

PCブロック桁の模型試験

(そ の 1)

村 上 温*
森 口 幸 雄**

1. はじめに

プレハブ方式によるPC構造物はすでに数多く施工され、工費の節約、工期の短縮に貢献している。しかし部材、継手別の応力状態および接着剤の性能、性状などに関する基礎的な研究はまだ必ずしも十分でなく、応用が先行している傾向にあるように思われる点も見受けられる。

プレハブ方式によるPC構造物を分類すると

- 1) 単一の部材をいくつかのブロックに分けて施工するもの：連続桁のブロック工法による施工、橋脚を水平に分割して施工するもの
- 2) 単一の部材全体をプレキャストで製作し、これらを何らかの方法で接合して構造物を完成するもの：PCパイプを用いた橋脚、高架橋の組立て施工
- 3) プレキャスト製品がそれ自体で構造物となるもの：カルバートボックスを盛土内に圧入するもの、PCまくらぎなどのコンクリート2次製品

のように分けられ、おのおのについて必要な基礎的研究の内容が異なると思われる。

例えば 1) については目地材の品質や施工法の研究が必要で、PCブロック工法研究会でもこの点が取りあげられており、2) についてもっばら継手部の構造をいかにするかが問題点になるということで、国鉄の技術課題でもプレハブ方式による高架橋の部材の接合方法の研究が取りあげられている。

ここでは、1) に属するもっとも一般的な構造物であるPC桁をブロック工法で施工する場合について、弾性限界内での応力状態を検討するために行った光弾性試験および、大形の模型桁による疲労試験の結果を報告する。

2. 光弾性試験

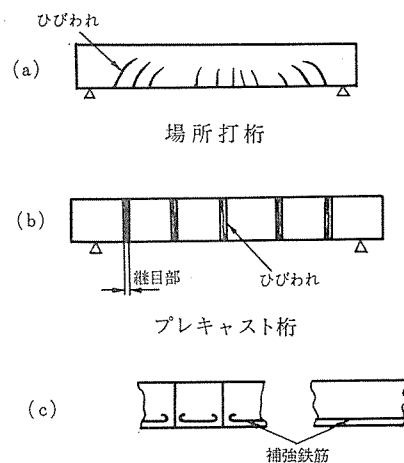
(1) 試験の目的

* 国鉄東京第1工事局地下鉄線課長
** 国鉄東京第1工事局本町工事区長

単一の部材をいくつかのブロックに分けて施工する構造物については、その力学的挙動が場所打ちで一体に施工した場合と、どういう具合に異なるかを確かめておく必要があると思われる。

場所打ちのRC単純桁が上載荷重を受けた場合には、図一1(a)のように斜め引張応力と直角方向にひびわれが卓越し、これが折曲げ鉄筋およびスターラップで補強してある場合は力のつり合いがトラス状になるとされており、PC桁のせん断応力に対する補強にもこの理論が準用されている。しかし、ブロック桁では図一1(b)のようにブロックの継目方向に、ひびわれが卓越する恐れ

図一1 場所打ち桁とプレキャスト桁の違い



がある。また、ひびわれ発生の初期には場所打ち桁では補強鉄筋があるのでひびわれが分散するが、ブロック桁では図一1(c)のように鉄筋が切れるので、ひびわれが継目部に集中する恐れがある。

このようなブロック桁の性状についての不安を検討するには、まず弾性限界内での応力状態を図式的に把握するのが有効と思われるので、2次元模型による光弾性試験を行なった。

