

平成4年度 農林水産補助事業  
間伐材需要開発事業

# 間伐材需要開発事業報告書

(コンクリート型枠利用)

平成5年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

## 調査要綱

### 1 背景及びねらい

- (1) 近年、地球規模の環境保全の必要性への認識が急速に高まりつつあり、それに伴い、熱帯林の伐採・利用、特に木材のコンクリート型枠合板への使用について問題が提起されている。
- (2) 一方、スギ等の国産針葉樹材の資源は、今後急速に増大するものとみられるが、非木質材料や外材との競合の狭間にあつて、その市場はかなり狭められているのが現状であり、多用途開発、市場拡大が期待されている。
- (3) 本来、木材は、他の材料に比較し、その製造にともなつて放出する炭酸ガスの量が極めて少なく、また、それを建築材料として使用することにより、街に炭素を貯蔵する効果がある等環境に優しい材料といえる。
- (4) 現在、国産針葉樹は、コンクリート型枠にはほとんど利用されていないが、今後、資源的に見て、中・小径材からの製品である小幅板等で、形質的に適材と思われるものの生産が増加することが予測されることもあり、多用途開発の一環としてコンクリート型枠を位置付けたいと考える。
- (5) 以上の認識を背景に、スギ材のコンクリート型枠への活用のねらいを整理すると次のとおりである。
  - ①森林資源（国産針葉樹中小径材）の有効活用、地元産業の振興
  - ②間伐等適切な伐採による森林の健全化、森林資源、環境保全機能の充実
  - ③熱帯材の使用の節減・合理化による資源の維持・拡大、環境の保全機能の維持
  - ④炭酸ガス放出量の圧縮による環境維持、エネルギー消費の節減による資源の保護

### 2 スギ材のコンクリート型枠への活用を検討するため、「針葉樹製材のコンクリート型枠利用開発委員会」を設置した。（平成3、4年度）

委員会構成次のとおり。（五十音順）

- |     |       |                      |        |
|-----|-------|----------------------|--------|
| 委員長 | 有馬孝禮  | 東京大学農学部              | 助教授    |
| 委員  | 小池文喜  | (株)ウッディコイケ           | 常務取締役  |
| 〃   | 小西 信  | 東京農業大学               | 講師     |
| 〃   | 鈴木憲太郎 | 森林総合研究所木材化工部防腐研究室    | 室長     |
| 〃   | 千葉保人  | 森林総合研究所木材化工部         | 部長     |
| 〃   | 藤本 勝  | 大鹿振興(株)中央研究所         | 所長     |
| 〃   | 堀 長生  | (株)大林組技術研究所第3研究室     | 副主任研究員 |
| 〃   | 山畑信博  | 建設省建築研究所第4研究部工業生産研究室 | 研究員    |

# 目 次

## 調査・研究要綱

第1章	コンクリート型枠材としての針葉樹の利用に関する研究動向	1
1	コンクリート型枠の推移と研究課題	1
2	コンクリート型枠の硬化不良	2
3	剛性の問題	6
4	コンクリート型枠の規格類	8
第2章	幅はぎ板による型枠の設計	18
1	一般的なコンクリート型枠工法	18
2	スギ小幅幅はぎ板	19
3	カマチ付きパネル	19
4	釘着間隔	21
5	カマチ材の樹種	22
6	選定材料での構造計算	23
7	栈木付き型枠	33
8	試作2×6スギ小幅板幅はぎコンクリート型枠の剛性試験	37
第3章	幅はぎ板によるコンクリート型枠の試用	45
1	はじめに	45

2	幅はぎ板によるコンクリート型枠	45
3	試用工事の概要	46
4	結果と考察	48
5	アンケート調査	49
	試用写真	50

## 第1章 コンクリート型枠材としての針葉樹の利用に関する研究動向

### 1. コンクリート型枠の推移と研究課題

そもそもコンクリート型枠は厚挽き板の本実はぎを組み立てて建て込まれたが、その後定型化したカマチ付きの2×6マツパネルは、2章の図2-3に図示されているように2.7cm×5.7cmの小角で作られた枠カマチに約9mmの3分板の小幅板を打ち並べたものであった。使用された小幅板は普通は製材で挽き立てただけで表面も鉋削りもしていないマツ材で、生き節や入り皮などは勿論死に節さえあるようなものも使用してあったので、再利用のときはケレンして折損した部分は小幅板を張り替えて補修していた。当然打ち上がったコンクリートの表面性は悪く、小幅板の剥ぎ目の透き間にコンクリートが入り込んでスノコ状の凹凸が出来たり、弱い小幅板の部分がはらんで段違いに膨れ上がるなどはしばしばで、打ち上げ面のハツリ作業はあるものというほど型枠の精度も低かった。表面仕上のモルタル付けおくりも相当厚かったから、コンクリート硬化表面の仕上がり状態についてさほど問題にならなかった。

昭和40年代の高度成長時代になって、RC造建築に打ち放しコンクリートが流行して、主に針葉樹材の挽き材の鉋仕上げした型枠を組んで使用したが、ままコンクリートの表面硬化不良が問題となった。それ以前からも木材中に含有するある種の成分がコンクリートの水和反応を遅らせ硬化阻害を引き起こすことは、木材チップなどをセメントで固めるチップセメントボードや木毛セメント板の製造技術のなかで知られていた。

コンクリート型枠材が南方熱帯降雨林産広葉樹（所謂ラワン材類）の合板に変わって、型枠建て込み方法も工夫されてコンクリート打設面仕上がり精度が飛躍的に向上した。一方で南方熱帯降雨林産広葉樹の多種類の樹種のうちでコンクリートの硬化不良を引き起こす樹種が混入していたので、この問題が再びクローズアップされるようになった。

鋳型として要求される剛性については、挽き板時代は材料も豊富であったし、松パネル時代は安い労賃でカバーされ、合板型枠については関係の建築業、合板製造業に関連する産学官による研究開発委員会の成果に基づいてスタートしたので、材料剛性などに不案内であった合板メーカーも適切なものを最初から供給してきていたこと、コンクリートの打込早さが今日のように早くはなかったことなどで特に問題は無かった。

このような経過からコンクリート型枠材料として新しい材料を検討する場合、コンクリート表面の硬化不良発生の危険性とコンクリートの側圧に耐える条件が比較される他材料

とどう変わるか、にある。スギ幅はぎ板コンクリート型枠の検討でもこの2点についての研究・規定などを検証する。

## 2. コンクリートの硬化不良

木材との接触でコンクリートの硬化阻害が発生することは前述のように知られていたが、どのような化合物がその現象を起こすかについての研究は必ずしも多いとはいえない。

鈴木・西による糖類ならびにその他の有機物がセメントの水和におよぼす影響（セメント技術年報 p.160 1959）によればコンクリートの硬化阻害を起こす化学物質は表1-1の通りである。

表1-1 有機物1.0%添加がセメント水和におよぼす影響

型	有機物	モルタルの初期硬化状態	JIS凝結試験	注水後30分における難溶性有機物の析出の有無	
A	単糖類 二糖類 6価アルコール	ブドウ糖, 果糖, ガラクトース シロ糖, 乳糖 マンニツト	不能 不能 不能	凝結* 凝結* 凝結*	あり
B	多糖類	グリコーゲン, デキストリン	不能	凝結	あり
C	高分子有機酸	リグニン, スルホン酸カルシウム系分散剤 タンニン酸 フミン酸	不能 3日より硬化	急結** 凝結	あり
D	オキシ酸	クエン酸 グリコール酸 酒石酸, リンゴ酸	不能 7日より硬化 28日より硬化	凝結 急結 凝結	あり
E	飽和カルボン酸	コハク酸 ゲルタル酸(シユウ酸)	1日強さ低い 正常	凝結 正常	徐々に起こる なし(あり)
	オキシ酸	乳酸	正常	急結	なし
	脂肪酸	キ酸, 酢酸	正常	正常	なし
F	1価, 3価アルコール	エチルアルコール, イソブチルアルコール, グリセリン	正常	正常	なし
	その他	トリエタノールアミン	正常	凝結	なし

\* 凝結: 注水後1時間以内に凝結のくるもの。 \*\* 急結: 注水後1時間以内に始発のくるもの。 \*\*\* 不能: 材令28日までに硬化が始まらないもの

表1-2 樹種別の硬化不良

樹種	報告数	良好例	不良例	不良率(%)	樹種	報告数	良好例	不良例	不良率(%)
1. マツ					3. ヒノキ				
マツ	4	2	2	50	ヒノキ	4	4	0	0
カラマツ	3	1	2	67	米ヒノキ	2	2	0	0
クロマツ	1	1	0	0	台湾ヒノキ	1	1	0	0
カラマツ	2	1	1	50	合計	7	7	0	0
エゾマツ	3	2	1	33	4. ブナ	7	3	4	57
トドマツ	2	2	0	0	5. シダ	5	1	4	80
ソ連マツ	4	1	3	75	6. ラワン				
ヒメコマツ	1	1	0	0	赤ラワン	3	2	1	33
米マツ	1	1	0	0	全上合板	2	2	0	0
合計	21	12	9	43	白ラワン	4	1	3	75
2. スギ					全上合板	2	0	2	100
赤スギ	2	0	2	100	ラワン	1	1	0	0
その他のスギ	8	5	3	38	合計	12	6	6	50
合計	10	5	5	50	7. その他 (報告例3例以下のもの)	75%以上不良なもの; クヤキ(100), カエデ(100) 75~25%不良なもの; セン(33) 25%以下の不良率を示すもの; モミ(100)ヒバ(100)ツバ(100) ボプラ(100)			

各種樹種によつてのコンクリート硬化不良の発生度合いは表1-2（日本建築学会近畿支部：建築施工における合板型枠の応用 1967）に実施経験報告数であげられているが、硬化不良の確率が高い樹種としてシナ、ソ連マツ、全く心配のない樹種はヒノキのみで、ラワン、スギも確率は50%であった。別途試験でカバ、モミ、ヒバ、ツガ、ポプラなども比較的硬化不良の心配が少ない樹種としている。それらの硬化不良も程度が激しいものやそれほどでないものもあり、樹種別硬化不良厚みを測定した2報告を取りまとめた図1-1（近藤、中堂：建築施工における合板型枠の応用）があるが、硬化不良には樹種間で著しい差があるが、また同樹種でも個体間も相当の差のあることがうかがえる。

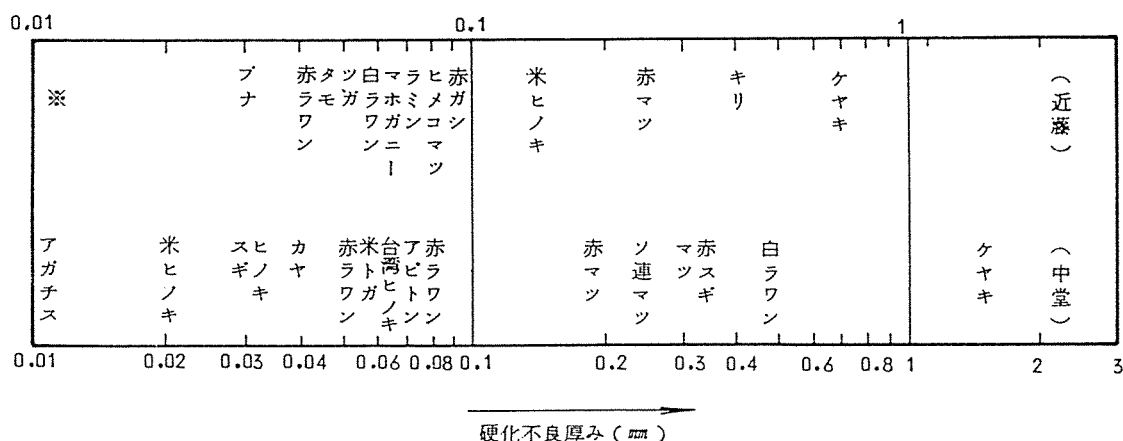


図1-1 樹種と硬化不良の厚み

建て込準備中に太陽光線に照射されたラワン合板型枠が、被照射部分だけにコンクリート硬化不良を発生したことから紫外線の照射を受けた木材中に硬化阻害物質が生成されることが判明した。近藤・宮本は（木製型枠によるコンクリート表面硬化不良現象における紫外線の影響について 日本建築学会論文報告集第69号 昭和36.10）で、太陽光とウエザーメーターに照射した木材による硬化不良の深さを測定して、照射カウント数に応じて硬化不良が深くなることを図1-2 樹種がシナの場合と図1-3 樹種ブナの場合等について報告している。

一方で、硬化阻害を起こす樹種を熱水6時間抽出すると硬化阻害物質が除かれてコンクリートの表面硬化不良が著しく改善されることが、善本（抽出成分の溶出性と木材利用—セメントの硬化不良，やけ，かぶれ— 木材工業 Vol.28-7 1973）によって報告されている。南によれば光照射で硬化不良が増大した木材の各種抽出成分中温水と苛性ソーダ抽出成分が影響していることが分かる（図1-4、1-5 南、善本、近藤木材誌13、91(1967)）

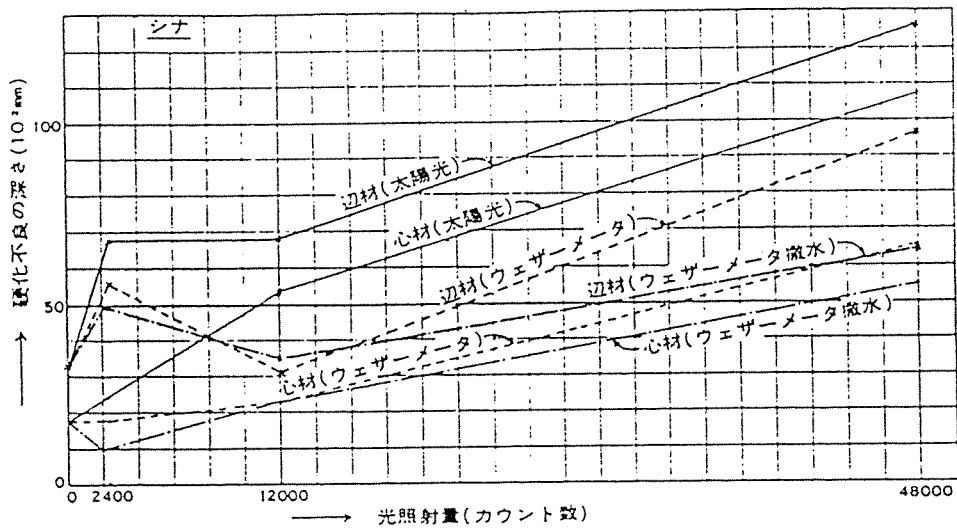


図 1 - 2 シナ材の太陽光、ウェザーメータ照射の硬化不良に及ぼす影響

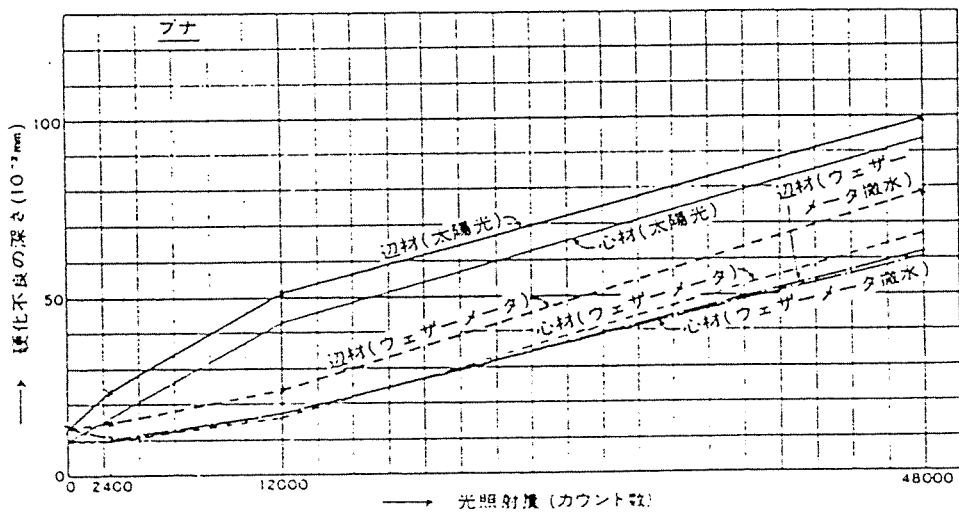


図 1 - 3 ブナ材の太陽光、ウェザーメータ照射の硬化不良におよぼす影響

表 1 - 3 木材型枠の熱水抽出効果

	コンクリート表面硬化不良	
	抽出前 (mm)	抽出後 (mm)
キ	0.80	0.30
ケ	1.26	0.25
メ	0.95	0.20
バ	1.06	0.15
レン	1.31	0.23
コ	2.55	1.03
ギ	2.05	1.11
	2.82	2.35



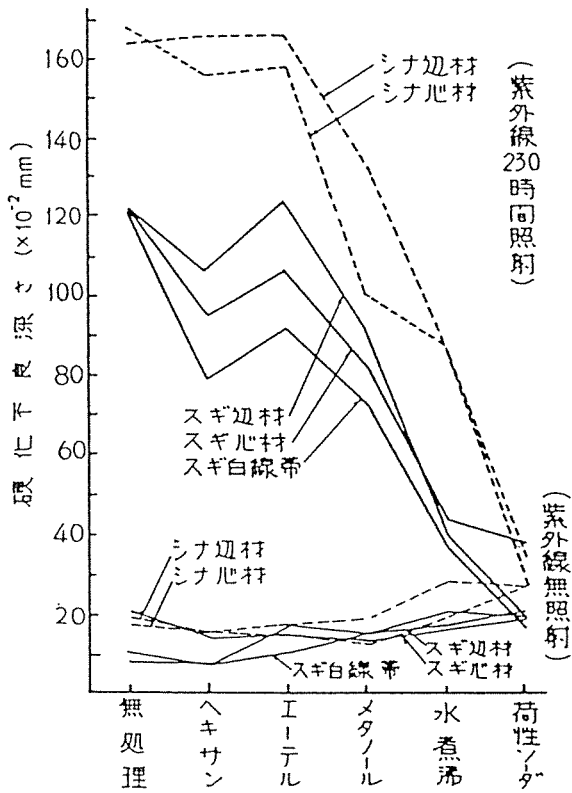


図 1 - 4 スギ、シナの抽出後の硬化不良

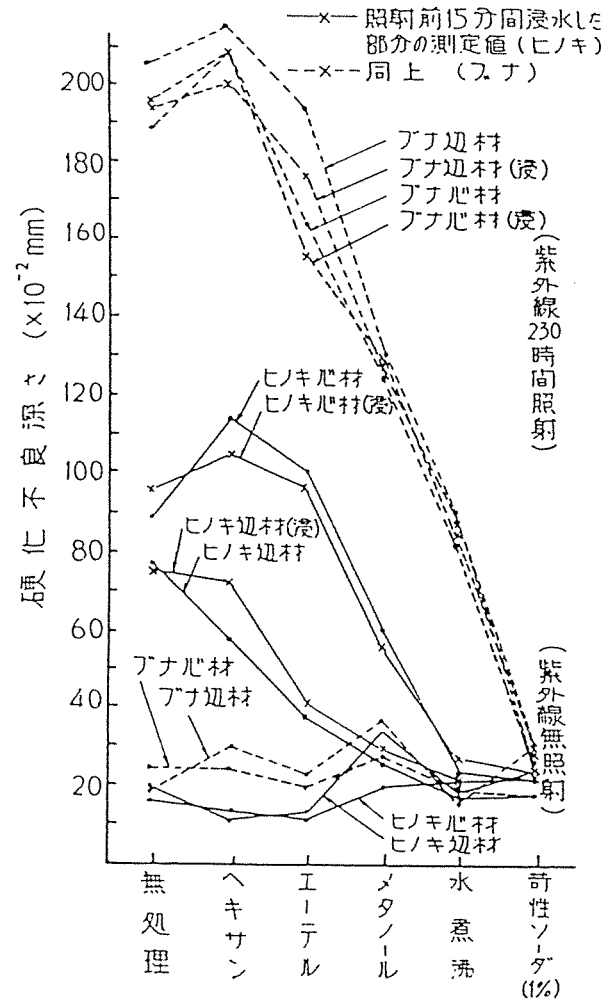


図 1 - 5 ヒノキ、ブナの抽出後の硬化不良

表 1 - 4 光照射木材のアラビノーズ増量

樹種	照射時間 hr	心材		辺材	
		アラビノース	全還元	アラビノース	全還元
スギ	0	0.3	0.3	0.4	0.8
	23	1.0	3.6	0.6	2.3
	23	1.3	4.8	1.5	4.5
ヒノキ	0	0.4	0.8	0.1	0.4
	23	1.5	5.1	1.0	3.4
	23	0.9	4.0	1.0	4.1
シナ	0	0	0.2	0	0.2
	23	0.1	0.9	0.2	1.4
	23	0.1	1.0	0.3	1.0
ブナ	0	0	0.4	0.1	0.3
	23	1.3	3.0	1.1	2.8
	23	1.2	3.1	0.6	2.7

全還元とは全還元性物質による  $N/200 Na_2S_2O_3$  消費量をアラビノースに換算した量。より大きな分子の炭水化物による還元性を意味すると考えればより大きい重量となる。

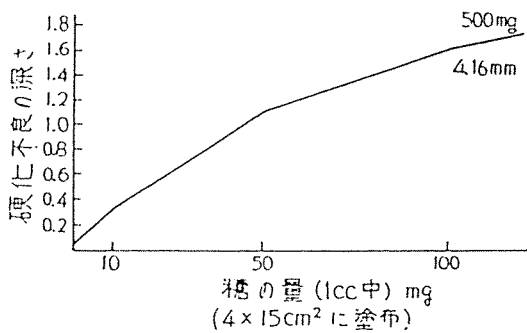


図 1 - 6 アラビノーズ量と硬化不良深さ

熱水あるいは苛性ソーダで木材を抽出したものがほぼ完全に硬化不良を改善していることから、コンクリート硬化阻害物質は水溶性であることが判明し、さらに検索されてそれらがグルコース、アラビノーズであることが立証された。アラビノーズは光照射を受けた木材で含有量を増加することも確認された。

これらの研究から、コンクリートの硬化不良に関しては、スギ材は特に危険であることはなく、従来多用されていたラワン類に比べて不都合や負担が大きいとはいえないと考えてよい。

### 3. 剛性の問題

コンクリート型枠はコンクリートの鑄型であるから、成型された形状が流し込まれる生コンクリートの圧力で変形してはならないからその剛性は重要な性能である。

ここで利用しようとしているスギ一般材は、人工林からの幼零樹が主体なので剛性が低いものが多い。しかし、これはコンクリート型枠材として利用する場合の致命的欠陥とはならない。型枠を建て込むシステムの違いでバタ角間隔を狭くしても問題がない場合もあり、また型枠面材としてのスギ材の厚みを増加して剛性を確保して経済性が保てるならば使用に何等差し支えないからである。

しかし、木材の挽き材では曲げ強度やヤング率が金属材料は勿論合板などの再構成木材と比べても相当のバラツキがある上、比重も低いスギであるから当然剛性は弱く、その上産地によっても相当の違いがあることが知られている。

飯島（木材工業Vol. 44-6, 1989）による「スギ並材の構造的利用に関するいくつかの視点」に10.5cm角での結果であるが全国の代表的な五地域のスギ並材の剛性の状況は、図1-7の通り全等級込では勿論黙視による等級区分をしたものでも相当のバラツキがあり、強度の大きさでは建築構造材料並みの5%許容下限値をとると250 kgf/cm<sup>2</sup>程度であり、一方最高は700 kgf/cm<sup>2</sup>余もある。またヤング率でも30~150×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>の広さに散らばっている。

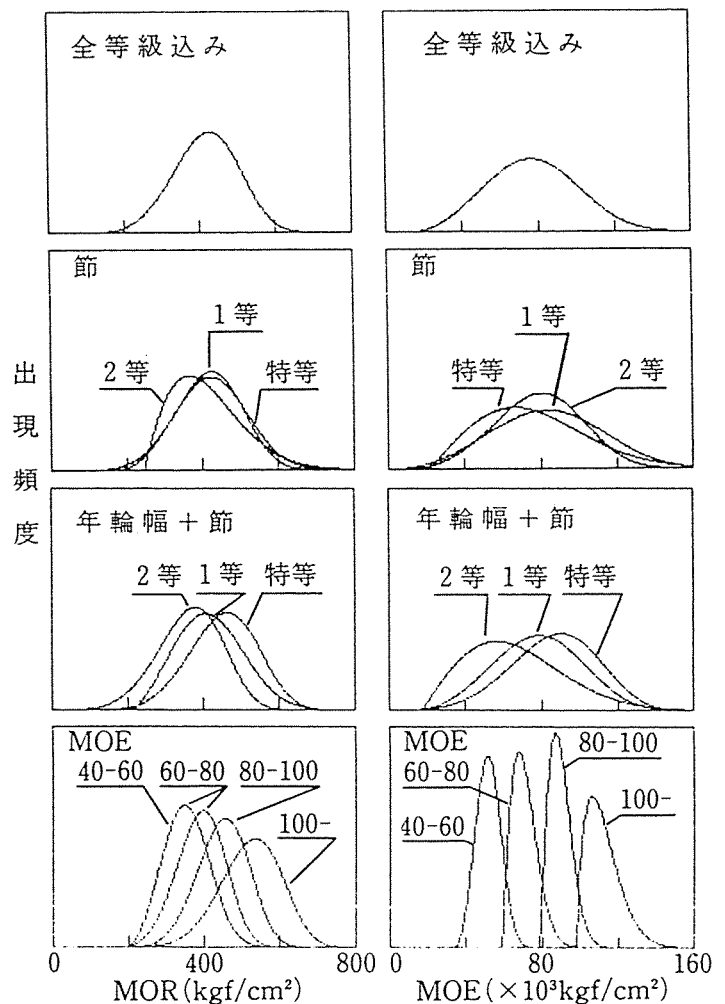


図1-7 スギ並材の強度分布

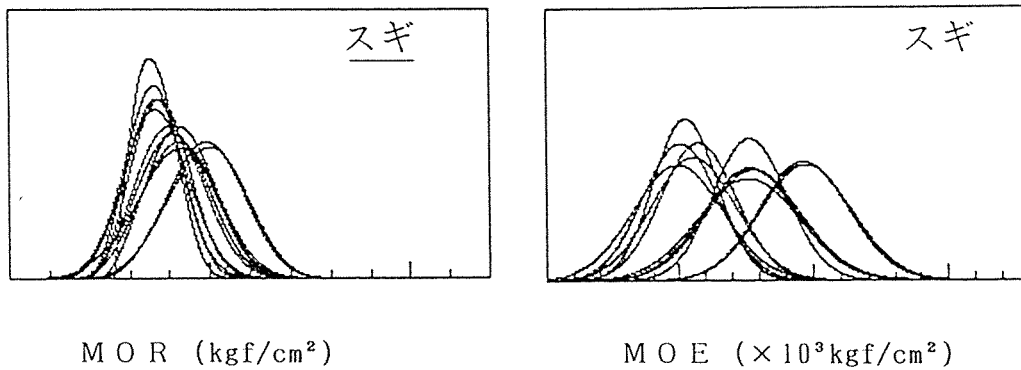


図1-8 スギ並材の産地別強度特性の分布

これらのスギ並材を用いてコンクリート型枠を作成するとき、コンクリートの打込精度を確保するためにそのヤング率別に使い分けるとすると、使用するスギ板の厚み或は使用できるスパンの違いは表1-5の様になる。

打込精度は曲げたわみ量で決まるから、いろいろのヤング率に応じたスギ板の型枠表面材が、同じ側圧下で同一スパンの時に同じたわみ量となる板の厚み、或は同じ側圧下で同じ厚みの板を使ったときに同じたわみ量となるためのスパンの長さを、ヤング率が  $60 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$  の場合を基準として示す。

