

床高さに変化の多い低層壁式コンクリート構造住宅の 生産合理化計画に関する基礎的研究

内田祥哉 高坂清一 吉田倬郎
坂本 功 木村昌夫 安藤邦広
松本信二

目 次

はじめに

第一章 研究の目的

1. 想定する建物の構法
2. 開発する壁構法のタイプについての考察と研究手順

第二章 実験対象の検討

1. 実験の狙い
2. 鋼板とコンクリートの一体化のメカニズムの検討
3. 鋼板の厚さ、および打継ぎの扱いの検討

第三章 第一回実験

1. 実験の目的と概要
2. 試験体の設計と製作
3. 実験方法
4. 実験結果
5. 第一回実験のまとめ

第四章 第二回実験

1. 実験の目的と概要
2. 試験体の種類
3. 実験結果
4. 第二回実験のまとめ

第五章 結 び

此の発想は、第一章研究の目的でも記した様に基本的には、GUP9からの発想であるが、新日鉄のCUPS計画を見学し、笹倉氏と感想とか将来の方向を話しあったあとで思いついたものである。CUPS計画は鋼板に内面耐火被覆のパネルを使った箱型ユニットを鉄骨鉄筋コンクリートのメジャーフレームに積み込むシステムであったから、その箱型ユニットを型枠にしてコンクリートを打つことが発想されたのである。それは、GUP9が鋼板捨型枠であったことによるので、いわば、GUP9の仮枠に使えるのではないかとということであった。但GUP9は鉄筋を使った鉄筋コンクリートであったのだが、CUPS計画のユニットを使う所から、無筋でもよ

いのではないかと思いついたのである。翌日早速笹倉氏の所に電話をし、何時か機会があれば実験してみたいと思った。

幸、今回(財)新住宅普及会の研究費がそれにあてられることになったので何はともあれ基礎的な実験で可能性をさぐってみた次第である。

捨型枠が補強筋代りに使えれば現場の鉄筋コンクリート工事は、極めて単純化する。即ち、鉄筋工事が省略され、コンクリート打ちは無筋コンクリートになるから、打設が楽になり、型枠工事からは脱型搬出の仕事が省略される。

若し、鉄筋に使う鋼材量と鋼板に使う鋼材料が同等であれば、工事費は大巾に節約できるはずである。そこで鋼材の捨型枠が補強筋代りに使えるかどうかを試してみたいというのが今回の実験の発想である。

此の様な壁は住宅用の壁構造に最適である。若し、床にPC板を使うとして、之と大型型枠の組み合わせで3階建位が組み立てられればコンクリート打ちを一回ですませることもできよう。更に、床に微妙なレベル差のある場合でも、従来の様に度々重なる打ちつきが必要ないから工期も短縮出来る。正に低層住宅用のすぐれた工法となるはずである。

註

GUPの目的は抽象的に行なわれていた研究を、実際のプレハブに適用して、具体化することであった。

事実、研究はGUP計画に応用され、GUPの経験は研究に反映されるということがくり返されている。また実施設計でないという点で設計に甘さのあることをおそれ、必ず部品の模型を作って組み立ててみることにしている。これにより現場で発見されるような図面のミスは何割かは見出せるし、設計を厳格にすることができる。

GUPはプロジェクトとして作られたものであるが、その中で実現化の方向に進んだものが2つある。

一つは、GUP3で電々公社が社員用高層アパートとしてとり上げ、GUP3 N.T.T(N.T.TはNippon Telephone & Telegramの略)という名称で実現した。

それは先づ、東京祖師ヶ谷でモジュラーコーディネーションや部分的メゾネットの実現性をためす実験住宅が建てられ、ついで筑波学園都市の中でほぼ原案に近い型

で実現された。原案と異なる主な点は、ファサードの筋違を二本の平行梁にしたこと、各戸の面積が小さいこと等で、小梁つき大型床スラブは全面的に実現し、セルフフォーミングを初めとする現場生産合理化の思想の多くが実現されている。

GUP6はGUP3の様に実際に利用される建物としては実現していないが、1974年度1975年度と2年度に汎る実大実験によって、(財)新住宅普及会の研究費による)その実現性は殆ど確かめられたとあってよい。

更にGUP9についても目下基礎的な実験が進められており、それが完了すれば実用化の方向もあきらかになると考えられている。

第一章 研究の目的

1. 想定する建物の構法

実験対象は、鋼板捨型枠無筋コンクリート壁構法であるが、この壁構法は、建物全体の構法と関わりなく成立つものではない。この壁構法の発想の元になっているのは、GUP9(図1-1)であるが、その特徴を、この壁構法との関わりから、要約すれば次のようになる。

- ① 主体構造は、PC板スラブと捨型枠PC壁によって構成される。(図1-2)
- ② PC板スラブと、型枠の補強材によって、仮設物として3層まで自立できる。(図1-3)
- ③ 型枠寸法のバラエティーによって、スラブ高さに変化を与えることができる。このことによって、スキップ型住戸や階高の大きい空間を設けることが可能となり、また基礎構法と共に、傾斜地での建設を容易にしている。(図1-4)
- ④ 捨型枠を良好な仕上げ下地面にすることができる。
- ⑤ PC板スラブを型枠と一緒に組むことによって、現場打ちコンクリートが水平方向に溢れる部分を無くすることが、原理的に可能である。したがって、型枠強度の許容範囲内で、多層一度のコンクリート打ちが可能となる。

PC板スラブ自体は、現時点では、ポピュラーなものであり、その実例も多い。壁のRC捨型枠構法は、さほど使用頻度の多いものではないが、珍しいものではない。ただ、この両者を組合せたものは、GUP9設計当時では、実例を知ることができなかった。その後、低層躯体システムコンベの入選案の一つに、PC板スラブと規格化型枠を用いた現場打ちRC壁体とによる構法があり、GUP9との共通性を見ることができる。

PC板スラブと捨型枠RC壁の組合せを扱う場合、PC板スラブについては、その基本的な種類については、各方面での開発、研究が進んでいるのに対し、壁構法については、そのまま使用できる実例はまだ、公表された

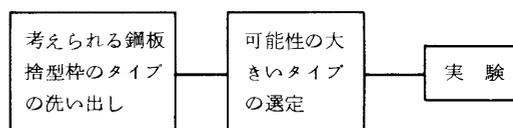
ものが無いと思われる。この種の壁構法の開発のための基礎的資料を得ることが、本研究の基本的な狙いである。

2. 開発する壁構法のタイプについての考察と研究手順

GUP9で採用した壁構法は、構造体としては、二重配筋のRC造である。そのため捨型枠は構造強度に寄与する必要はなく、専ら仕上げ下地としての機能が期待される。RC造の壁を現場打ちで造るには、鉄筋工事が伴うが、GUP9では、プレファブ鉄筋とその接合法を考察している。しかしながら、現場の手間の多いことが予想され、特に多層一度打ちを考えると、鉄筋工事は施工上の弱点となるものと考えられる。そこで発想されるのが無筋コンクリートである。

捨型枠RC造の壁構法のRCの代りに無筋コンクリートを用いる際に、RCに必要な鉄筋に相当する鋼材を、捨型枠用鋼板として使うことができるが、この鋼板がコンクリートと一体化し、強度にも寄与すれば、無筋コンクリートのみで壁体よりは強度の大きいものが、鉄筋工事なしでできることになり、好都合である。

この鋼板捨型枠無筋コンクリートについては、仕上げ下地としての特性の解明や防錆を含めた耐久性の確保など、実用化のための課題がいくつかあるが、その前提として、捨型枠鋼板がコンクリートと一体化しうるかどうか確かめる必要がある。したがって、本研究では、次の手順で研究を進めることとした。