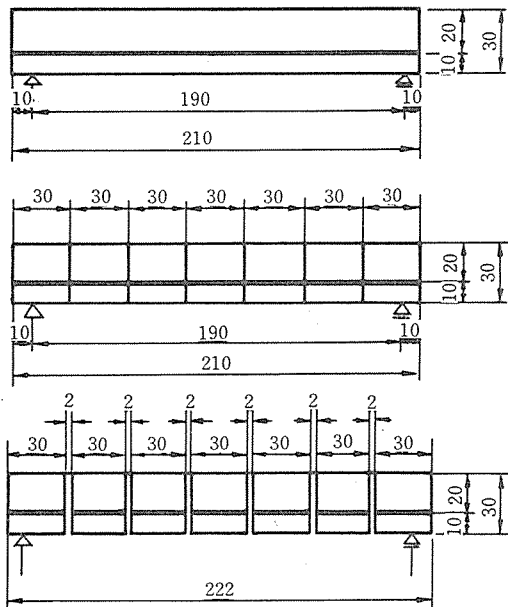
(2) 試験の内容

模型および載荷重の種類は、継目を有するブロック桁の応力状態と一体桁のそれとの間に、根本的な違いがあ

表-1 光弾性試験の種類

実験種別	継目の種類	断面積・断面係数	1しめの応力値	載荷状態	試験の種類	備 考
I	継目なし	$A=2.64 \text{ cm}^2$ $W=1.32 \text{ cm}^3$	11.9 kg/cm ²	A・B・D・C	等色線・等傾線	A: プレストレス導入のみで載荷なし
II	継目の加工をしないでプレ ストレス導入	$A=2.68 \text{ cm}^2$ $W=1.34 \text{ cm}^3$	11.9 kg/cm ²			B: 支間中央に集中荷重載荷
III	母材の 1/5 の E の接着剤 で接着					C: 等分布荷重載荷
IV	母材と同じ E の接着剤で 接着					D: 両側の支点より 3 cm の点に集 中荷重載荷

図-2 光弾性試験模型桁



るかどうか、継目の処理法の違いが応力状態に、どうい
う影響をおよぼすかの 2 点を確認することを主眼として
表-1 のように計画した。

模型の寸法は図-2のとおりである。ブロックの材料
にはエポコート 1001 # (弾性係数 $E=30\,000 \text{ kg/cm}^2$, 光
弾性感度 $\alpha=0.94$, 硬化剤無水フタル酸 30%) を用い、
実験 III, IV に用いた接着剤にはエポコート 800 # (E は
エポコート 1001 # と同じだが、チオコール LP 3 を混
ぜて E を調節した), またプレストレス導入のための鋼
材としては鉄と亜鉛の合金 ($E=1\,070\,000 \text{ kg/cm}^2$) を用
い、加工としてはおのおののテストピースの所定の位置
にドリルで穴を開け、鋼棒をそう入したのち両端をねじ
で止め、ねじを締めることによりプレストレスを入れた
のちに穴と鋼棒のすき間に常温硬化のエポキシ樹脂を市
販の注射器で注入した。プレストレスの量を規制するの
が本来であるが、約 0.5 mm のねじの移動で所定のプレ
ストレスとなるので、厳密にプレストレスの量を定める
のがむずかしいため、載荷重によるモーメントが下縁中
央でほぼ 0 になるよう、しま模様を見ながら調節してプレ
ストレスを入れた。なおこの模型では、桁高と偏心距
離との関係を上縁のプレストレスによる応力が必ず 0 に
なるよう選び、解析に便利ようにした。

(3) 試験の結果

図-3(a)~図-3(d) は模型桁の等色線写真である。図
中の数字は応力のしま次数を示す。また 図-4(a)~図
-4(d) は実験 I の一体桁について求めた等傾線および
これをもとにして描いた主応力線である。次に 図-3 に
書き込んだグラフは、上・下縁では一方の主応力が 0 に
なることを利用してその応力分布を計算値と比較したも

