

特集

P C 建築

（以下は極く淡く、ほとんど不可読な文字列が繰り返されています。これはOCRの誤りによるもので、本文には含まれません。）

（以下は極く淡く、ほとんど不可読な文字列が繰り返されています。これはOCRの誤りによるもので、本文には含まれません。）

プレビーム建築梁の設計と施工

梅 澤 宣 雄*

1. まえがき

ここに紹介する「プレビーム建築梁」は、橋梁の新しい合成桁工法でもあり、プレストレス工法でもある「プレビーム合成桁橋」の建築梁への応用である。

「プレビーム合成桁橋」¹⁾とは、桁形式の橋梁で一般的に使用されている鋼桁の引張側フランジをコンクリートで被覆し、鋼桁の曲げ剛性を利用してコンクリートにプレストレスを導入する。桁架設後に RC 床版を打設して合成桁とすることで、桁の合成を高め、桁高を低くするなどの効果を期待する工法である。本工法は開発以来 15 年余りで全国に 230 橋を越える実績を残している。

この工法は、欧州ではベルギーの設計技師 Lipski によって 1949 年に考案され、Baes 教授の協力を得て、この両者により 1954 年頃までに設計法が確立した²⁾。これは当初 Preflex beam と呼ばれ、PREFLEX 社によって企業化され、欧州を中心に橋梁、建築に広く利用されている。

わが国では川田工業（株）が、国内特許「鋼げたとプレストレストコンクリートが一体に合成された合成げたの製作方法」に基づいて、昭和 41 年以来研究開発し、まず橋桁の新工法として実用化したものである。

この工法を建築梁に応用するために、昭和 47 年頃より研究開発を開始した。橋桁と建築梁では、横架材として床版と一体となり、死荷重（固定荷重）や活荷重（積載荷重）に抵抗するという点では類似点もある。しかし、設計条件、力学的挙動、現場の環境条件や行政上の取扱いなどは必ずしも同一とはいえない。これらに対する問題点を解決して、昭和 56 年 10 月に建設大臣より建築基準法第 38 条による認定書を受領した³⁾。

ここでは、プレビーム建築梁の概要を紹介すると同時に、小梁への実施例と鋼梁に縞付き H 形鋼を用いた工法について報告する。

2. プレビームの概要

2.1 工法の概要と特長

一般によく知られているプレストレストコンクリートは、RC の中に鋼線または鋼棒を通し、これを緊張して

コンクリートに圧縮応力を導入する工法である。

これに対して、プレビームは H 形断面を有する鋼梁の引張側フランジをコンクリートで完全に被覆し、鋼梁自身の曲げ剛性を利用したプレフレクション（Pre-flection）により、コンクリートに圧縮応力を導入する。これは一種のプレストレス工法である。また、プレビームの圧縮側には現場架設後床版コンクリートが打設され、最終的には床版と一体となる合成梁でもある。

次に、プレビーム建築梁のプレストレス導入過程と合成梁製作方法の概要を示す（図—1）。

- 1) 所定のそりを与えた H 形断面の梁を両端単純支持の状態に置く。
- 2) 鋼梁に P_f なる荷重を載荷し、曲げモーメントを与える。この作業をプレフレクション、荷重 P_f をプレフレクション荷重と呼ぶ。
- 3) 2) の状態のまま下フランジ周りにコンクリートを打設する。
- 4) コンクリートが硬化し鋼梁と一体となった時点で、荷重 P_f を解除する。この作業をリリースと呼ぶ。これにより下フランジコンクリートに圧縮力が導入され、プレビームが完成する。
- 5) プレビームを架設し、ウェブと床版コンクリートを打設する。なお、ウェブはコンクリートでなく、他の耐火被覆を用いる場合もある。
- 6) プレビームと床版コンクリートが合成され、仕上げ荷重や積載荷重などが作用する。

図—1 のプレフレクション荷重 P_f による曲げモーメントとしては、各断面の設計最大曲げモーメントを包含するような形を目やすとして与える。一般にはスパンの $1/4 \sim 1/3$ 点の 2 点に集中荷重として加えることとする（図—2）。

また、プレビームは鋼梁とコンクリートの一体化をはかることが最も基本的な条件である。このため、鋼梁の下フランジ下面には角鋼をシャーコネクターとして溶接する。上フランジ上面にはスタッドボルトを溶接するのは合成梁の一般的な方法である。

この工法の特長は次の点にある。

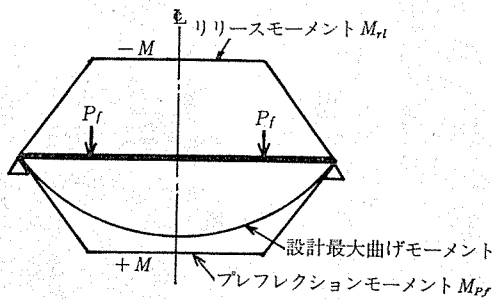
- 1) 曲げ剛性が大きいので、長スパンが可能となる。また、同一スパンの場合は梁成を小さくできる。
- 2) 鋼梁や SRC 梁に比べてたわみや振幅が小さいの

* Nobuo UMEZAWA

川田工業（株）栃木工場設計課

	載荷状態	抵抗断面	摘要
1)			所定のそりを与えたH形断面の梁。
2)			P_f なる荷重を載荷し設計モーメントを包含するような曲げモーメントを与える。
3)			2)の状態のまま下フランジコンクリートを打設する。
4)			荷重 P_f を解放すると下フランジコンクリートに圧縮力が導入され、プレビームが完成する。
5)			プレビームを架設し、ウェブと床版コンクリートを打設する。
6)			プレビームと床版コンクリートが合成され、仕上げ荷重と積載荷重が作用する。