この研究で扱う鋼板を捨型枠とする無筋コンクリート構法は、未だ正式名称を持たないが、ここでは、鋼板補強コンクリートと仮に呼ぶことにしておく。



図 1 - 1

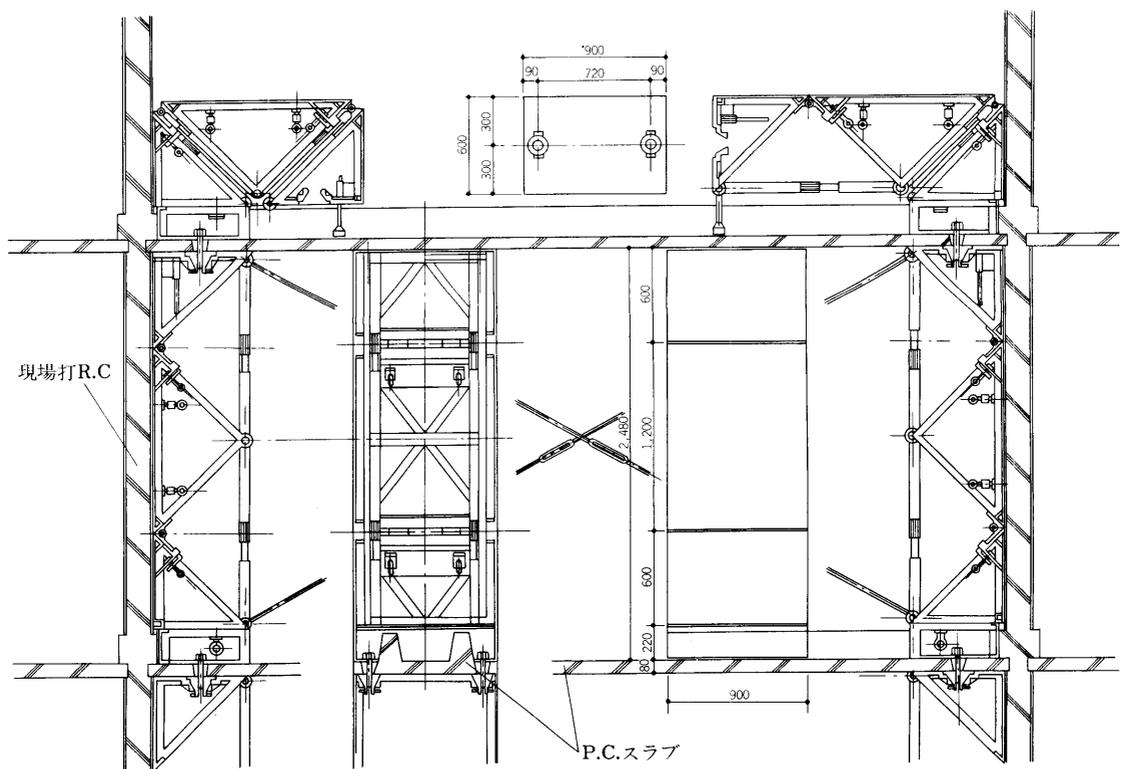


図 1 - 2

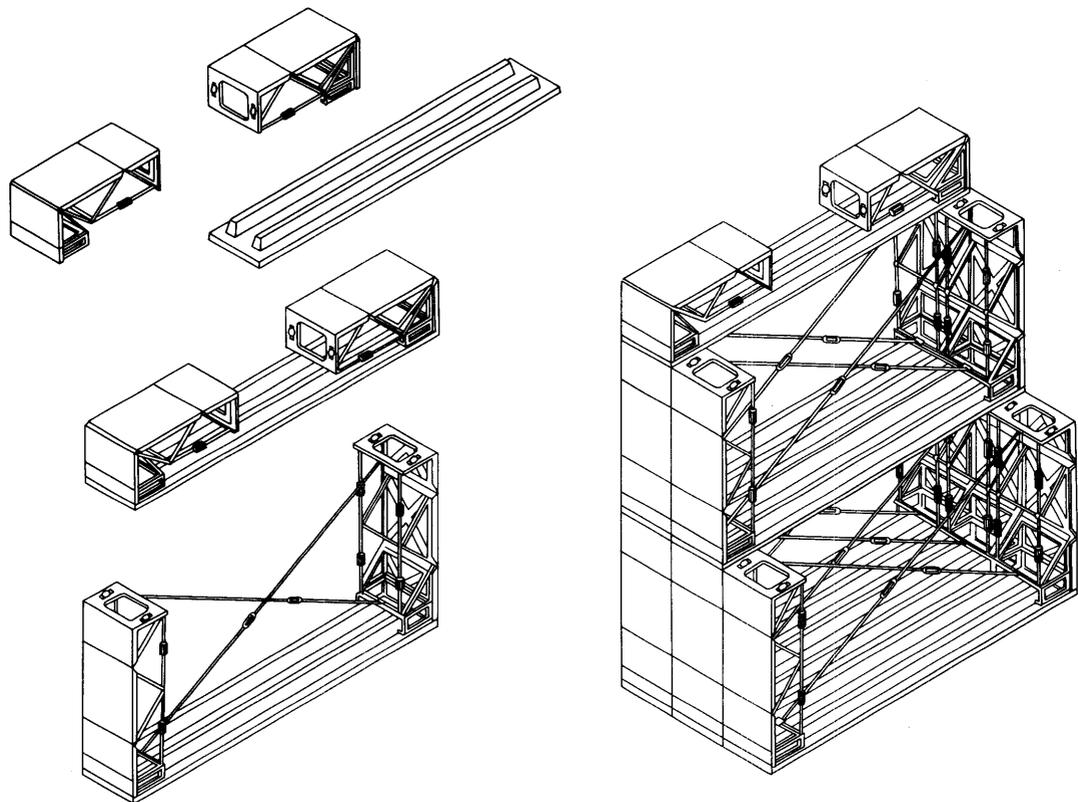


図 1-3

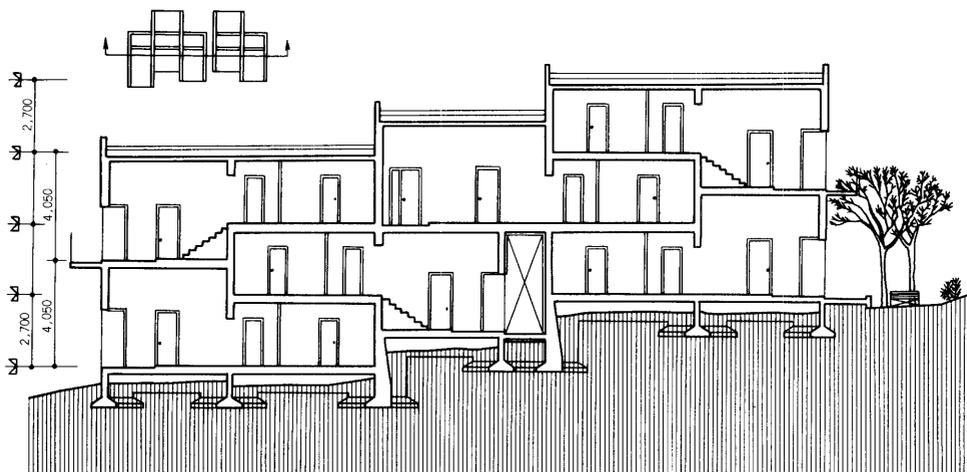


図 1-4

第二章 実験対象の検討

1. 実験の狙い

鋼板捨型枠に期待される特性のうち、本研究によって明らかにしたいものは次の二点である。

- ① コンクリートと一体化する鋼板型枠の形状の決定
- ② 加工の容易な鋼板型枠の形状の決定

コンクリートと一体化する鋼板型枠の形状の決定は、実験の主なる狙いであるが、単に形状と一体化の関係のみの検討では、現実離れしたものになりかねない。そこ

で、工場で加工や現場作業が容易であり、しかも量産の展望のあるものという枠を設けた。そしてその範囲で、型枠面の性状のパラエティーを検討し、その中から有力と考えられるものを選んでコンクリートとの一体化性状を実験によって知ることとした。

2. 鋼板とコンクリートの一体化のメカニズムの検討

鋼板とコンクリートの一体化のメカニズムは、基本的には、次の5種類としてえられる。(図2-1)