図-3 (a) I-A

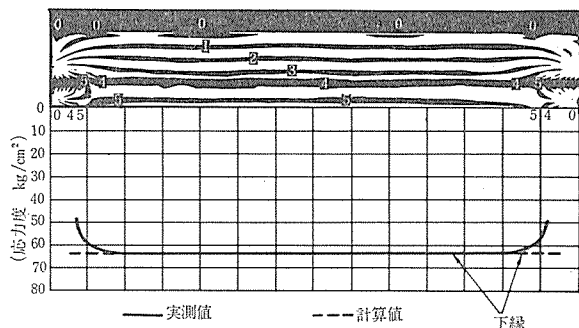


図-3 (b) I-B

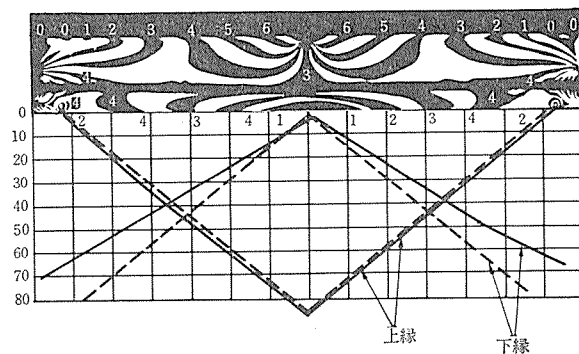


図-3 (c) I-C

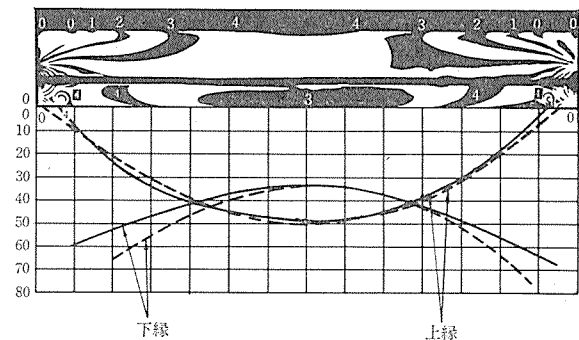


図-3 (j) III-B

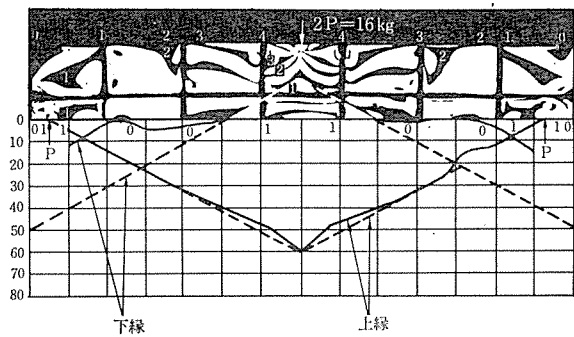


図-3 (k) IV-A

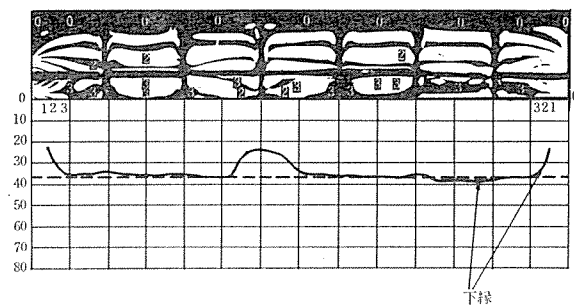


図-3 (l) IV-B

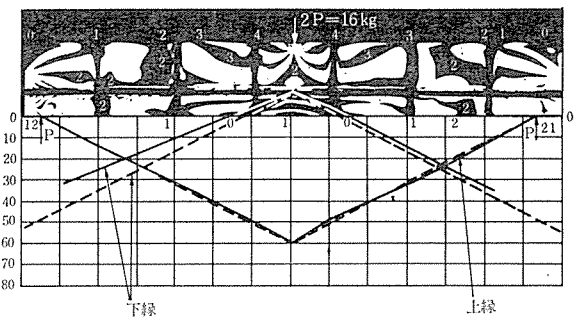


図-3 (g) II-C

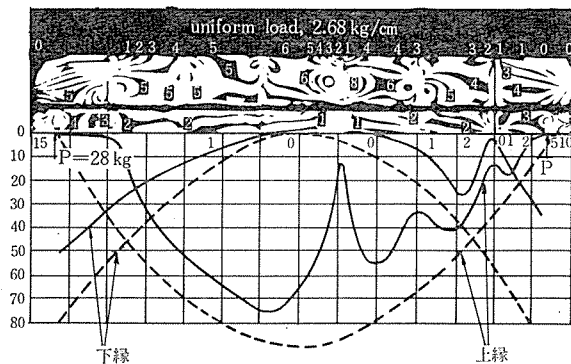