図—1 プレビーム建築梁の施工順序



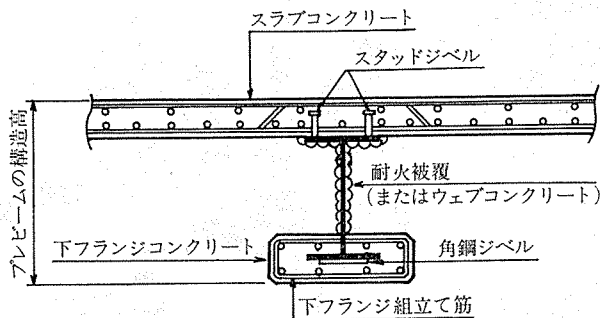
図—2 プレフレクションモーメント

で、床梁として有効である。

- 3) プレビームで床スラブ型枠が受けられるので、サポートの必要がなく作業空間が確保できる。
- 4) PC 梁や SRC 梁に比べて靱性が大きいので、耐震設計上有利である。
- 5) プレハブ製品であるので工期の短縮がはかれる。
- 6) SRC 構造に比べ、応力とひずみの対応が明確であり、構造材としての信頼度が高い。

2.2 設計方法

プレビーム建築梁は図—3に示すように、原則として合成梁として使用される。この合成梁の設計法を次に示す。



図—3 プレビーム断面

- 1) 部材設計は表—1に示すように、施工の各段階によって断面形状が変化するので、各施工段階における応力を計算する。

プレビーム建築梁の断面形状は、①鋼梁、②プレビーム断面（鋼梁+下フランジコンクリート）、③合成断面（プレビーム+床版コンクリート）の順に移行する。ゆえに各施工段階の荷重状態とその時の抵抗断面を考慮して応力を計算しなければならない。

- 2) 部材断面の応力の計算は、ウェブコンクリートを

表—1 施工段階と抵抗断面

施工段階	荷重状態	抵抗断面
1	プレフレクション	鋼梁断面
2	リリース	プレビーム断面
3	プレビーム自重荷重	
4	下フランジコンクリートの床版打設時までのクリープを考慮	
5	下フランジコンクリートの乾燥収縮を考慮	
6	床版荷重荷重	
7	合成後仕上げ荷重荷重	合成断面
8	床版コンクリートの乾燥収縮を考慮	
9	床版コンクリートのクリープを考慮	
10	下フランジコンクリートの最終クリープを考慮	
11	積載荷重荷重	

除く部材全断面を有効とし、弾性理論と平面保持の法則によって行うものとする。

この場合、コンクリートのヤング係数は特に注意しなければならない。下フランジコンクリートには、設計基準強度が $400\sim 500\text{ kg/cm}^2$ の高強度硬練りコンクリートが使用され、床版コンクリートには $F_c=210\text{ kg/cm}^2$ 程度のコンクリートが使用される。それゆえ、構成各部材のコンクリートのヤング係数の相違を、材令を含めて考慮しなければならない。

- 3) コンクリートのクリープや乾燥収縮による影響を、各施工段階ごとに考慮する。
- 4) プレベーム特有の検討を行う。
 - ・プレフレクション時の座屈に対する安全性の検討
 - ・鋼梁の製作そりの計算
 - ・シヤーコネクターの検討
 - ・曲げ破壊に対する安全度の検討

2.3 製作順序

プレベームの製作は次に示す順序で行う。

1) 鋼梁の製作とプレフレクション装置の設置

プレフレクションは載荷台、載荷フレーム、分離式油圧ジャッキ2台、その他必要器具を用いて行う。

2) プレフレクション (写真—1)

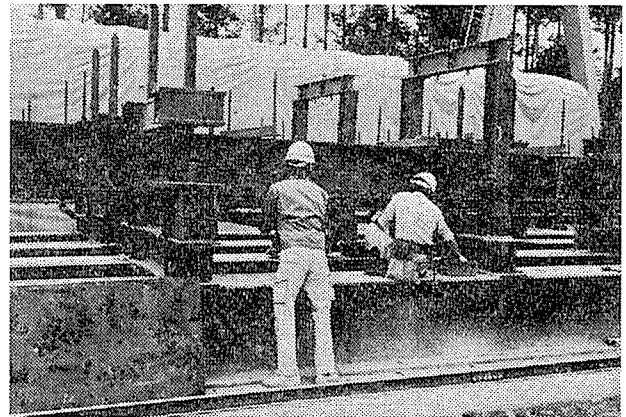
プレフレクションは、鋼梁製作時の溶接ひずみによる残留たわみを除去するために、まず所定のプレフレクション荷重を加え、これを解放したあと正規の載荷を行う。

3) 荷重の定着 (写真—2)

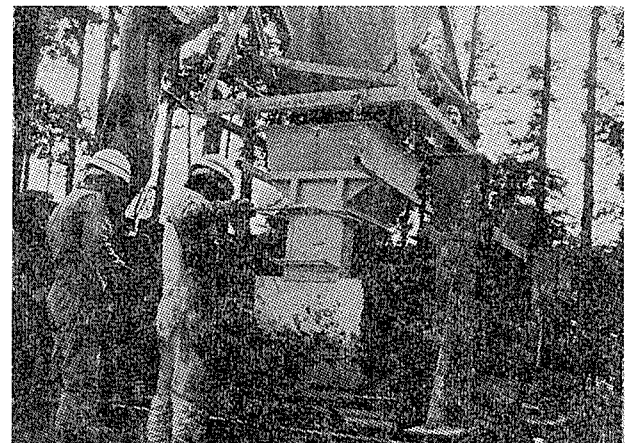
プレフレクション荷重は、たわみや圧力計により所定の値になるように制御し、リリース時まで載荷フレームの定着具で固定しておく。

4) 下フランジコンクリートの打設 (写真—3)