- ① 鋼板の平面と、コンクリートの付着力による一体化

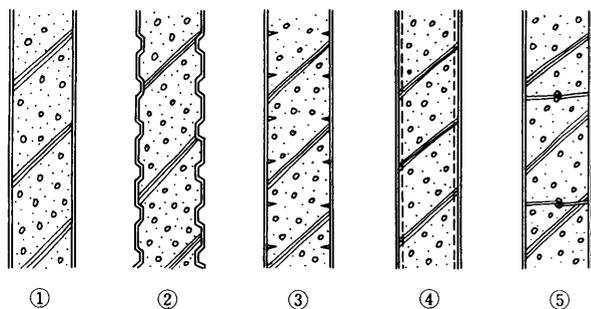


図 2-1

- ② 鋼板の凹凸面とコンクリートの付着力による一体化
- ③ 鋼板に設けた爪状の突起と、コンクリートの付着力による一体化
- ④ 鋼板に溶接したメタルラスとコンクリートの付着力による一体化
- ⑤ 鋼板を相互につなぎ、コンクリートを挟みこむ。

この5つを基本として、いくつかの組合せタイプが考えられる。例えば、②と③、④または⑤と組合せることは可能である。また、⑤は他の各タイプとの組合せが可能である。

5つの基本タイプおよびその組合せタイプの中から、実験対象を選定したが、その際、鋼板の加工が容易で将来、工場生産が見込めるもの、現場作業の手間のかからないものといったことを選定のよりどころとした。その結果、⑤は、現場作業がめんどうであると思われることから除外し、基本タイプは①②③④を実験することとした。また、組合せの中では、②×④が、類似品が市販されていることから、有望と考え、実験対象とした。

鋼板補強コンクリートの範囲にははならないが、上記の検討の中で鋼板でない捨型枠にメタルラスをはったものも検討の価値がある、考えられるようになり、実験対象の一つに加えることとした。これは、いわばメタルラス補強コンクリートである。

3. 鋼板の厚さ、および打継ぎの扱いの検討

鋼の厚さは、標準的なRC壁構造、住宅の壁体の鉄筋量を目安として次のように決めた。

まず、標準的なRC壁構造住宅の壁体の配筋は、13φ筋の@200mmメッシュであるとした。したがって、壁面1m²当りの鉄筋は、1m×10本となり、その容積は、次のようになる。

$$1\text{ m} \times 1,327\text{ cm}^2 \times 10 = 1,327 \times 10^3\text{ (cm)}^3$$

これを1m²の鋼板にすると、その厚さは次のようになる。

$$1,372 \times 10^3 / 10^4\text{ cm} = 1,372 \times 10^{-1}\text{ cm}$$

似上より、両側2枚の鋼板の厚さを、各々0.6mmとした。

鋼板補強コンクリートのコンクリート打継ぎの影響を

把握しなければならないが、全てのタイプについて一度打ちと打継ぎの両方のサンプルを造ることは、無駄が多く、特定のタイプについてのみ打継ぎの影響をみることにした。

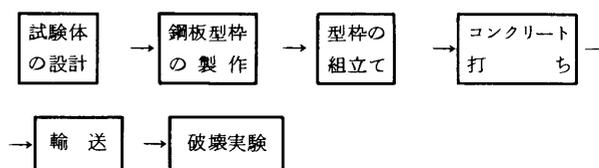
第三章 第一回実験

1. 実験の目的と概要

第一回実験の目的は、第二章で述べた二つの狙い、即ち

- ① コンクリートと一体化する鋼板型枠の形状の決定
 - ② 加工の容易な鋼板型枠の形状の決定
- について、大まかな目安を得ることである。

実験は、概略、次のような手順で行った。



2. 試験体の設計と製作

試験体は、実物の建物の一部を取り出したものとするにせし、厚さは想定される実物の建物そのままの120mmとし、縦、横は大きい程実物の性状に近くなることと、軽い程実験が容易であることを考え、900mm×450mmとした。鋼板捨型枠とコンクリートの打設方法の相異なるによる試験体の種類は8種類とした。各試験体は、実験中のトラブルを考慮し、2体作成した。

そのうち、2タイプは、コンクリートと鋼板の付着が弱く脱型時に、剝離してしまったが、それ以外については、その実験データを表3-1と図3-2に示す。

試験体の製作に際しては、鋼板型枠の大半を、(株)日鉄金属工業 東京工場で作成し、角波鋼板にメタルラス溶接したものメタルラスは既成品を用いた。型枠組立ておよびコンクリート打ちは同じく、日鉄金属東京工場で行った。なお、用いたコンクリート強度は、4週強度269kg/cm²(試験体3個の平均値)、実験当日強度261.4kg/cm²(試験体3個の平均値)であった。

3. 実験方法

試験体への加力方法としては、図3-1に示すように、試験体を水平に置きその中心に載荷することとした。そのため破壊は、載荷部下端の曲げ応力によることが予想できる。

この加力方法を選んだのは、加力方法として最も容易でありかつ、コンクリートと鋼板型枠との一体化性状を

見るには、曲げ破壊時の鋼板のはがれ方を見るだけで十分であろうと判断したことによる。

試験機は、東京大学工学部1号館地下実験室のアムスラー試験機である。

荷重は、図3-1に示すように、試験体の中心に、0.1 t づつ荷重を増していくという方法で行った。荷重を増加し、破壊に至るまでの試験体の挙動については、図3-1に示すように荷重点下端(C)、支持点の内側(L, R)の3点について鉛直方向の変位を測定した。L, R, を測定するのは、試験体の挙動測定における、支持点のわずかな動きの影響を考え、試験体自体の挙動を直接えることができるようにするためである。

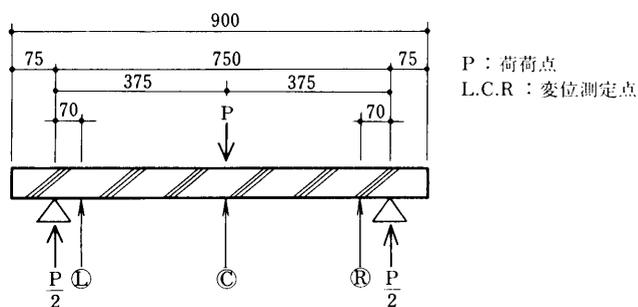


図3-1 荷重方法と測定方法

4. 実験結果

実験結果を、図3-2および表3-1に示す。また、加力装置および試験体の写真を併せて示す。

なお、形状的な加工を加えない平鋼板のみを用いた試験体(No. 1)(No. 5-1)は各々更に、鋼板の表面の錆びを促進したものなどのバリエーションを作っていたが、いずれも実験前の脱型時に、鋼板がコンクリートから剝離してしまったため(図3-2)には表わさなかった。

結果の比較検討のため、鋼板が、コンクリートと十分一体化している場合の理想的なパネルの耐力性状を把握する必要があるが、ここでは鉄筋コンクリート造の計算法にならない次のような計算によってそれを求めた。

まず、コンクリートが、パネル強度に寄与せず、鋼板のみで持つと仮定すると次のようになる。

$$M = at \cdot ft \cdot j \quad at: \text{鉄板断面積 (cm}^2\text{)}$$

$$M = pe/4 \quad ft: \text{鉄板引張り強度 (t/cm)}$$

$$j = \frac{7}{8} h \quad j: \text{中立軸からの距離}$$

P: 荷重

ℓ: 支点間距離

M: 曲げモーメント

h: 鋼板間距離(R, C造では鉄筋間距離に相当する)

ここで求めたい値は、MおよびPである。各パラメーターの値は次のようなものである。

$$at = 4.5 \times 0.06 (\text{cm}^2) \quad ft = 2.4 (\text{t/cm}^2)$$

$$h = 12 (\text{cm}) \quad \ell = 80 (\text{cm})$$

よって

$$M \doteq 67 \text{ t} \cdot \text{cm} = 0.67 \text{ t} \cdot \text{m} \quad P \doteq 3.35 \text{ t}$$

