小屋裏収納 (居室) の納まり



- ・2階を居室として使う場合、平均天井高は2,100mm以上とする。
- ・小屋裏収納として使う場合、平均天井高は1,400mm以下とし、且つ1階の床面積の1/8以下 (建設省通達107号) とする。
- ・小屋裏を居室にする場合は、有効採光面積が居室の床面積の1/7以上必要であり、且つ、換気有効面積が居室の床面積の1/20以上必要である。

- ・小屋裏収納に利用できる。
- ・垂木は金属屋根など軽い屋根の場合は45x60、瓦屋根など重い屋根の場合は45x90を用いる。
- ・垂木と軒桁の接合部は必ずひねり金物で緊結する。

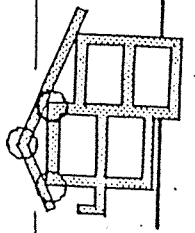
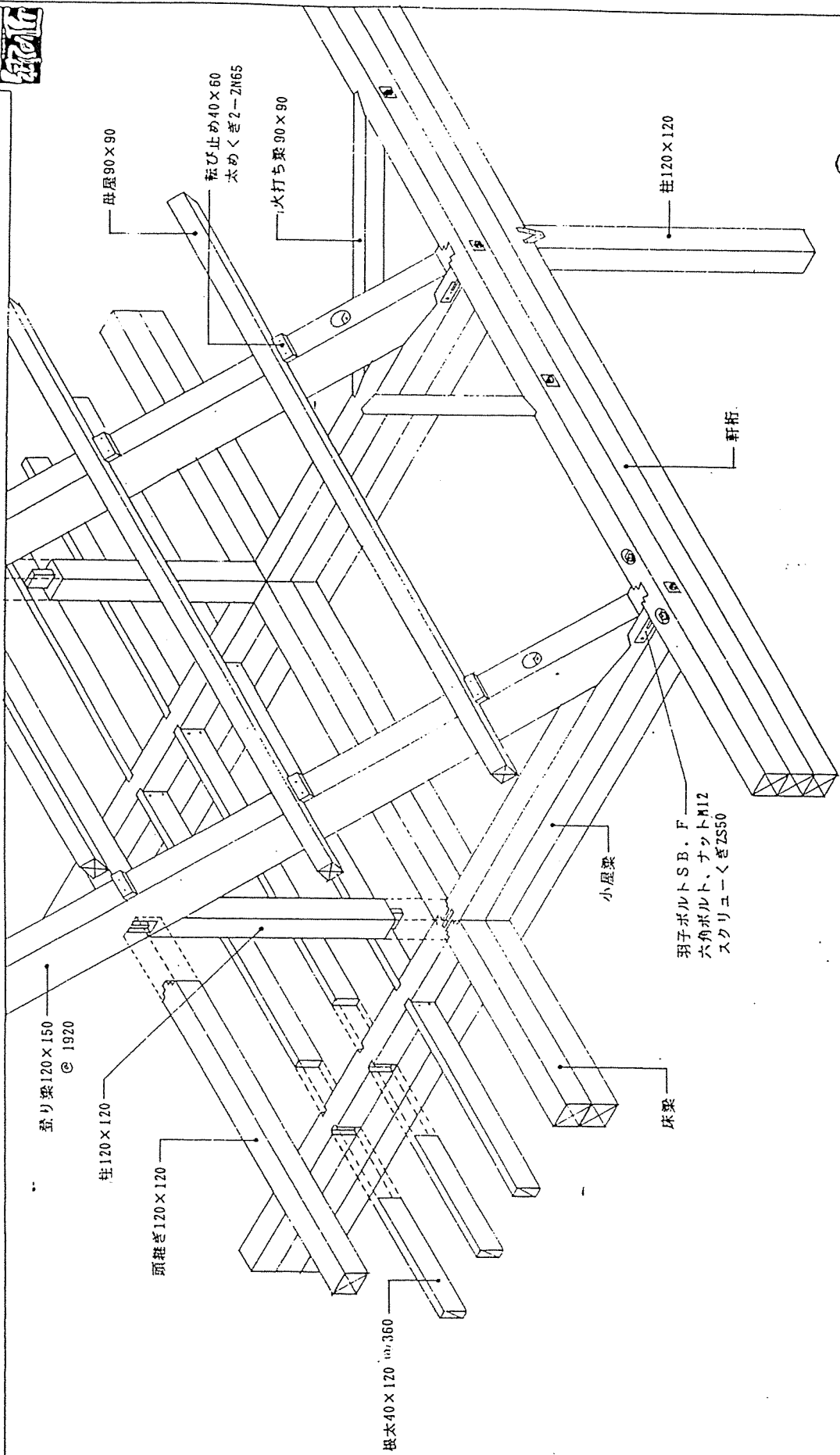