表1-5 同じ側圧で同じたわみを示す各ヤング率の板の厚みとスパンの割合

ヤング率	厚みの比率	スパンの比率
$20 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	1.44	0.69
$30 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	1.25	0.79
$40 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	1.14	0.87
$50 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	1.06	0.94
$60 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	1.00	1.00
$70 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	0.95	1.05
$80 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	0.91	1.10
$90 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	0.87	1.14

当然ながらこの結果からスギ一般材をコンクリート型枠の表面材として利用する場合、ヤング率の小さい材を使用するときは、端角等によるスパンの縮小のほうが表面材スギ板の厚みを増加するより有利であることが明瞭である。

事実、第2章で詳述するがカマチ付きニ六形型枠として、スギ板の表面材を縦框材に直交方向にはった型枠を作成するならば、短辺方向に縦框材を4本並べて表面板のスパンをおよそ20cm～30cmになるような構成が現実的で適当であろう。

#### 4. コンクリート型枠の規格類

日本建築学会による「型枠の設計・施工指針案」によれば、コンクリート打設時に型枠が負担しなければならない鉛直荷重の大きさは表1-6とされている。

表1-6 コンクリート打設時の鉛直荷重の種類と大きさ

荷重の種類		荷重の値	備 考
固定 荷重	普通コンクリート	$2400\text{kg/m}^3 \times d$	$d$ : 部材厚さ 軽量1種 軽量2種
	軽量コンクリート	$2000\text{kg/m}^3 \times d$ $1800\text{kg/m}^3 \times d$	
	型枠重量	$40\text{kg/m}^2$	
積載 荷重	通常のポンプ工法	$150\text{kg/m}^2$	作業荷重+衝撃荷重
	特殊な打込工法	$150\text{kg/m}^2$ 以上	実情による

コンクリート打込み後、型枠が各種の荷重にたいして安全であったとしても、それらの外力で型枠が変形し、そのままコンクリートが硬化してしまうとコンクリート躯体の寸法精度が悪くなり、後工程への障害、仕上げ、美観とうに問題となる。しかしながら、変形量の許容値をどのくらいに設定すべきかについては統一された考え方はない。JASS5では標準値として表1-7を提示している。

表1-7 コンクリートの仕上がりの平坦さの標準値表面の精度

コンクリートの内外装仕上げ	平坦さ (凹凸の差) (mm)	参 考	
		柱・壁の場合	床の場合
仕上厚さが7mm 以上の場合、 または下地の影響をあまり受けない場合	1m につき 10以下	塗 壁 胴縁下地	塗 床 二重床
仕上厚さが7mm 未満の場合、 その他かなり良好な平坦さが必要な場合	3m につき 10以下	じか吹付け タイル圧着	タイルじか張り じゅうたん張り じか防水
コンクリートが見えがかりとなる場合、また仕上厚さがきわめて薄い場合、その他良好な表面状態が必要な場合	3m につき 7以下	打放しコンクリート じか塗装 布じか張り	樹脂塗床 耐摩耗床 金ごて仕上床

許容変形量を考える場合、型枠表面を形成するせき板とそれを受ける根太（かまち付き型枠のかまち材）、さらに大引きのそれぞれが負担する外力によるたわみの総変形量としての考え方が型枠の設計・施工指針案に示されている。

型枠設計・施工指針案にある合板型枠でスラブを組んだ場合の例を図1-10にあげる。

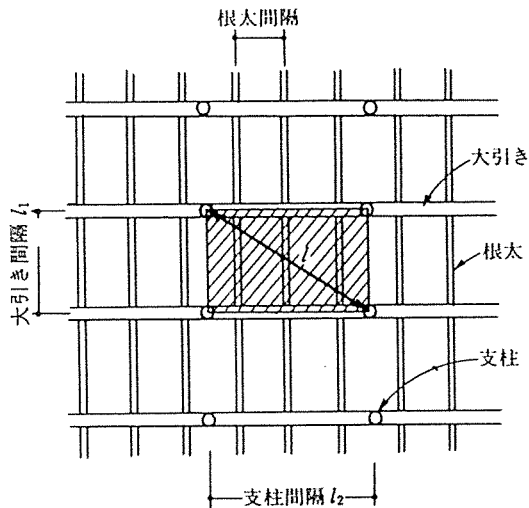
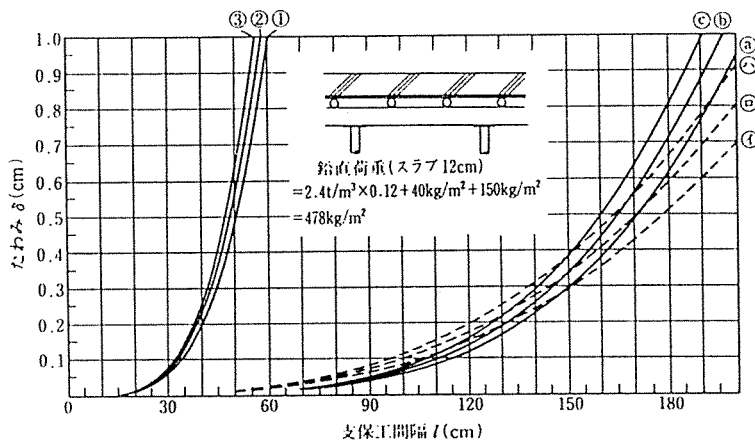


図1-9 許容変形量の考え方の例



使用材料	スラブ12cm	スラブ15cm	スラブ18cm	たわみと支保工間隔
せき板 合板厚さ12mm	①	②	③	せき板たわみδと根太間隔l
根太 単管φ48.6	Ⓐ	Ⓘ	Ⓒ	根太たわみδと大引き間隔l
大引き 端太角100×100	㉑	㉒	㉓	大引きたわみδと支柱間隔l

支柱：パイプサポート

	せき板	根太	大引き
荷重状態			
支持条件	単純梁	単純梁と 両端固定の中間	単純梁と 両端固定の中間

図1-10 合板型枠の床スラブの支保工間隔と各部のたわみの関係

これらを計算する場合に、一般的に使用されている支保工の許容応力度および許容荷重を設計・施工指針案の定めるところを示す。

表1-8 木材および鋼管の断面性能・許容応力度など

名称	形状・寸法(mm)	断面係数 $Z(\text{cm}^3)$	断面2次モーメント $I(\text{cm}^4)$	許容曲げ応力度 $f_b(\text{kg}/\text{cm}^2)$	ヤング係数 $E(\text{kg}/\text{cm}^2)$
栈木	☒ 50×25	10.4	26.0	(すぎ・べいつが)	
端太角	☒ 100×100	167	833	105	$70 \times 10^3$
単管	○ $\phi 48.6$ 厚さ2.3	3.70	8.99	1600	$2.1 \times 10^6$
角パイプ	□ 50角 厚さ2.3	6.34	15.9		
	□ 60角 厚さ2.3	9.44	28.3		

木質のコンクリート型枠では、合板コンクリート・フォームの規格・基準が日本をはじめ各国で定められている。スギ幅はぎ板型枠を検討するとき共通項目となるせき板としての剛性とコンクリート鑄型としての表面の問題についてそれらの規格・基準をあげてみよう。

周知の通り日本農林規格(JAS)では、曲げ剛性試験でその剛性を試験する。スパンを150cmとし、合板の幅と厚みから定められた大きさの中央集中荷重を与へ中央の最大たわみ量の限度以内であることで剛性を確認する。それぞれの厚み幅の型枠合板の限度たわみ量の時のヤング率は次表のとおりである。

表1-9 JASコンクリート型枠合板のヤング率

厚み	幅	試験荷重	限度たわみ	I	ヤング率
12mm	500mm	10 kg	13.5mm	7.20 $\text{cm}^4$	72,000 $\text{kgf}/\text{cm}^2$
12	600	10	11.5	8.64	70,765
12	900	20	15.5	12.96	70,000
12	1,000	20	13.5	14.40	72,338
12	1,200	20	11.5	17.28	70,765
15	500	20	15.0	14.06	66,679
15	600	20	12.5	16.88	66,647
15	900	30	12.5	25.31	66,667
15	1,000	30	11.5	28.13	65,206
15	1,200	40	12.5	33.75	66,667
18	500	20	9.5	24.30	60,916

表1-9 続き

厚み	幅	試験荷重	限度たわみ	I	ヤング率
18mm	600mm	30kg	12.0 mm	29.16 cm <sup>4</sup>	60,282 kgf/cm <sup>2</sup>
18	900	40	10.5	43.74	61,238
18	1,000	40	9.5	48.60	60,916
18	1,200	50	10.0	58.32	60,282
21	500	30	10.0	38.59	54,661
21	600	40	11.0	46.31	55,211
21	900	50	9.0	69.46	56,239
21	1,000	50	8.0	77.18	56,939
21	1,200	50	6.5	92.61	58,402
24	500	30	7.0	57.60	52,316
24	600	40	8.0	69.12	50,863
24	900	50	6.5	103.68	52,166
24	1,000	50	6.0	115.20	50,863
24	1,200	50	5.0	138.24	50,863

このJAS規格の試験条件と性能値から、JASが要求しているコンクリート型枠合板のヤング率は、おおむね50,000から70,000 kgf/cm<sup>2</sup>である。

この剛性を得るためにも構成を表面単板または裏面単板が1.5mm以上2.8mm以下で、かつ心板および添え心板が4.0mm以下で、5プライ以上の積層数を持ち、表板と同じ繊維方向の単板の合計厚さが合板の厚さの40%以上60%以下の構成比率で作られ、板面の品質について木材の欠点の限度を規定している。

アメリカ合板協会制定のPS-1でも、コンクリートフォームとしてコンクリート型枠合板が規定されている。クラスIの型枠合板では表面単板は、グループ1樹種（アピトン、イエローバーチ、ダグラスファー、カプール、サウザンパインなど）の同一グループのBグレード以上の単板を使うこと、クロスバンドはグループ1または2の樹種、センターコア単板はグループ1、2、3または4の樹種、クラスII型枠合板では表面単板はグループ1または2（サイプレス、ノーブルファー、ウエスタンヘムロック、ラワン類、レッドメランティ、メルサワ、ポンドパイン、レッドスプルー、スイートガム、イエローボアラなど）の樹種を使うことが許されている。また、指定がなければ両面サンダー掛け仕

上げを行ない剥離用の鋳物油を塗らなければならない。

APA Design / Construction Guide--Concrete Formingで推奨されている代表的な壁型枠建こみ方法を図1-11に示す。

APA-PS1に制定されている Structural 1 合板を型枠使用する場合、最も薄いもの15/32 in. (11.9mm) から1/2 in. (12.7mm), 19/32 in. (15.1mm), 5/8 in. (15.9mm), 23/32 in. (18.3mm), 3/4 in. (19.1mm) 最大厚み1-1/8 in. (28.6mm)の7種類

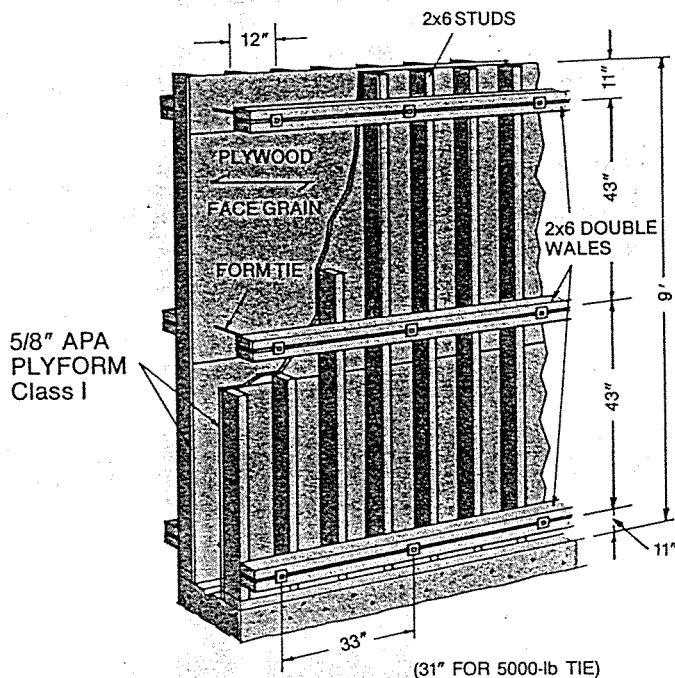


図1-11 APA推奨の壁型枠建こみ方法

が使用出来る。そのときコンクリートから受ける側圧の最大許容圧力(単位 lbs/ft<sup>2</sup>)は端太角の取り付け幅(Support Spacing)に応じてスパンが繊維方向と同じ場合を表1-10、繊維と直交方向にスパンがある時を表1-11に引用した。

表1-10 構造用1級合板を型枠とした時の最大側圧(繊維方向スパン)

Support Spacing (in.)	Plywood Thickness (in.)													
	15/32		1/2		19/32		5/8		23/32		3/4		1-1/8	
4	3560	3560	3925	3925	4110	4110	4305	4305	5005	5005	5070	5070	7240	7240
8	890	890	980	980	1225	1225	1310	1310	1590	1590	1680	1680	2785	2785
12	360	395	410	435	545	545	580	580	705	705	745	745	1540	1540
16	155	205	175	235	245	305	270	330	350	400	375	420	835	865
20	—	115	100	135	145	190	160	215	210	275	230	290	545	600
24	—	—	—	—	—	100	—	110	110	150	120	160	310	385
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	145	190

(a) Deflection limited to 1/360th of the span, 1/270th where shaded.

(b) Plywood continuous across two or more spans.

表1-11 構造用1級合板を型枠とした時の最大側圧(繊維直交方向スパン)

Support Spacing (in.)	Plywood Thickness (in.)													
	15/32		1/2		19/32		5/8		23/32		3/4		1-1/8	
4	1970	1970	2230	2230	2300	2300	2515	2515	3095	3095	3315	3315	6860	6860
8	470	530	605	645	640	720	800	865	1190	1190	1275	1275	2640	2640
12	130	175	175	230	195	260	250	330	440	545	545	675	1635	1635
16	—	—	—	—	—	110	105	140	190	255	240	315	850	995
20	—	—	—	—	—	—	—	100	135	170	170	210	555	555
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	115	340	355

(a) Deflection limited to 1/360th of the span, 1/270th where shaded.

(b) Plywood continuous across two or more spans.



APA-PS1に定められた1級コンクリート型枠合板(Plyform Class 1)を使った時の最大許容圧力(lbs/ft<sup>2</sup>)を表1-12 繊維同方向のスパンの場合と表1-13 繊維直交方向スパンの場合を引用する。

表1-12 コンクリート型枠合板の繊維同方向にスパンを取った場合

Support Spacing (in.)	Plywood Thickness (in.)													
	15/32		1/2		19/32		5/8		23/32		3/4		1-1/8	
4	2715	2715	2945	2945	3110	3110	3270	3270	4010	4010	4110	4110	5965	5965
8	885	885	970	970	1195	1195	1260	1260	1540	1540	1580	1580	2295	2295
12	335	395	405	430	540	540	575	575	695	695	730	730	1370	1370
16	150	200	175	230	245	305	265	325	345	390	370	410	740	770
20	—	115	100	135	145	190	160	210	210	270	225	285	485	535
24	—	—	—	—	—	100	—	110	110	145	120	160	275	340
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130	170

(a) Deflection limited to 1/360th of the span, 1/270th where shaded.  
 (b) Plywood continuous across two or more spans.

表1-13 コンクリート型枠合板の繊維直交方向にスパンを取った場合

Support Spacing (in.)	Plywood Thickness (in.)													
	15/32		1/2		19/32		5/8		23/32		3/4		1-1/8	
4	1385	1385	1565	1565	1620	1620	1770	1770	2170	2170	2325	2325	4815	4815
8	390	390	470	470	530	530	635	635	835	835	895	895	1850	1850
12	110	150	145	195	165	225	210	280	375	400	460	490	1145	1145
16	—	—	—	—	—	—	—	120	160	215	200	270	710	725
20	—	—	—	—	—	—	—	—	115	125	145	155	400	400
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	255	255

(a) Deflection limited to 1/360th of the span, 1/270th where shaded.  
 (b) Plywood continuous across two or more spans.

また、カナダ林産審議会で定めたCOFI型枠用屋外用ダグラスファー合板はその種類と厚み別に表1-14の●印のものがある。

表1-14 COFIコンクリート型枠用屋外用ダグラスファー合板の種類

	Thicknesses (mm)														
	12.5	15.5	17	17.5	18.5	19	20.5	21	22.5	24	25.5	27	28.5	30	31.5
Good One Side			•			•		•		•		•		•	
Good Two Sides			•			•		•		•		•		•	
Select Tight-face		•			•		•		•		•		•		•
Select		•			•		•		•		•		•		•
Sheathing		•			•		•		•		•		•		•
COFIFORM			•		•	•	•								
COFIFORM-PLUS	•	•		•		•		•							

これらを600mm × 2400mmのかまち付き定尺パネルとして、そのかまち材に木材やアングルが使われ、建込み時のかまち材結合方法まで説明している。それらを参考までに図1-12、図1-13、図1-14、図1-15に紹介する。

また、コンクリート型枠として使用するときの材料剛性上の各性能値が詳細に提示されている。表1-15繊維同方向にスパンを取ったとき、表1-16繊維直交方法にスパンを取ったとき、表1-17せん断力が提示されている。

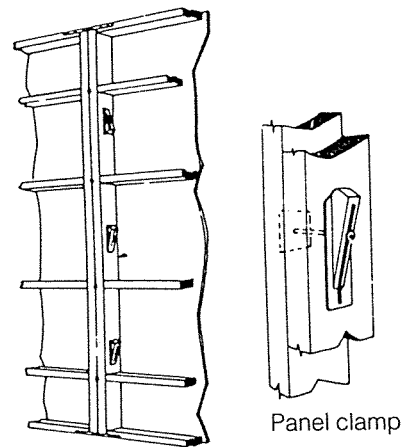
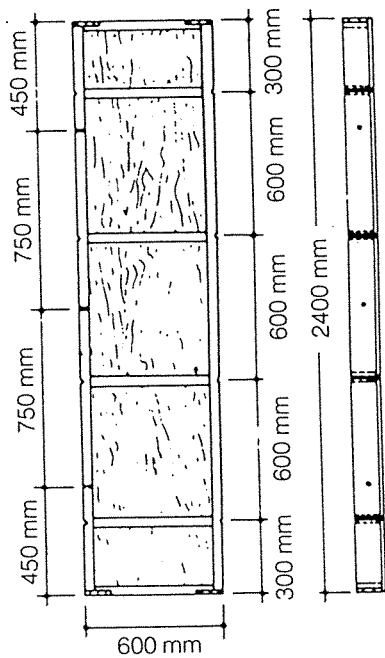


図1-13 かまちの結合システム

図1-12 C O F I のかまちつき型枠

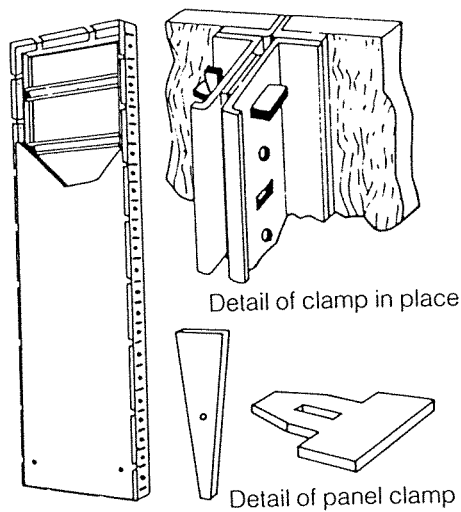


図1-14 アングルかまちの型枠

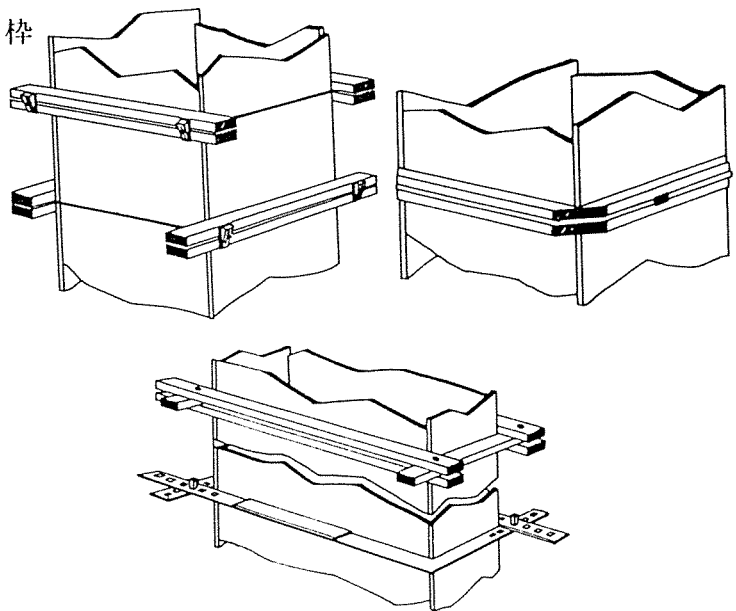


図1-15 柱型の建込みシステムの各種

表1-15 C O F I 屋外合板のコンクリート型枠使用の設計性能（繊維同方向スパン）

Limit States Design Capacities\* for COFI EXTERIOR Plywood Applied as Concrete Formwork

Face grain oriented perpendicular to supports (parallel to span between supports)

Type of Plywood	Nominal Panel Thickness (mm)	Number of Plies	Limit State Design Capacities per 1 mm Width			
			Bending Moment (M) (N mm/mm)	Planar Shear (V) (N/mm)	Bending Stiffness (EI) (N mm <sup>2</sup> /mm)	Planar Shear Rigidity (GA) (N/mm)
Overlaid, Sanded, or Unsanded COFIFORM-PLUS	12.5	5	518	9.95	1 530 000	974
	15.5	5	724	12.50	2 680 000	1200
	17.5	7	933	12.50	3 930 000	1290
	19	7	1080	13.20	4 900 000	1490
	21	7	1190	14.30	5 820 000	1470
Overlaid, or Sanded COFIFORM	17	6, 7	668	9.31	2 830 000	1040
	19	6, 7	830	10.30	3 720 000	1140
Sanded Douglas Fir Plywood	17	5, 6, 7	600	8.54	2 510 000	503
	19	5, 6, 7	705	9.82	3 260 000	588
	21	7	1080	10.20	5 350 000	785
	24	7	1370	12.50	7 840 000	753
	27	9	1870	14.50	11 800 000	951
Unsanded COFIFORM	18.5	6, 7	951	10.50	4 360 000	1210
	20.5	6, 7	1140	11.40	5 650 000	1350
Unsanded Douglas Fir Plywood	15.5	4, 5	677	6.69	2 620 000	531
	18.5	5, 6, 7	890	9.39	4 080 000	648
	20.5	5, 6, 7	1020	10.30	5 490 000	658
	22.5	6, 7, 9	1420	11.40	7 980 000	854
	25.5	7, 9	1720	13.20	10 500 000	842
	28.5	9	2290	15.40	15 500 000	1060
31.5	9, 11	2570	16.70	19 300 000	1050	

\* All capacities adjusted for wet service conditions. Bending moment and planar shear capacities adjusted for short term duration of loading.

表1-16 C O F I 屋外合板のコンクリート型枠使用時の設計性能値（繊維直交方向スパン）

Limit States Design Capacities\* for COFI EXTERIOR Plywood Applied as Concrete Formwork

Plywood face grain oriented parallel supports (perpendicular to span between supports)

Type of Plywood	Nominal Panel Thickness (mm)	Number of Plies	Limit States Design Capacities per 1 mm Width			
			Bending Moment (M) (N mm/mm)	Planar Shear (V) (N/mm)	Bending Stiffness (EI) (N mm <sup>2</sup> /mm)	Planar Shear Rigidity (GA) (N/mm)
Overlaid, Sanded, or Unsanded COFIFORM-PLUS	12.5	5	282	5.25	505 000	711
	15.5	5	444	6.23	999 000	890
	17.5	7	682	10.20	2 080 000	1080
	19	7	792	11.50	2 680 000	1100
	21	7	950	12.20	3 450 000	1260

\* All capacities adjusted for wet service conditions. Bending moment and planar shear capacities adjusted for short term duration of loading.

繊維同方向にスパンを取ったときの各厚みの型枠合板のせん断剛性係数表1-17と繊維直交方向にスパンをとった場合のせん断剛性率を表1-18に引用した。これらのカナダでの合板型枠の各種の資料データはC O F I 発行のPLYWOOD HANDBOOKおよびExterior PLYWOOD For CONCRETE FORMWORK. Reference and Design Manual から引例した。

表1-17 表面繊維方向と直角に支持したとき（繊維方向にスパンを取った時）

Plywood face grain oriented perpendicular to supports (parallel to span between supports)

Nominal Panel Thickness Range (mm)	Shear Deflection Constant (C)
12.5 to 14	0.190
15.5 to 18.5	0.170
19 to 28.5	0.160
30 to 31.5	0.155

表1-18 表面繊維に平行に支持した時（繊維直角方向にスパンを取る時）

Face grain oriented parallel to supports\* (perpendicular to span between supports)

Nominal Panel Thickness Range (mm)	Center to Center Span Between Supports (mm)	Shear Deflection Constant (C)
12.5	All	0.230
15.5	All	0.220
17.5 to 21	200 to 399	0.200
	400 to 800	0.240

\* Shear deflection constants for face grain oriented parallel to supports are applicable for COFIFORM-PLUS only.