次に、コンクリートの強度がパネルの強度に寄与することを見込むと次のようになる。

$$M = C b d^2 \quad C: \text{計算図より求まる合力係数}$$

$$M = P \ell / 4 \quad d: \text{断面巾}$$

Cは、Fc(コンクリート強度)、r(上端筋と下端筋の比)、Pt(配筋比)より図表から求めるが、

$$Fc = 210 \text{ Kg/cm} (\text{と仮定}), \quad r = 1.0$$

$$Pt = \frac{at}{b \cdot d} = 1/200 = 0.005 (0.5\%)$$

$$\therefore C = 10.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$b = 45 \text{ cm}, \quad d = 12 \text{ cm}$$

$$\therefore M \doteq 0.68 \text{ t} \cdot \text{m} \quad P \doteq 3.4 \text{ t}$$

以上の二つの計算より、コンクリート強度は、パネル強度にほとんど寄与しないことがわかる。また、コンクリート鋼板が十分一体化しておれば、最大荷重は、3.35 ~ 3.45 になるという目安が得られた。

5. 第一回実験のまとめ

実験の結果を見ると、平鋼板とコンクリートの付着はまったく期待できないことがわかった。同様に、おわん型凸面のある鋼板、および、角波鋼板はいずれもコンクリートとの付着は、期待できないことがわかった。

一方、メタルラスおよび爪は、鋼板とコンクリートの一体化に一定の効果があることがわかった。試験体の強度は、ほぼ同程度である。

メタルラスを鋼板に溶接したものについては、メタルラスとコンクリートの一体化が期待できるが、その破壊状態を見ると、ラスが破断しているが、鋼板自体は無傷であることから、パネル強度に対しては、ラスのみが寄与し、鋼板の強度が十分生かされないことが推測できる。

鋼板に爪を設けると、コンクリートとの一体化に一定の効果があることは、今回の実験によって、確かめられたが、今回の実験で用いた試験体の場合は、爪が小さいが、もしくは爪の数が少いため、最終的には、爪が抜けて試験体が破壊している。

以上、実験の結果、メタルラス溶接鋼板と、爪付鋼板が、何らかの可能性のあることがわかったが、メタルラス溶接鋼板については、それが効率良くパネルの強度に寄与するかどうかという点については、良い見通しは得られなかった。これに対し、爪付鋼板は、爪の形状や配置を工夫することによって更に、強度性能を向上させる見通しが得られたと言えよう。

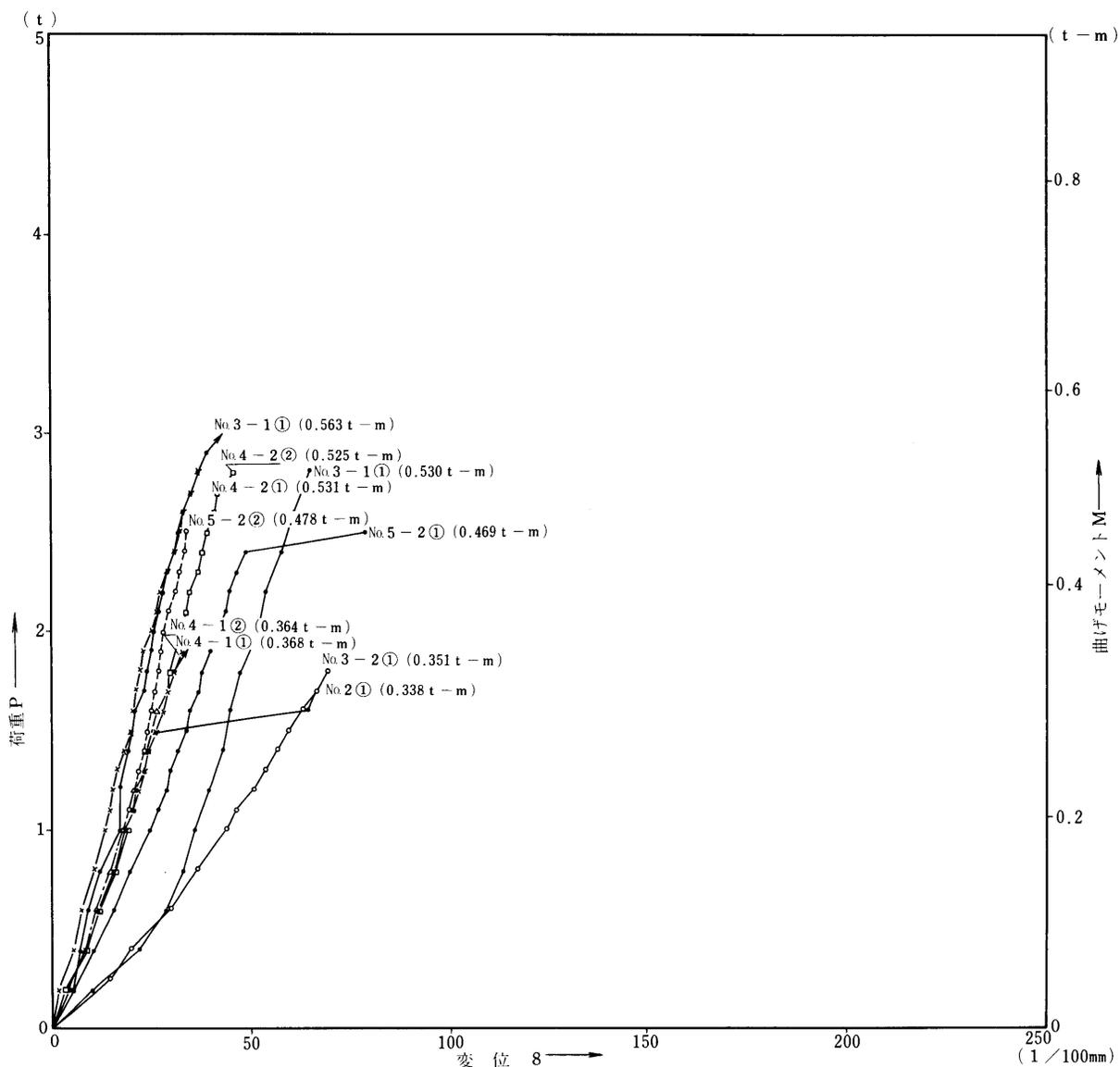


図 3-2 第 1 回実験荷重変形曲線 (変位は C 点でのもの、また①、②は 1 回目、2 回目を示す。)

表 3-1 第 1 回実験最大耐力一覧表

試験体	1 回 目		2 回 目	
	最大荷重 P ton	最大耐力 M t-m	最大荷重 P ton	最大耐力 M t-m
	1,570	0.294	1,620	0.304
1	脱型時にはくり		脱型時にはくり	
2	1,800	0.338	脱型時にはくり	
3-1	2,825	0.530	3,000	0.563
3-2	1,870	0.351	脱型時にはくり	
4-1	1,960	0.368	1,940	0.364
4-2	2,830	0.531	2,800	0.525
5-1	脱型時にはくり		脱型時にはくり	
5-2	2,500	0.469	2,550	0.478

第四章 第二回実験

1. 実験の目的と概要

第一回実験によって、爪付鋼板を用いたタイプのみ、実用化の可能性があることがわかった。第二回実験では、この爪付き鋼板について、第一回実験結果をふまえ、爪の形状、配置、鋼板の厚さ、コンクリートの打継ぎについて検討を加え、いくつかの鋼板のタイプを設定し、その強度性状、破壊性状、鋼板とコンクリートの一体化性状を実験によって、把握し、より望ましい、鋼板補強コンクリート構法を見出すことを目的とした。

実験のための試験体製作の作業手順および実験方法などは、大略第一回と同じであるが、鋼板製作と試験体製作はすべて日鉄金属工業 東京工場で行った。用いたコンクリート強度は、4週間強度 154.5 kg/cm^2 (試験体3個の平均)、実験日強度 166.9 kg/cm^2 (試験体3個の平均)であった。