図-3 (h) II-D

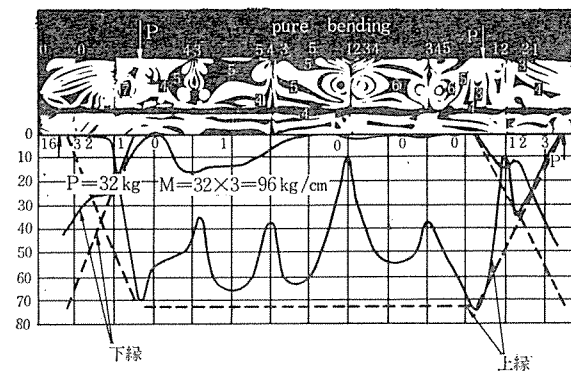


図-3 (i) III-A

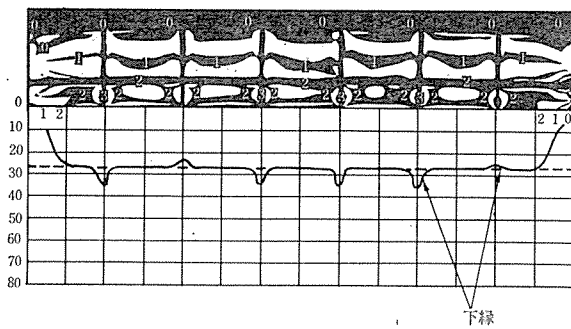


図-3 (d) I-D

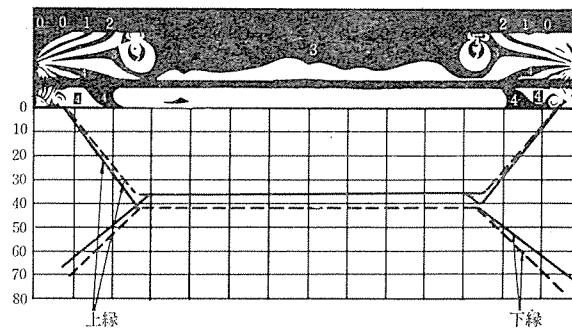


図-3 (e) II-A

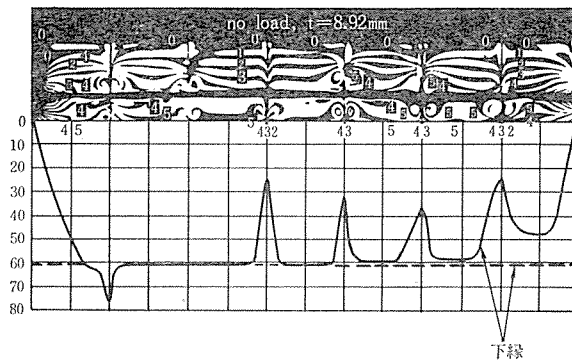
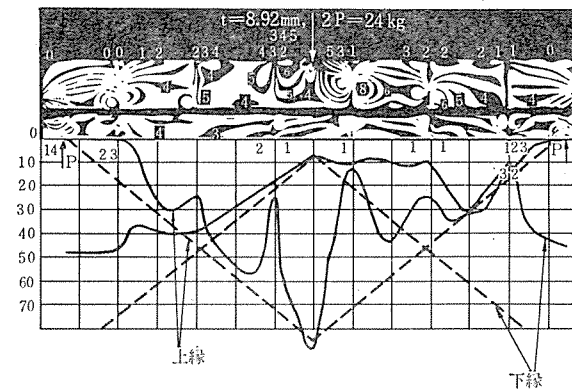


図-3 (f) II-B



のである。すでに述べたようにプレストレスの量がはっきりわからないので、この場合の計算値の算出に用いるプレストレスによる応力は下縁中央での応力の実測値が正しいものとし、この値から逆算したものである。