これらの剛性性能値を基準に、厚みが 12.5mm, 15.5mm, 17.5mm, 19mm, 21mm の型枠用合板 COFIFORM-PLUS を使ったときのスパン長さ と許容圧力の関係を表およびグラフで提示している。表面繊維と同方向にスパンを取ったとき 図1-16、表面繊維直角方向にスパンを取ったとき図1-17を示す。

この時、たわみ量限度をスパン長さの180分に1としている。また支持には幅が38mmかそれ以上の太さを持つ栈木を使うこととなっている。またこの結果はオーバーレイ、サンダー仕上げ、表面仕上無しのいずれの型枠合板にも適用出来るとしている。

Center to Center Span (mm)	Allowable Pressure (kN/m <sup>2</sup> ) for the Indicated Plywood Thickness				
	12.5 mm	15.5 mm	17.5 mm	19 mm	21 mm
100	172	216	216	227	247
150	95	119	119	126	137
200	66	83	83	87	94
400	20	27	35	39	42
600	7.1	12	16	18	20
800	3.1	5.3	7.3	9.1	10

- L/180 deflection limit
- Face grain perpendicular to supports
- 38 mm or wider supports
- Available as overlaid, sanded or unsanded

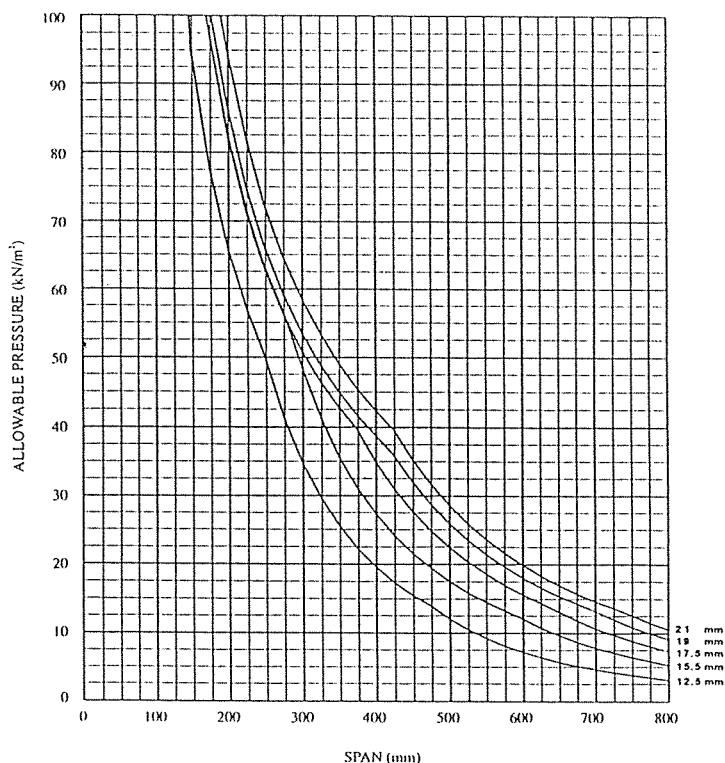


図1-16 COFIFORM-PLUS 型枠合板のスパンと許容側圧力の関係

(繊維同方向にスパンを取った時)

Center to Center Span (mm)	Allowable Pressure (kN/m <sup>2</sup> ) for the Indicated Plywood Thickness				
	12.5 mm	15.5 mm	17.5 mm	19 mm	21 mm
100	91	107	176	199	211
150	50	59	97	110	117
200	35	41	67	76	81
400	8.5	16	26	30	36
600	2.5	4.8	8.8	11	14
800	1.1	2.0	3.8	4.7	6.0

- L/180 deflection limit
- Face grain parallel to supports
- 38 mm or wider supports
- Available as overlaid, sanded or unsanded

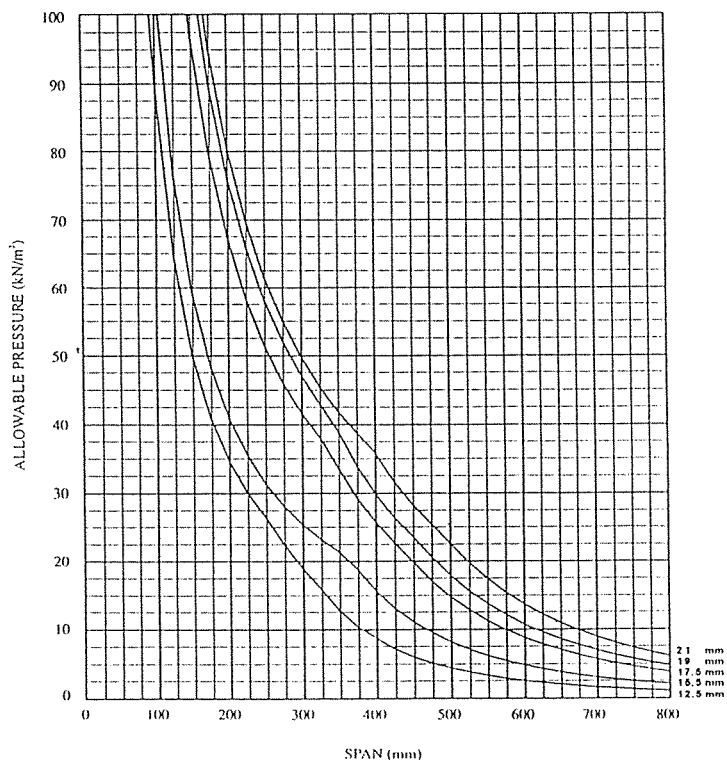


図1-17 COFIFORM-PLUS型枠合板のスパンと許容側圧力の関係

(繊維直角方向にスパンを取った時)

## 第2章 幅はぎ板による型枠の設計

### 1. 一般的なコンクリート型枠工法

コンクリート型枠は内端太・外端太・支保工・緊結材などによって建築物の柱・壁・梁・床部位などのコンクリート鑄型を形成する平面材料である。

大正（1920年）時代にそれ以前の厚板の本実矧（ほんざねはぎ）組み立てからカマチ式パネルに変わり、以後戦後の昭和40（1960）年代まで2×6マツパネルの形で長く使用されていたが、それに続いた高度成長時代の高需要・新製品開発・技術革新につれてメタルホームや大型パネルによる省力化へ進んだが、コンクリート型枠合板の品質・供給の確立で最近ではもっぱら合板素板工法とも呼ばれている12mm厚コンクリート型枠合板をそのままカマチ等を付けずに図2-1 図2-2 示す様に外端太・内端太丸パイプとセバレーターで緊結して建て込む方法が主流ではあるが、一方でコンクリート型枠合板を表面材としてカマチ付の型枠も相当量使用されている。

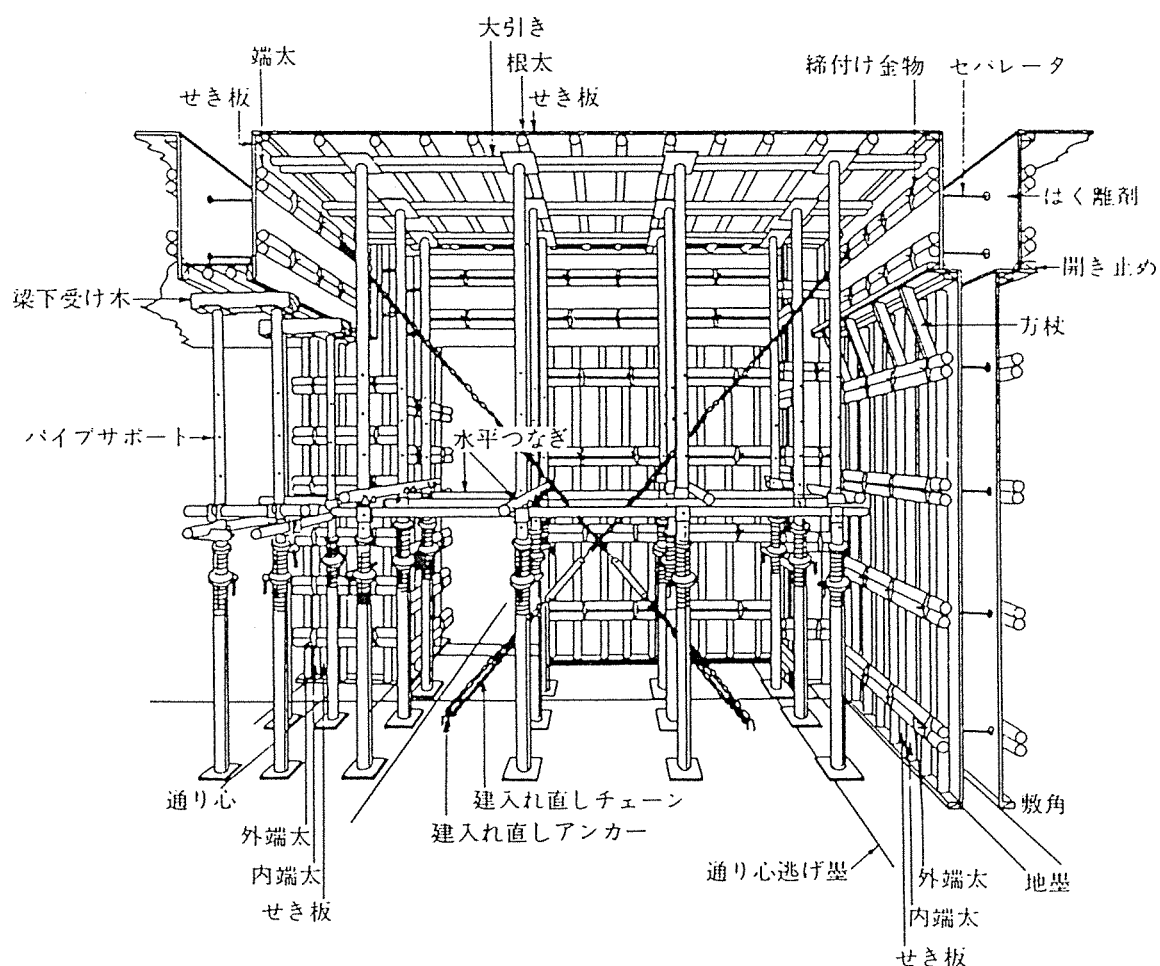


図2-1 一般的な合板素板型枠工法（日本建築学会：型枠の設計・施工指針案）

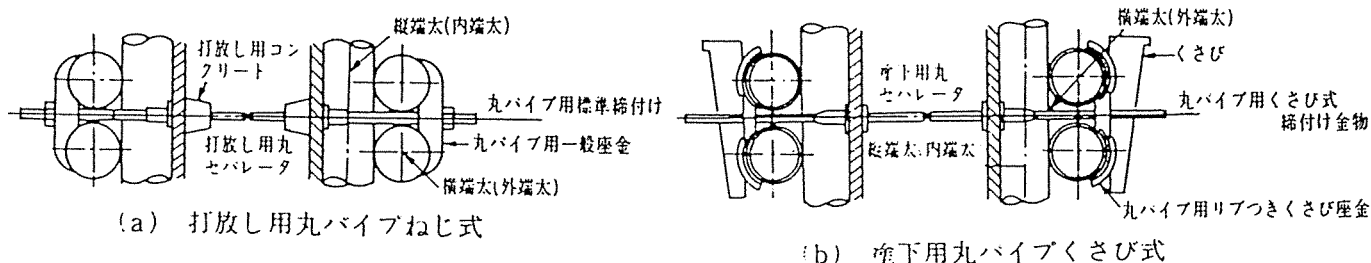


図2-2 外端太・内端太に丸パイプを使った合板型樫の緊結（図2-1 と同じ）

## 2. スギ小幅幅はぎ板

コンクリート型樫材料に求められる性能は、柱・梁・壁・床など施工部位による違い、コンクリート表面仕上方法・材料の相違、工法の違いなどの外、階段・出隅入り隅など加工施工性の難易、特殊型樫でそれぞれ異なるので、その全ての局面に対応出来るに越したことはないが、スギ小幅幅はぎ板を型樫材料として考える第一段階では、一般的な壁型樫、床型樫を主体として検討する。

スギ板は繊維方向に平行方向の剛性が強いが、繊維直交方向の剛性は弱い。間伐小径木、スギ並材辺材からの小幅板では更に弱くとも強いはずはない。この小幅板を幅はぎしたスギ小幅幅はぎ板では接着がいくら強くとも幅広になるだけ更に弱く、 $90 \times 180$  cm、 $60 \times 180$  cm寸法の板の繊維直交方向の剛性は合板のそれに比ぶべくもなく、合板素板型樫工法と同様な使用には耐えられない。

そこでスギ小幅幅はぎ板型樫はカマチ付パネルとして利用することが得策であろう。カマチ付パネルであれば重量等から一般的には寸法が $60 \times 180$  cmの $2 \times 6$ パネルとなるう。

## 3. カマチ付きパネル

昔のカマチ式 $2 \times 6$ マツパネルの形状は図3の様に6尺（182 cm）を長手とし2尺（61 cm）を幅として、 $2.7 \times 5.7$  cmのカマチ材を長手方向に3本幅方向に30 cmの間隔で横カマチに釘着され、厚み3分（7～8 mm）の表面マツ小幅板は長手カマチに直交して長手方向横に並べられ、それぞれが各長手カマチに釘で釘着されていた。

この形状のカマチ式型樫パネルは小幅板が釘着のみであるので、対角線方向の荷重に対しては非常に変形し易く、15mm厚ブナ合板でしかも表面単板の繊維方向が型樫パネルの幅

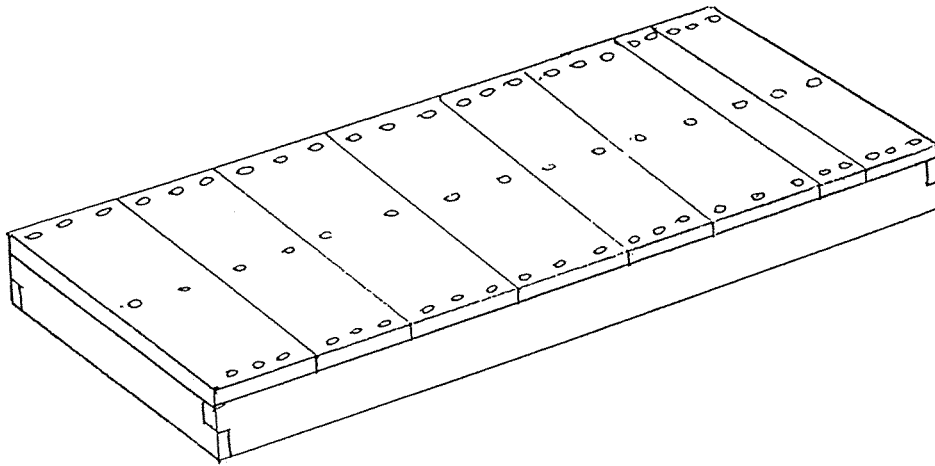


図2-3 カマチ式二六マツパネル型枠の形状

方向の所謂逆寸サイズ合板を釘着したものと比較した変形の難易の状態は図2-4 に示す通りで、その弱さは大きな弱点となっていた。側面を接着して一枚ものとした小幅幅はぎ板は小幅板を使用しているとはいえ、表面材がある幅をもって一体化しているので合板の場合ほどでなくともそれに近づくと考えてよく、型枠施工時に心配される難点の一つの防除になることとなる。

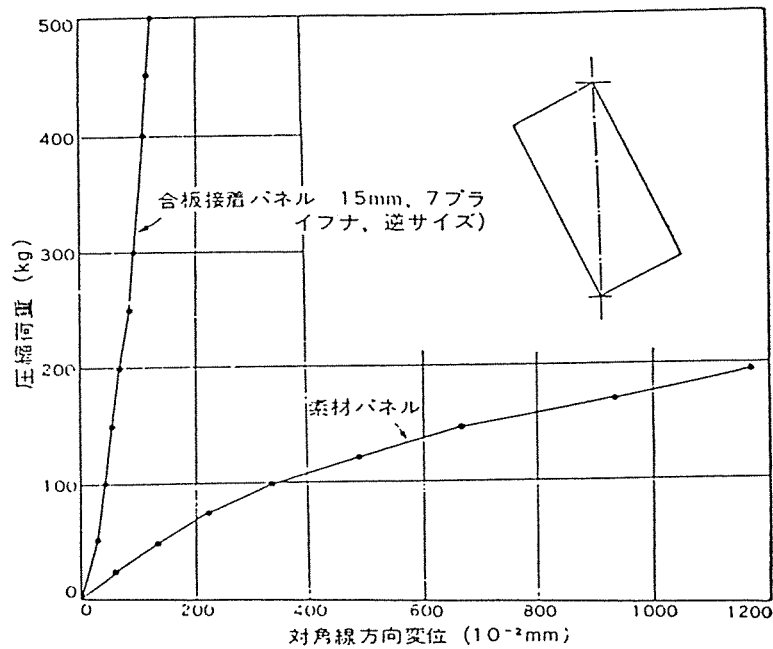


図2-4 対角線方向圧縮時の荷重—変形（亀田泰弘監修：合板型わく工法）



#### 4. 釘着間隔

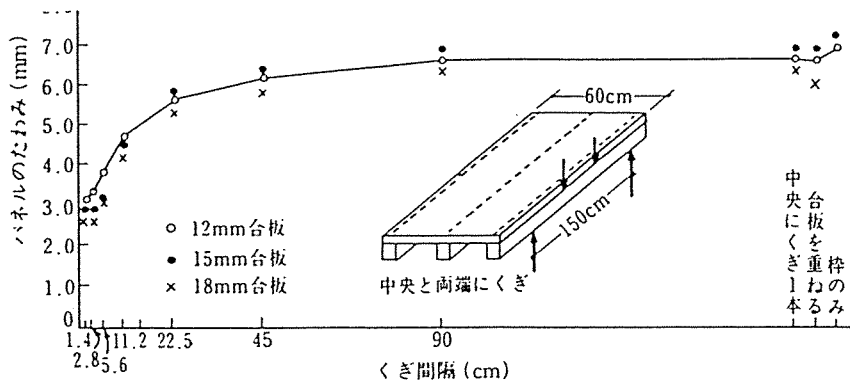
昔のマツパネルのカマチ付パネルと同様に、カマチ材を2.7 × 5.7cm のベイツガ、ヒノキとし長手方向3本の配置で、表面材に12mm厚、15mm厚、18mm厚のラワンI類合板を12mmでは36mm普通釘、15mm厚18mm厚合板の場合は45mm普通釘を使って、釘打間隔15cmとした釘着のみのパネル(N)、ユリア樹脂と併用で合板を取り付けたパネルの(NG)タイプ、また、釘無しで0.5kgf/cm<sup>2</sup>の圧締圧で接着した(G)タイプなどの強度的性能は表1であったと報告されている(下付数字3はヒノキ、その他はベイツガ、NSは1.4cm間隔釘着。出所は図2-4に同じ)。

表2-1 カマチ材への表面材合板の接合条件とその強度的特性

パネル の記号	曲 げ 剛 性			断面二次 モーメント I cm <sup>4</sup>	断 面 係 数		曲 げ モ ー メ ン ト		
	計 算 値 (EI) <sub>r</sub> 10 <sup>6</sup> kgcm <sup>2</sup>	実 測 値 (EI) <sub>o</sub> 10 <sup>6</sup> kgcm <sup>2</sup>	比 (EI) <sub>o</sub> (EI) <sub>r</sub>		圧 縮 側 Z <sub>p</sub> cm <sup>3</sup>	引 張 り 側 Z <sub>o</sub> cm <sup>3</sup>	比 例 限 M <sub>p</sub> 10 <sup>3</sup> kgcm	最 大 M <sub>m</sub> 10 <sup>3</sup> kgcm	比 M <sub>p</sub> M <sub>m</sub>
12N <sub>1</sub>	56.79	21.18	0.37	474.6	217.5	101.1	18.75	34.25	0.55
12N <sub>2</sub>	44.83	17.32	0.39	466.6	244.9	94.5	11.25	24.75	0.46
12N <sub>3</sub>	56.08	20.96	0.37	483.5	242.4	96.3	15.00	30.25	0.50
15N <sub>1</sub>	61.00	22.65	0.37	583.4	239.1	121.7	16.25	35.25	0.46
15N <sub>2</sub>	53.33	19.75	0.37	550.4	289.5	103.9	13.75	32.25	0.43
15N <sub>3</sub>	62.53	19.63	0.31	571.5	271.9	110.6	20.00	28.75	0.70
15N <sub>1</sub>	68.61	22.88	0.33	666.6	266.0	132.0	20.00	38.00	0.53
15N <sub>2</sub>	61.20	21.48	0.35	640.4	274.4	123.0	15.00	37.25	0.40
15N <sub>3</sub>	64.50	21.33	0.33	642.6	279.7	122.9	18.75	39.50	0.47
12NG <sub>1</sub>	54.69	46.94	0.86	493.2	228.9	102.9	17.50	32.75	0.53
12NG <sub>2</sub>	53.87	49.01	0.91	474.1	232.8	97.9	37.50	57.50	0.65
12NG <sub>3</sub>	53.81	51.19	0.95	508.3	270.7	99.1	32.50	45.75	0.71
15NG <sub>1</sub>	56.66	52.36	0.92	566.3	240.0	116.9	38.75	51.00	0.76
15NG <sub>2</sub>	55.07	51.55	0.94	548.1	242.0	111.0	33.75	57.00	0.59
15NG <sub>3</sub>	57.69	49.53	0.86	551.2	276.6	104.6	45.00	61.75	0.73
18NG <sub>1</sub>	62.94	62.00	0.99	660.8	265.8	130.7	38.75	51.00	0.76
18NG <sub>2</sub>	67.43	60.13	0.89	651.4	292.8	121.4	37.50	47.25	0.79
18NG <sub>3</sub>	65.91	59.07	0.90	644.3	294.2	119.9	25.00	50.75	0.49
12G	47.09	45.79	0.97	497.5	240.6	101.9	31.25	36.00	0.87
15G	53.73	48.54	0.90	574.7	269.9	111.5	30.00	47.75	0.63
18G	57.61	52.45	0.91	630.0	299.2	116.6	17.50	37.50	0.47
12NS	58.55	34.70	0.59	486.5	207.5	107.5	20.00	51.25	0.39
15NS	67.20	33.65	0.50	563.9	242.1	115.4	22.50	50.75	0.44
18NS	77.14	40.14	0.52	672.4	275.5	130.3	25.00	49.75	0.50

注) 12, 15, 18はそれぞれ合板厚さを示す。材木はGおよび各種接合条件の数字3のものがヒノキ、他はすべてベイツガ使用

釘着のみの場合の釘間隔とパネルの剛性を、スパンの長さ 150cm, 3等分点250kg 荷重での中央最大たわみは図2-5 (図2-4に同じ)の通りであり、これによるとカマチ材のみ或はカマチ材の上に表面材合板を重ねたのみのはたわみ量はほぼ6mmで変わらず、これを釘打しても釘間隔が22.5cmより広い場合は釘着無しと殆ど変わらないが、それより釘打間隔が狭くなるに従い急激にパネルのたわみが減少しはじめるが、2.8cmより狭くしても効果は期待出来ないことが分かる。この結果スギ小幅幅はぎカマチ付型枠の表面材接合釘打間隔は5~10cm前後が実用的と考えられる。



スパン 150 cm, 3 分点荷重 250 kg, 栈木寸法 2.7×5.7 cm

図2-5 釘打間隔とパネルのたわみ量 (図2-4 に同じ)

### 5. カマチ材の樹種

型枠のカマチ材または表面材のスギ、ラワン、ベイツガ等の使用樹種に応じた許容応力度は建築基準法施行令に定められているが、支保工に使用する場合は労働安全衛生規則に定められた許容応力度に従うことが決められている。それらに定められた許容応力度を表2-2に示す。また、コンクリート型枠を建込む際に使用するもろもろの仮設材料の剛性上の値も定められているが、これの値については既に第1章表1-8に挙げた。

表2-2 建築基準法施行令・労働安全衛生規則に定められた許容応力度 (図2-1 に同じ)

種類	樹種	許容応力度		圧縮		引張り・曲げ		せん断		
		法令		建築基準法施行令	労働安全衛生規則	建築基準法施行令	労働安全衛生規則	建築基準法施行令	労働安全衛生規則	労働安全衛生規則
		長期	短期	長期	短期	長期	短期	長期	短期	長期
針葉樹	あかまつ・くろまつ・べいまつ	75	150	120	95	190	135	8	16	10.5
	からまつ・ひば・ひのき・べいひ	70	140	120	90	180	135	7	14	10.5
	つが	65	130	120	85	170	135	7	14	10.5
	べいつが	65	130	90	85	170	105	7	14	7.5
	もみ・えぞまつ・とどまつ・すぎ・べいすぎ	60	120	90	75	150	105	6	12	7.5
広葉樹	かし	90	180	135	130	260	195	14	28	21
	くり・なら・ぶな・けやき	70	140	105	100	200	150	10	20	15

(単位: kg/cm<sup>2</sup>)

カマチ材としてスギ、ヒノキ、ベイツガを使用することとなるが、この中で当面目標にしているスギは剛性的には最低であるので、カマチ材をスギ材で検討して部材寸法を決めれば、同寸法であればその他の樹種を使用する場合は安全側で決定されていることになる。

### 6. 選定材料での構造計算

3項でパネル形状を60×180cmとし、カマチ材の断面寸法2.7cm×5.7cm、2.4×5.8cmの2種を使い、幅間隔を30cmで3本の縦カマチとなる図2-6(1)と20cm間隔で縦カマチ4本となる図2-6(2)の2種類、表面材料は15mm厚或は12mm厚のスギ小幅幅はぎ板をカマチ長手方向と直角方向にカマチにわたして作成する6種類の型枠が考えられる(図2-6)。

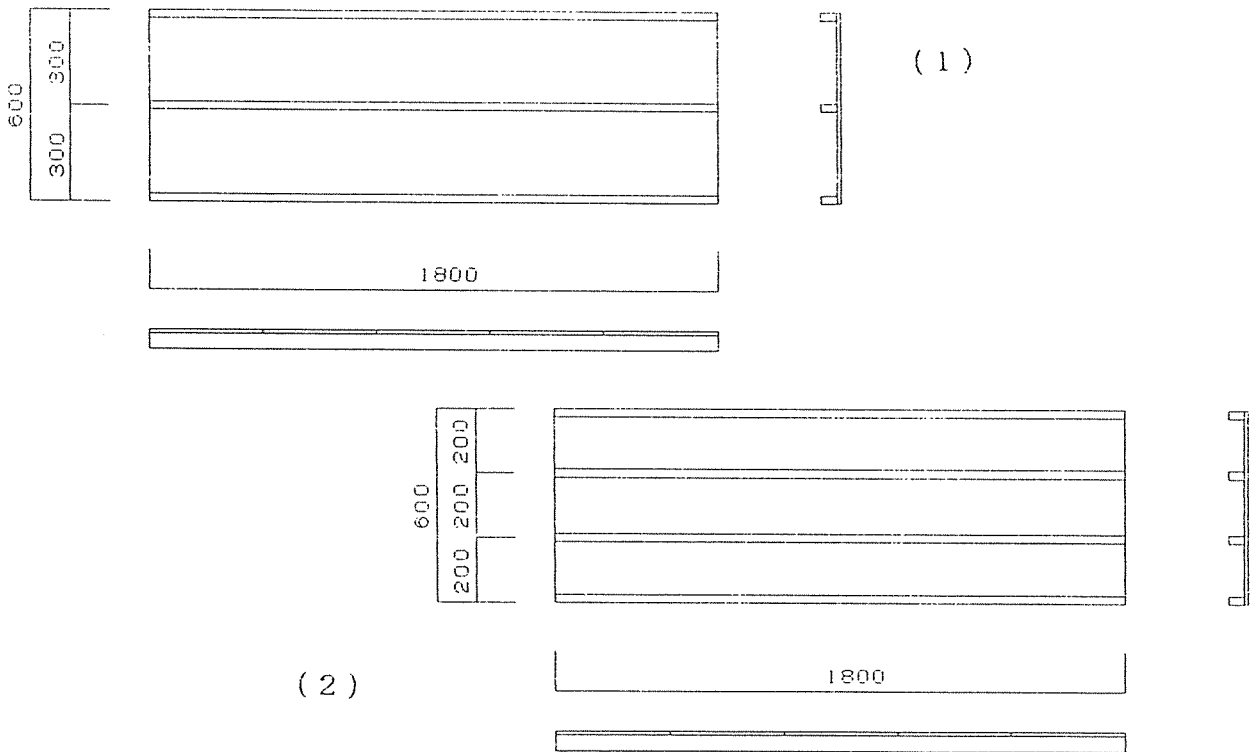


図2-6 スギ小幅幅はぎ板カマチ付コンクリート型枠の形状

表2-3 型枠設計用の側圧 ( J A S S 5 )

打込速度 (m/h)		10以下の場合		10を超え20以下の場合		20を超える場合
		1.5以下	1.5を超え4.0以下	2.0以下	2.0を超え4.0以下	
壁	柱	$W_0 H$	$1.5 W_0 + 0.6 W_0 \times (H - 1.5)$	$W_0 H$	$2.0 W_0 + 0.8 W_0 \times (H - 2.0)$	$W_0 H$
	長さ3m以下の 場合		$1.5 W_0 + 0.2 W_0 \times (H - 1.5)$		$2.0 W_0 + 0.4 W_0 \times (H - 2.0)$	
			長さ3mを超える 場合		$1.5 W_0$	

$H$ :フレッシュコンクリートのヘッド(m)(側圧を求める位置から上のコンクリートの打込高さ)  
 $W_0$ :コンクリートの単位容積重量( $t/m^3$ )

この形状の型枠を用いて壁にコンクリートを打ち込む時に予想される側圧は表1-6 および表2-3 から次のようになる。

表2-4 コンクリートの側圧 (単位 t/m<sup>2</sup>)

打込速度 (m/h)	10以下の場合		10を超え20以下の場合		20を超える場合
打込高さ H (m)	<1.50	<4.0	<2.0	<4.0	<4.0
長さ3m以下の壁	3.64(3.79)	4.84(4.99)	4.84(4.99)	6.76(6.91)	9.64(9.79)
長さ3m以上の壁	3.64(3.79)	3.64(3.79)	4.84(4.99)	4.84(4.99)	9.64(9.79)

この場合コンクリートの単位容積重量は普通コンクリートの2,400kg/m<sup>3</sup>とし、( ) はポンプ工法の作業での積載荷重を含む場合となる。

スギ小幅幅はぎ板カマチ付型枠のコンクリート打設時の圧力による型枠の変形たわみを検討するに当たり、カマチ材間に渡たされたスギ小幅幅はぎ板のたわみとパイプ端太間に渡ったカマチ材のたわみに分けて検討した。