下フランジ側の配筋、型枠のセット後、コンクリートを打設する。コンクリートの仕様は PS 規準の



写真—2 荷重の定着と下フランジ側の配筋



写真—3 下フランジコンクリートの打設

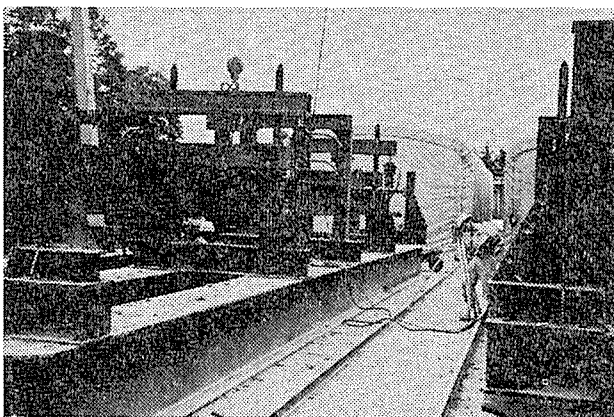
規定より、 $F_c=400\text{ kg/cm}^2$ 以上、材料Ⅰ級、施工甲種、品質高級とする。

5) 養生 (写真—4)

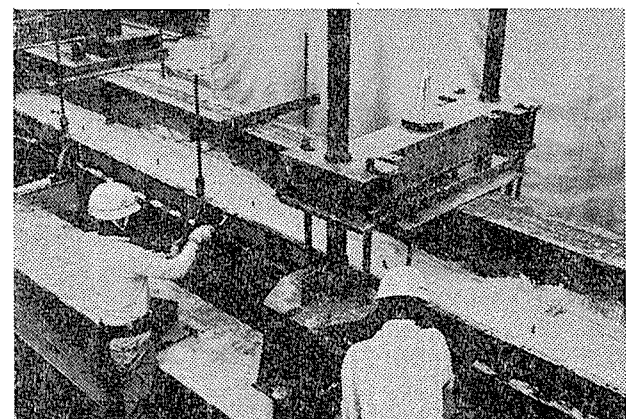
コンクリート打設後、露出面はむしろ等で覆い、散水により湿潤状態を保ち、7日間以上の養生を行う。また寒冷時には蒸気養生を用いることもある。

6) リリース (写真—5)

リリースはプレフレクションと同じ器具を用いて与えられていた荷重を解放する。これにより下フランジコンクリートにプレストレスが導入される。こ



写真—1 プレフレクション作業



写真—4 コンクリートの養生と脱型

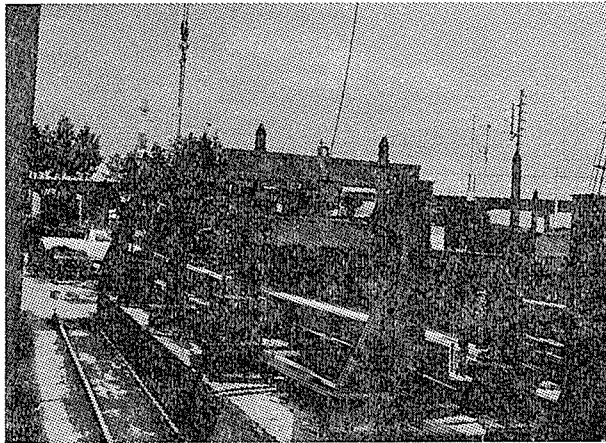


写真-5 リリース

の場合、コンクリートの圧縮強度が所定の強度（プレストレスを与えた直後、コンクリートに生ずる最大圧縮応力度の 1.7 倍かつ 350 kg/cm^2 ）に達していることを確認する必要がある。

3. 実施例 1——支間 12 m の小梁

3.1 建物の概要

工事名称：某保険会社電算センター建設工事
 工事場所：横浜市

設計：(株) 東畑建築事務所, (株) 竹中工務店共同設計室

施工：竹中・大林・フジタ・鉄建共同企業体

プレビーム製作：川田工業(株) 栃木工場

規模：地下 1 階, 地上 3 階, 塔屋 1 階

延床面積：10 566.55 m^2

軒高：GL+17.4 m

建物高さ：GL+17.9 m

構造：SRC, RC, プレビーム併用

基礎：直接基礎, 杭基礎

工期：昭和 59 年 10 月～昭和 61 年 2 月(予定)

3.2 構造概要

基準階の梁伏図を図-4、B 方向軸組図を図-5 に示す。

本建物の G、B 方向架構とも主体構造は鉄骨鉄筋コンクリートであり、耐力壁を有するラーメン構造である。すなわち、G 方向の 6 フレームと B 方向の外側 4 フレームのラーメン構造と、主として外周部の耐力壁より構成されている。また、基準寸法は 6 m である。