2. 試験体の種類

試験体の外形寸法は、第一回実験と同様、
900 × 450 × 120 である。

鋼板の爪の種類は、爪の形・寸法・開き方、先端の加工の違いによって、4種類とした。

爪の密度は、大半は 45mm × 45mm の格子の交点に爪を設けることにしたが、一つだけ倍密度の試験体を作った。

鋼板の厚さは、大半は、第一回実験と同様 0.4mm としたが、厚さの変化の影響を見るため一タイプのみ 1.2mm 厚の鋼板を用いた試験体を作った。

コンクリートの打ち継ぎについては、爪の形状として、有望と思われる二つのタイプについて試験体を作った。

以上の諸要因と各試験体の関係をまとめると、次の表 4-1 のようになる。

3. 実験結果

実験結果を図 4-1 および表 4-2 に示す。また、試験体の写真と併せて示す。

表 4-1 各試験体の製作特性

(各試験体の該当する部分に  を施している)

試験体 No	爪の形状						爪密度		鋼板厚さ (mm)		打ち継ぎ	
	開き方		長さ (mm)				普通	倍	0.6	1.2	無	有
	片開き	両開き	2	3	6	10						
1	片開き	両開き										
2-1	片開き	両開き										
2-2	片開き	両開き										
3-1	片開き	両開き										
3-2	片開き	両開き										
3-3	片開き	両開き										
3-4	片開き	両開き										
4	片開き	両開き										

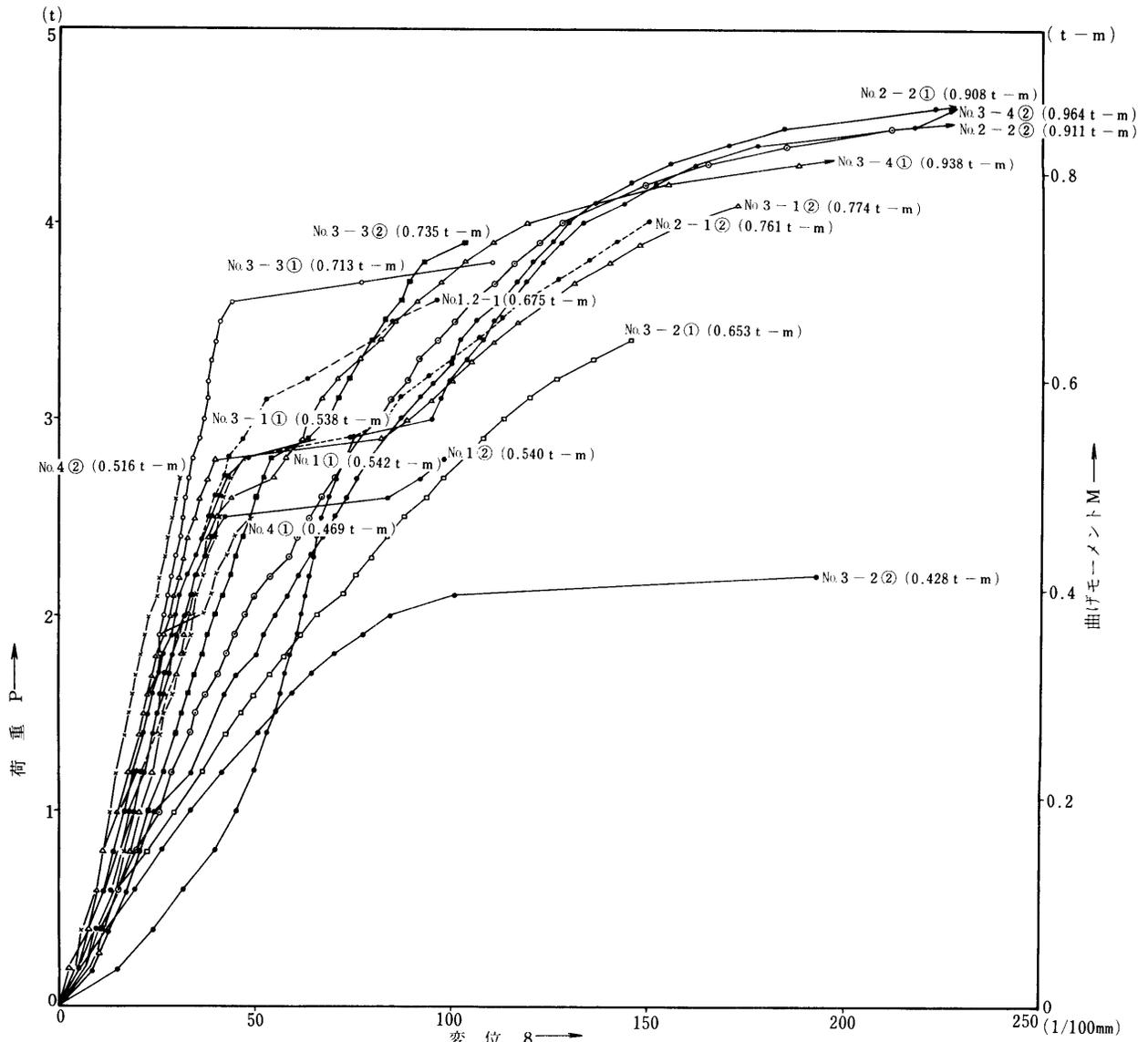


図 4-1 第 2 回実験一荷重変形曲線 (変位は C 点でのもの、また①、②は 1 回目、2 回目を示す。)

表 4-2 第 2 回実験最大耐力一覧表

試験体	1 回目		2 回目	
	最大荷重 P ton	最大耐力 M t-m	最大荷重 P ton	最大耐力 M t-m
テスト ピース	1,750	0.328	—	—
1	2.89	0.542	2.88	0.540
2-1	3.60	0.675	4.06	0.761
2-2	4.84	0.908	4.86	0.911
3-1	2.87	0.538	4.13	0.774
3-2	3.48	0.653	2.28	0.428
3-3	3.80	0.713	3.92	0.735
3-4	5.00	0.938	5.14	0.964
4	2.50	0.469	2.72	0.516

4. 第二回実験のまとめ

実験の結果、最も強度の大きかったのは、No.3-4 次いで、No.2-2であった。

No.3-4 の最大の特徴は、爪の密度が、他の全ての試験体の倍になっていることであり、爪の密度の大きな強度をもたらしていることが容易に結論できる。その破壊性状を見ると、コンクリートにクラックが、はいった後もある程度ねばり、最終的には、鋼板に亀裂がはいって試験体が破壊した。その間、鋼板のコンクリートからの剝離は見られず、鋼板の強度が試験体の強度を支配していることがわかる。このことより、鋼板の強度をパネル強度に有効上寄与させるためには、これ似上、爪の密度を大きくする必要はなく、むしろ、これ似上大きくすると、鋼板の断面欠損の悪影響が生じると考えられる。

同じ厚さの鋼板を用いて、更に強度を上げる可能性は、若干の爪密度の減少、および爪の形状の工夫に求められるが、これらに関しては、他の試験体に関する実験結果も参考にしてお考えなければならない。

No.2-2は、No.3-4 に次いで強度が大きい、その理由としては、まづ爪を両開き型に設けているため、結果として爪の数が倍になっていることが考えられる。しかしながら、同じ形状の爪でも No.2-1 は大きな強度を示さなかった。No.2-2 と No.2-1 の相違は、コンクリートの打継ぎの有無であるが、一般には強度上の弱点となりやすい。打継ぎのある No.2-2 の方が強度が大きくなっている。No.2-2 では、比較的早くコンクリートの打継ぎ部分にクラックがはいるが、その後鋼板の強度によって持っている。このあたりにその理由を知る手掛りがありそうであるが、ここでは、そこに深入りすることはできない。No.2-1、2-2 とも破壊時には、鋼板とコンクリートは剝離し、鋼板の強度が

完全には、パネル強度に寄与していないことがわかる。

打継ぎのある試験体は、あと No.3-2 であるが、これを、打継ぎの無い No.3-1 と比較すると、実験データからは強度的には差が無いといえよう。No.2-2 とも考え併せ、鋼板補強コンクリートでは、コンクリートの打継ぎは、少くとも強度上の弱点にはならないと考えられる。

鋼板の厚さについては、No.3-4 をみると、鋼板を厚くした効果はありり無いことがわかる。(巾) (長さ)