### 6-(1) スギ小幅幅はぎ板表面材の剛性

そこでまず、カマチ材は十分剛でコンクリートの側圧で変形しないと仮定して、図2-6のカマチを中1本入れたカマチ付型枠(1)ではスギ小幅幅はぎ板表面材のスパンは30cm、2本入れたもの(2)ではスパンを20cmとし、側圧は表2-4 うち小さい方の 3.64 t/m<sup>2</sup>で15mmのスギ小幅幅はぎ板表面材のたわみ変形を計算する。この場合連続梁スパンとして働き図2-7 のようにたわみは小さくなるが、安全側で単純梁支持とし、曲げヤング係数、許容応力度は表1-8 の「すぎ」の値により計算することとする。

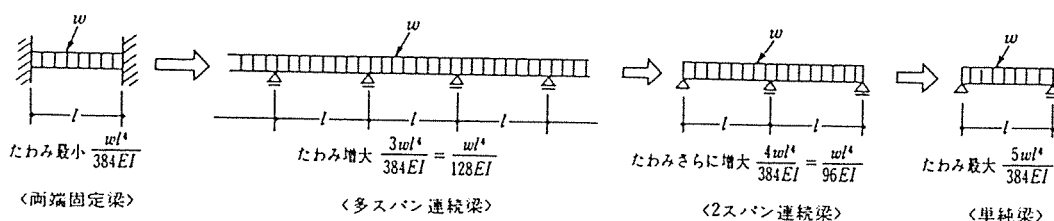


図2-7 型枠架構の支持条件とたわみの関係 (多勢祐：建築の技術・施行、No. 178)

たわみ計算 (等分布荷重として)

$$\delta = \frac{5W\ell^4}{384EI}$$

$\delta$  : たわみ量 (cm)       $l$  : 断面二次モーメント (cm<sup>4</sup>)  
 $W$  : 荷重 (側圧) (kgf/cm<sup>2</sup>)       $\ell$  : スパン (cm)  
 $E$  : ヤング係数 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$I : b d^3 / 12 = 1 \times 1.5^3 / 12 = 0.28125 \text{ cm}^4$$

E : 表 3 より  $70 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$

W :  $W = 3.64 \text{ t/m}^2 = 0.364 \text{ kgf/cm}^2$

表2-5 15mm厚幅はぎ板を表面材とした時のカマチ間隔（スパン  $\ell$ ）のたわみ計算表

$\ell$	$\ell^4$	$5 \times W$	$5W\ell^4$	$384EI$	$\delta \text{ (cm)}$
10	$1.0000 \times 10^4$	1.82	$1.82 \times 10^4$	$756 \times 10^4$	0.0024
12	$2.0736 \times 10^4$	1.82	$3.7740 \times 10^4$	$756 \times 10^4$	0.0050
15	$5.0625 \times 10^4$	1.82	$9.2138 \times 10^4$	$756 \times 10^4$	0.0122
20	$16.0000 \times 10^4$	1.82	$29.12 \times 10^4$	$756 \times 10^4$	0.0385
30	$81.0000 \times 10^4$	1.82	$147.42 \times 10^4$	$756 \times 10^4$	0.1950

#### 破壊許容耐力

$8 \sigma Z$        $\sigma$  : 許容応力度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )

破壊許容耐力  $W = \frac{8 \sigma Z}{\ell^2}$        $Z$  : 断面係数 ( $\text{cm}^3$ )

$\ell^2$        $\ell$  : スパン (cm) : (カマチ 棧間隔)

$\sigma$  : 表 1-8 の「すぎ」より  $105 \text{ kgf/cm}^2$

$Z$  :  $Z = b d^2 / 6 = 1.0 \times 1.5^2 / 6 = 0.375 \text{ cm}^3$

表2-6 15mm厚幅はぎ板を表面材としたカマチ間隔（スパン  $\ell$ ）の曲げ破壊許容耐力計算

$\ell$	$\ell^2$	$8 \sigma Z$	$W \text{ (kgf/cm}^2)$	$W \text{ (t/m}^2)$
10	100	315	3.15	31.5
12	144	315	2.1875	21.875
15	225	315	1.4	14.0
20	400	315	0.7875	7.875
30	900	315	0.35	3.5

これらの値を図2-8 にまとめ、コンクリート側圧を、予測されるうち最も負担の大きい打込速さが20m/h 以上の時の $9.79 \text{ t/m}^2$ の場合まで順次大きくし、各側圧での各スパン（カマチ間隔）の場合のたわみ量をこの図から読み取ることが出来るようにした。

これによると表2-4 のコンクリート打込条件に対応する各側圧条件では、カマチ材の幅間隔を30cmとしたときの15mm厚スギ板では、最大たわみが2mm 以下ではあるが破壊許容耐力が $3.5 \text{ t/m}^2$  で側圧が小さいケースの $3.64 \text{ t/m}^2$ に達しないので、許容耐力不足の制約が優先して使用できないことになる。

そこで型枠の60cm幅に両外側の間に2本の縦カマチを挿入した縦カマチ4本の図2-6(2)

の形の型枠を考えることとする。前例のカマチ距離即ちスパンが30cmから20cmになるので、表2-5、2-6 および図2-8 から許容耐力は7.9 t/m<sup>2</sup>で打込速さが20m/h 以上の場合を除き使用可能である。

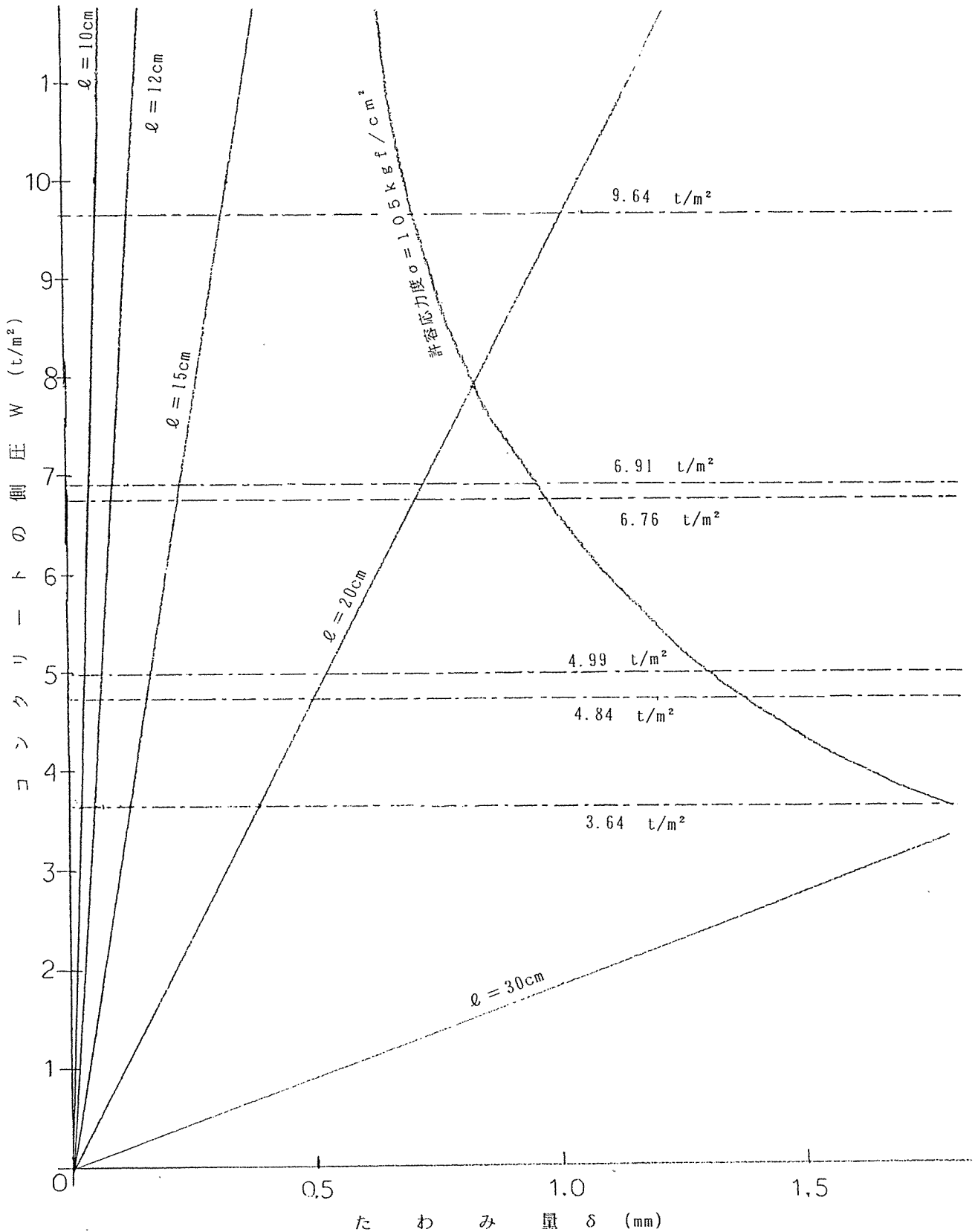


図2-8 15mmスギ幅はぎ板型枠表面材のスパン・側圧とたわみの関係

表面材の厚みをコンクリート型枠合板と同じ厚みの12mmとした時の縦カマチ間隔（スパン）を変えたわみならびに破壊許容耐力を求めてみる。

$$I : b d^3 / 12 = 1 \times 1.2^3 / 12 = 0.1440 \text{ cm}^4$$

$$E : \text{表1-8 より } 70 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$$

$$W : W = 3.64 \text{ t/m}^2 = 0.364 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma : \text{表1-8 「すぎ」より } 105 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Z : Z = b d^2 / 6 = 1 \times 1.2^2 / 6 = 0.240 \text{ cm}^3$$

たわみ計算

表2-7 12mm厚幅はぎ板を表面材とした時のカマチ間隔（スパン $\ell$ ）のたわみ計算表

$\ell$	$\ell^4$	$5 \times W$	$5W\ell^4$	$384EI$	$\delta$ (cm)
10	$1.0000 \times 10^4$	1.82	$1.82 \times 10^4$	$387.072 \times 10^4$	0.0047
12	$2.0736 \times 10^4$	1.82	$3.7740 \times 10^4$	$387.072 \times 10^4$	0.0098
15	$5.0625 \times 10^4$	1.82	$9.2138 \times 10^4$	$387.072 \times 10^4$	0.0238
20	$16.0000 \times 10^4$	1.82	$29.12 \times 10^4$	$387.072 \times 10^4$	0.0752
30	$81.0000 \times 10^4$	1.82	$147.42 \times 10^4$	$387.072 \times 10^4$	0.3809

破壊許容耐力

表2-8 12mm厚幅はぎ板を表面材としてのカマチ間隔（スパン $\ell$ ）の曲げ破壊許容耐力計算

$\ell$	$\ell^2$	$8 \sigma Z$	$W$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$W$ (t/m <sup>2</sup> )
10	100	201.6	2.016	20.16
12	144	201.6	1.400	14.00
15	225	201.6	0.896	8.96
20	400	201.6	0.504	5.04
30	900	201.6	0.224	2.24

以上の結果を図2-9 に図示した。

図2-8 でも同様であるがここでスパン $\ell$  cmはいわゆる二六パネルの縦カマチ材が中1本の3本では30cmであり、中2本の4本の時が20cmである。図2-9 によると種々のコンクリート打込条件のうち、打込速さ10m/h 以下の場合には全ての壁長さの場合、また10m/h を超え20m/h 以下の時の壁長さが3m以上の場合もたわみと破壊許容耐力とも満足でき使用できるといえる。しかし、この打込速さで壁長さが3m以下である場合や打込速さが20m/h を超える場合は側圧が破壊許容耐力を超えてしまうので使用出来ないことになる。従い主に打

込速さがそれほど速くない範囲の場合は12mm厚スギ幅はぎ板を表面材とし、カマチ材を60cm幅に4本配置し表面材スパンが20cmとすればコンクリート型枠として使用できると考えられる。

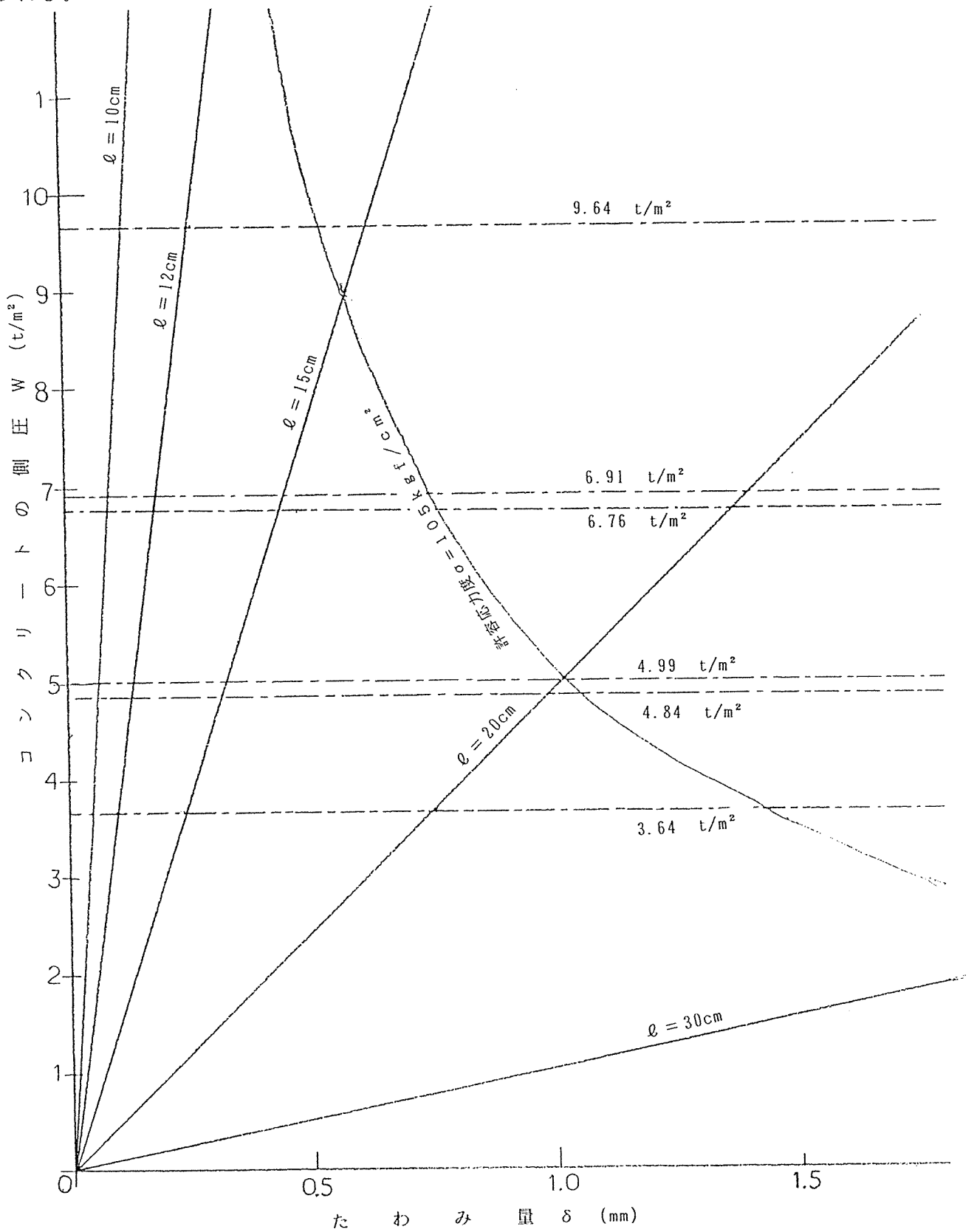


図2-9 12mmスギ幅はぎ板型枠表面材のスパン・側圧とたわみの関係



6 - (2) カマチ材の剛性の検討

型枠長手方向のカマチ材を図2の緊結の詳細にある内端太として働かせて、丸パイプ用一般座金で2本のパイプを抱かせて外端太とし、セパレーターで緊結して建て込む。この時60mm幅の中2本の表板スパン20cmの型枠の長手方向カマチ材の受ける側圧は図2-10のようになる。中2本の縦カマチはその両外側のカマチ材より負担が大きくなる。この負担の大きい中縦カマチ材では側圧はパイプ外端太間で等分布荷重であり、表面材料の幅はぎ板が両側のカマチ材に渡って繋っているので実

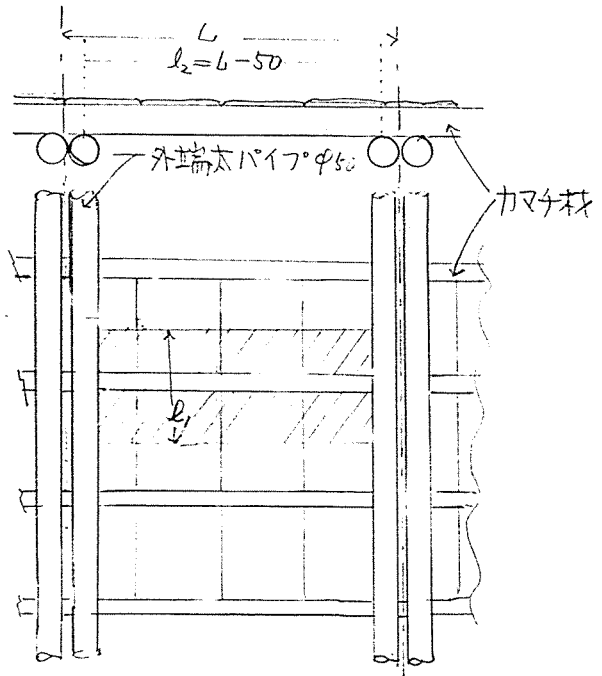


図2-10 外端太の縦カマチの受け方

際は連続梁でたわみが少なくなるが、一応単純梁として安全側でたわみを計算する。カマチ材を受ける外端太セパレーター穴の心心間隔を60cmすると、カマチ材を受けるスパンは丸パイプの接点間距離となり(60-5)cmとなる。側圧を3.6 t/m<sup>2</sup>の場合で検討する。カマチ材の断面が幅2.7cm 背5.7cm の根太角を使うと

$$I : b d^3 / 12 = 2.7 \times 5.7^3 / 12 = 41.6684 \text{ cm}^4 \quad \sigma : \text{表3 スギより } 105 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E : \text{表3より } 70 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2 \quad Z : b d^2 / 6 = 2.7 \times 5.7^2 = 14.6205$$

$$W = 3.64 \text{ t/m}^2 \times 20 / 100 = 0.728 \text{ t/m}^2 = 0.0728 \text{ kgf/cm}^2$$

表1-9 2.7×5.7cm をカマチ材とした時のたわみ計算表

ホームタイ距離	$\ell$	$\ell^4$	$5 \times w$	$5W \ell^4$	$384EI$	$\delta$ (cm)
45	40	$2560.000 \times 10^3$	0.364	$931.8 \times 10^3$	$1120046.592 \times 10^3$	0.0008
60	55	$9150.625 \times 10^3$	0.364	$3330.8 \times 10^3$	$1120046.592 \times 10^3$	0.0030
90	85	$52200.625 \times 10^3$	0.364	$19001.0 \times 10^3$	$1120046.592 \times 10^3$	0.0169

表2-10 2.7×5.7cm w のカマチ材とした時の破壊耐力の曲げ破壊側圧計算表

$\ell$	$\ell^2$	$8 \sigma Z$	$W$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$W$ (t/m <sup>2</sup> )
45	2025	12281.22	6.0648	60.648
60	3600	12281.22	3.4115	34.115
90	8100	12281.22	1.5162	15.162

たわみ量は精度許容内であり、曲げ破壊許容耐力にも十二分にあることが分かる。これら

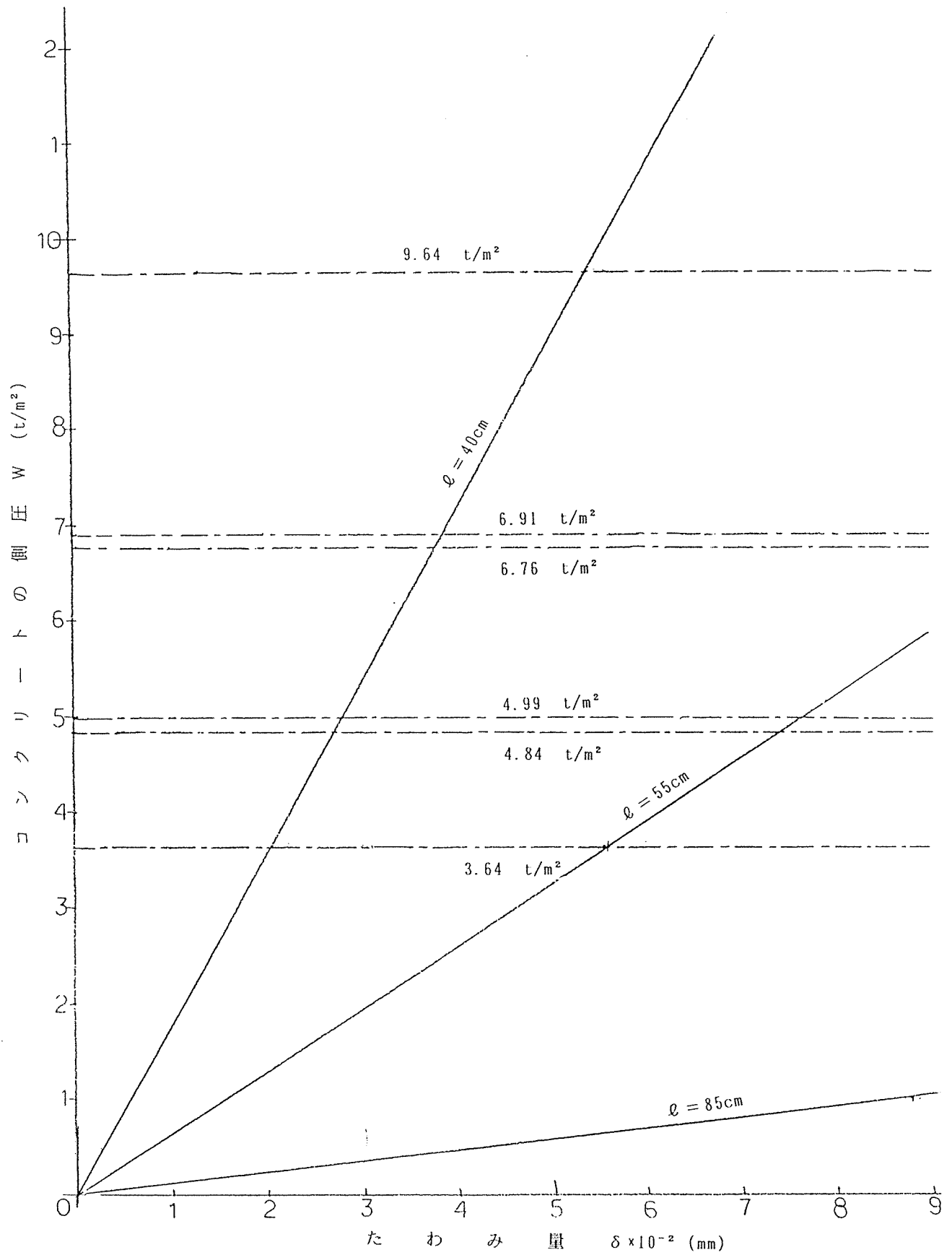


図2-11 2.7cm x 5.7cm スギカマチ材型枠材のスパン・側圧とたわみの関係

を図2-11に示す。

2.7×5.7cm のカマチ材では十分過ぎるので、カマチ材を少し細くした2.4×4.8cm とすると、前例と同様で次のようになる。

$$I : b d^3 / 12 = 2.4 \times 4.8^3 / 12 = 22.1184 \text{ cm}^4 \quad \sigma : \text{表3 スギより } 105 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E : \text{表3 より } 70 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2 \quad Z : b d^2 / 6 = 2.4 \times 4.8^2 / 6 = 9.216 \text{ cm}^3$$

$$W : 3.64 \text{ t/m}^2 \times 20 / 100 = 0.728 \text{ t/cm}^2 = 0.0728 \text{ gf/cm}^2$$

表2-11 2.4×4.8cm をカマチ材とした時のたわみ計算表

ホ-ムタイ距離	$\ell$	$\ell^3$	$5 \times W$	$5W\ell^4$	$384EI$	$\delta$ (cm)
45	40	$2560.000 \times 10^3$	0.364	$931.84 \times 10^3$	$594542.592 \times 10^3$	0.00157
60	55	$9150.625 \times 10^3$	0.364	$3330.83 \times 10^3$	$594542.592 \times 10^3$	0.00560
90	85	$52200.625 \times 10^3$	0.364	$19001.03 \times 10^3$	$594542.592 \times 10^3$	0.03196

表2-12 2.4×4.8cm をカマチ材とした時の破壊耐力の曲げ破壊側圧計算表

ホ-ムタイ距離	$\ell$	$\ell^2$	$8 \sigma Z$	$W$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$W$ (t/m <sup>2</sup> )
45	40	1600	7741.44	4.8384	48.384
60	55	3025	7741.44	2.5592	25.592
90	85	7225	7741.44	1.0715	10.715

となり、この小角を使用しても何等差し支えない。図2-12に2.4×4.8 cm をカマチ材として使用した場合の外端太パイプ間隔（スパン）とたわみ量、コンクリート側圧の関係と曲げ破壊許容耐力を図示する。

市販の小角類でこれらカマチ材に流用できる商品を拾うと表2-13のものなどがある。一般流通のこれら小角をカマチ材として選択することが経済的であろう。

表2-13 カマチ材として使用可能性のある寸法の一般材と剛性値

小角材種類	幅	高さ	断面積	断面二次モーメント	曲げヤング率
北洋エゾ	3.0 cm	4.0cm	12.00cm <sup>2</sup>	16.00 cm <sup>4</sup>	
スギ 根太	2.7 cm	5.7cm	15.39cm <sup>2</sup>	41.6684 cm <sup>4</sup>	70×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>
米ツガ	3.6 cm	4.5cm	16.20cm <sup>2</sup>	27.3375 cm <sup>4</sup>	70×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>
スギたる木	3.6 cm	4.5cm	16.20cm <sup>2</sup>	27.3375 cm <sup>4</sup>	70×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>
米ツガたる木	4.2 cm	5.4cm	22.68cm <sup>2</sup>	55.1124 cm <sup>4</sup>	70×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>
米ツガ間柱	2.7 cm	8.5cm	22.95cm <sup>2</sup>	138.1781 cm <sup>4</sup>	70×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>
スギ 野縁	4.5 cm	10.5cm	40.25cm <sup>2</sup>	434.1094 cm <sup>4</sup>	100×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>

米ツガ回縁 3.0 cm × 9.0cm 27.00cm<sup>2</sup> 182.250 cm<sup>4</sup> 70 × 10<sup>3</sup> kg/cm<sup>2</sup>