小梁に支間 12 m、梁間隔 3 m でプレビームを使用している。この理由としては、

- 1) 電算センターのため積載荷重が 700 kg/m^2 と大き

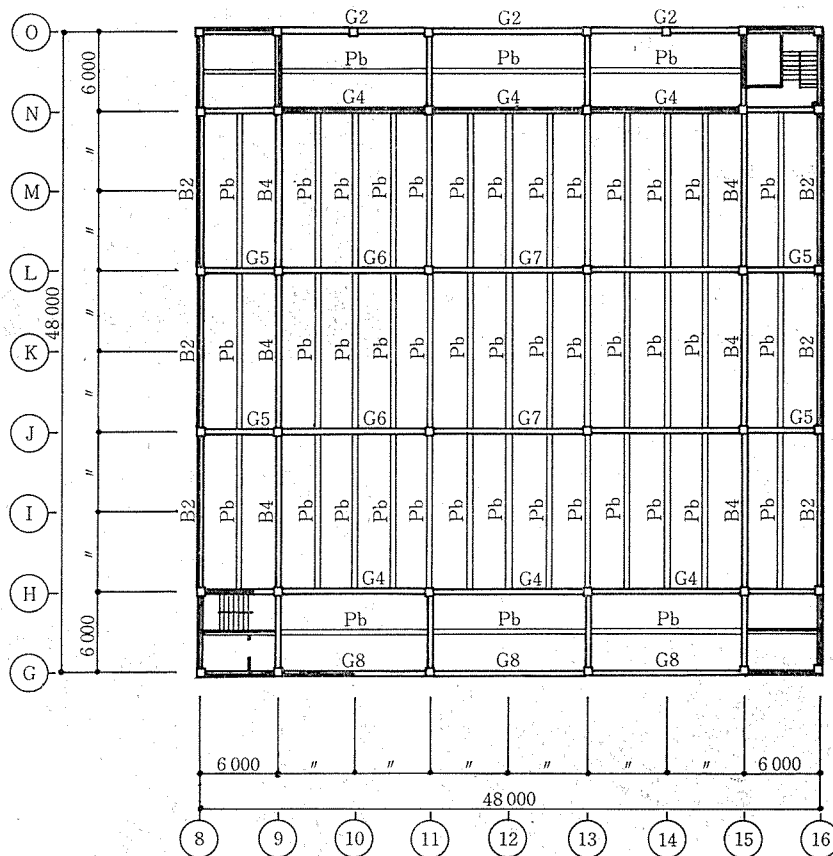
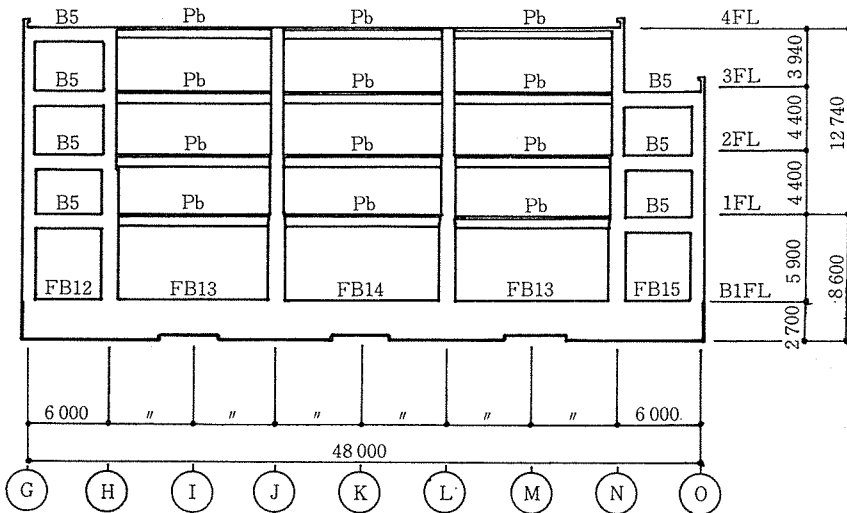
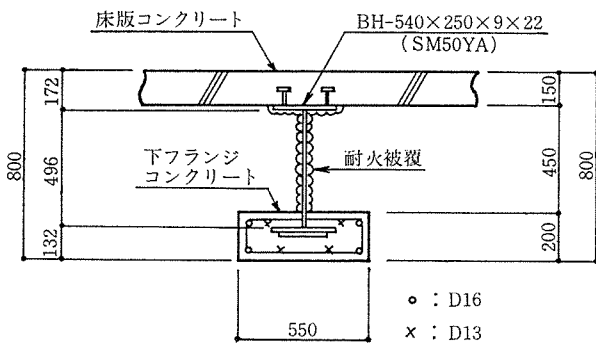


図-4 基準階梁伏図



図—5 13 列軸組図

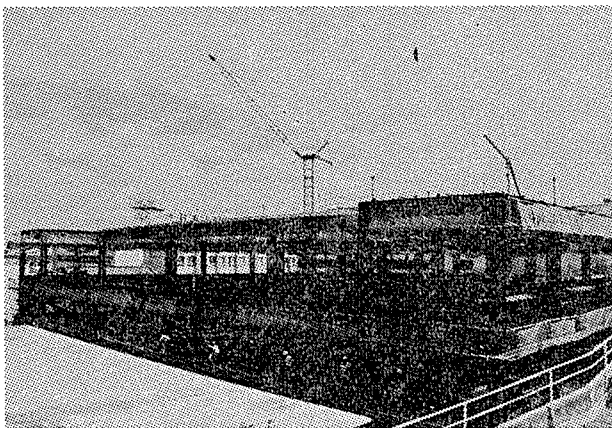


図—6 プレベーム断面

い。

- 2) たわみや振幅を小さくして使用性を良くする。
- 3) 大梁と小梁の梁成（中央部で各々 1.2 m と 0.8 m）の空間を設備関係に利用する。

今回の建物に使用したプレベーム断面を 図—6 に示す。支間 l と梁成 h の比は $h/l=1/15$ となり、積載荷重が大きいため経済的な梁成 $h=l/20$ より少し大きくなっている。なお、プレフレクションは端部より 3.0 m の 2 点で、 $P_f=28.0 t$ で行った。



写真—6 工事全景

3.3 施工概要

本建物の施工は、①-①間と①-②間に分けて実施した。工事全景を写真—6 に示す。

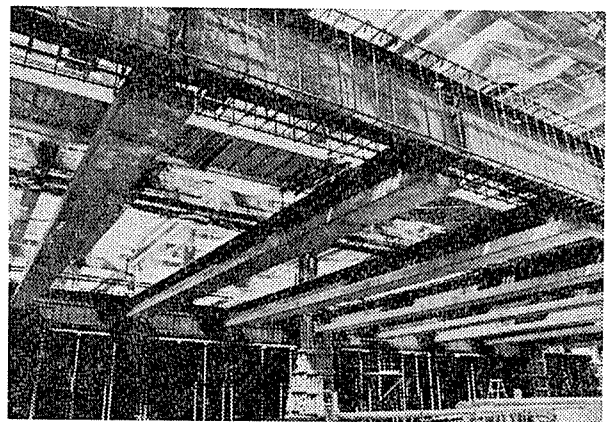
鉄骨の建方は低層建物のためびょうぶ建で行った。柱と大梁の本締め後、プレベームを架設した（写真—7）。プレベーム架設後、SRC 造の大梁の配筋、床版型枠のセットおよびプレベームにスタッドボルトを溶接した（写真—8）。