爪の形状のうち、大きさについては、6mm×10mm のものについては、爪のうけ根が破断していることから、あまり細長い形のもの、まづいと言えよう。実験の範囲では、長さ 2mm よりも 6mm の方が強度が大きい、同じ寸法の孔から、片開きの爪を出すのが良いか、両開きの爪を出すのが良いかは、判断できない。

以上の事柄をふまえ、No.3-4 を更に改良して、より強度の大きいパネルを得られるかどうかを考えると、爪の形状、密度等を判断し、飛躍的な性能向上は期待できないと思われる。つまり、No.3-4 の鋼板は、厚さの問題を除けば、ほぼ理想に近いものとなっていると思われる。

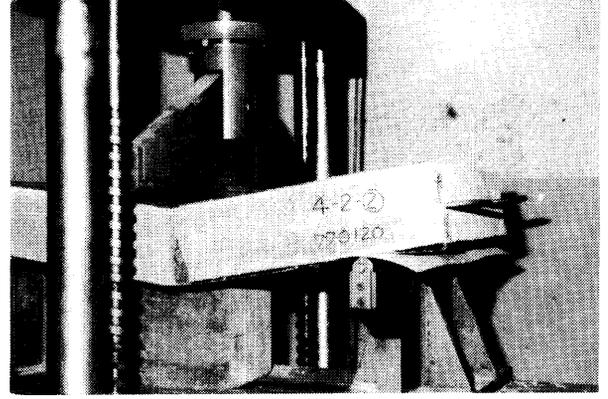
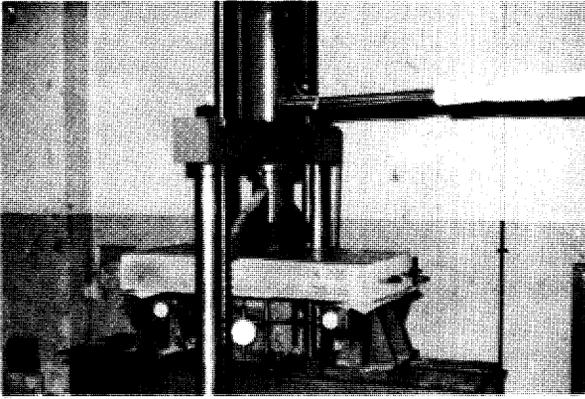
第五章 結 び

第一回、第二回の実験によって、コンクリートと一体する鋼板加工法として、第二回実験の No.3-4 が、ほぼ望ましいものであることが判った。

次年度は、このパネルが、現実の壁構造に用いられた場合に、作用する応力に対する性状を知るための実験を行う計画である。

<研究担当者>

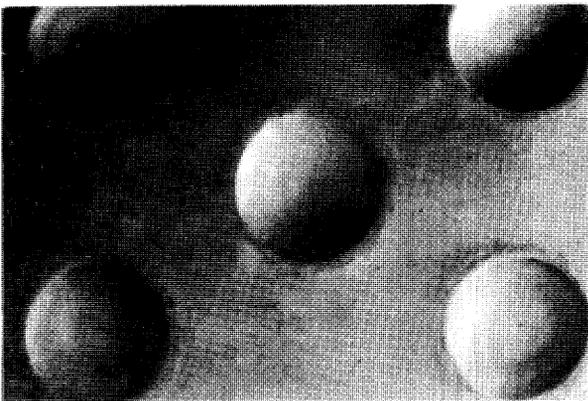
研究 主査	内 田 祥 哉	東京大学教授 工博
研究 委員	坂 本 功	東京大学助教授 工博
	高 坂 清 一	高坂構造設計事務所 工博
	木 村 昌 夫	電々公社 調査役
	松 本 信 二	清水建設㈱ 研究所
	吉 田 倬 郎	東京大学 助手 工博
	安 藤 邦 広	東京大学 助手
研究協力者	源 愛日児	東京大学 大学院生



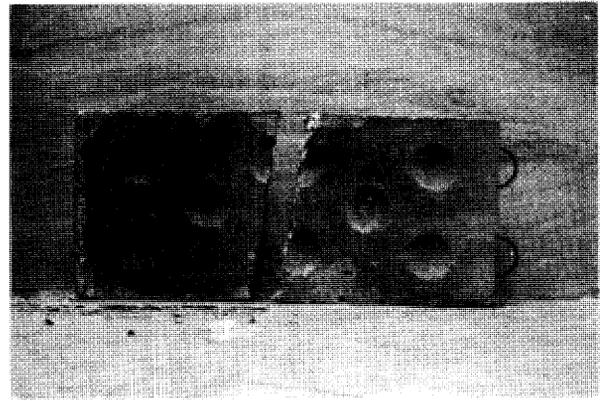
加力装置と試験体

第1回 実 験

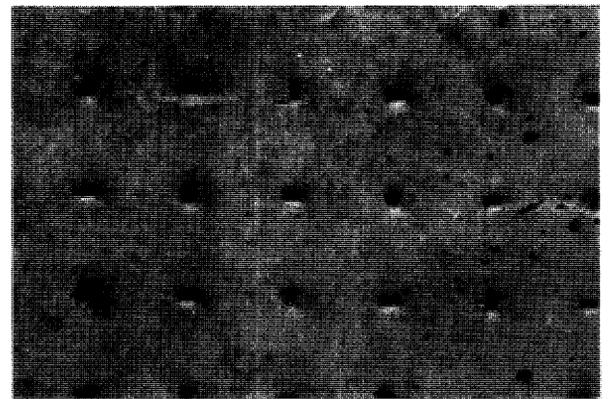
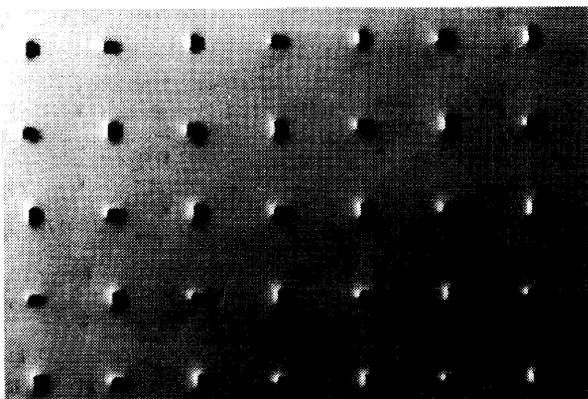
鋼板加工



破壊性状

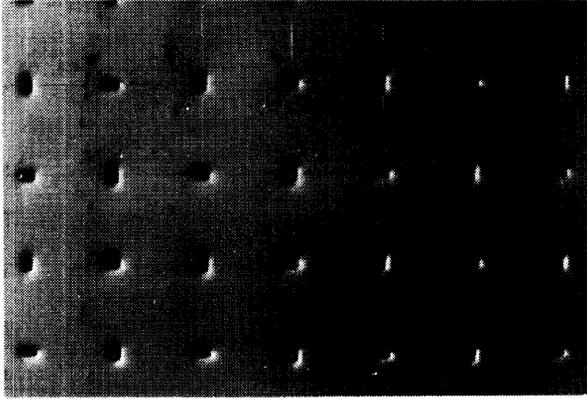


2



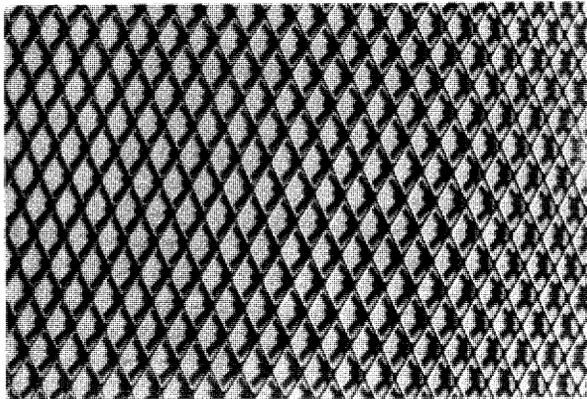
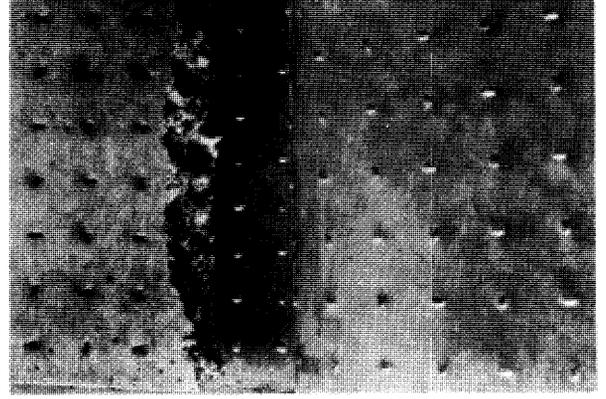
3-1