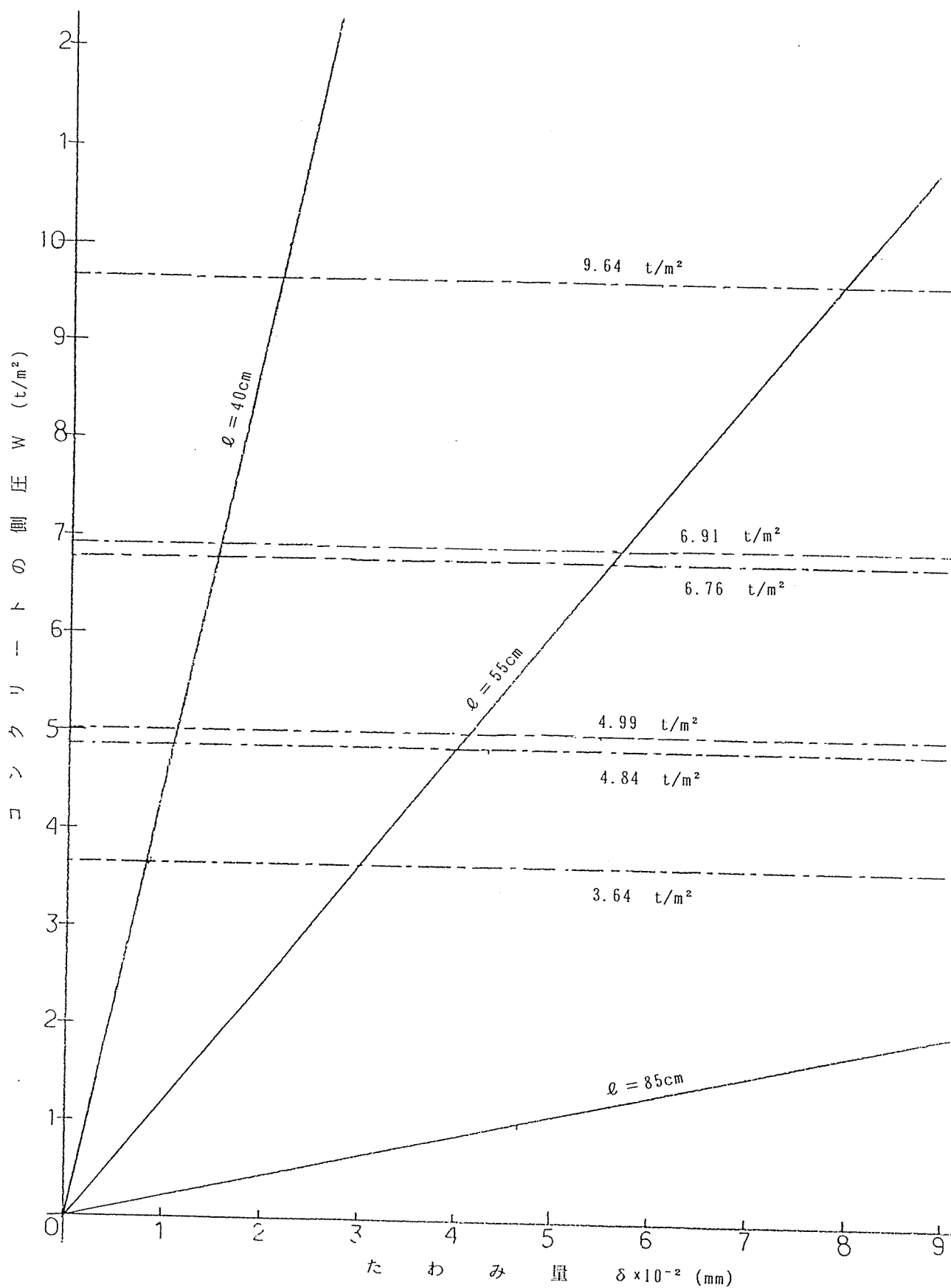


図2-12 2.4cm×4.8cm スギカマチ材型枠材のスパン・側圧とたわみの関係

## 7. 栈木付き型枠

建設需要が多かった繁忙期に現場での仮設手間の節減を目的に、コンクリート型枠合板をそのまま組む素板工法を改良した栈木付き型枠合板が販売され相当量が使用されるようになった。

この栈木付き型枠用合板は図2-6(1)のように60cm×180cmの12mm厚コンクリート型枠合板に、長手方向の両端と中に2本の栈木を釘着したもので、短手の両短部にも栈木を付けたものと付けないものがある。90cm×180cmでは両端と中3本計5本の栈木が釘着されている。この時の栈木の使用樹種は従来はラワン、ツガが用いられ、寸法は24mm×48mmが普通で、3m以上となる大型パネルでは30mm×48mmが使用されて来た。

スギ小幅幅はぎ板をコンクリート型枠とする場合も全くこの形状と同一とすれば、従来のラワン栈木付きコンクリート型枠合板と同様な建込み取扱で使用できると考えられる。この時の栈木付きスギ小幅幅はぎ板コンクリート型枠の表面スギ小幅幅はぎ板の厚みは前記の設計計算により12mmあるいは15mmで、表面スギ幅はぎ板の繊維方向は型枠の幅が60cmの時中縦カマチ材2本の約20cm、90cm幅の時中縦カマチ3本で22.5cm以下に直交して釘打ちする。このコンクリート型枠を使用するときのたわみは表面材とカマチ材のたわみの合計として現われるから、コンクリート打込条件で外端太パイプ間隔を60cmとしたときの合計たわみを表2-14に例示した。

ちなみに表面を厚み12mmと15mmのスギ小幅幅はぎ板としたカマチ間隔が30cmの場合を表2-15にあげる。

表2-14 カマチ付きスギ幅はぎコンクリート型枠の合計たわみ（縦カマチ20cmの場合）

縦カマチ材の間隔20cm、外端太パイプ間隔60cmの場合 単位：たわみmm 耐力kgf/cm<sup>2</sup>

コンクリート	幅はぎ板厚み	12mm		15mm	
側 圧	カマチ材寸法	2.4cm×4.8cm	2.7cm×5.7cm	2.4cm×4.8cm	2.7cm×5.7cm
	表面材たわみ		0.752		0.385
3.64	カマチたわみ	0.056	0.030	0.056	0.030
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	0.808	0.782	0.441	0.415
	表面材たわみ		1.000		0.512
4.84	カマチたわみ	0.074	0.040	0.074	0.040
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	1.074	1.040	0.586	0.552
	表面材たわみ		1.031		0.528
4.99	カマチたわみ	0.077	0.041	0.077	0.041
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	1.108	1.072	0.605	0.569
	表面材たわみ		1.397		0.715
6.76	カマチたわみ	0.104	0.055	0.104	0.055
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	1.501	1.452	0.819	0.770
	表面材たわみ		1.428		0.743
6.91	カマチたわみ	0.106	0.056	0.106	0.056
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	1.534	1.452	0.837	0.787
	表面材たわみ		1.992		1.020
9.64	カマチたわみ	0.148	0.079	0.148	0.079
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	2.140	2.071	1.168	1.099
破壊許容耐力表面材			5.040		7.875
破壊許容耐力カマチ材		25.592	34.115	25.592	34.115

表2-15 カマチ付きスギ幅はぎコンクリート型枠の合計たわみ（縦カマチ30cmの場合）

縦カマチ材の間隔30cm、外端太パイプ間隔60cmの場合 単位：たわみmm 耐力kgf/cm<sup>2</sup>

コンクリート	幅はぎ板厚み	1 2 mm		1 5 mm	
側 圧	カマチ材寸法	2.4cm×4.8cm	2.7cm×5.7cm	2.4cm×4.8cm	2.7cm×5.7cm
		レカE ニュウリヨクスル			
	表面材たわみ	3.809		1.950	
3.64	カマチたわみ	0.084	0.045	0.084	0.045
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	3.893	3.854	2.034	1.995
	表面材たわみ	5.064		2.590	
4.84	カマチたわみ	0.112	0.059	0.112	0.059
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	5.176	5.123	2.702	2.649
	表面材たわみ	5.221		2.673	
4.99	カマチたわみ	0.115	0.061	0.115	0.061
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	5.336	5.282	2.788	2.734
	表面材たわみ	7.073		2.673	
6.76	カマチたわみ	0.156	0.083	0.156	0.083
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	7.229	7.156	2.829	2.756
	表面材たわみ	7.230		3.702	
6.91	カマチたわみ	0.160	0.085	0.160	0.085
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	7.390	7.315	3.862	3.787
	表面材たわみ	10.086		5.164	
9.64	カマチたわみ	0.223	0.118	0.223	0.118
t/m <sup>2</sup>	合計 たわみ	10.309	10.204	5.387	5.282
破壊許容耐力表面材		2.240		3.500	
破壊許容耐力カマチ材		25.592	34.115	25.592	34.115

縦カマチ材を約20cm幅に配置する60cm幅型枠で中2本90cm型枠で中3本の型枠では合計たわみも3mm弱でコンクリート型枠精度としては問題ない水準であるが、いずれの場合も破壊許容耐力で制約されている。スギ材の労働安全基準による曲げ許容応力度の105kgf/cm<sup>2</sup>を用いているからである。これを建築基準法施行令の短期曲げ許容応力度を適用して150kgf/cm<sup>2</sup>をとれば破壊許容耐力がおおよそ43%向上することになる。

表2-16 曲げ許容応力度の違いによる破壊許容耐力

外端太間隔60cm(スパン55cm) 単位:t/m<sup>2</sup>

材料の種類	労働安全規則105kgf/cm <sup>2</sup>	建築基準法150kgf/cm <sup>2</sup>
スギ表面材12mm	5.040	7.20
15mm	7.875	11.25
スギカマチ材2.4×4.8	25.592	36.56
2.7×5.7	34.115	58.00

となって、実用範囲では殆ど問題はなくなる。コンクリートは打ち込まれて極短い時間で固化を始めるので、推定側圧が働いている時間は非常に短時間で、型枠材料の力学的挙動は短期荷重として働くので、計算上では限界範囲を超えている条件も含まれていながら実際に使用出来るのであろう。



## 8 試作2×6スギ小幅板幅はぎコンクリート型枠の剛性試験

スギ一般材の製材背板を原材料とした小幅板をレゾルシノール樹脂を用いて幅はぎ機で熱圧接着した幅はぎ板を用い、同じくスギ一般材から製材したかまち材を釘着した2×6サイズの型枠を（株）ウッデイ・コイケで製造し、東京消防庁城東地区防災教育センター及び本所消防署庁舎新築工事に試供したのから3体を抜き取り、剛性試験を行った。

製 造 （株）ウッデイコイケ

寸 法 幅60cm×長さ180cm×高さ（48cm+12mm）

樹 種 スギ

形 状 厚み12mmで幅およそ12cmの小幅板を3枚幅はぎしプレーナー掛けした幅はぎ板を、高さ4.8cm×幅2.4cmのかまち材を両端とそれぞれの心距離を20cmにとって中に2本計4本平行に配置した上面に、繊維方向を直交させて5枚釘打ちした。

釘はやく36cm幅の幅はぎ板の幅方向にそれぞれ4本各かまち材に打たれている（釘寸法 mm）。

外形形状は図2-6(2)に準じている。

計算によるコンクリート型枠使用時の推定たわみ

この型枠を外端太にパイプサポートを図2-10の形でホームタイの間隔が60cmとするとそのたわみ等の計算上の性能は、表2-8から表2-15のようになる。

剛性試験として図2-13の方法で曲げ試験を行った。型枠の長さ方向のほぼ中央部で、幅はぎ板を釘打ちした側の上面に荷重点間をロードスパンを500mmとして2点集中荷重とし、スパンLを1500mm、1/2シェアスパンaは各500mm、従い各支点間距離がそれぞれ500mmで両端にそれぞれ約150mmのオーバーハングを設けた。第3番目の資料に付いては破壊強度の約80%の400kgfまで荷重した後、型枠を裏返してかまち側からも荷重してその変位を調べた。

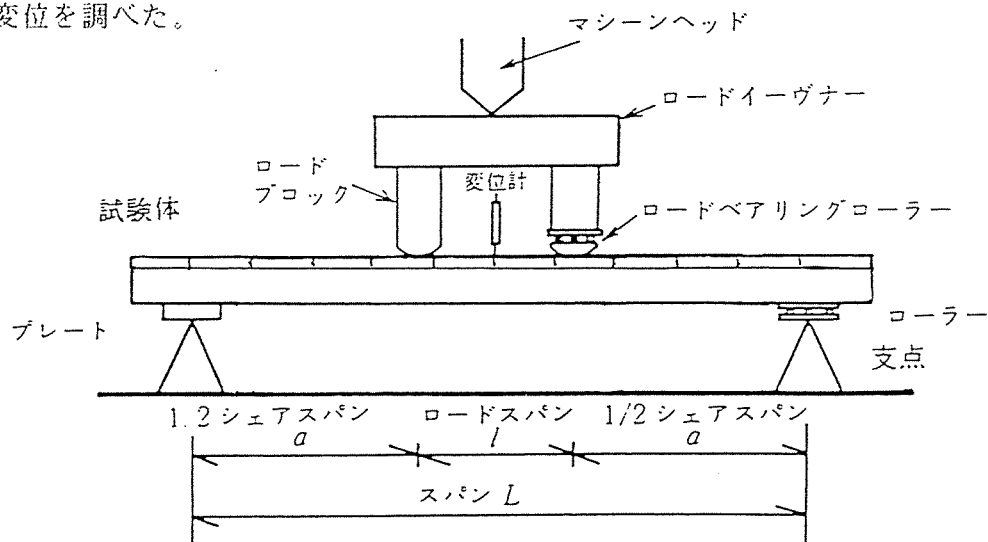


図2-13 測定方法の概略図

測定結果を次ぎに記す。

表2-17 測定試験の結果

資料番号	K P - 1	K P - 2	K P - 3	K P - 3 R	A v e .
含水率Max.	10.5%	12.0	10.5	←	
Min.	9.5	8.0	9.0	←	
カマチ 1	+7mm	-3	-7	←	
真直度 2	-5 *2	0 *1	-2 *1	←	
3	-6 *1	0 *1	+1 *2	←	
4	-8	+2	0	←	
試験荷重P					
50 kg	4.88mm	5.00		4.68	
100 kg	8.61	8.38	8.24	8.53	8.44
150 kg	12.79	12.36	13.24	12.80	12.80
200 kg	16.70	16.13	17.21	16.55	16.65
250 kg	20.55	20.10	21.19	20.38	20.56
300 kg	24.77	23.77	24.73	24.23	24.38
350 kg	28.28	27.68	29.53	28.29	28.45
400 kg	32.86	31.83	33.39	32.75	32.71
450 kg	36.78	35.50	-	-	
500 kg	48.20	40.18	-	-	
P <sub>max</sub> kg	593 kg	515	荷重中止	荷重中止	554

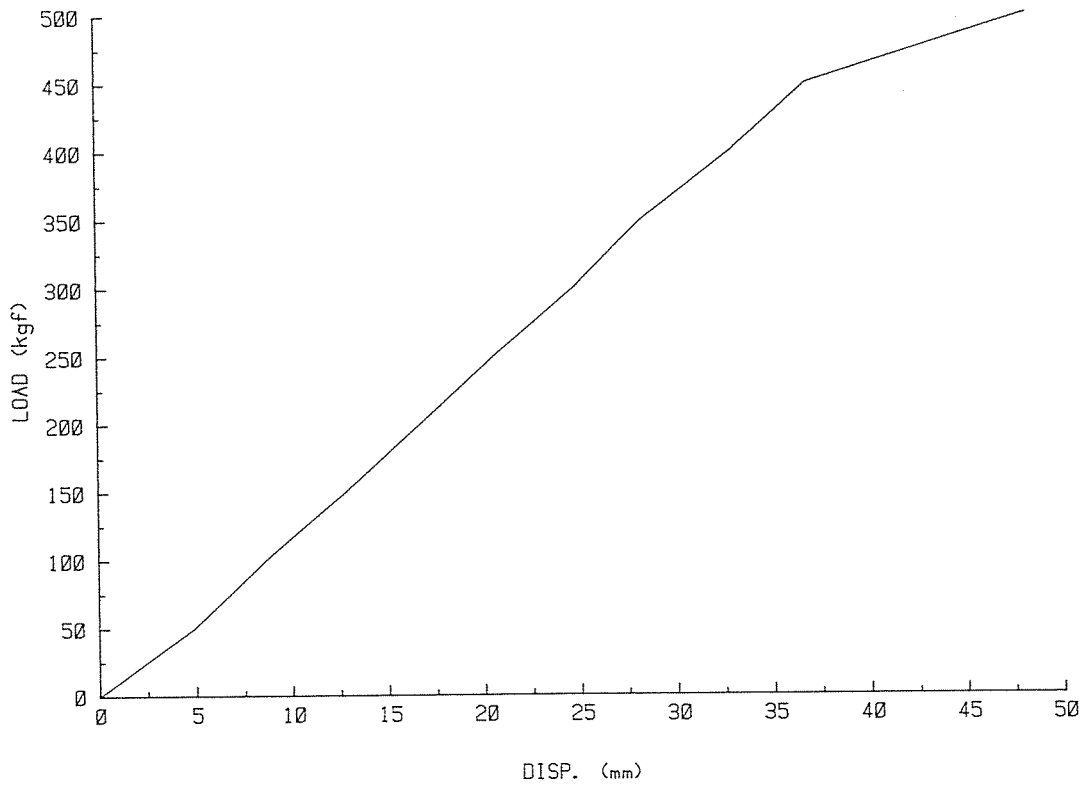
資料番号にRのあるものは裏側（カマチ側）より荷重を掛ける

真直度 -：裏側に凸 +：表側に凸 数字は矢高mm

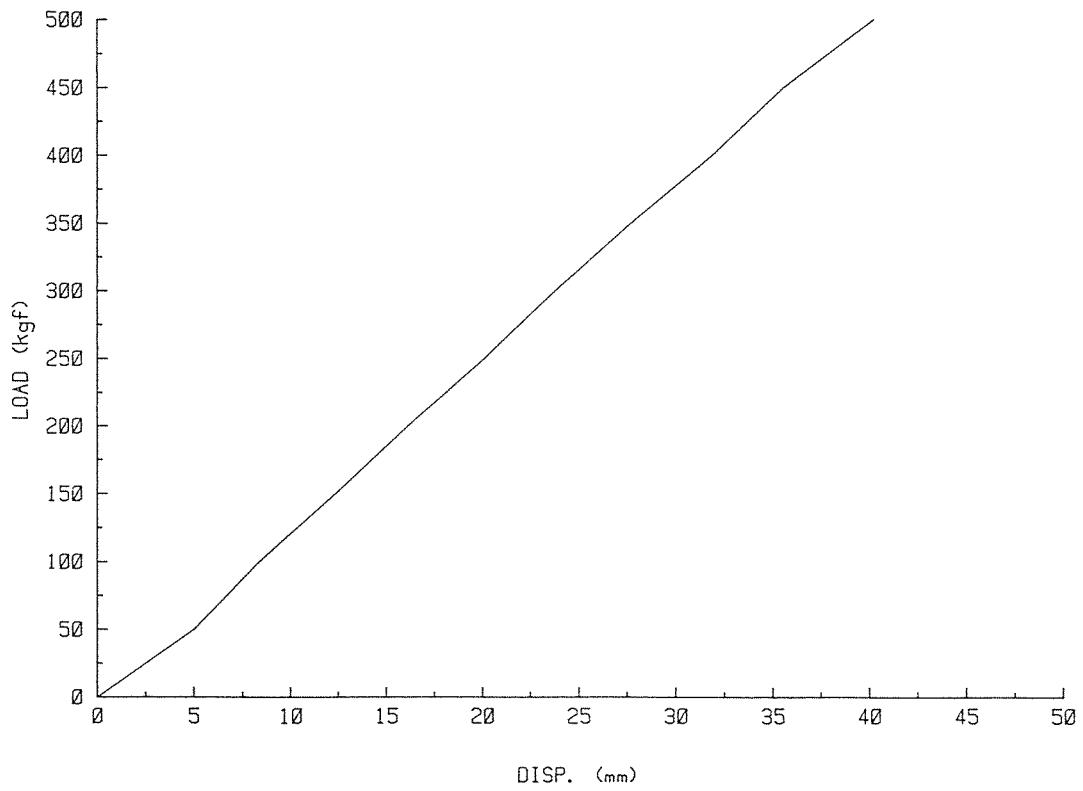
\*1～2 節の存在 数字はカマチ材1本中の節の数

次に挙げる図2-14に KP-1, KP-2の曲げ破壊まで行った試験の荷重－たわみ量図を、また図2-15にはKP-3試験体の裏表からの荷重－たわみ量図、図2-16にそれらを同一の画面にして掲げる。

3試験資料、表裏とも、ほぼ整合していて、この形で造られた今回の試作のスギ材によるカマチ付き幅はぎ板コンクリート型枠の曲げ性能を代表していると考えられる。

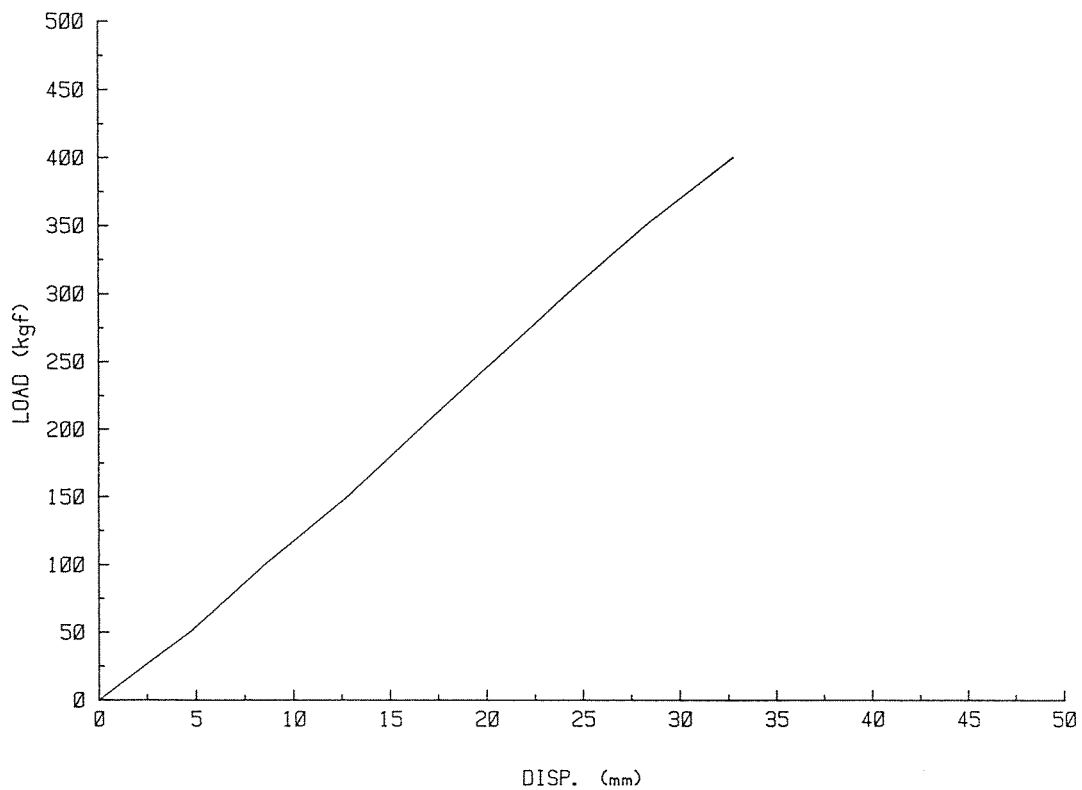


KP-1 LOAD-DISP. CURVE

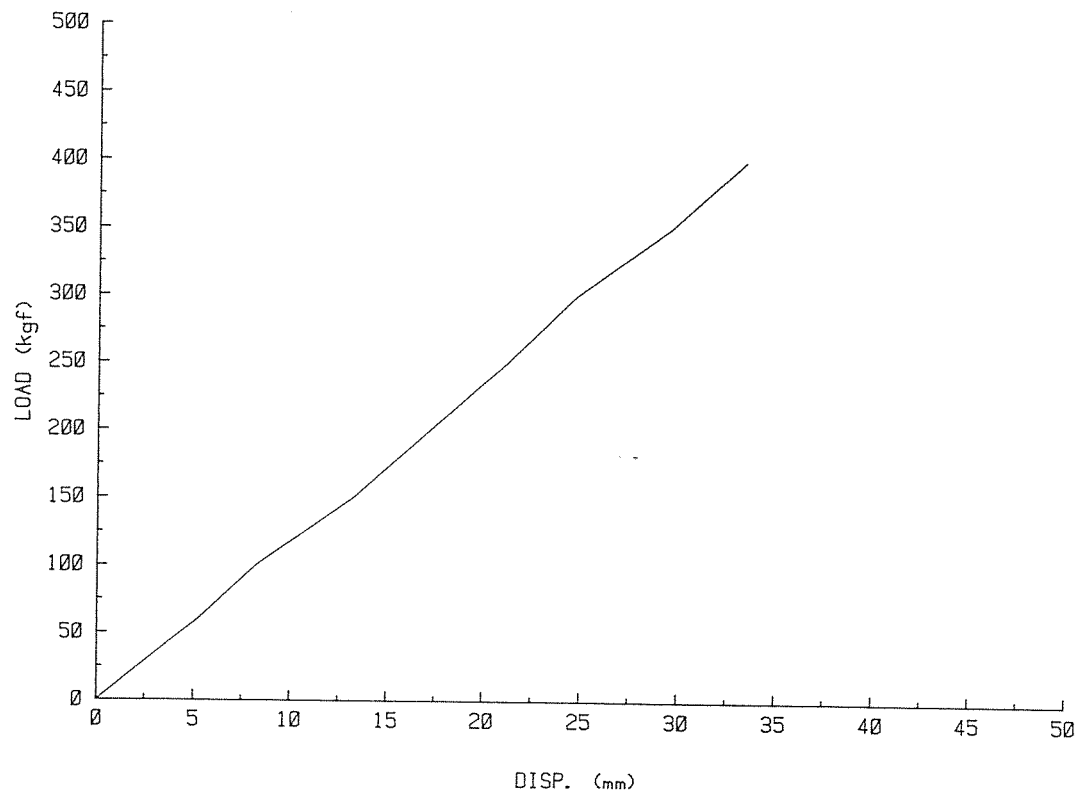


KP-2 LOAD-DISP. CURVE

図2-14 試験型棒の荷重・たわみ量線図(1)



KP-3R LOAD-DISP. CURVE



KP-3 LOAD-DISP. CURVE

図2-15 試験型枠の荷重・たわみ量線図(2)

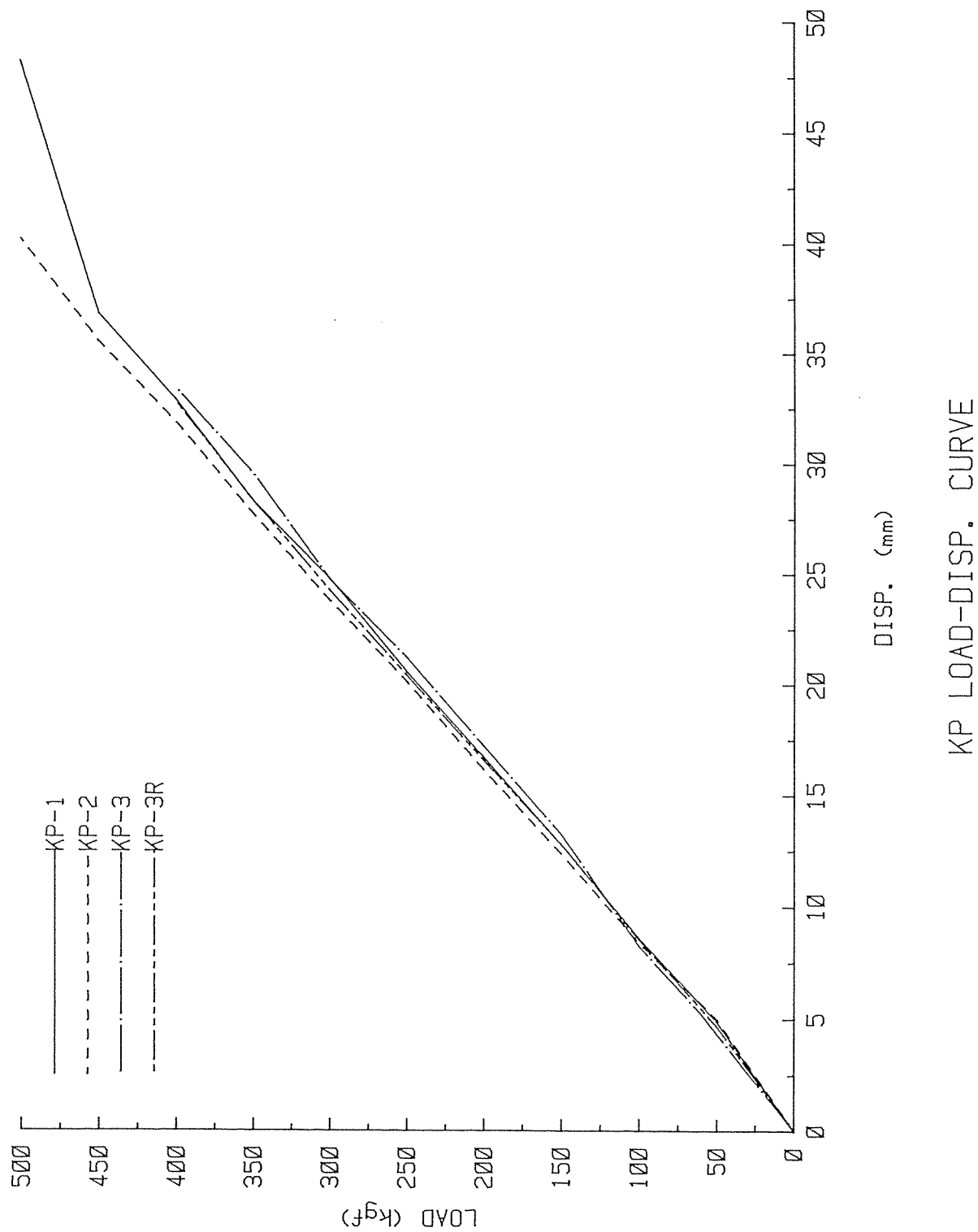


図2-16 各試験型枠の荷重・たわみ量総合線図

この試験による結果と計算によるスギ小幅幅はぎ板コンクリート型枠の曲げ性能を E I 値を推定して表2-17表2-18で比較した。

表2-17 試作幅はぎ板カマチ付きコンクリート型枠の曲げ剛性 E I 値の計算値

コンクリート側圧(t/m <sup>2</sup> )	3.64	4.84	4.99	6.76	6.91	9.64	Ave.
55×20cm <sup>2</sup> 荷重(kgf)	400.4	532.4	548.9	743.6	760.1	1060.4	
幅はぎ板たわみ(mm)	0.752	1.000	1.031	1.397	1.428	1.992	
カマチ材たわみ(mm)	0.056	0.074	0.077	0.104	0.106	0.148	
合計 たわみ(mm)	0.808	1.074	1.108	1.501	1.534	2.140	
E I (×10 <sup>3</sup> kgfcm <sup>2</sup> )	10735	10738	10731	10732	10734	10734	10734