図-4の主応力線図を見ると、この実験では大部分の領域で主応力の方向が桁の中立軸に平行および直角となっているので、桁内の任意の点でしま次数を読み、これ

をそのまま曲げ圧縮応力度としても大きい誤差はない。そこで図-5に示すように各ブロックの中心の位置で応力分布を求めこれを計算値と比較した。その結果を示すのが図-6(a)~図-6(l)である。このようなスケールの小さい光弾性試験では工作上の微小な失敗が敏感にしま模様に影響するので定性判断以上のものを期待するのはむずかしいが、以上にまとめた図より、おおよそ次の

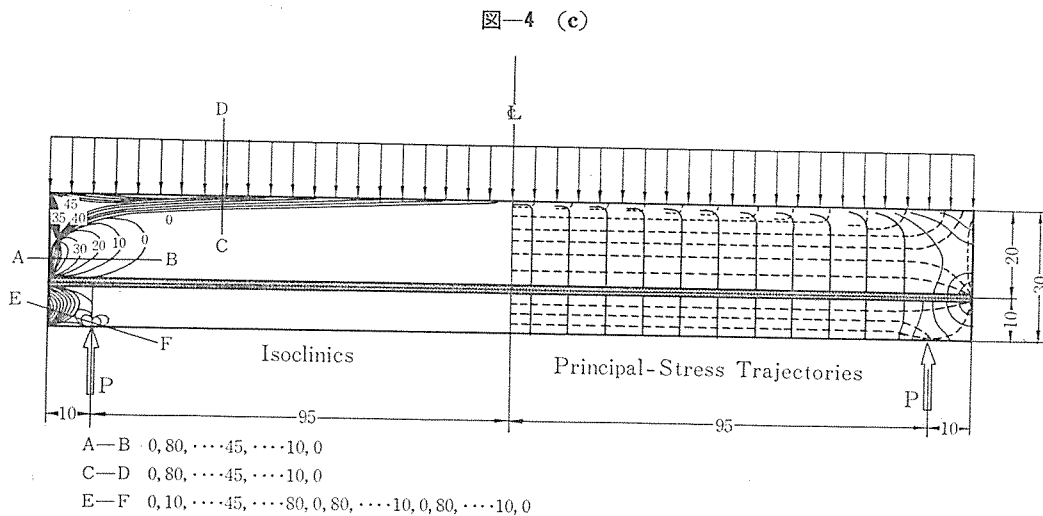
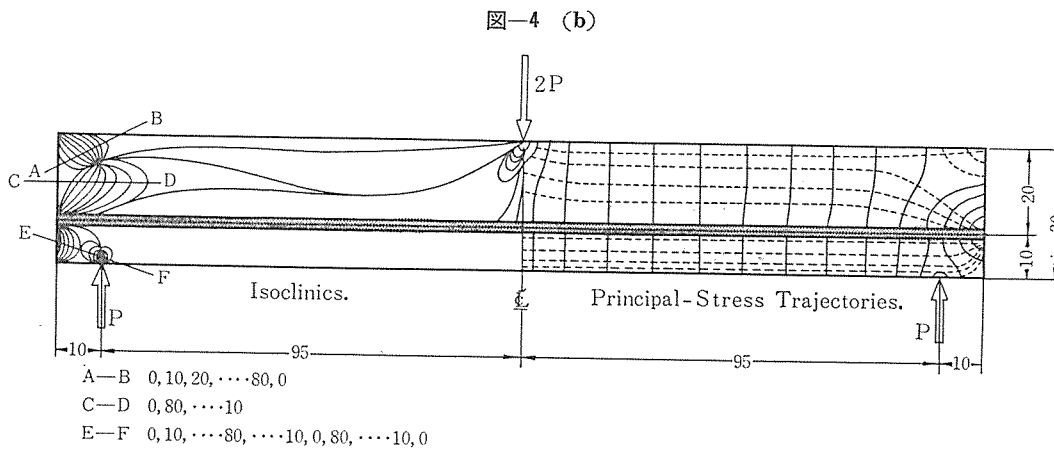
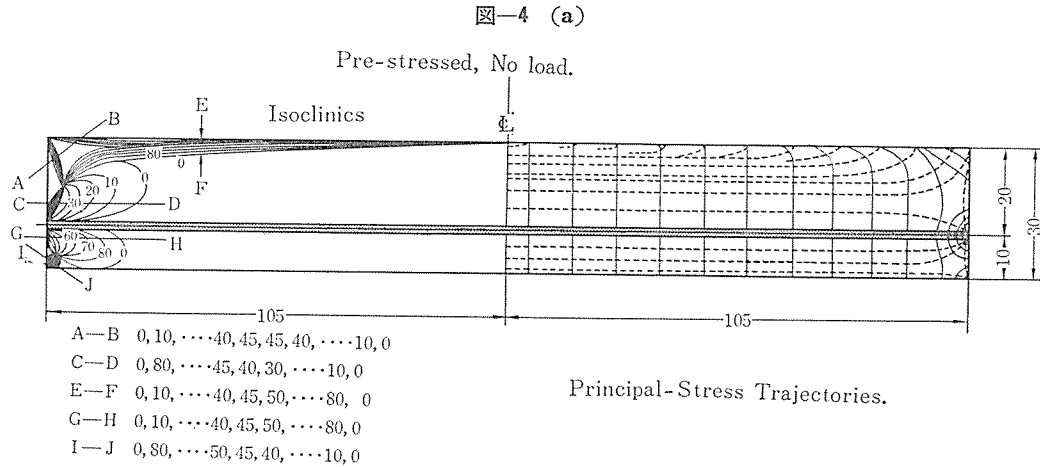