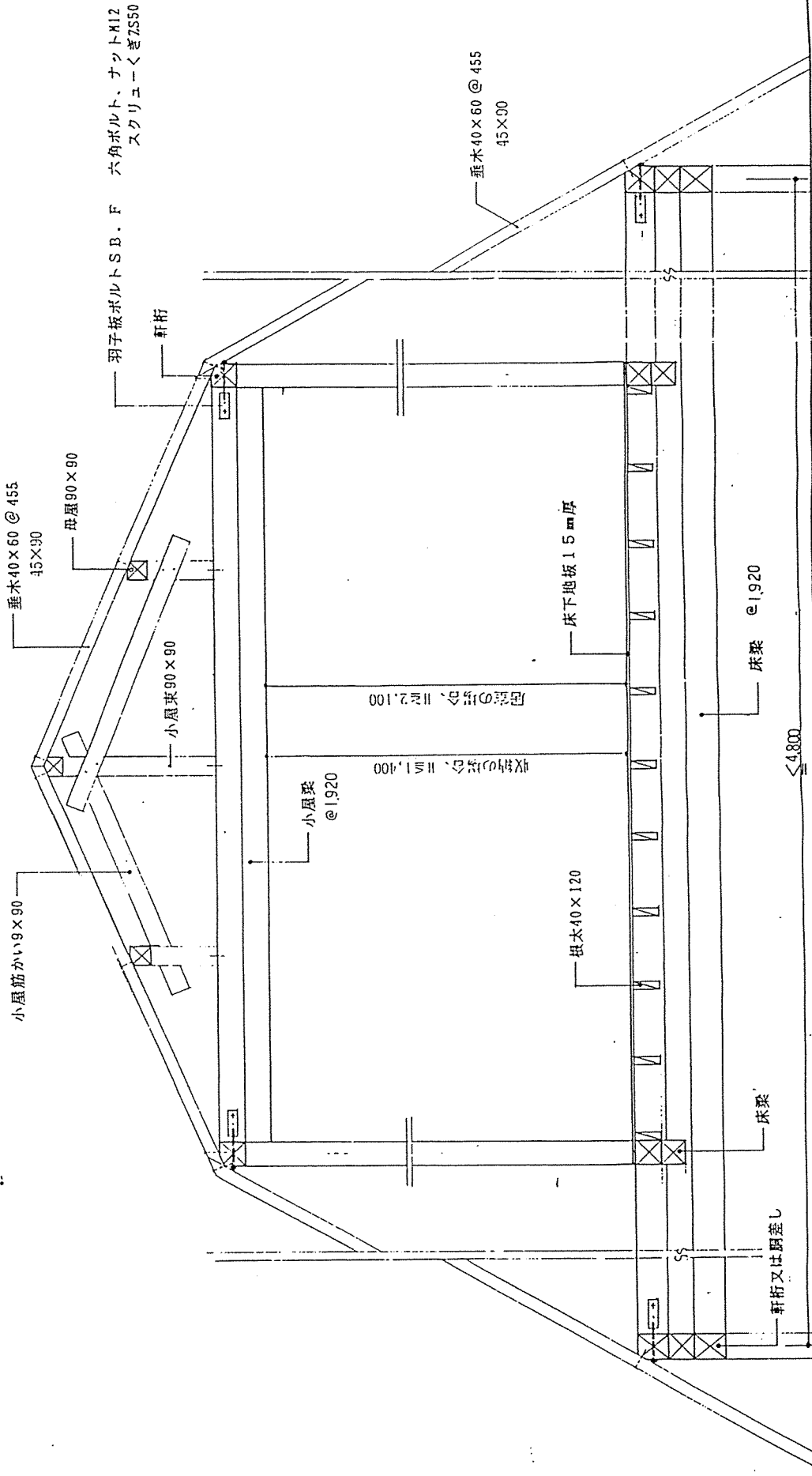
NO. 90

21 小屋組 (登り梁による納まり)