表2-18 試作幅はぎ板カマチ付きコンクリート型枠の曲げ剛性 E I 値の試験結果からの計算値

荷重 (kgf)	100	150	200	250	300	Ave.
たわみ量 (mm)	8.44	12.80	16.65	20.56	24.38	
スパン (cm)	150	150	150	150	150	
E I (×10 <sup>3</sup> kgfcm <sup>2</sup> )	8330	8240	8446	8550	8652	8444

両者の E I は相当違っている。計算値では使用したスギ材の剛性等は全く推定値によっているほか、推定計算の根拠も非常に大まかなものであったこと、試験型枠では使用材料の剛性は全く測定選別等行っていないので、弱い材料であったのかも知れない。としても試験型枠が示した曲げ剛性 E I で平均8444×10<sup>3</sup>kgfcm<sup>2</sup> を維持していることには間違いはない。この E I を用いてコンクリート打設時の各側圧での総たわみ量を計算すると表2-19となり、使用可能範囲にあることが分かる。

表2-19 試作幅はぎ板カマチ付きコンクリート型枠の試験結果からの曲げ剛性 E I 値を用いた場合の荷重・たわみ量の関係

コンクリート側圧(t/m <sup>2</sup> )	3.64	4.84	4.99	6.76	6.91	9.64
55×20cm <sup>2</sup> 荷重(kgf)	400.4	532.4	548.9	743.6	760.1	1060.4
合計 たわみ(mm)	0.98	1.30	1.34	1.82	1.86	2.60

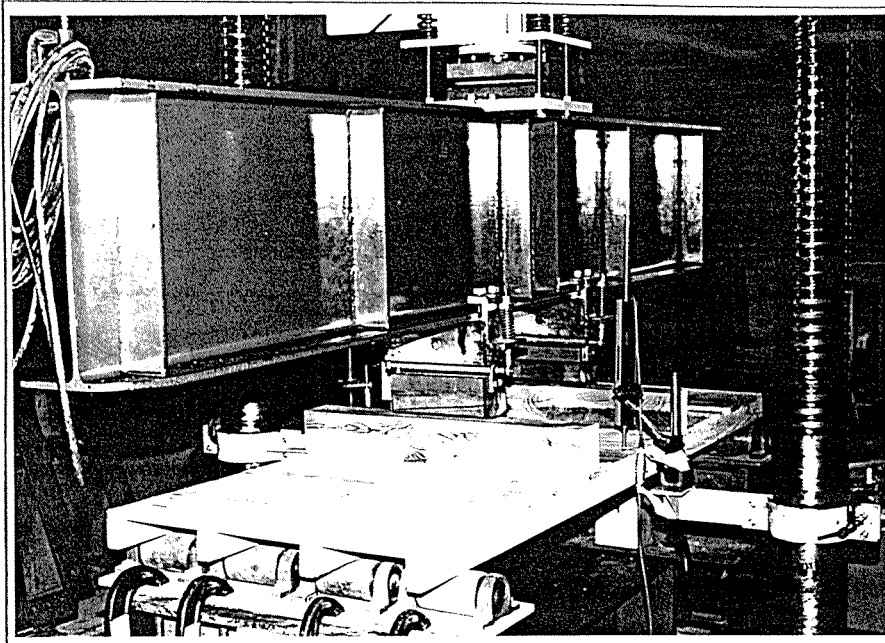


写真 No.	
供試体記号	
撮影年月日	
概要説明	

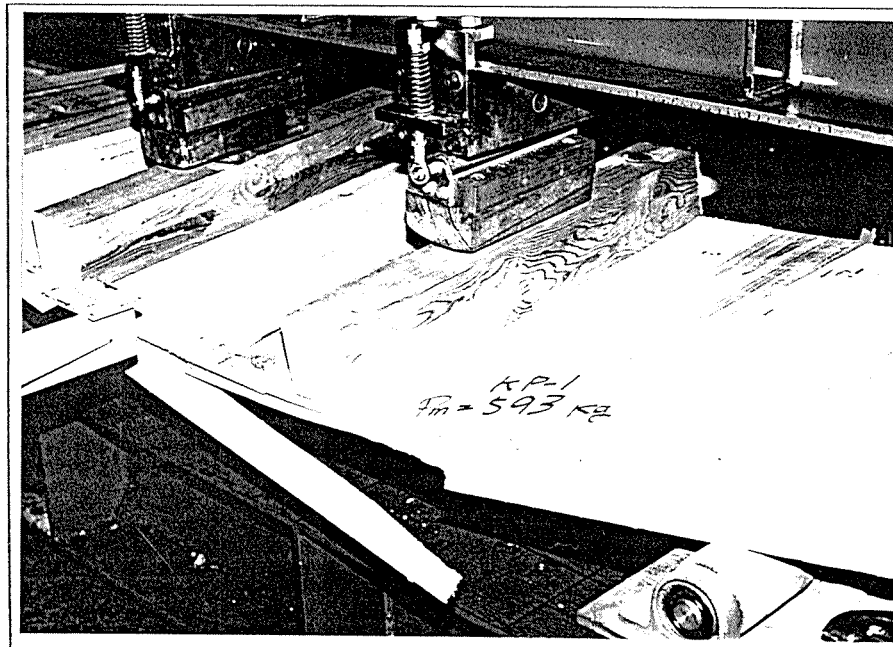


写真 No.	
供試体記号	
撮影年月日	
概要説明	

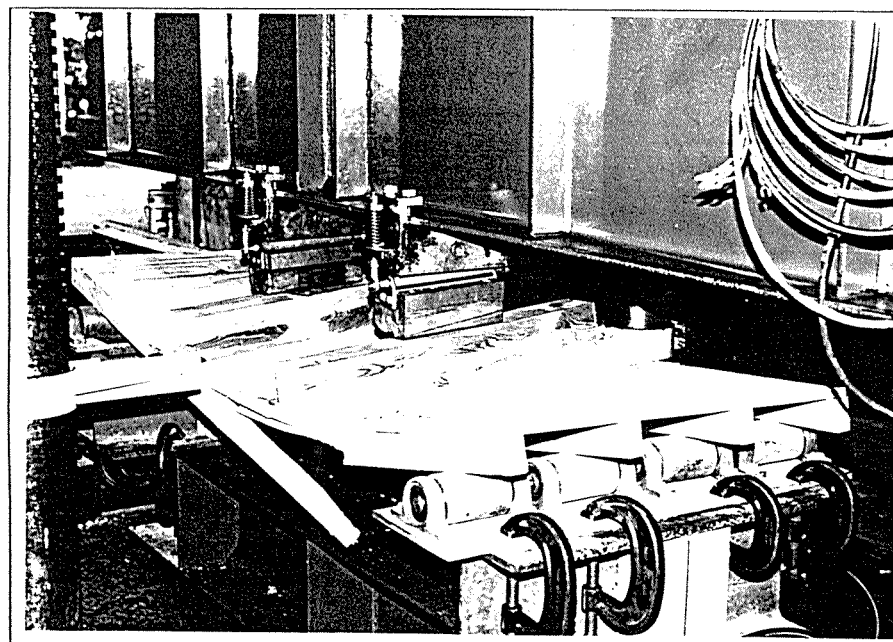


写真 No.	
供試体記号	
撮影年月日	
概要説明	

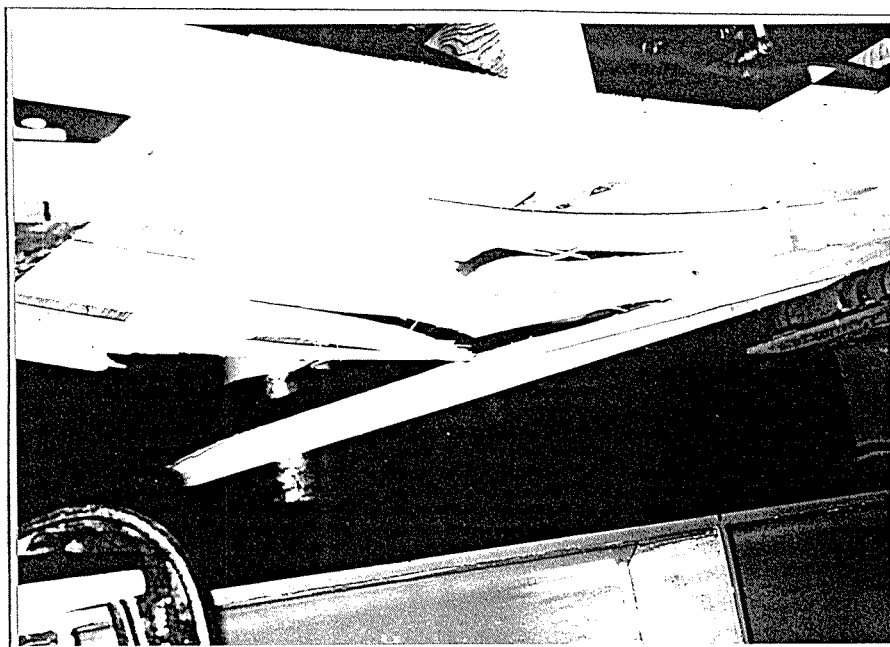


写真 No.	
供試体記号	
撮影年月日	
概要説明	

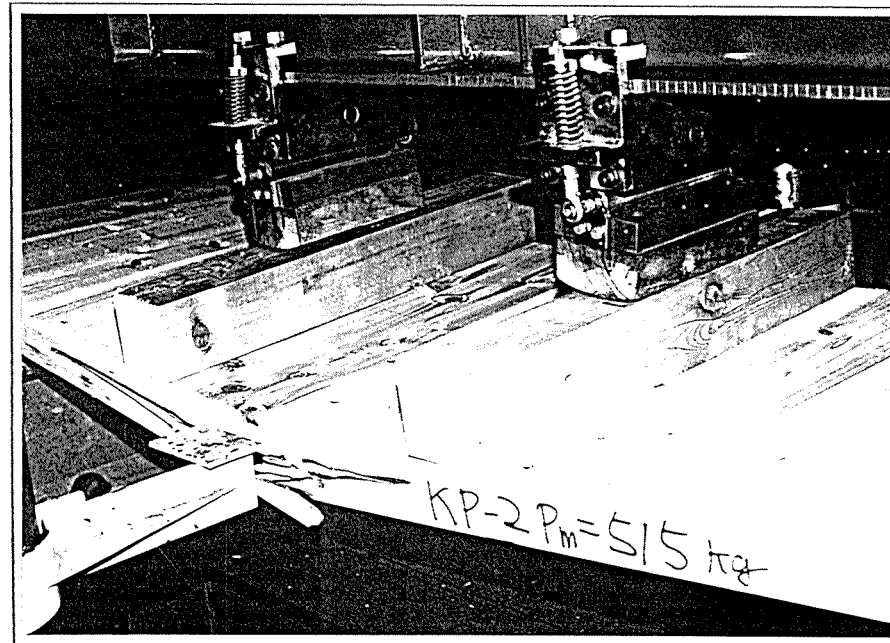


写真 No.	
供試体記号	
撮影年月日	
概要説明	

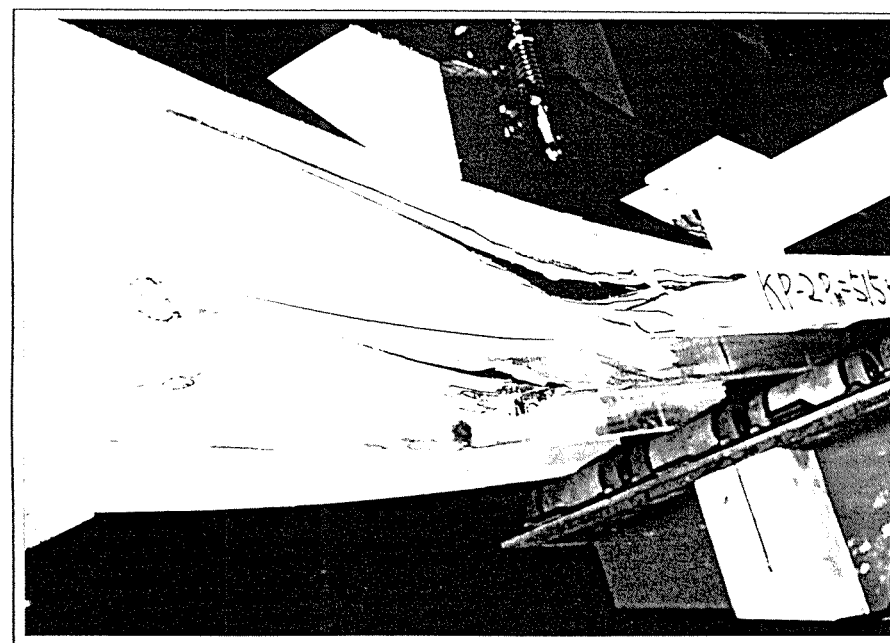


写真 No.	
供試体記号	
撮影年月日	
概要説明	



### 第3章 幅はぎ板によるコンクリート型枠の試用

#### 1. はじめに

我が国の南洋材輸入量は、世界の南洋材貿易の中で占める割合が高く、その主力製品である合板がコンクリート型枠用として多く消費され、しかも数回の反復使用後に廃棄される状況であることから南洋材の利用方法について問題提起がなされている。

地球環境保護の観点から南洋材の使用削減を推進することは重要なテーマであり、これに代わる型枠材の開発が急務である。

今般、国産針葉樹であるスギ材の幅はぎ板を用いてコンクリート型枠の設計と製造をした結果、十分に実用性を有するせき板を供することができることが一連の検討で明確となった。

そこで、実際の建築工事にスギ材の幅はぎ板による型枠を試用することによってその適用性や問題点を把握し、今後の南洋材合板型枠代替材の一助とすることを目的とした。

#### 2. 幅はぎ板によるコンクリート型枠

試用に供した幅はぎ板によるコンクリート型枠は、図3-1に示すような一般的な栈木付き合板型枠と同様のサイズとした。(写真3-3~5)

面材 スギ材幅はぎ板 厚さ12mm (プレーナー仕上げ) 小池製材所製  
栈木 スギ材 48×24mm (プレーナー仕上げ)

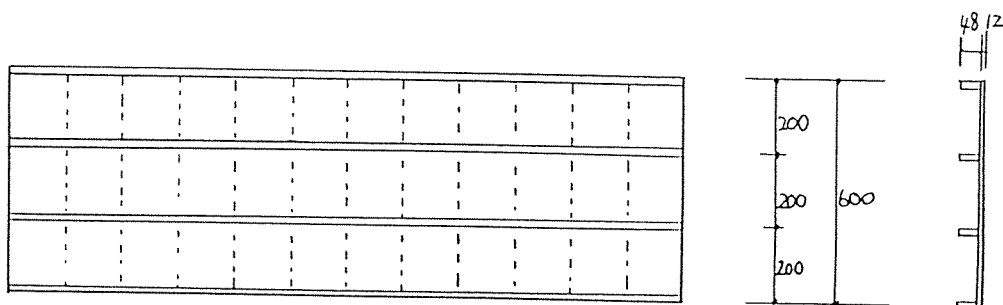


図3-1 幅はぎ板によるコンクリート型枠

### 3. 試用工事の概要

幅はぎ板コンクリート型枠の試用は以下に示す概要で行った。

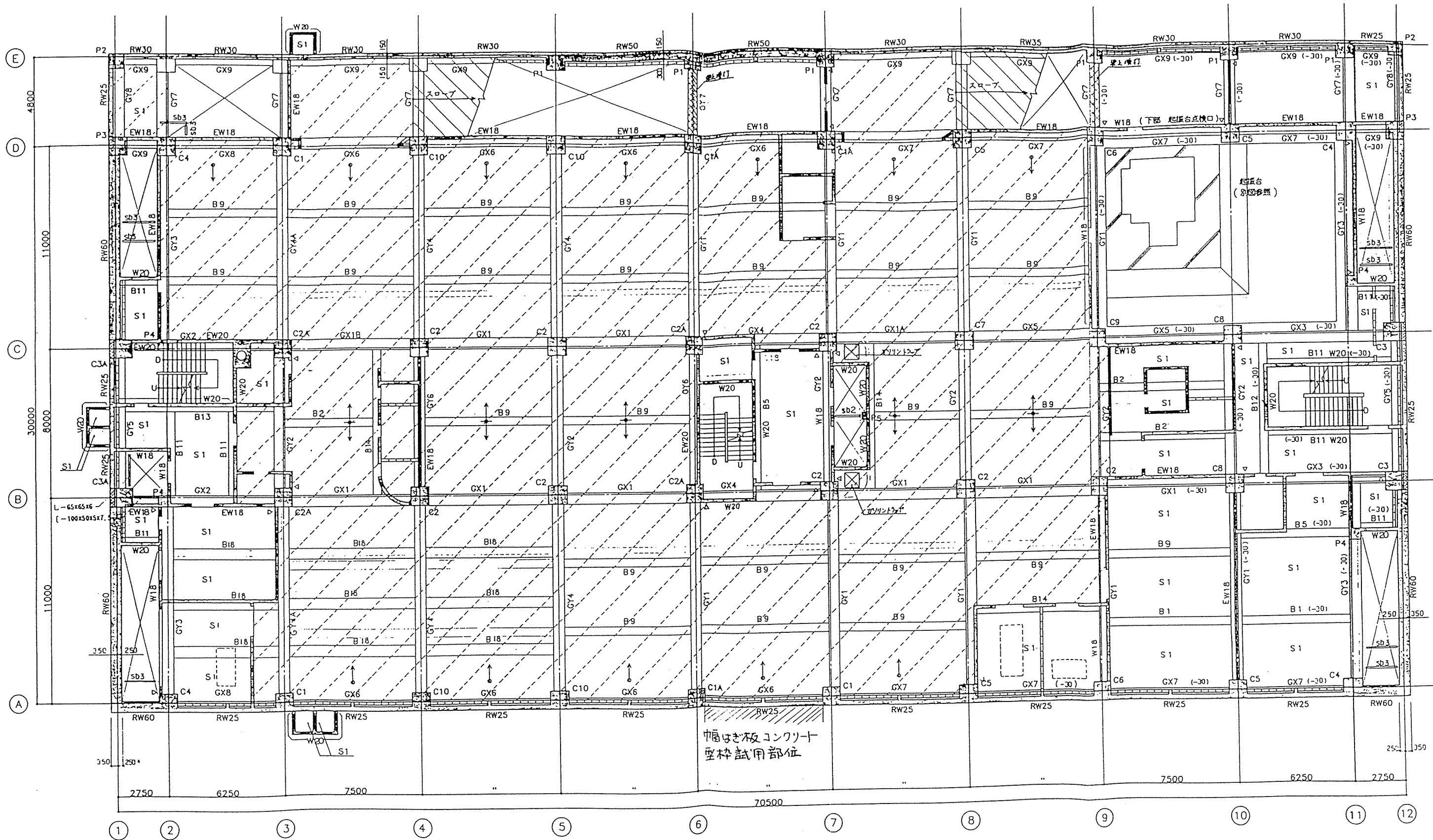
#### 工事概要

工事名称	東京消防庁城東地区防災教育センター（仮称）新築 及び本所消防署改築工事
建築主	東京都知事 鈴木俊一
建築地	東京都墨田区横川4-4-6
設計監理	東京消防庁総務部施設課
設計監理協力	類設計室
施工期	大林・鴻池・坂田・岡本建設共同企業体 1992.10.12～1995.2.17

#### 建物概要

構造	本棟	SRC造	地下2階、地上6階、塔屋1階		
		最高部高	29.450m	延面積	14,406.0119m <sup>2</sup>
用途積	別棟	RC造	地上3階		
		最高部高	14.075m	延面積	1,066.9487m <sup>2</sup>
		敷地面積	5,675.2600m <sup>2</sup>		
		建設面積	2,785.7100m <sup>2</sup>		
		延床面積	15,621.5838m <sup>2</sup>		
		型枠総面積	52,300	m <sup>2</sup>	

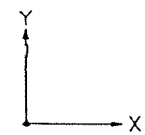
幅はぎ板コンクリート型枠の施工部位は、図3-2に示した地下1階の部分で21m<sup>2</sup>試用した。



B1階 床梁伏図 S=1:100

- 特記を限り下記とする。
1. B1SL = B1FL - 30
  2. 梁天端 = B1FL - 200
  3. ( )内は B1FL からの算入レベルを示す。
  4. スラブは、S4
  5. 型は、W15
  6. 印は、吸板を示す。
  7. 印は、CB15 を示す。
  8. 印は、水配管を示す。
  9. スラブレベル  
 : B1 FL - 150 ~ -200  
 : 天井 207
  10. 印は、鉄筋規格を示す。

図3-2 B1階 床梁伏図



種類設計室 一級建築士事務所 	件名 東京都府中地区防犯センター(旧) 新築及び本所消防設備改修工事 B1階床梁伏図	1:100 S-16
	東京都府中地区防犯センター(旧) 新築及び本所消防設備改修工事 建築士事務所 田中邦典	建築士事務所 田中邦典

#### 4. 結果と考察

##### 4. 1 幅はぎ板によるコンクリート型枠の作業性

一般的な建築現場における型枠建込工事の現状は、南洋材合板型枠を使用する際にも、現場における加工手間をできるだけ省くためあらかじめ加工場で栈木を取付けたパネルを製作して現場搬入し、建込作業のみとする傾向にある。したがって、今回試用した幅はぎ板による型枠が栈木付きパネルの形状であることに作業上の不都合はない。

また現場で多用される南洋材合板型枠の標準サイズは、ハンドリングの良さに起因すると考えられるが、従来の3×6サイズから2×6サイズに変化しており、今回供用した型枠のサイズで特に支障はなかった。

建込作業の状況は、写真3-6～9に示した。形状及び重量も従来の型枠と特に変わりはなく、建込方法その他に問題点は認められなかった。

現場に搬入された型枠は、写真3-4等に示した。この幅はぎ板の型枠に関しては、製材品の板厚の管理を十分に行う必要があり、これが不十分であるとコンクリート仕上り面に目違いを生ずる結果となる。

幅はぎ板の幅方向の接着は必要である。これは、型枠を切断加工した場合、ばらばらにならないためとコンクリートの打設時にノロがしみ出したりしないためにも必要である。

栈木を取付けた釘の釘頭が問題となる。打ち込み過ぎると、コンクリートの仕上り面が凸となる。また、転用使用した場合、釘頭の錆がコンクリート面に転写する恐れもあり要検討である。

##### 4. 2 コンクリートの表面精度

幅はぎ板によるコンクリート型枠により組み立てた型枠に、通常建物の階高である2.8mでコンクリートを打設した結果、はらみやコンクリートのしみ出しなどは全くみられず、コンクリートの打設は従来の合板型枠と同様の方法で作業ができることがわかった。

脱型後のコンクリート精度は、写真3-19～21に示す。これらから明らかな様に幅はぎ板の継ぎ目が目立つこと、スギの木目が転写されること、釘頭が目立つことなどの問題点がわかった。

その結果、スギ材の幅はぎ板によるコンクリート型枠は、仕上げ精度の点で、打ち放しコンクリートでは使用できず、この場合には、塗装などの2次加工を考えた型枠を適用することが必要となる。

## 5. アンケート調査

コンクリート型枠工事の施工性への影響は、単に工事歩掛かりを調査しても比較できず、客観的な調査が難しいが、今回は、幅はぎ板の型枠工事に実際に携わった型枠大工にアンケート調査を実施した。

アンケートは、別紙のアンケート用紙によって実施した。

アンケート調査の結果は、以下の通りである。

## 針葉樹型枠に関するアンケート

作業員の皆様へ；

今、地球上から熱帯雨林が急速に姿を消しつつあり、このままでは貴重な森林資源、地球全体の気候等に大きな影響があると心配されています。我々が使用している型枠は、熱帯雨林から切り出したものであり、ヨーロッパ、アメリカ、数々の市民団体等から日本に対する批判の声が高まっており、当社では熱帯材の使用削減に努めています。当現場では、試験的に一部に針葉樹100%の型枠を使うことにしました。針葉樹型枠は、アメリカやヨーロッパ等では普通に使用されていますが、わが国ではほとんど使用されていません。そこで、今後の針葉樹型枠の使用法確立のためにも、作業性などに関して皆様のご意見をお聞かせ下さい。

### [ スギ材幅はぎ板による型枠 ]

1. 熱帯材の型枠と比べて；

調 査 項 目	回 答 欄			
①納入時の点検	目視点検	良 い	ふつう	悪 い
	寸法・厚さ等	良 い	ふつう	悪 い
②コンクリートの仕上がり状態	光沢・平坦性	良 い	ふつう	悪 い
	気泡の発生	小	ふつう	大
③型枠の状態	表面の摩耗	良 い	ふつう	悪 い
	変 形	小	ふつう	大
	転用回数	回		
④作 業 性	運搬・揚重	良 い	ふつう	悪 い
	ノコ引き	良 い	ふつう	悪 い
	釘 打 ち	良 い	ふつう	悪 い
	釘 仕 舞 い	良 い	ふつう	悪 い
	型枠面のケレン	良 い	ふつう	悪 い
	建 込 み	良 い	ふつう	悪 い
	脱 型	良 い	ふつう	悪 い
	せき板・栈木の解体	良 い	ふつう	悪 い
	整 理 ・ 集 積	良 い	ふつう	悪 い

2. 前頁の④で「悪い」と答えた理由は；

a. 重いから

b. 堅いから

c. 切り口がささくれ立ちやすいから

d. その他： (

)

3. 針葉樹型枠についてどう思いますか。

a. よろこんで使う

b. 使ってもよい

c. 使いたくないが仕方ないと思う

d. 使いたくない

以上

5. 1 アンケート調査結果

熱帯材型枠（ラワン合板型枠）と比べて

		良 い	普 通	悪 い
①納入時の検査	外 観 検 査	3	5	1
	寸 法 ・ 厚 さ	4	2	3
②脱型後のコンクリート	光 沢 ・ 平 坦 性	3	3	1
	気 泡 の 発 生	3	6	0
③型枠の状態	表 面 の 摩 耗	2	3	4
	変 形	1	4	3
	転 用 回 数	0 回	1 ~ 3 回	4 回 以 上
		5	3	1