図-4 (d)

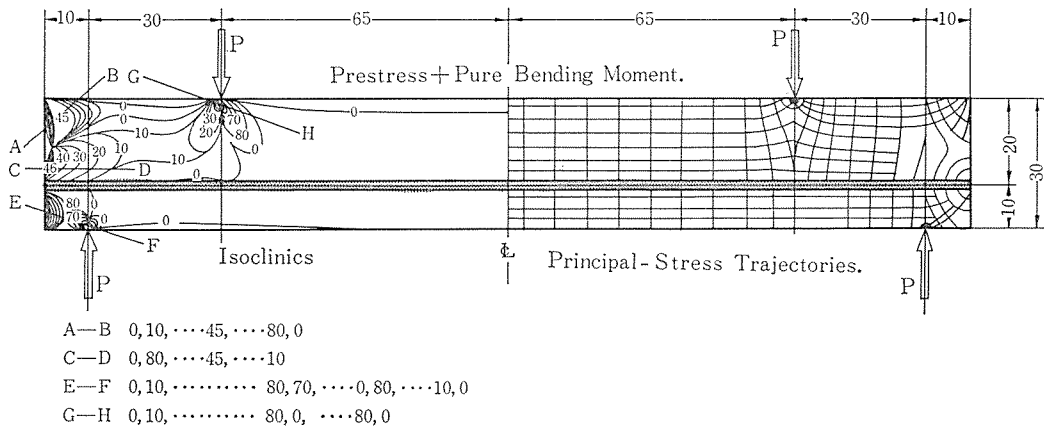


図-5 応力分布の比較位置

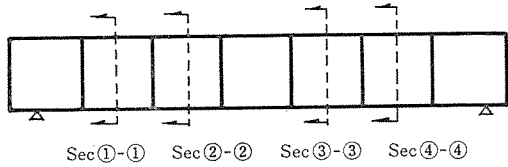


図-6 (a) I-A

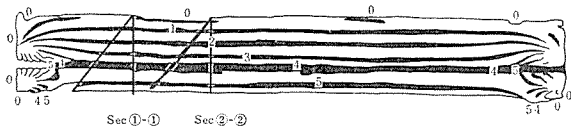


図-6 (b) I-B

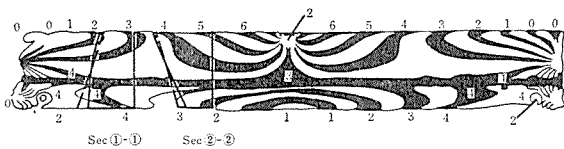


図-6 (c) I-C

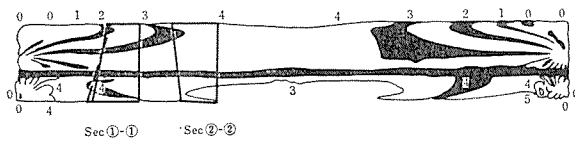


図-6 (d) I-D

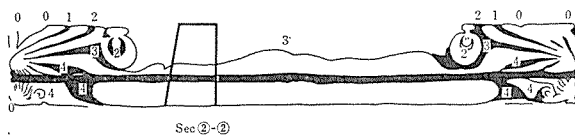


図-6 (e) II-A

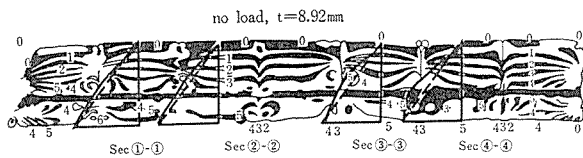