なお、大梁の型枠にはサポートを用いたが、床版型枠はペコビームでプレベームに支持させ、作業空間の確保をはかった。

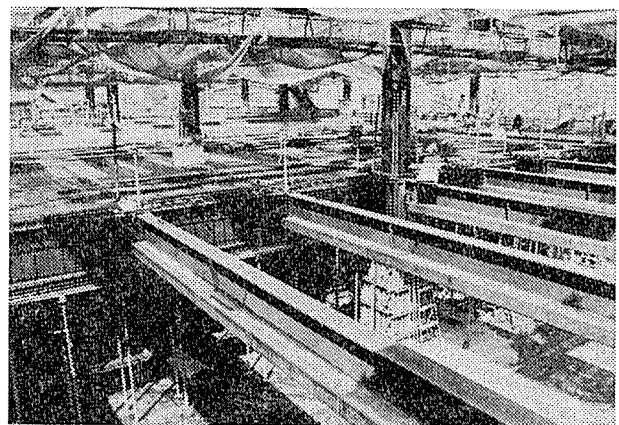
4. 実施例——縞付き H 工法

4.1 建物の概要⁶⁾

工事名称：東和興産・日本アイ・ビー・エム大和研究所
 工事場所：神奈川県大和市下鶴間
 設計：(株) 竹中工務店
 施工：(株) 竹中工務店



写真—7 プレベームの架設



写真—8 配筋と型枠の設置

プレビーム製作：川田工業（株） 栃木工場
 規 模：地下1階，地上7階，塔屋2階
 敷地面積：27 527 m²
 建築面積：7 738 m²
 延べ面積：46 135 m²
 構 造：SRC 造
 軒 高：GL+27.0 m
 工 期：昭和 58 年 11 月～60 年 4 月

4.2 縞付き H 工法

プレビームは鋼梁と下フランジコンクリートおよび床版コンクリートが一体となった合成梁である。このため，従来鋼梁の下フランジには角鋼，上フランジにはスタッドボルトを溶接して一体化をはかっていた。

しかし，これらのシャーコネクタの施工はかなり煩雑なものである。そこで，これらを省略する目的で鋼梁に縞付き H 形鋼を用いることにした。したがって，鋼梁とコンクリートのせん断力の伝達性状が変わると考えられる。また，これがプレビーム全体としての性状に与える影響を確認する必要がある。

そこで，実大供試体を製作し，静的載荷実験と振動実

験を実施し，縞付き H 工法の妥当性を確認したので，その概要を次に示す^{4),5)}。

(1) 供 試 体

供試体は次の 3 体で，その形状寸法を 図-7 に示す。

Type-1：縞付き H 工法によるプレビーム

縞付き H 形鋼：H-490×300×11×19 (SM 50 YA)

Type-2：従来工法によるプレビーム

BH-490×300×11×19 (SM 50 YA)

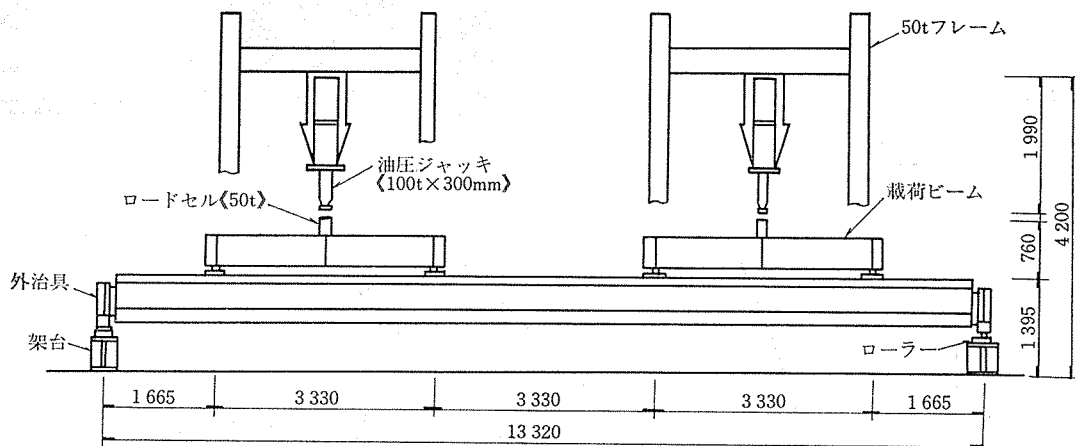
Type-3：SRC 梁 (Type-2 と同形状であるが，下フランジコンクリートにプレストレスを導入しない梁)