		良 い	普 通	悪 い
④作業性	運 搬 ・ 揚 重	2	7	0
	ノ コ 引 き	3	3	3
	釘 打 ち	3	2	4
	釘 仕 舞 い	0	5	4
	型 枠 面 の ケ レ ン	1	4	3
	建 込 み	3	5	1
	脱 型	2	3	3
	せ き 板 ・ 棧 木 解 体	2	3	4
	整 理 ・ 集 積	1	8	0

④作業性で悪いと答えた理由は

重いから	0
堅いから	0
切り口がささくれ立ちやすいから	4
その他	4

その他の理由は、①ケレンしにくい②棧木とスギパネルの間に隙間が多い③釘を打つと割れることがある④木の幅が狭いので転用しづらい、が上げられた。

幅はぎ板の型枠についてどう思いますか

よろこんで使う	0
使ってもよい	3
使いたくないが仕方ないと思う	2
使いたくない	3



## 5. 2 アンケート調査のまとめ

納入時の検査に関して、外観検査では概ね悪くないと答えているが、1件悪いと答えたものがあつた。これは、従来使い慣れているものに比較して節があることによるものと思われる。寸法・厚さに関しては悪いと答えたものが3件あつた。これは、全体の寸法に問題があるのではなく、幅はぎ板の厚さにバラツキがみられたためではないかと推測される。

型枠の状態とは、脱型後の型枠の状態に対する質問である。表面の摩耗が大きいと、反り（変形）が大きいという意見も多い。

次に作業性に関して、運搬・建込み・整理集積に関しては概ね良好と思われる。

しかし、鋸引き、釘打ち、せき板・栈木の解体など切削や加工に関しては、悪いと答えたものが多く、さらに脱型性や脱型後型枠のケレンがしにくいと答えたものが多い。

これらの作業性の悪さについて切り口がささくれ立ちやすいとの意見が多い。

栈木と幅はぎ板の間に隙間が多い。釘を打つと割れる。

転用は、木の幅がせまいからしにくいなどの意見があつた。

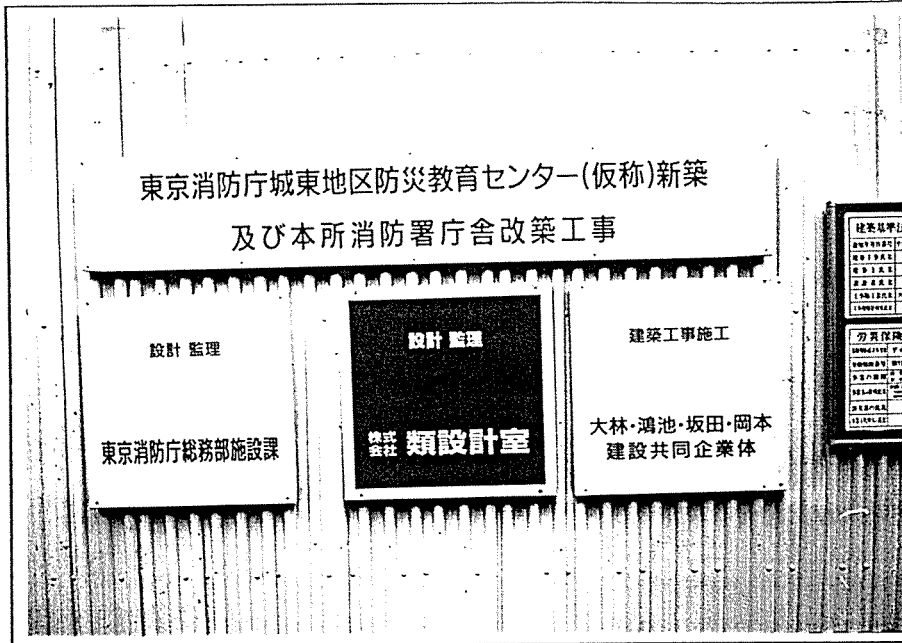


写真 No.	3-1
供試体記号	
撮影年月日	1993. 8.30
概要説明	
現場名称等の表示	

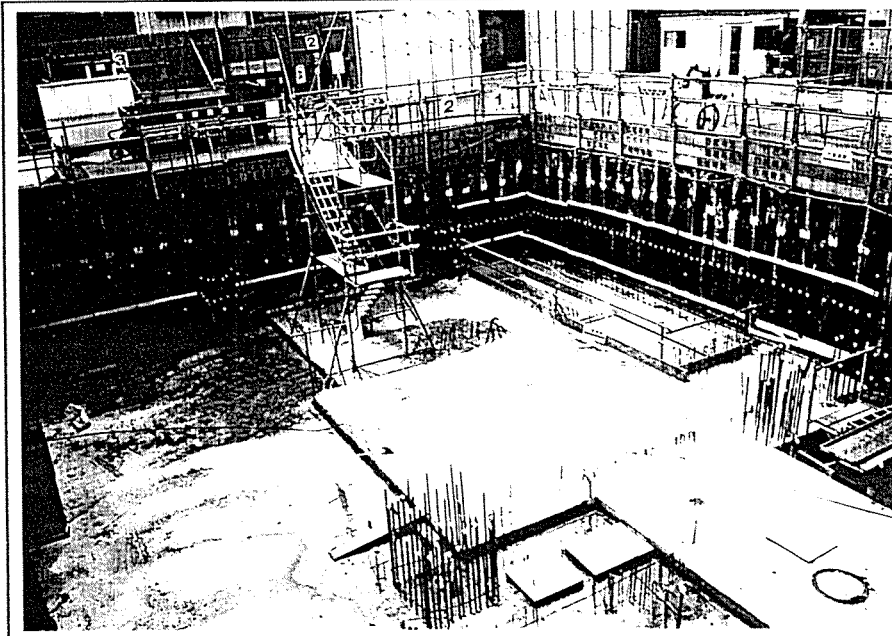


写真 No.	3-2
供試体記号	
撮影年月日	1993. 8.30
概要説明	
B1階床状況	

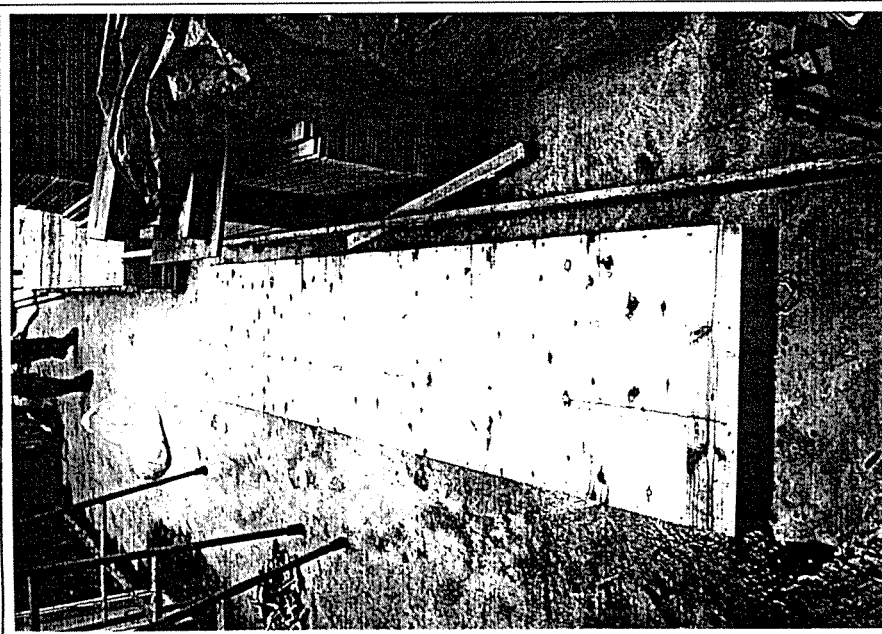


写真 No.	3-3
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 (2×6) サイズ	

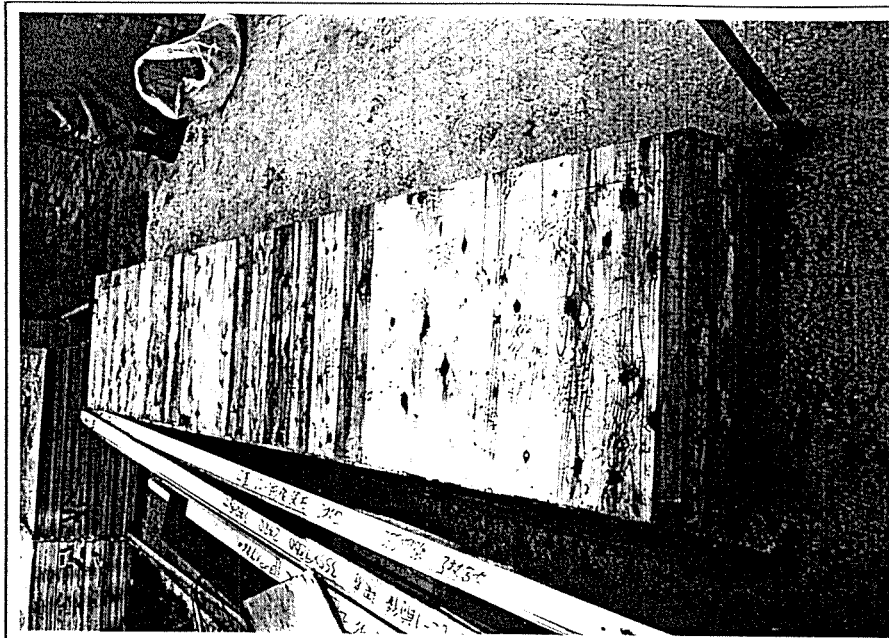


写真 No.	3-4
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 工場にてあらかじめ加工した上で現場に搬入	

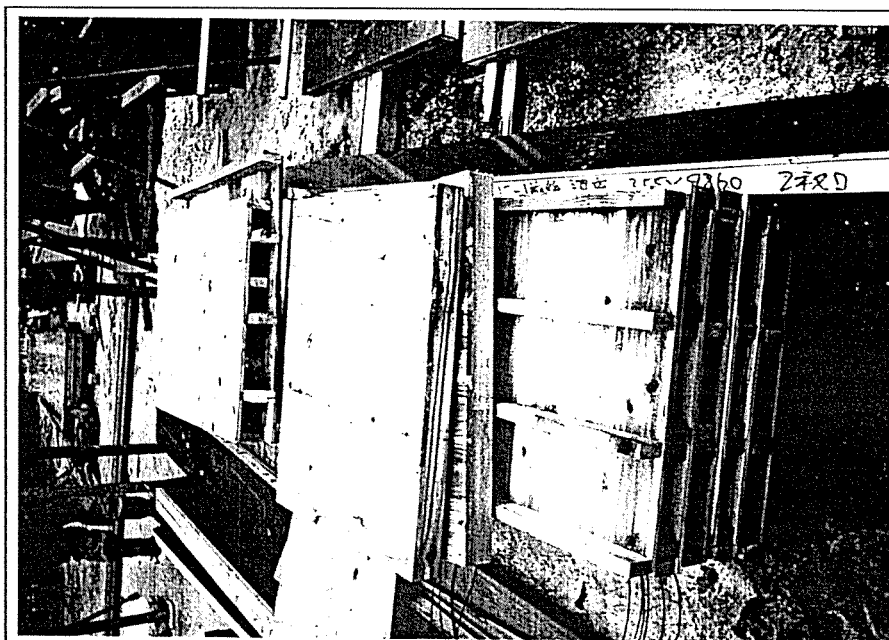


写真 No.	3-5
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 現場加工用切断品	

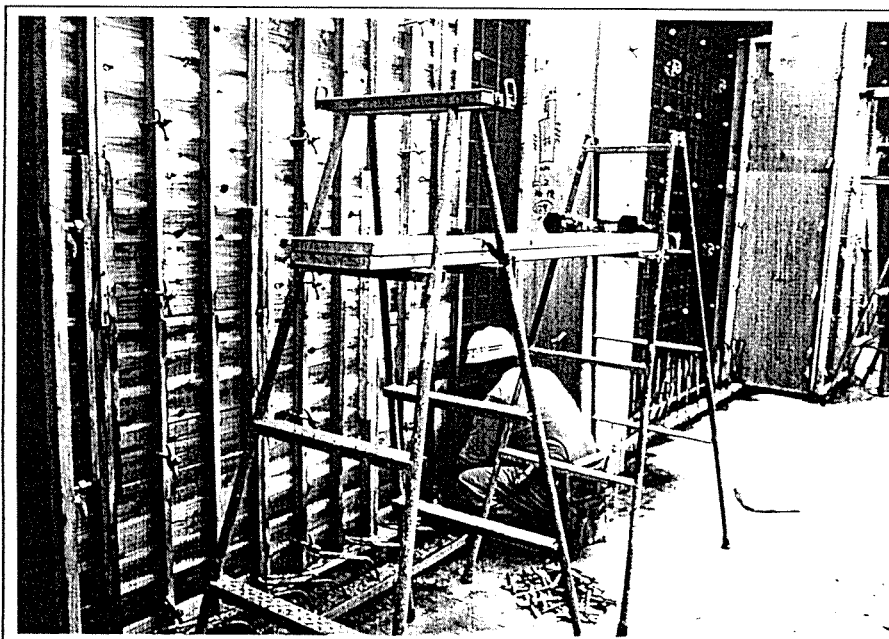


写真 No.	3-6
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 建込状況	

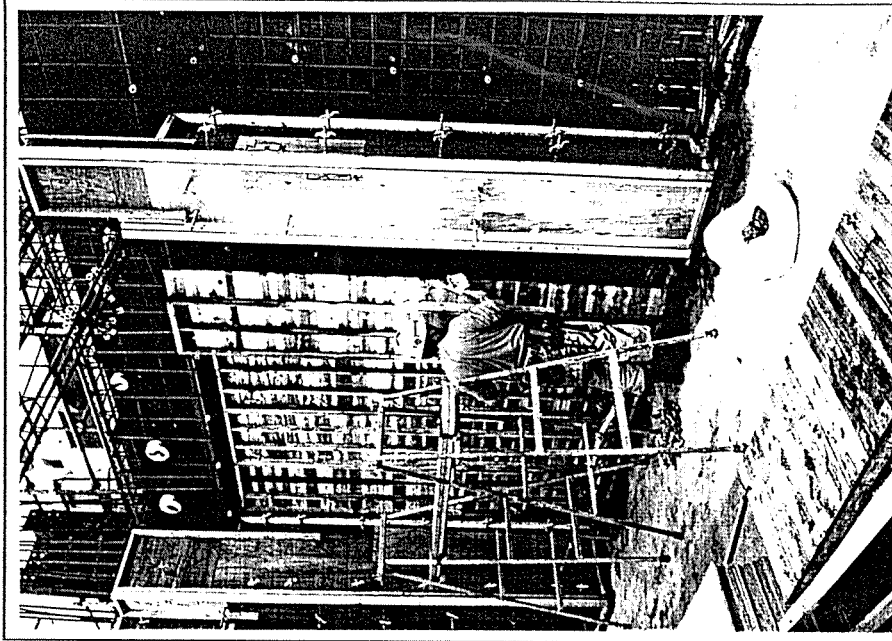


写真 No.	3-7
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 建込状況	



写真 No.	3-8
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 建込状況	

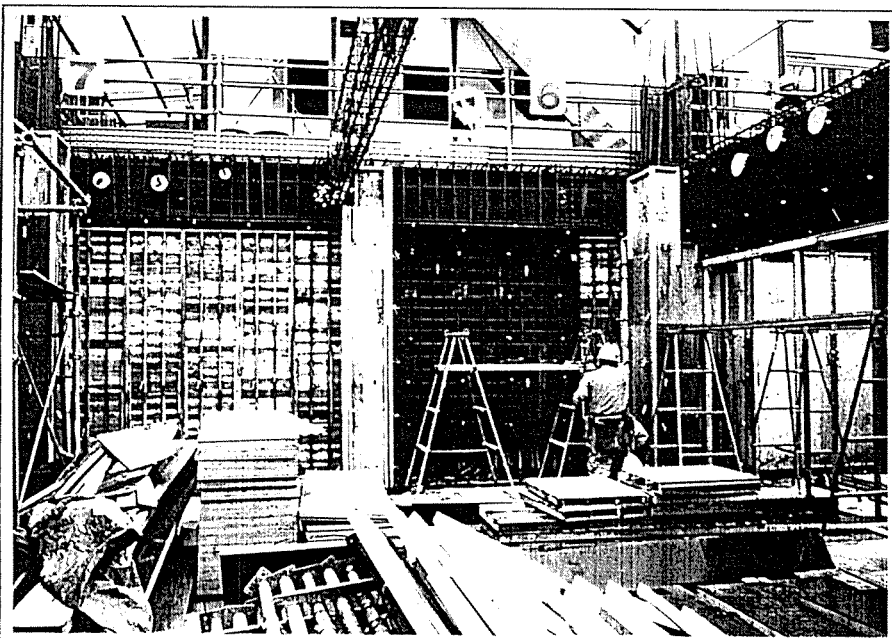


写真 No.	3-9
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 建込状況	

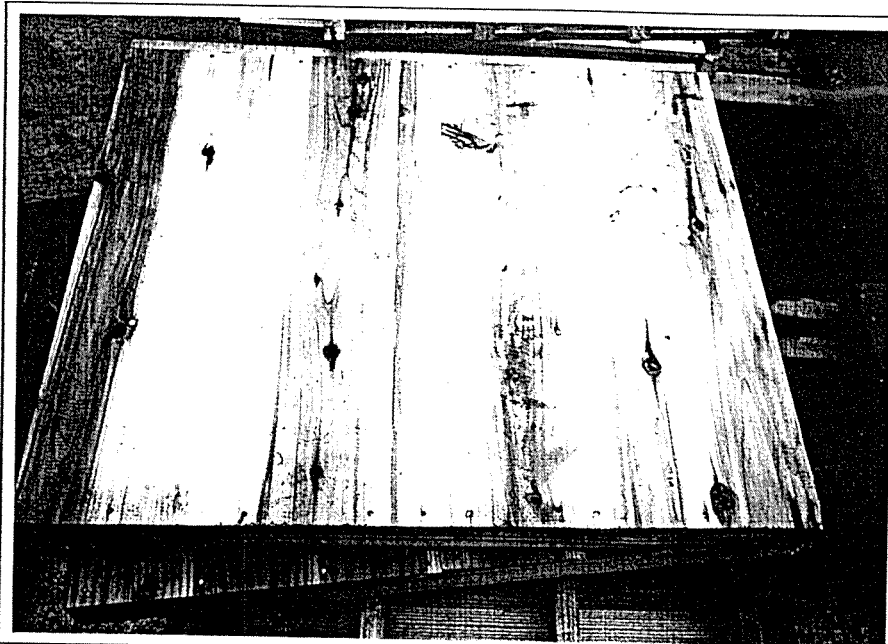


写真 No.	3-10
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠	

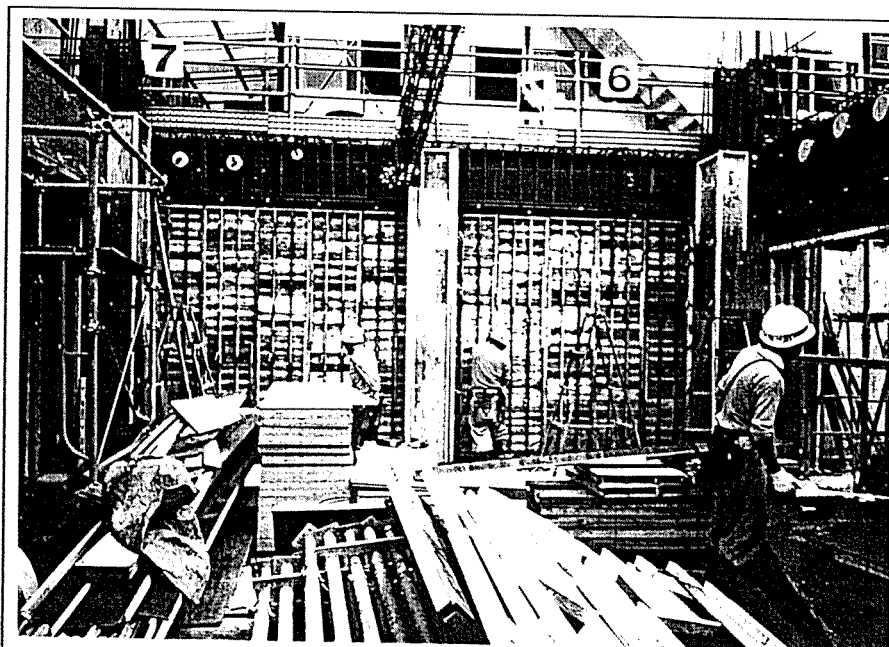


写真 No.	3-11
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 建込完了 (約21m <sup>2</sup> )	

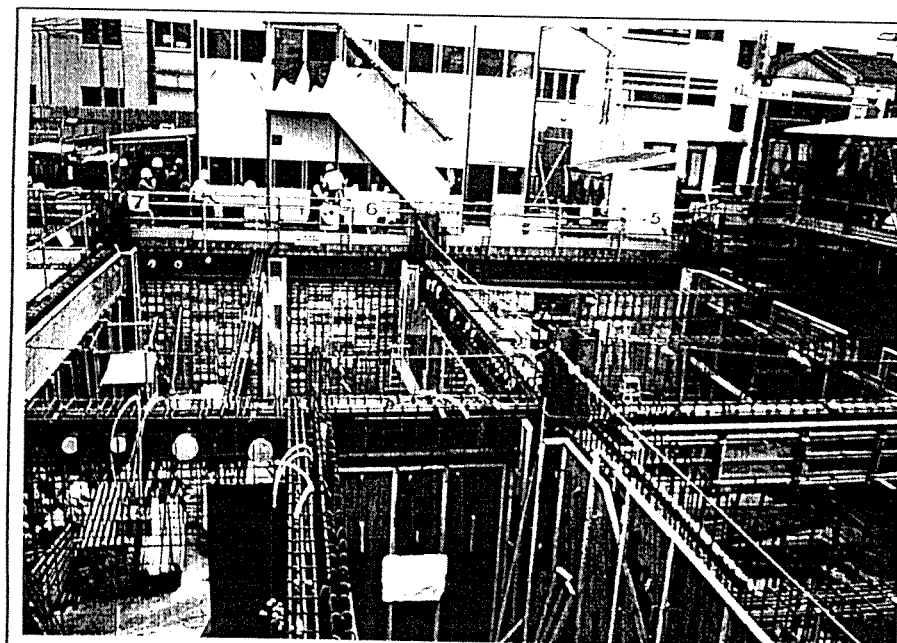


写真 No.	3-12
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
B1階の状況 (1F床レベルより撮影)	



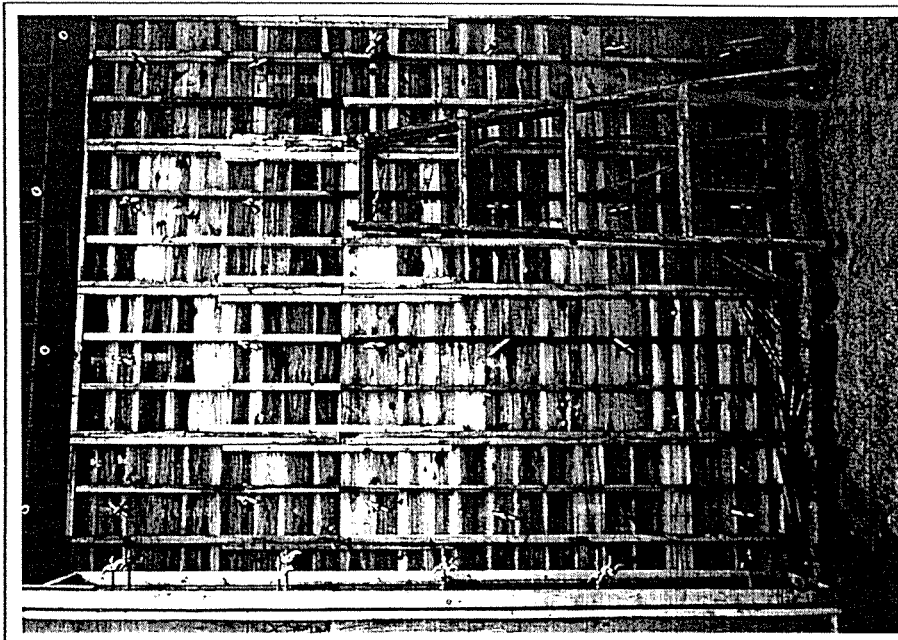


写真 No.	3-13
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠	

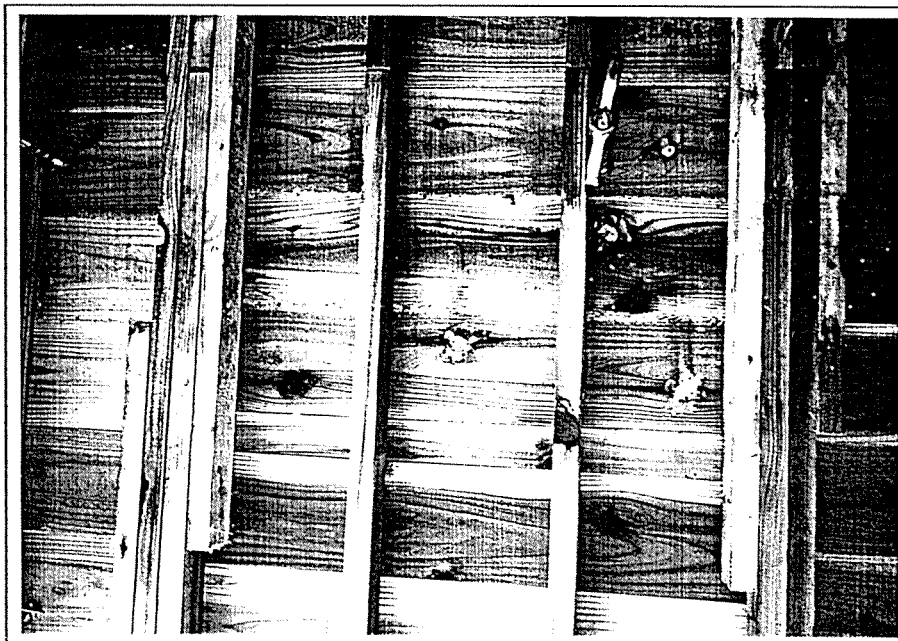


写真 No.	3-14
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠 (接着剤は、水性ビニルウレタン系接着剤を使用)	