・ 小屋裏根太の納まり



・小屋葺居室（収納）の納まり — 平葺建の場合 —



六角ボルト、ナットM12
スクリューくぎZSS0

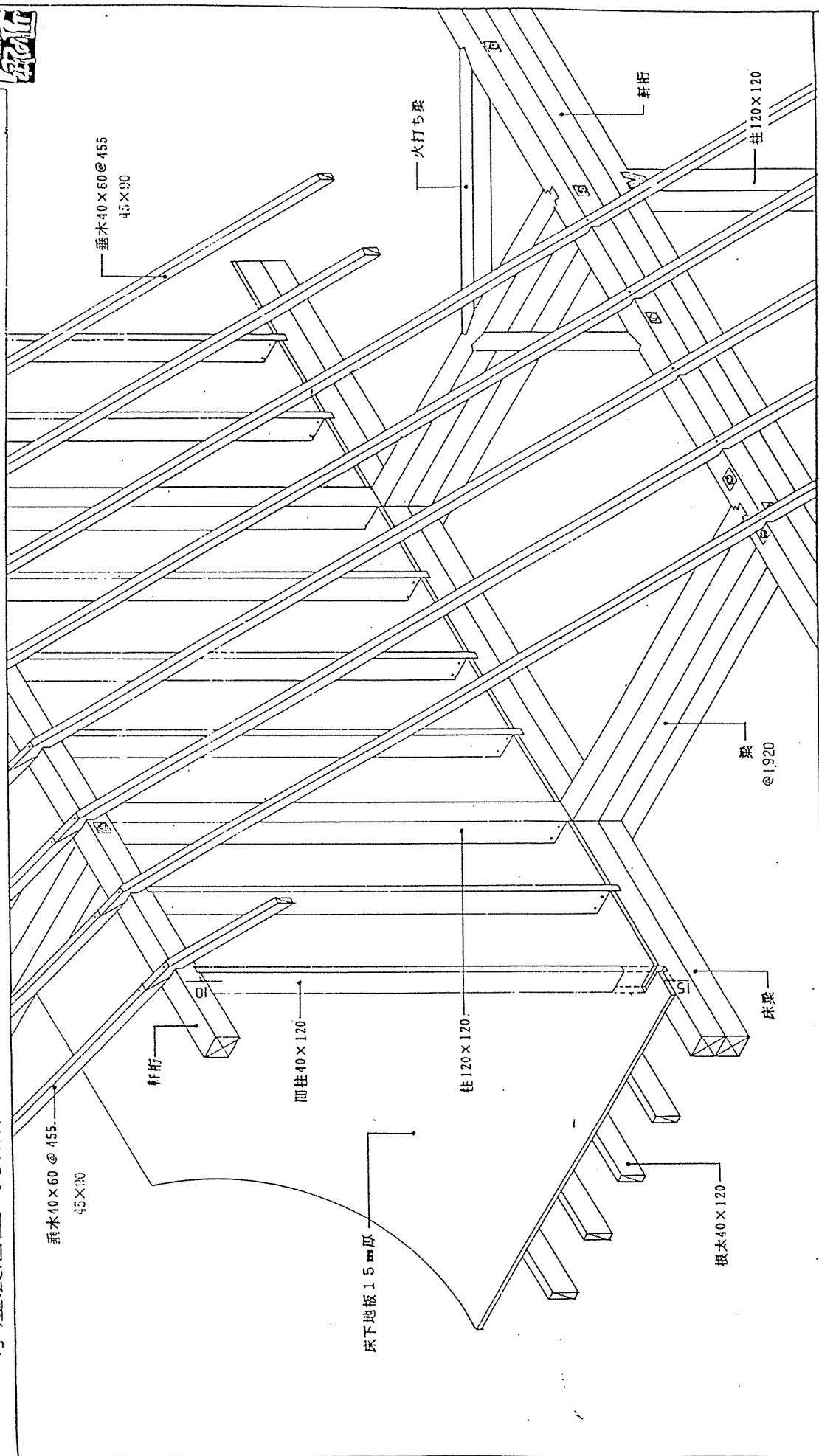
- ・ 垂木は金属屋根など軽い屋根の場合は40×60、瓦屋根など重い屋根の場合は45×90を用いる。
- ・ 垂木と軒桁の接合部は必ずひねり金物で緊結する。
- ・ 2階を居室として使う場合、平均天井高は2,100mm以上とする。
- ・ 小屋葺収納として使う場合、平均天井高は1,400mm以下とし、且つ1階の床面積の1/8以下（建設省通達107号）とする。
- ・ 小屋葺を居室にする場合は、有効採光面積が居室の床面積の1/7以上必要であり、且つ、換気有効窓面積が居室の床面積の1/20以上必要である。