(2) 実験方法と実験結果

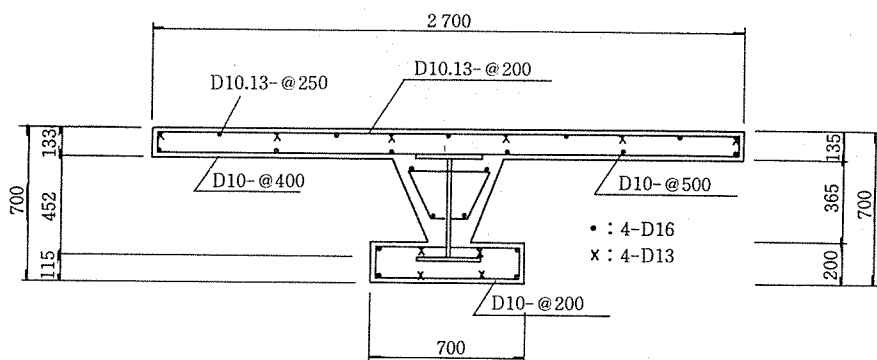
(a) プレフレクション実験

Type-1 と 2 についてプレフレクション実験を行った。これは下フランジコンクリートに所定のプレストレスが導入されることを確認するためである。

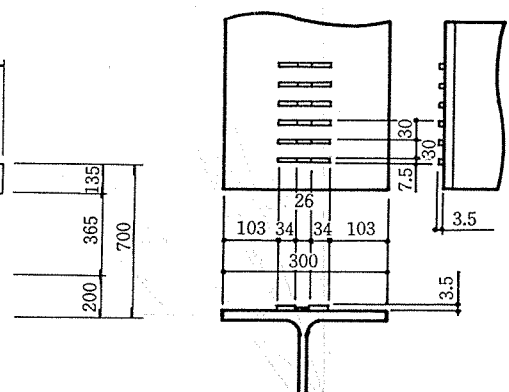
プレフレクション位置は端部より 4.0 m の 2 点とし，プレフレクション荷重は Type-1 が 22.0 t，Type-2 が 21.8 t であった。また，測定は梁のたわみ，鋼梁とコン



(a) 供試体寸法および実験方法



(b) プレビーム断面



(c) 縞付 H 形鋼

図-7 供試体および実験方法

クリートのひずみおよび相対ずれについて行った。

表—2 に主な項目の実験値と理論値の比較を示す。これらにより、実験値と理論値はほぼ一致し、供試体下フランジコンクリートに所定のプレストレスが導入されたことがわかる。しかし、Type-2 の綿付きH形鋼は冷間曲げ加工によりむくりをつけたため残留たわみが大きかった。実際の施工に際しては考慮すべき項目である。

(b) 静的荷重実験

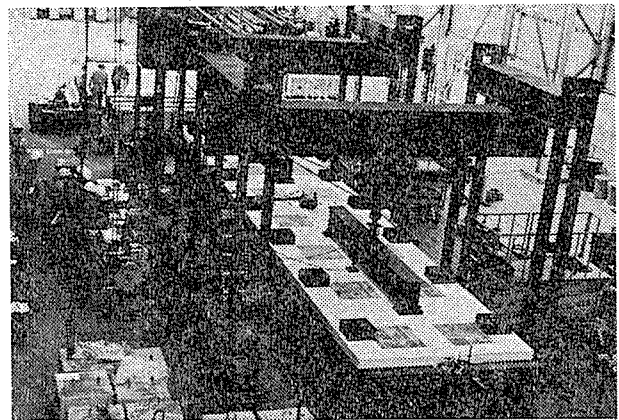
表—2 プレフレクション実験値と理論値

		Type-1	Type-2	
たわみ (mm)	試し加力時	実験値	—	
		理論値	—	
		実験値 理論値	—	1.16
	残留たわみ	実験値	19.9	24.1
		実験値 理論値	113.2	114.9
	プレフレクション時	理論値	113.0	110.5
		実験値 理論値	1.00	1.04
		実験値	-61.0	-58.7
	リリース時 もどりたわみ	理論値	-61.0	-59.6
		実験値 理論値	1.00	0.98
		実験値	-98.3	-90.5
	リリース時応力 (kg/cm ²) ($E_c=2.82 \times 10^4$ kg/cm ²) 下フランジコンクリート 中央部	理論値	-83.1	-81.2
実験値 理論値		1.18	1.11	
実験値		—	—	

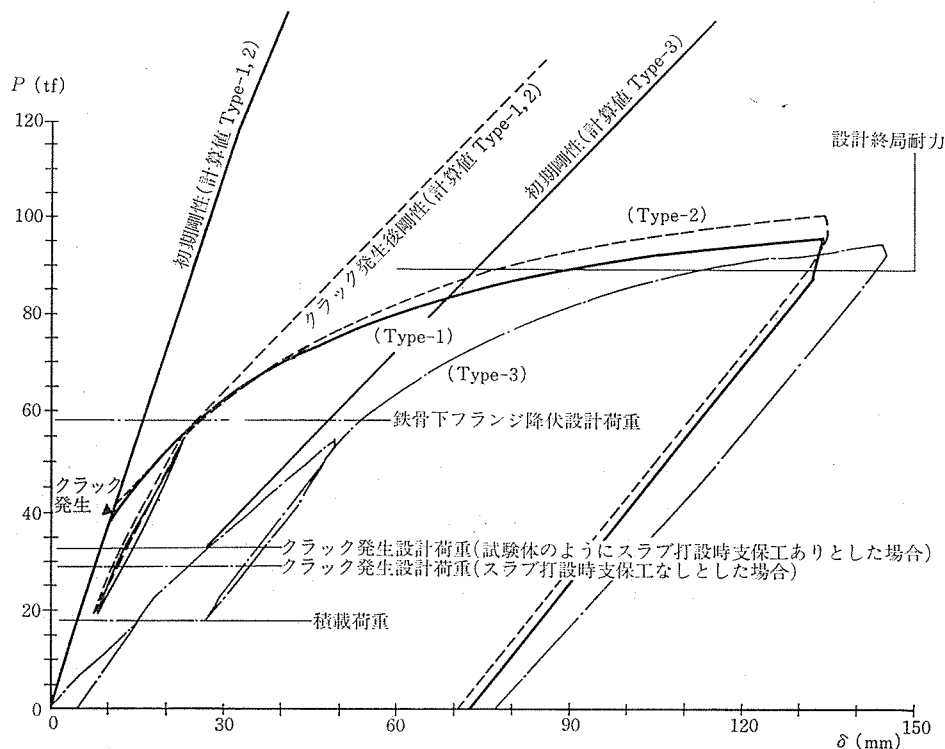
実験は 図—7 および 写真—9 に示すように、単純梁 4点荷重形式で行った。供試体の床版幅は実際の 3.325 mから 2.5 m に減じて製作されたため、自重と仕上げ荷重の不足分である約 2.8 t を鉄ブロック 14 個で調整した。