鋼板加工

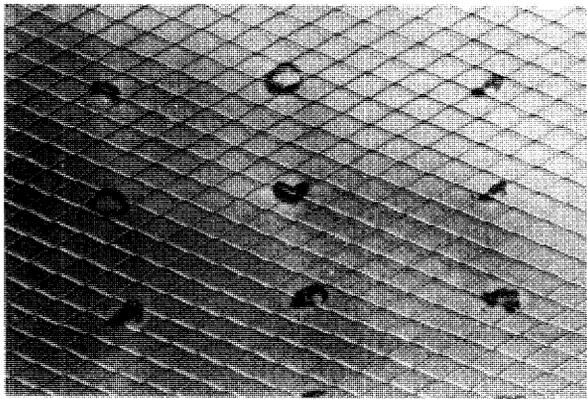
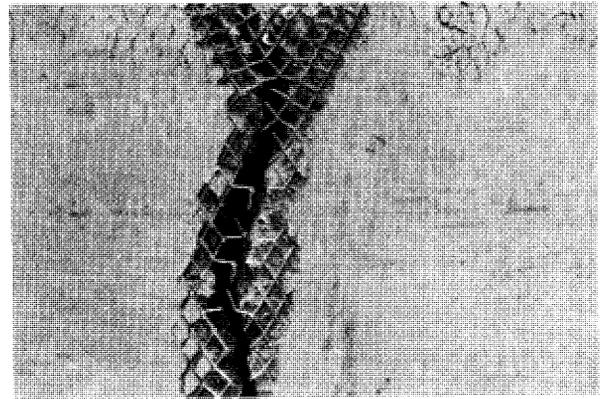


3-2

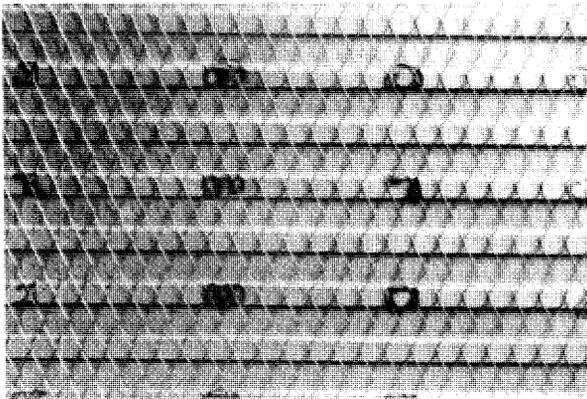
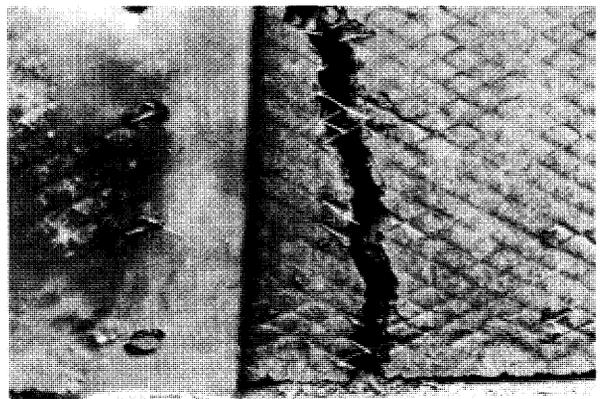
破壞性狀



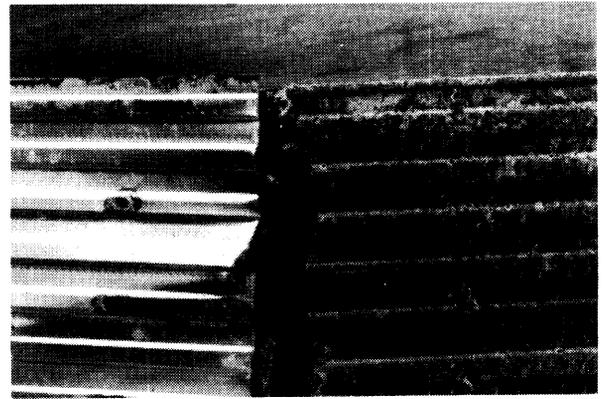
4-1



4-2



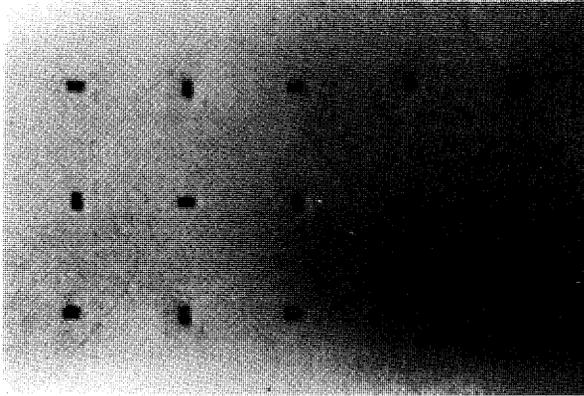
5-2



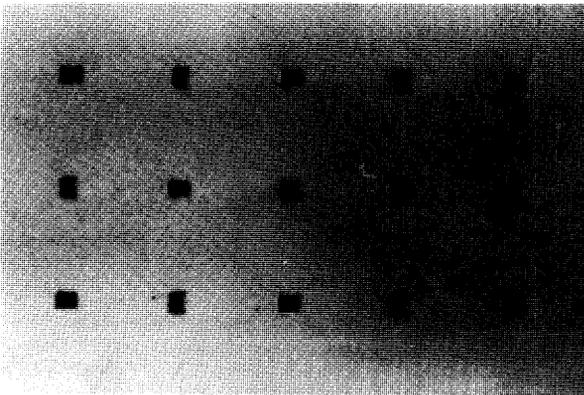
鋼板加工

第 2 回 実 験

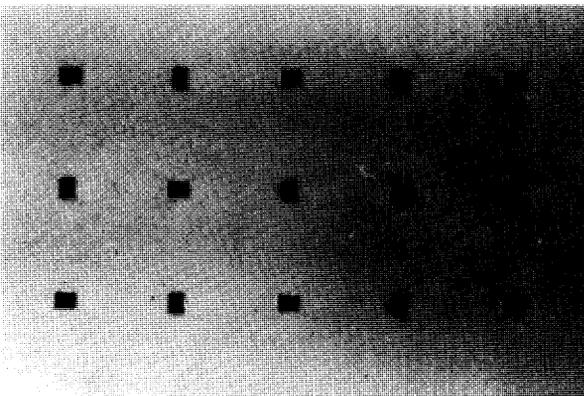
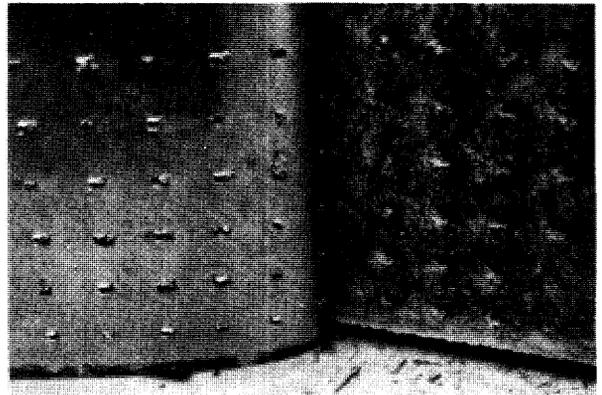
破壊性状