写真 No.	3-15
供試体記号	
撮影年月日	1993. 9.25
概要説明	
幅はぎ板の型枠	

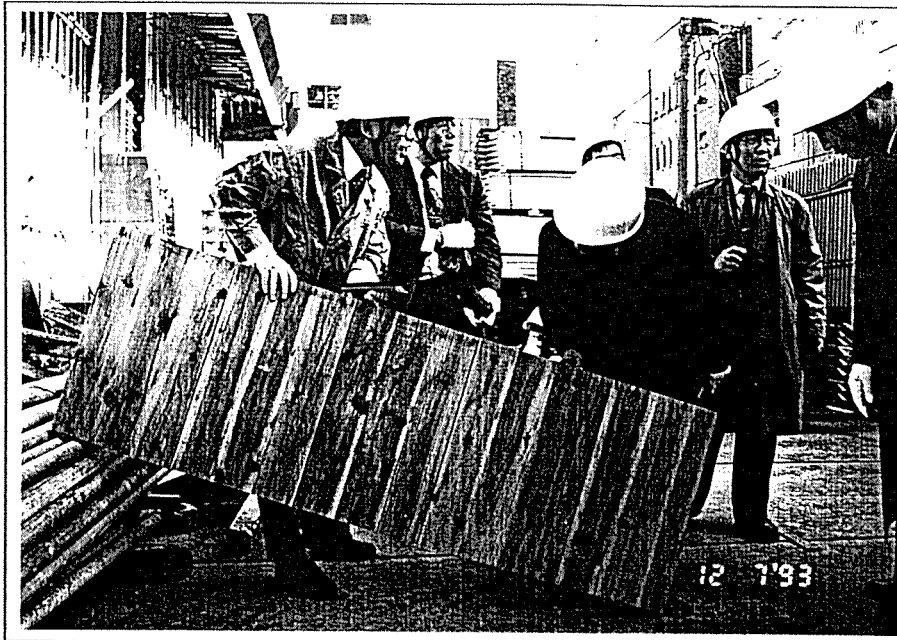


写真 No.	3-16
供試体記号	
撮影年月日	1993.12.7
概要説明	
幅はぎ板の型枠	

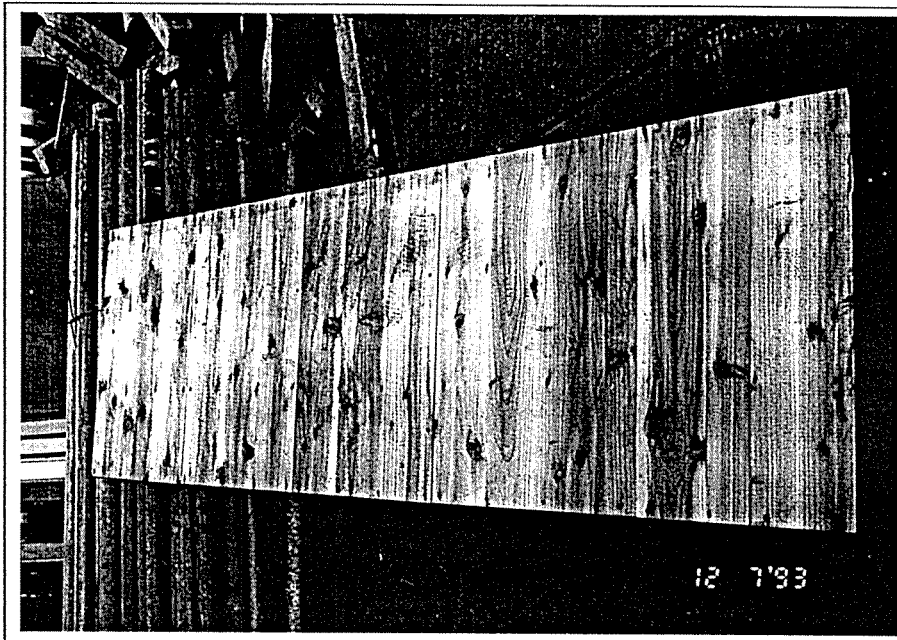


写真 No.	3-17
供試体記号	
撮影年月日	1993.12.7
概要説明	
幅はぎ板の型枠	

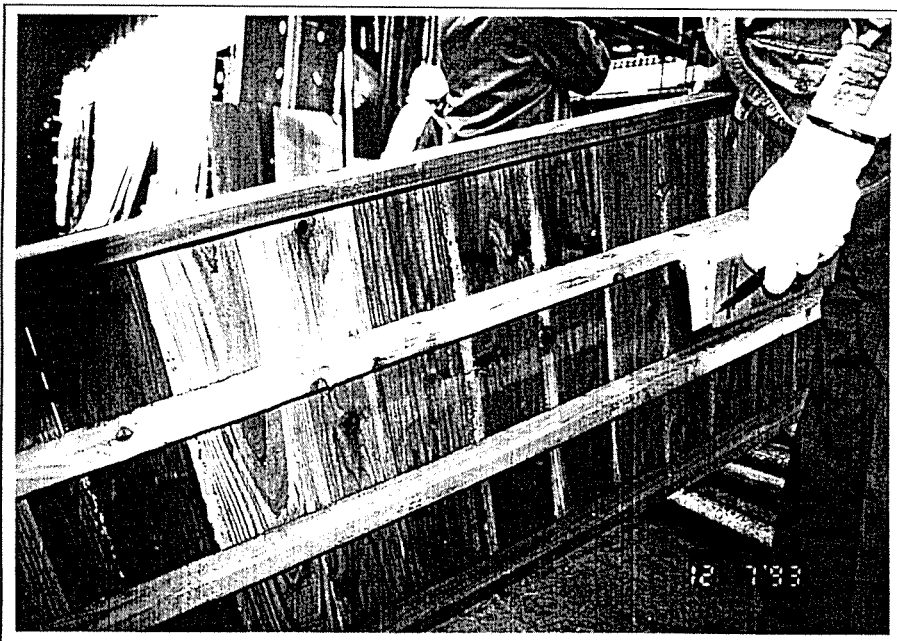


写真 No.	3-18
供試体記号	
撮影年月日	1993.12.7
概要説明	
幅はぎ板の型枠	

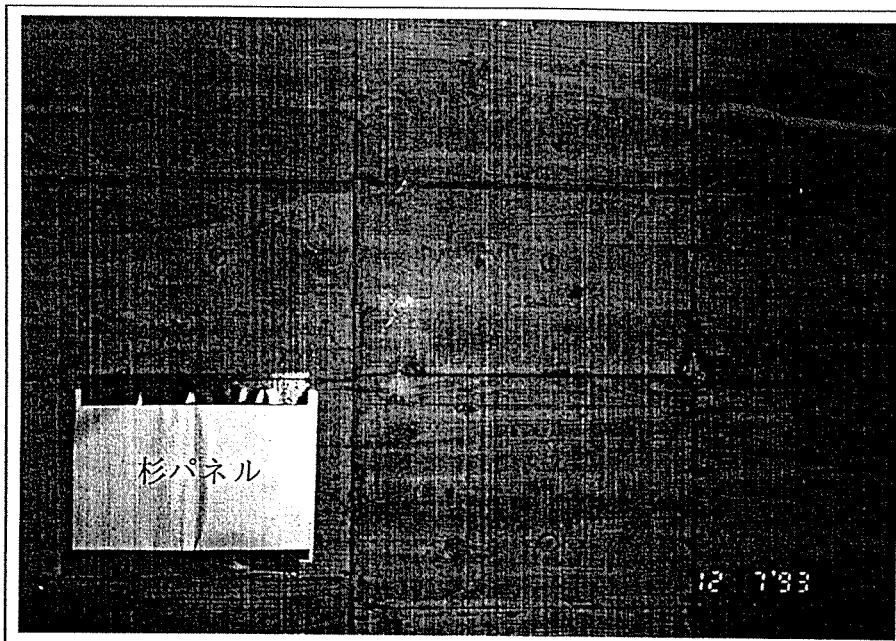


写真 No.	3-19
供試体記号	
撮影年月日	1993.12. 7
概要説明	
幅はぎ板の型枠によるコンクリート仕上り面	

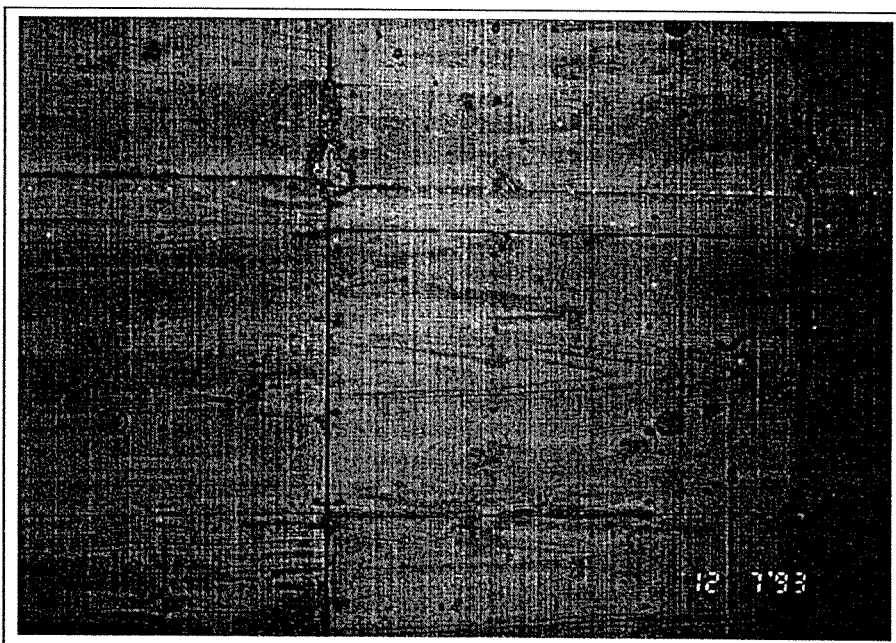


写真 No.	3-20
供試体記号	
撮影年月日	1993.12. 7
概要説明	
幅はぎ板の型枠によるコンクリート仕上り面	

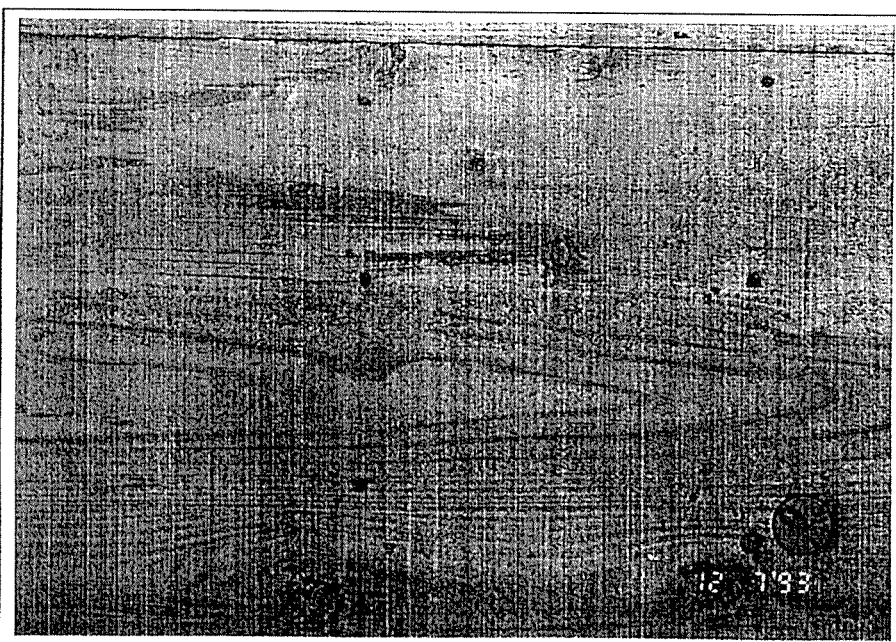


写真 No.	3-21
供試体記号	
撮影年月日	1993.12. 7
概要説明	
幅はぎ板の型枠によるコンクリート仕上り面	



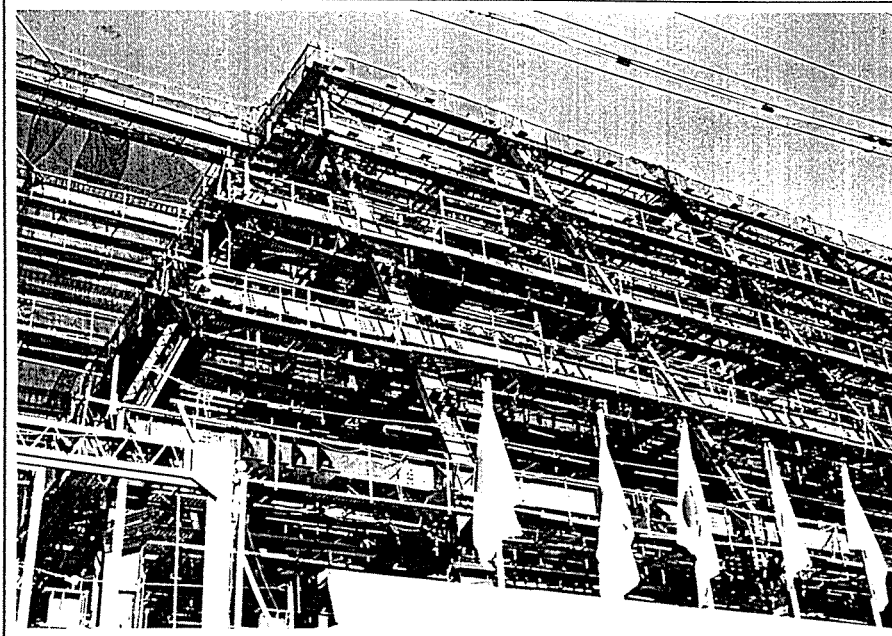


写真 No.	3-22
供試体記号	
撮影年月日	1993.12.7
概要説明	
建物全景	

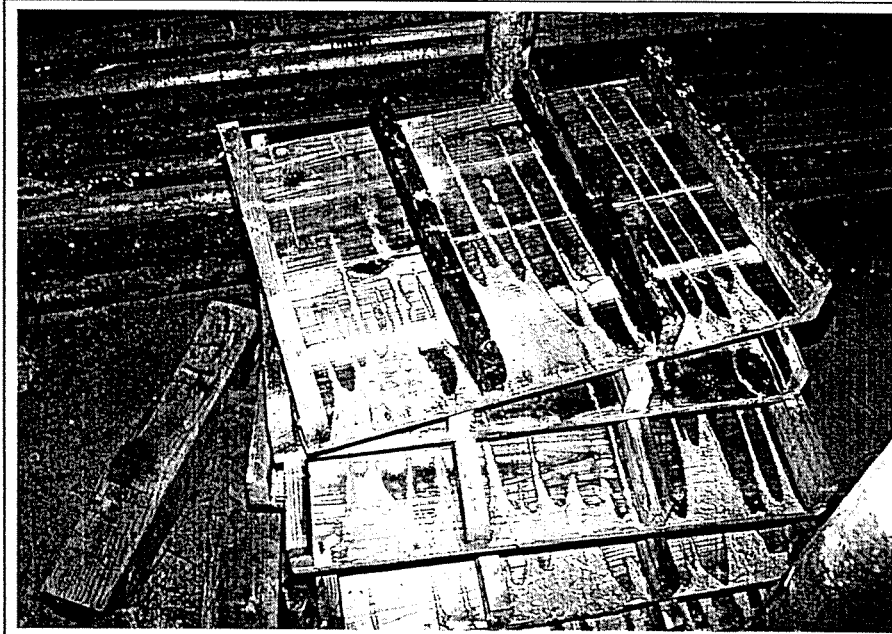


写真 No.	3-23
供試体記号	
撮影年月日	1994.1.14
概要説明	
脱型後の幅はぎ板型枠	

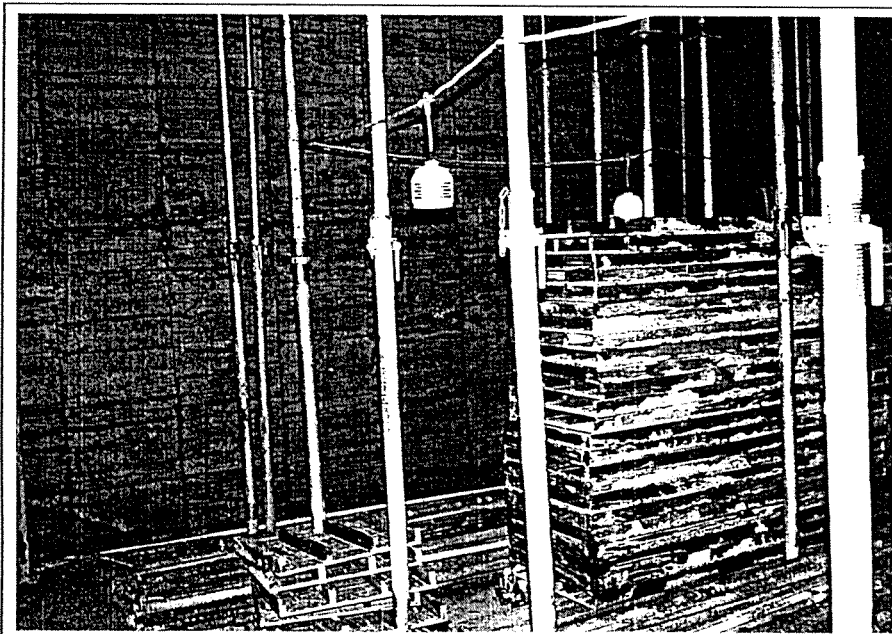


写真 No.	3-24
供試体記号	
撮影年月日	1994.1.14
概要説明	
脱型後の幅はぎ板型枠	

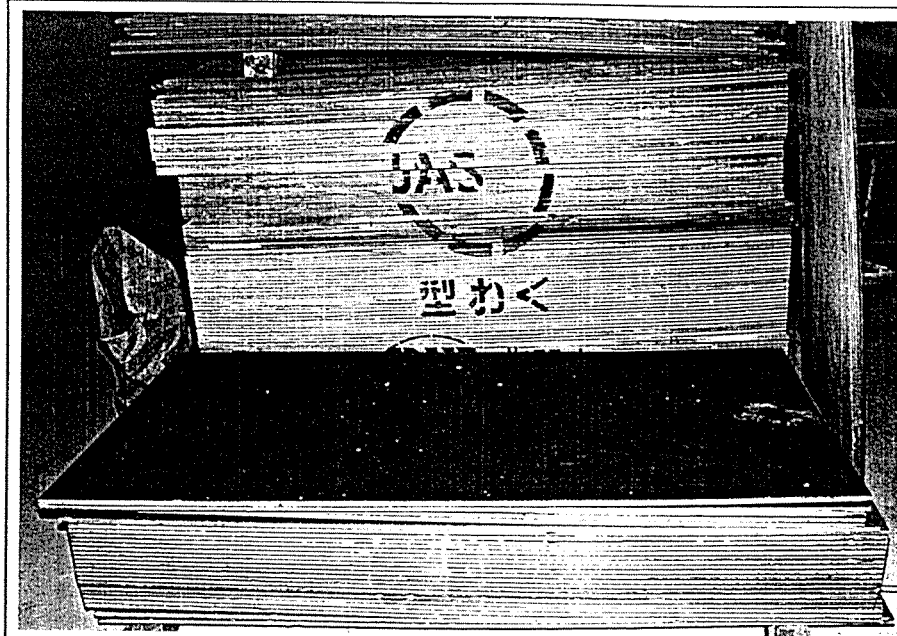


写真 No.	3-25
供試体記号	
撮影年月日	1994. 1.14
概要説明	
熱帯材(塗装)合板型枠	

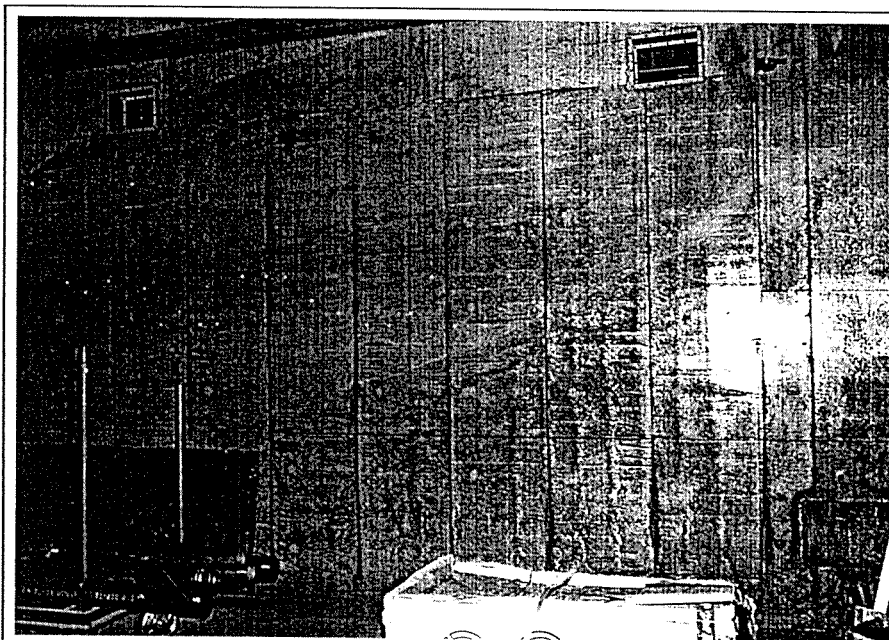


写真 No.	3-26
供試体記号	
撮影年月日	1994. 1.14
概要説明	
熱帯材(塗装)合板型枠による コンクリート仕上り面	

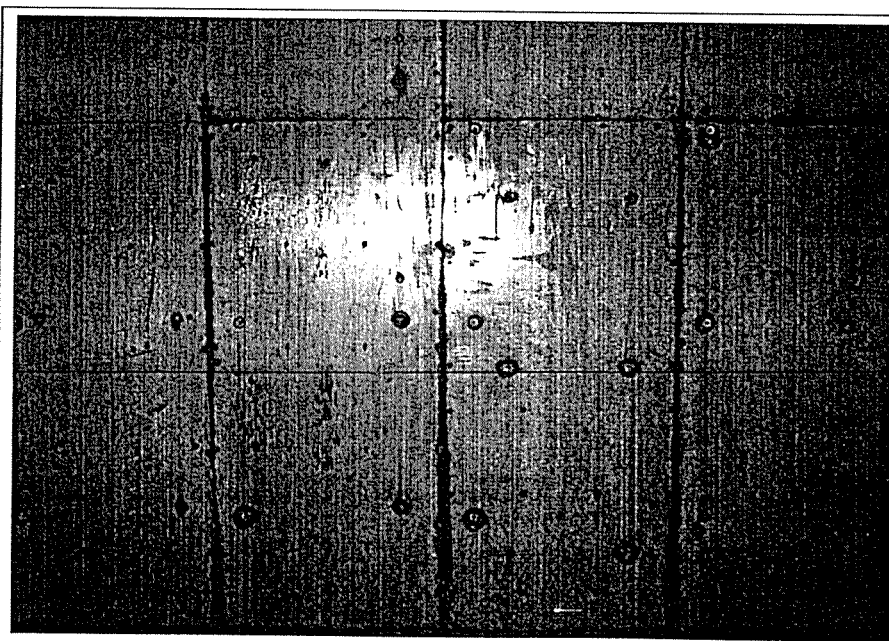
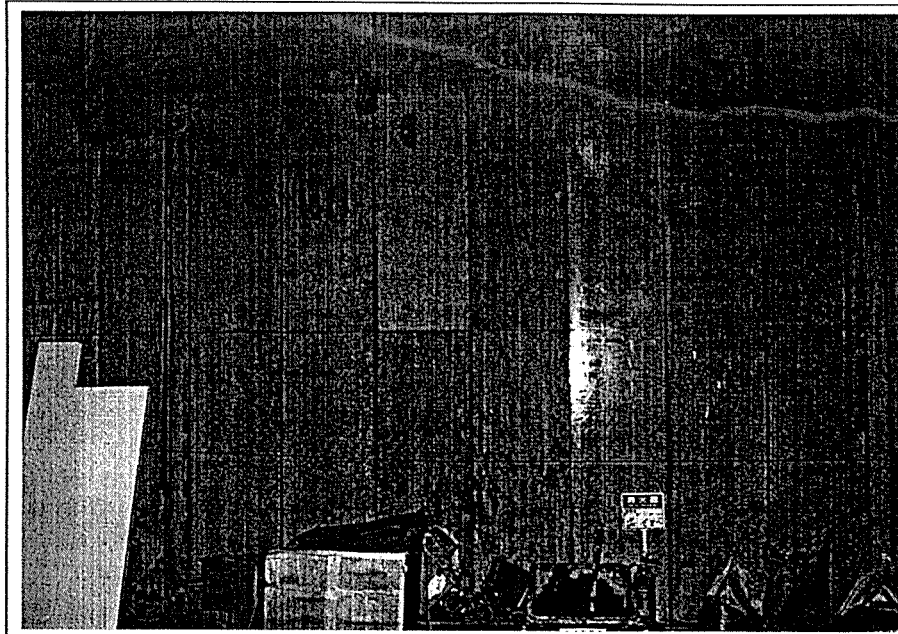
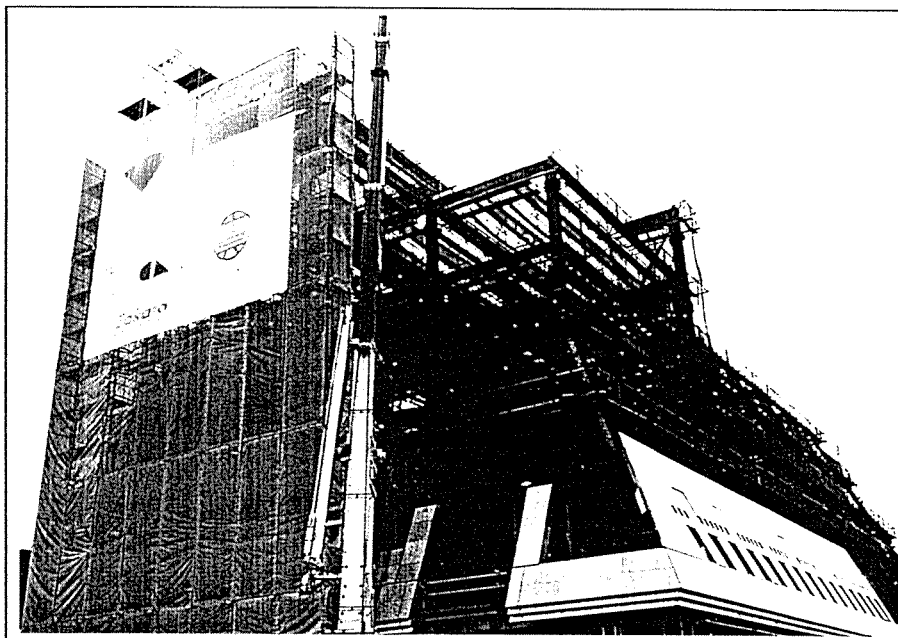


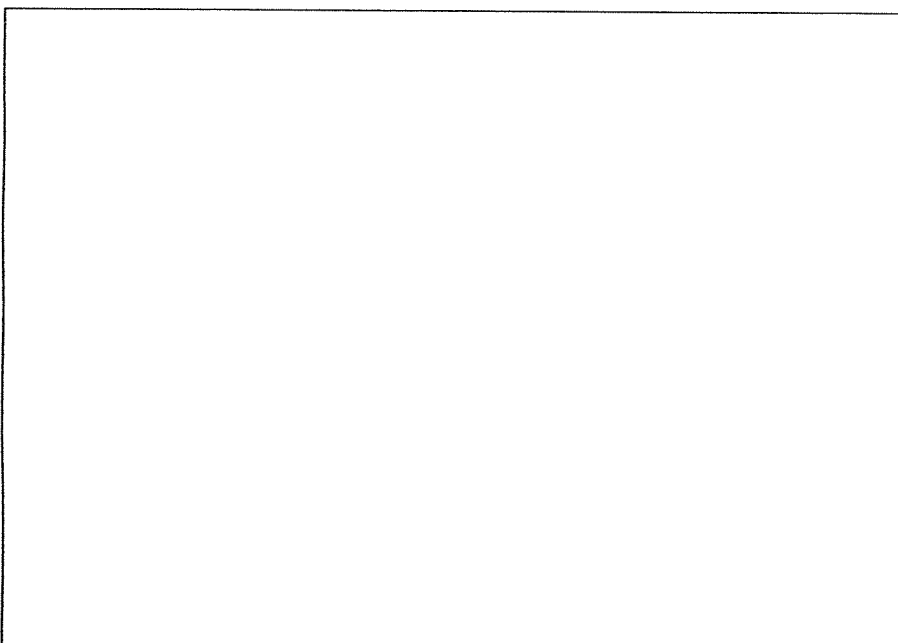
写真 No.	3-27
供試体記号	
撮影年月日	1994. 1.14
概要説明	
熱帯材(塗装)合板型枠による コンクリート仕上り面	



写 真 No.	3-28
供 試 体 記 号	
撮 影 年 月 日	1994. 1.14
概 要 説 明	
熱帯材（一部未塗装）合板型枠によるコンクリート仕上り面	



写 真 No.	3-29
供 試 体 記 号	
撮 影 年 月 日	1994. 1.14
概 要 説 明	
建物全景	



写 真 No.	
供 試 体 記 号	
撮 影 年 月 日	
概 要 説 明	