荷重は第一段階が設計積載荷重の 18.2 t まで、第二段階が下フランジコンクリートにひび割れが進展した 55.0 t まで、第三段階が梁中央のたわみが $l/100$ に達した時点をもって破壊状態とした。

各試験体の耐荷性状は 図—8 に示す荷重-たわみ関係から概略わかる。図中の理論値は鋼梁とコンクリートが一体となって挙動するとして求めたものである。使用鋼材は完全弾塑性体と仮定し、コンクリートの引張応力は



写真—9 荷重実験状況



図—8 荷重-たわみ関係

無視している。実験結果のうち主なものを次に示す。

SRC 梁では、試験体セット時点で自重により下フランジコンクリートにクラックがすでに発生しており、低荷重範囲の繰返しに対しても非線形挙動を示す。これに対して、プレビームは下フランジコンクリートのプレストレスがなくなり、クラックが生ずるまでコンクリートは鋼梁と一体となって完全な弾性挙動を示す。この結果、プレビームは SRC 梁の約 2.9 倍の剛性を示す。

クラックの進展はプレストレスを有するプレビームの方が遅れ、その損傷度も少ない。このためクラック発生後の下り剛性もプレビームが SRC に比べて約 1.5 倍大きい値を示している。

鋼梁下フランジの降伏後、鋼梁降伏領域が広がるにしたがい終局状態に近づくが、終局耐力は各タイプとも同じである。また、いずれの供試体でも端部での鋼梁とコンクリート間の相対ずれは認められなかった。これらの結果、従来工法、縞付き H 工法ともずれ止め強度は十分あり、鋼梁とコンクリートが一体として挙動し、設計どおりの剛性と耐力が得られることがわかった。

(c) 振動試験

実験はサンドバック落下による自由振動、梁中央に設置した起振機による強制振動および人間歩行について行った。また、実験は未載荷実験状態から載荷実験終了後の各段階について実施した。ここでは、D1: 未載荷実験状態、D4: 55.0 t まで載荷実験後、積載荷重状態について示す。

振動実験のうち、固有振動数と応答倍率を表-3 に示す。ここで応答倍率は自由振動の減衰定数、強制振動の共振曲線より求めた。

固有振動数の理論値に対して、プレビームは D1、D4 状態とも測定値は若干

高目であるがほぼ一致する値を示し、SRC 梁はかなり高い値を示す。この原因として、コンクリートにクラックが生じた後も、振動のような微小変形に対してはコンクリートの剛性寄与効果が残されているものと考えられ

表-3 振動実験の測定値と理論値

		固有振動数 (Hz)			応答倍率	
		理論値	自由振動	強制振動	自由振動	強制振動
Type-1	D 1	6.96	7.23	7.27	52.6	48.7
	D 4	5.24	5.51	5.49	53.8	51.2
Type-2	D 1	6.96	7.36	7.41	69.4	54.1
	D 4	5.24	5.54	5.63	23.9	24.7
Type-3	D 1	4.97	6.63	—	—	—
	D 4	3.49	4.21	—	—	—