no. III

24 マンサードの納まり

・小屋葺居室（収納）の納まり



- ・垂木は金属屋根など軽い屋根の場合は40x60、瓦屋根など重い屋根の場合は45x90を用いる。

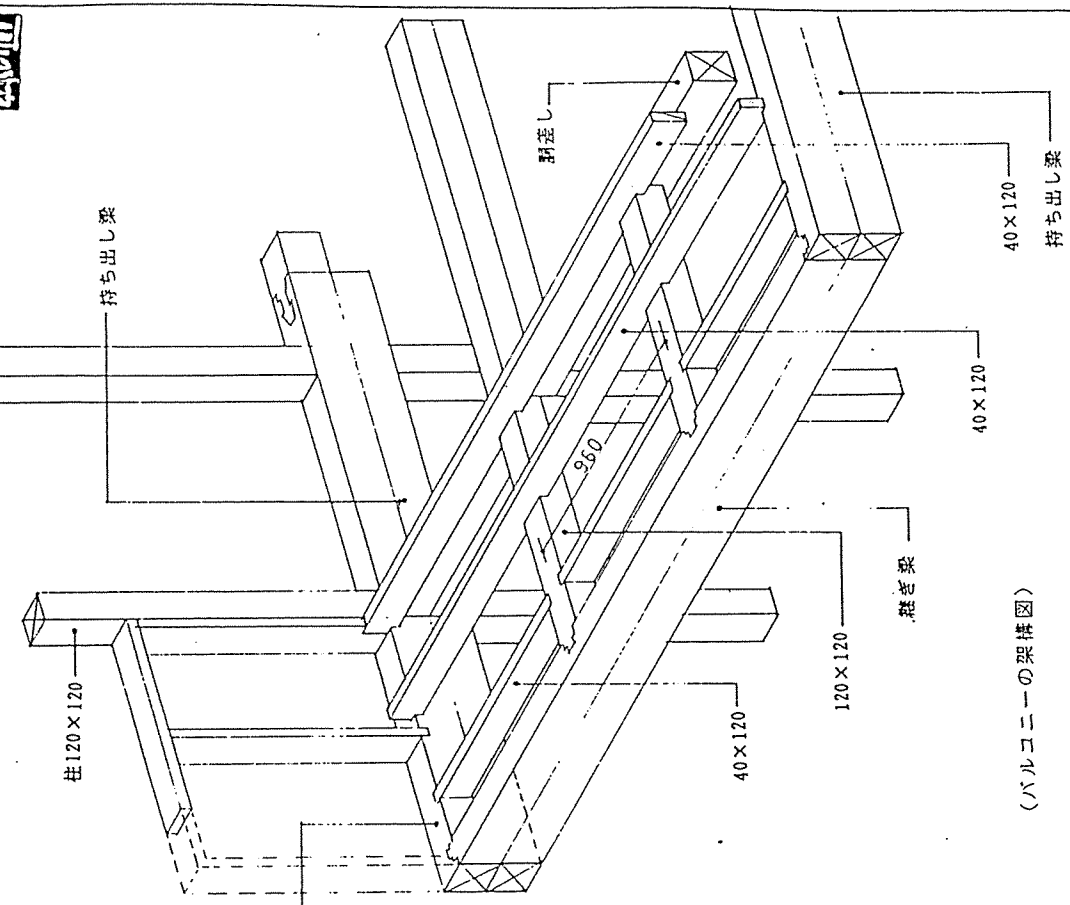
- ・垂木と軒桁の接合部は必ずひねり金物で緊結する。



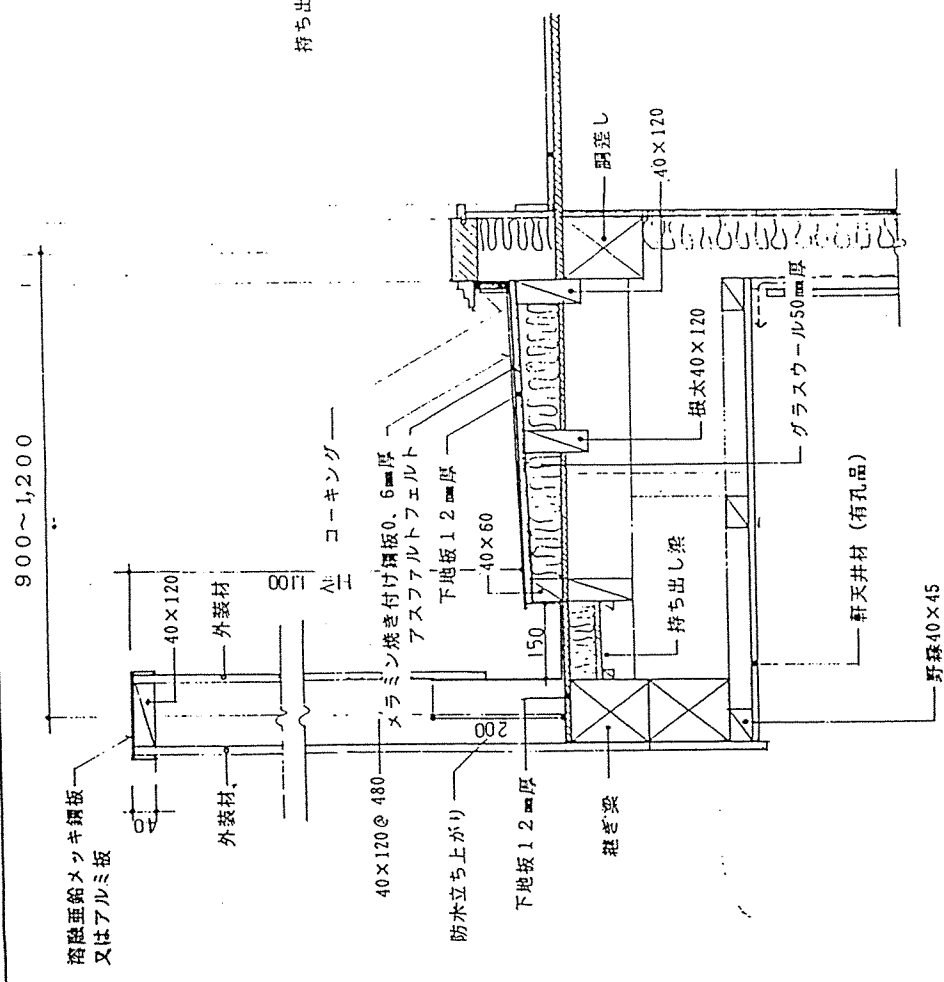
no. 230

45 バルコニーの納まり

・バルコニー(2階床梁持ち出し)の納まり

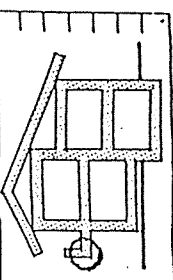


(バルコニーの架構図)



(断面図)

(参考図)



2. 3 床梁のたわみ制限

建築学会の床梁のたわみ制限は、 $l/300$ かつ2cmであるが、実際にメーカーは、床に不陸、床鳴り、歩行感などに対応するため、各社が独自の制限を設けている。

名 称	許容たわみ制限	ヤング係数のとり方
軸組工法 A 社	$l/400$ かつ2cm	2/3 E
軸組工法 B 社	$l/300$ かつ1cm	1/2 E (製材) 2/3 E (集成材)
くまもと型 「郷の匠」	$l/300$ かつ2cm	1/2 E (熊本産のスギがヤング係数 70 t/cm ² をクリアしてい ることを確認)
枠組壁工法 A 社	10mm以下 (吊天井仕様)	1.0 E

第3章 張弦梁のケーススタディ・・・・・・・・登り梁の例

屋根登り梁に張弦梁を使用する場合の例について、2、3のケーススタディを行ったので次に示す。

長弦梁の構成は、圧縮材：構造用集成材（1級、A2類）、引張材：鉄筋（2本）を想定する。スパンをそれぞれ10m、15mとした場合の各材料の断面算定を行う。

登り梁の傾斜は、水平とした時の応力にあまり大きな影響を与えないことが前年度のケーススタディ判っているので、ここではすべて水平状態で計算を行っている。なお、ここでは部材接合の具体的なものについては、検討を行っていない。