図-6 (f) II-B

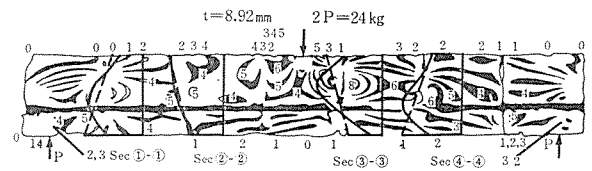


図-6 (g) II-C

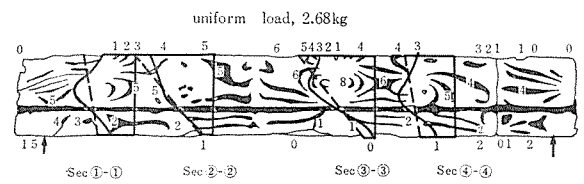


図-6 (h) II-D

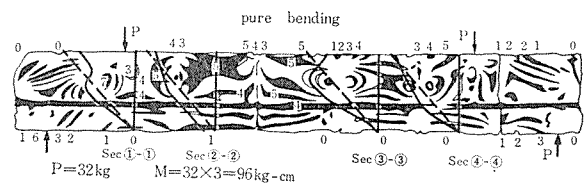


図-6 (i) III-A

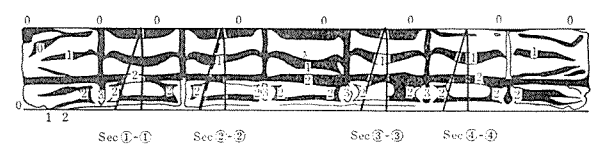


図-6 (j) III-B

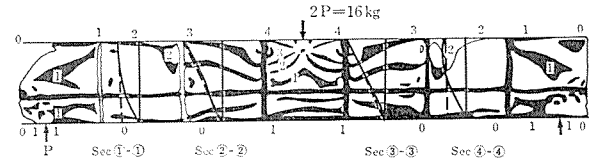


図-6 (h) IV-A

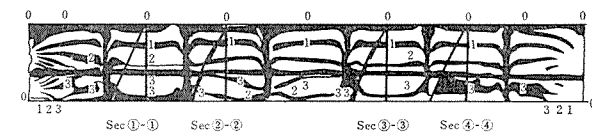
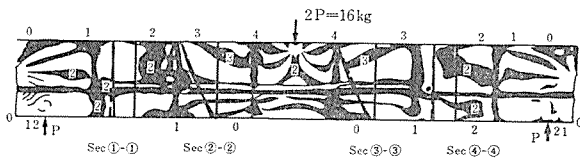