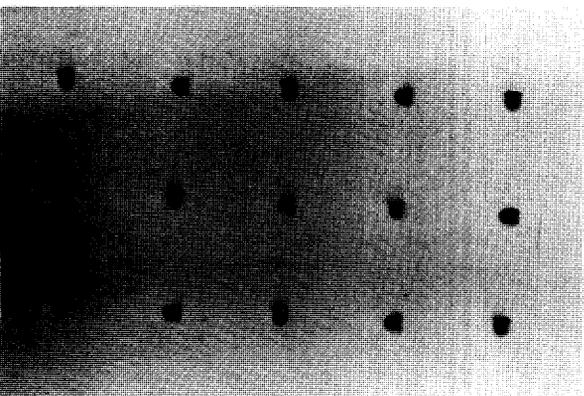
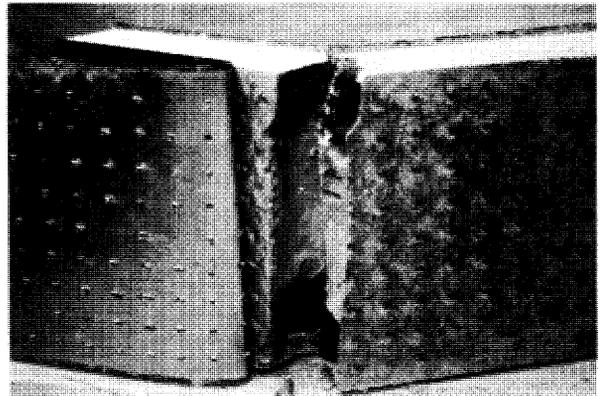
1



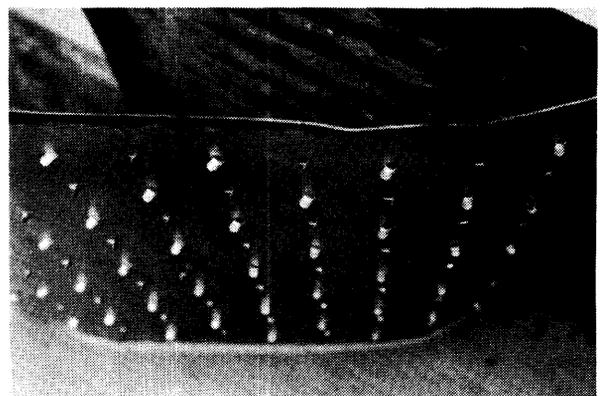
2-1



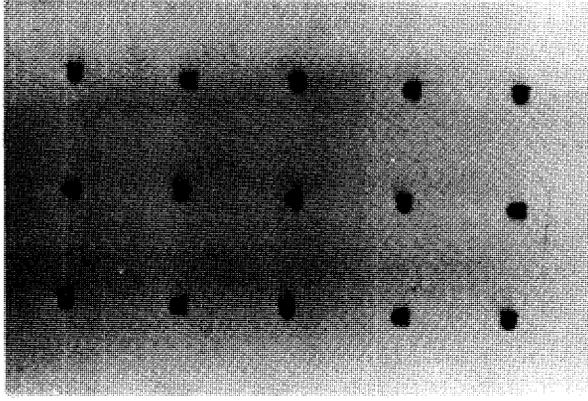
2-2



3-1

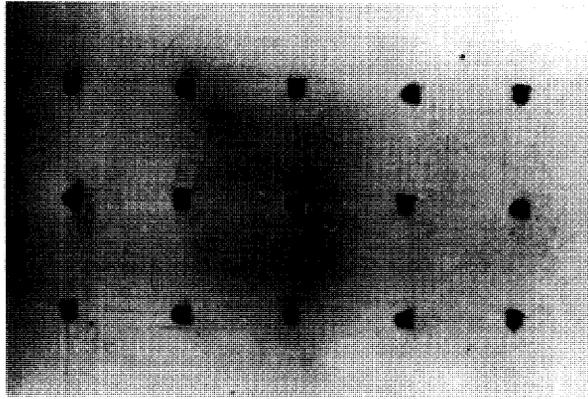
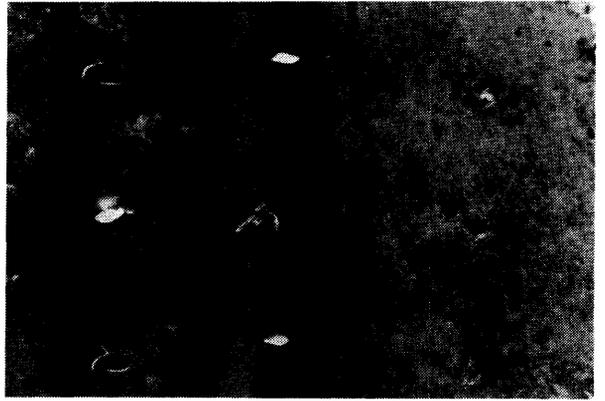


鋼板加工

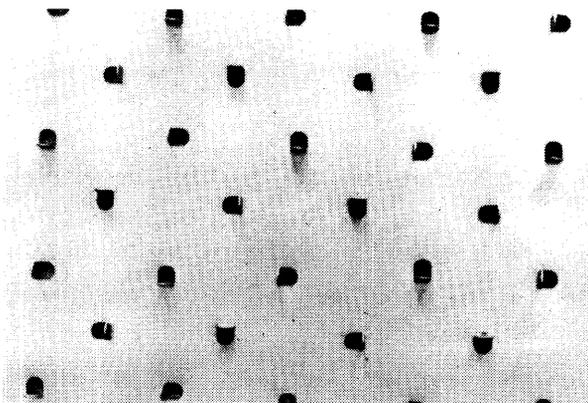
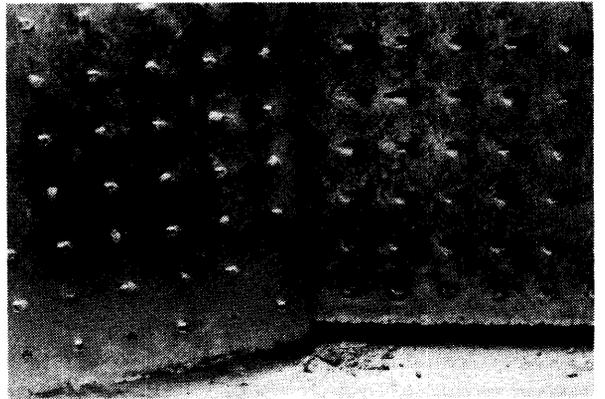


3-2

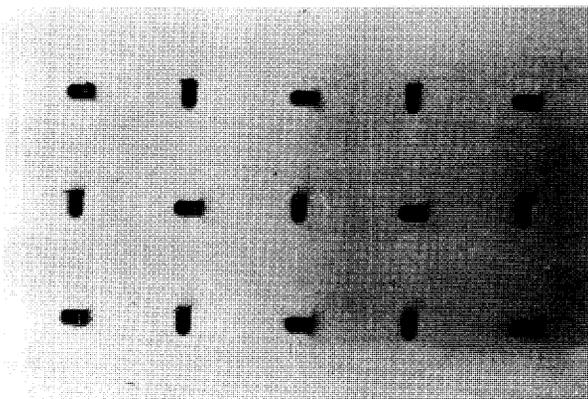
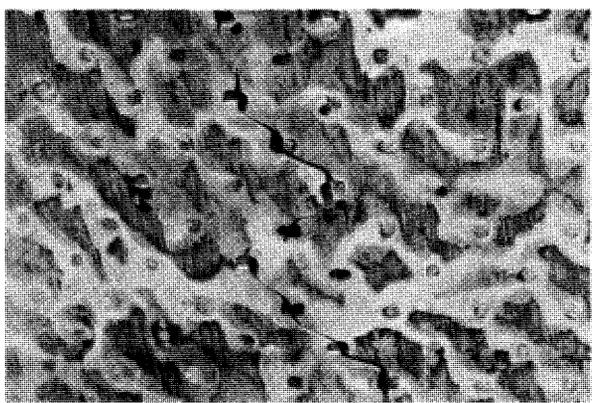
破壞性狀



3-3



3-4



4