設計条件

雪荷重	60 kgf/m ² （積雪30cm）
屋根	77 kgf/m ² （石綿スレート葺、母屋、天井、梁自重）
<hr/>	
計	137 kgf/m ²

登り梁間隔 1.82m

構造用集成材（上弦材）1級、A1類

$$E = 110 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$$

$$L f_c = 105 \text{ kgf/cm}^2$$

$$L f_b = 145 \text{ kgf/cm}^2$$

鉄筋

$$E = 2100 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$$

束材 ベイマツ

$$E = 100 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$$

ケース：1 スパン10m

梁の形状は、図-1のように束4本とし、2種類の束の高さの比は、単純梁等分布荷重条件下の曲げモーメントの大きさの比とする。

トータル荷重 = $137 \text{ kgf/m}^2 \times 1.82 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 2493 \text{ kgf}$

曲げモーメント、軸力を図-2に示す。ただし、せん断力は微小なので省略した。

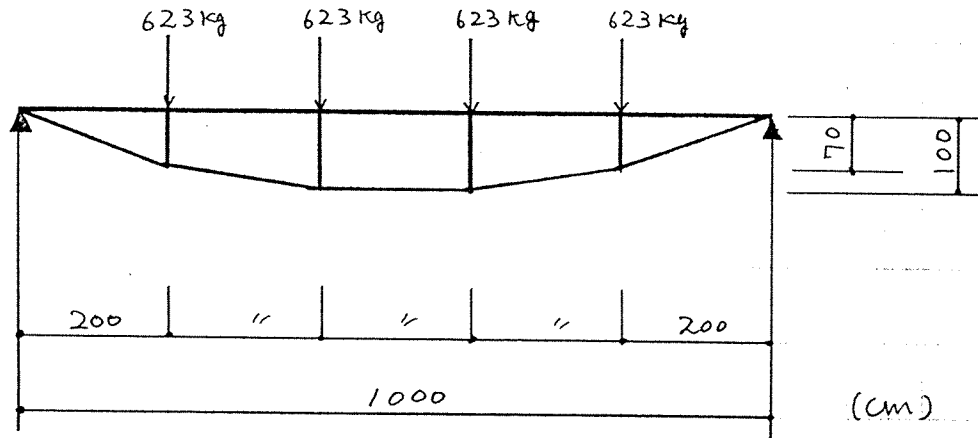


図-1 スパン10mの登り梁 (cm)
 弦材の集成材断面 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$
 束材断面 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$
 下弦材鉄筋 2-13φ

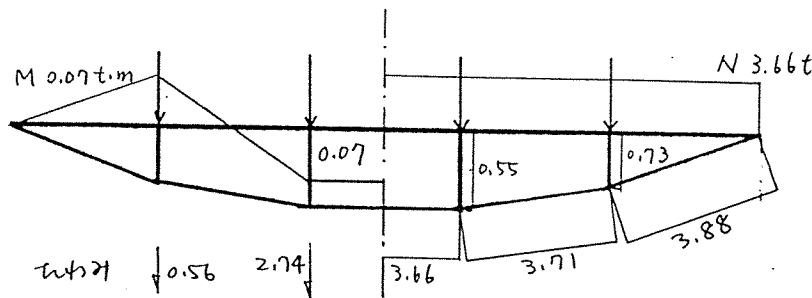


図-2 スパン10m登り梁の応力図

応力のチェック

○上弦材

$$\text{回転半径 } r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^3}{12}} = \sqrt{\frac{1}{10 \times 10}} = 2.89$$

細長比 $\lambda = \ell / r = 200 / 2.89 = 69.2$

$y = 1.3 - 0.01\lambda = 0.61$

$$\frac{N}{A_e} + \frac{y f_c}{f_b} \leq \frac{M}{Z_e} \quad \text{より}$$

$$\frac{3660}{10 \times 10} + \frac{0.61 \times 105}{145} \leq \frac{10}{2} = 38.8 \leq 0.61 \times 105 = 64.1 \quad \text{O.K}$$

○束材

$$\frac{730}{10 \times 10} = 7.3 < 105 \quad \text{O.K}$$

○下弦材

$$\frac{3880}{2 \times \pi \times 1.3/2} = \frac{3880}{2.65} = 1464 < 1600 \quad \text{O.K}$$