図-6 (1) IV-B



ようなことがいえる。

- 1) 実験Ⅰの一体桁の主応力線図を見ると、桁の全域にわたって主応力の方向が中立軸に平行になっており、全断面にわたって圧縮力が卓越し斜め引張応力が発生しないことを示しており、当然のことであるが、プレストレスを与えることが、桁のせん断強度を高めるのに有効であることがわかる。
- 2) 一体桁について応力分布を見ると、上縁の応力および各断面の応力分布ともに計算値と実測値に差がないが、下縁の応力については支点到近づくほど実測値が計算値を下まわっている。これは定着部の端ブロックの影響によるものである。
- 3) 実験Ⅰ-Ⅳを比較して見ると、接着剤を用いないでプレストレスを与えた実験Ⅱについては応力集中および応力の乱れがひどく、一方接着剤を用いた実験Ⅲ、Ⅳでは継目部の応力集中はほとんどなくなり断面での応力分布も一体桁とほとんど変わらないことがわかる。接着剤の弾性係数が母材に等しい実験Ⅳの桁の方が一体桁に近いが、実験Ⅲとの差はわずかである。
- 4) 接着剤を用いない桁の応力分布を見ると、上下縁での応力がいずれも計算値より小さく、中立軸の近くでの応力が計算値より大きくなっており、特に継目部では上下縁の応力が急減している。これは各ブロックが接着されていないため、おのおのの独立した桁として挙動しようとするため、および加工の際どうしてもブロックの端部には欠落ちが生ずることのため、各ブロックが中心部でせり持つ傾向となり、上下縁ではブロック相互の間にすき間が生ずることを示している。
- 5) 接着剤を用いない桁では継目の一部に大きい応力集中が起っているが、これは加工のさいのブロック面の不陸による圧縮応力の集中とみなされる。図-7は東海道新幹線工事のさい池原氏等が行なった実験の結果の一部で、全長1.3mの模型桁をPC鋼棒でプレストレスし継目をモルタルで処理したものに

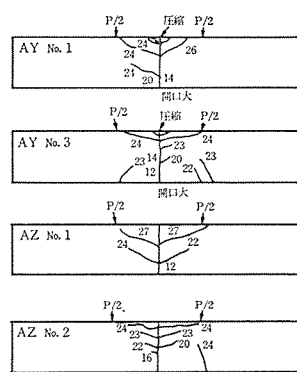
載荷した状態を示しているが、継目部に直角方向にクラックが入っており、この実験の筆者はこれも圧縮応力の集中であろうと推定している。すなわち、実験Ⅱに現われたような応力集中は、実際の桁でも起こりうるものであることを、よく証明している。

- 6) 図-6(e)~図-6(h)についておのおのの桁の4つの断面の応力分布をくらべてみると、隣接ブロックとの継目に5)に述べた圧縮応力の集中があるブロックではかなり応力分布が乱れているが、その他の断面では、上下縁の応力伝達が十分でないにもかかわらず、かなり計算値に近い応力分布となっている。したがって、継目部に不陸などがなく特に大きい応力集中がなければ接着剤のない場合でも、上下縁の近辺を除いては、ほぼ理論通りの応力分布となっていることがわかり、プレストレスを加えるだけでもブロック相互のまさつが応力の伝達に相当有効に働くことが示されている。

以上の結果を実際の桁にあてはめて見ると常識的ではあるが次のようにいえる。

すなわち、

図-7 A桁ひびわれ図



- 1) 接着剤の使用は施工さえ適切であれば応力集中の緩和にも応力の円滑な伝達にも有効である。
- 2) 接着剤の性質はなるべく母材に近い方がよい。
- 3) プレストレス導入のみでも応力の伝達には有効であるが、応力集中の起る危険性がある。

- 4) ブロック桁でもプレストレスの導入および接着剤の使用により各ブロックが一体になって働くようにしておけば継目局部を除いて応力状態は一体の桁と変わらない。したがって、所定のプレストレスを与えせん断強度を高めておけば図-1(b)に予想したように継目方向のクラックが卓越し、せん断破壊が早まるという恐れはないようである。

1969. 11. 13・受付