○たわみ

2.74cmのたわみは $\ell / 365 \quad \text{O.K}$

ケース：2 スパン15m

梁の形状は図-3のようで、束は5本とする。

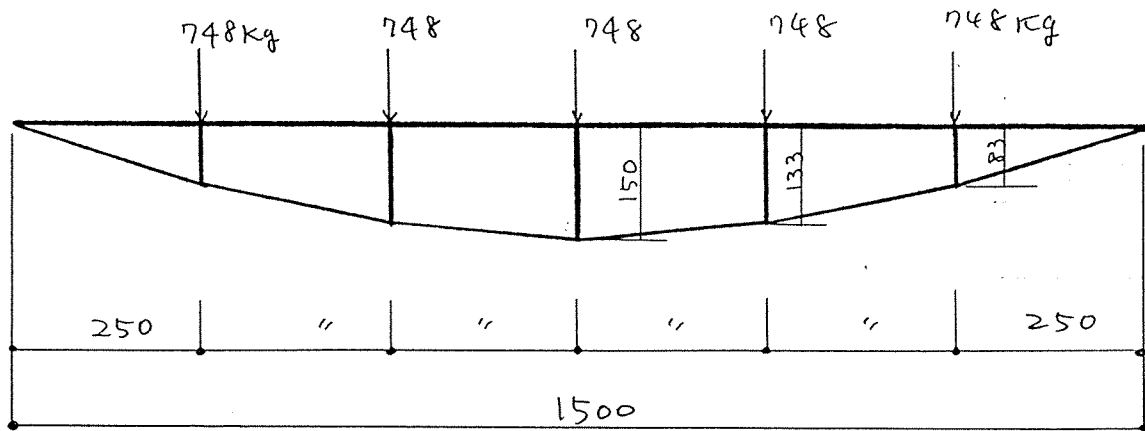


図-3 スパン15mの登り梁 (cm)
 上弦材の集成材断面10cm×15cm
 束材断面10cm×10cm
 下弦材鉄筋2-16φ

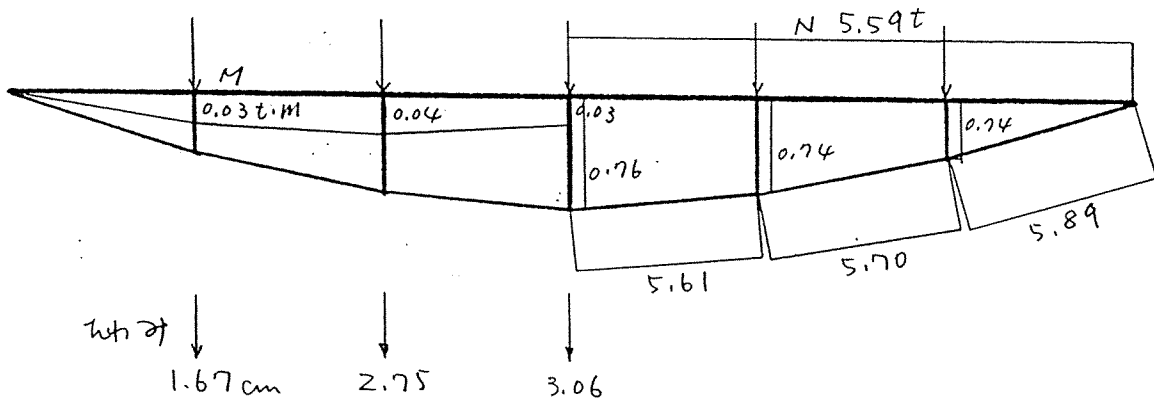


図-4 スパン15mの応力図

応力のチェック

○上弦材

$$\text{回転半径 } r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{15 \times 10^3}{12}} = \sqrt{\frac{1}{10 \times 15}} = 2.89$$

$$\text{細長比 } \lambda = \ell / r = 250 / 2.89 = 86.5$$

$$y = 1.3 - 0.01\lambda = 0.43$$

$$\frac{N}{A_e} + \frac{y f_c}{f_b} - \frac{M}{Z_e} \leq y f_c \quad \text{より}$$

$$\frac{5590}{10 \times 15} + \frac{0.43 \times 105}{145} - \frac{15}{2} = 39.6 \leq 0.43 \times 105 = 45.1 \quad \text{O.K}$$

○束材

$$\frac{760}{10 \times 10} = 7.6 < 105 \quad \text{O.K}$$

○下弦材

$$\frac{5890}{2 \times \pi \times 1.3/2} = \frac{5890}{4.02} = 1465 < 1600 \quad \text{O.K}$$

○たわみ

$$3.06 \text{ cm の たわみは } \ell / 490 \quad \text{O.K}$$