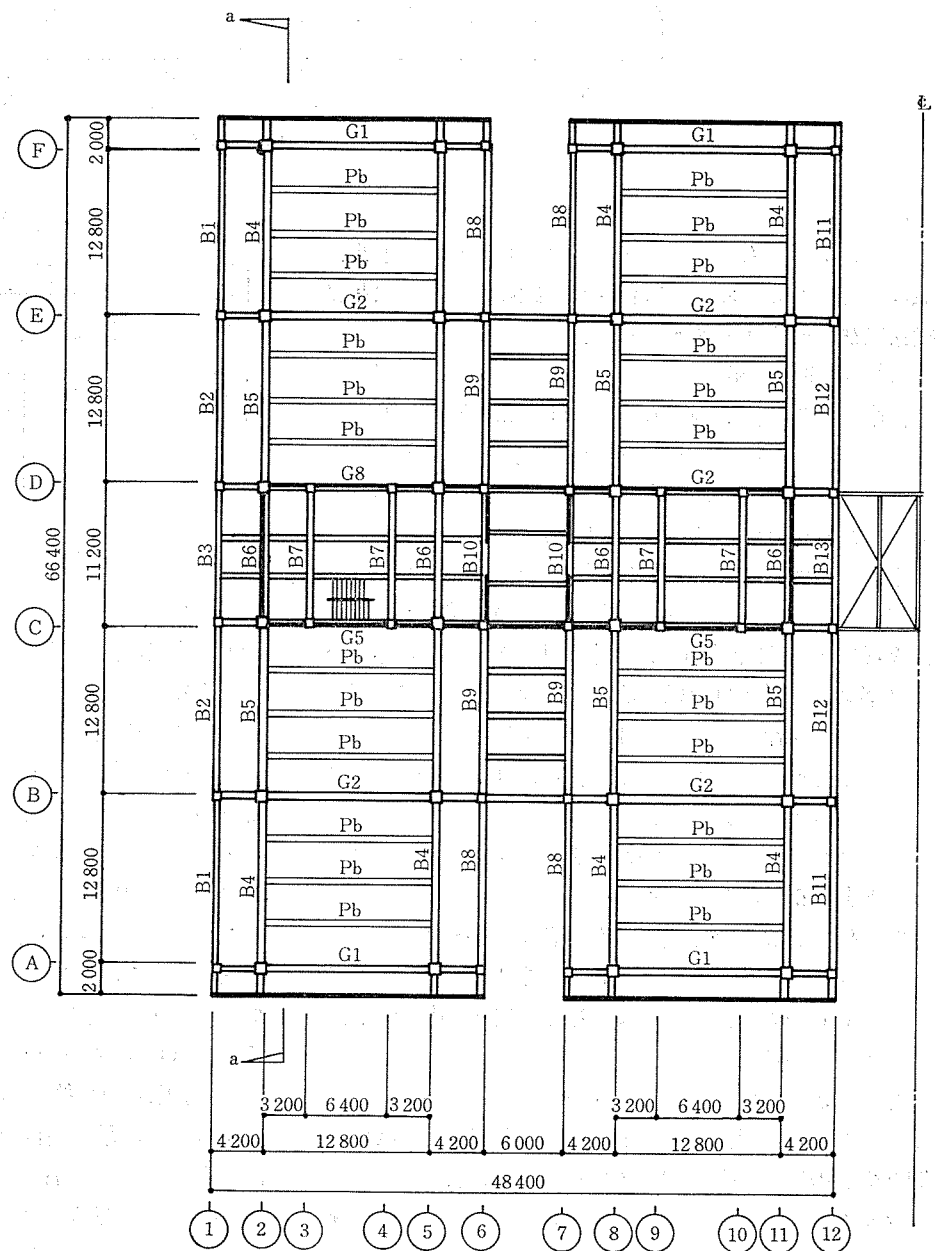


図-9 4 階梁伏図

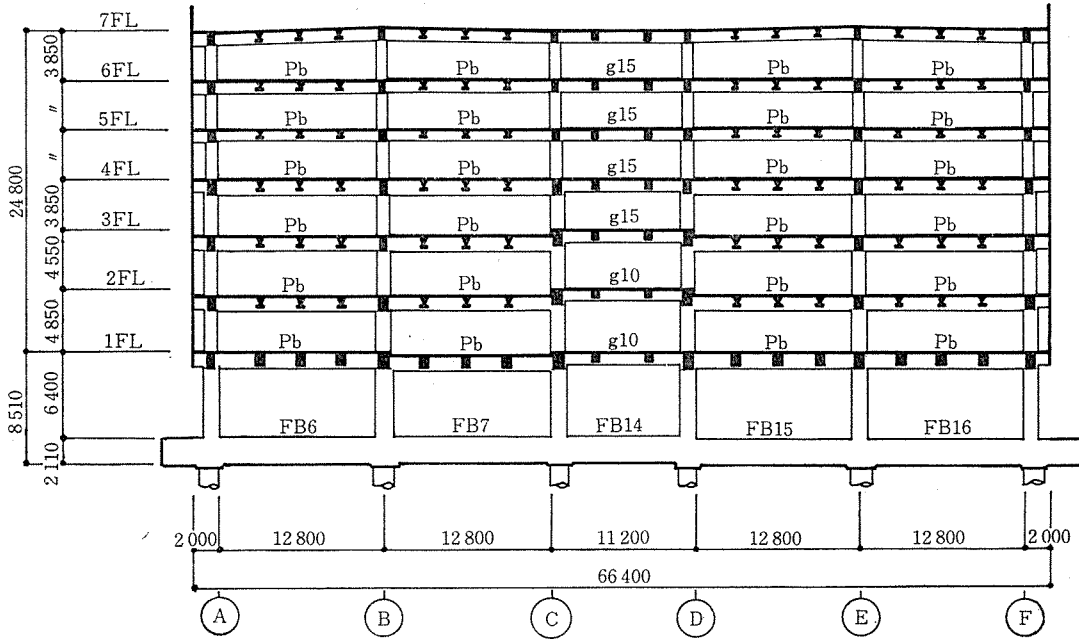


図-10 2通り軸組図

る。

いずれにしても、従来工法と縞付きH工法の固有振動数はよく一致しており、縞付きH形鋼のずれ止め効果は従来工法と同程度と考えられる。

4.3 構造概要

基準階の梁伏図を図-9、Y方向軸組図を図-10に示す。本建物のX、Y方向架構とも主体構造は鉄骨鉄筋コンクリートであり、耐力壁を有するラーメン構造である。また基準寸法は3.2mである。

小梁に支間13.42m、梁間隔3.2mでプレビームを使用している。プレビームは3Fまでの電算センターには鋼梁にBH梁を使用した従来工法、4F以上の事務室には鋼梁に縞付きH形鋼を使用した縞付きH工法の各工法によって製作した。この理由としては、

- 1) 電算センターのため積載荷重が600kg/m²、一部800kg/m²と大きい。
- 2) プレビームの高い剛性により、エレクトロニクス機器の振動防止を図る。
- 3) 低い梁成のため梁下の有効利用を図れる。

X方向の大梁のうち一部は、中央部断面の梁成をプレビームと同一にして、梁下の有効利用を一層はかっている。

今回の建物に使用したプレビームのうち、4F以上に使用した縞付きH工法による断面を図-11に示す。支間と梁成の比は $h/l=1/19.2$ で経済的な断面である。プレフレクションは端部より4.0mで $P_f=22.1t$ で行った。

また、3Fまでに使用したプレビームの梁成は、 $h=$

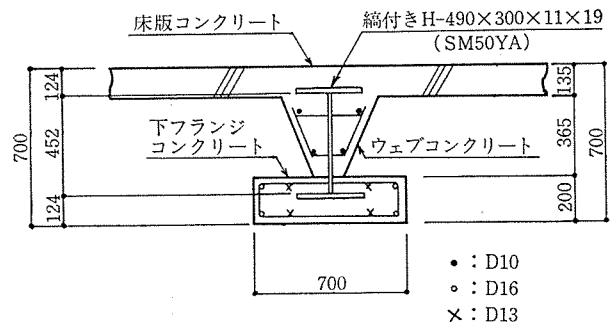


図-11 プレビーム断面

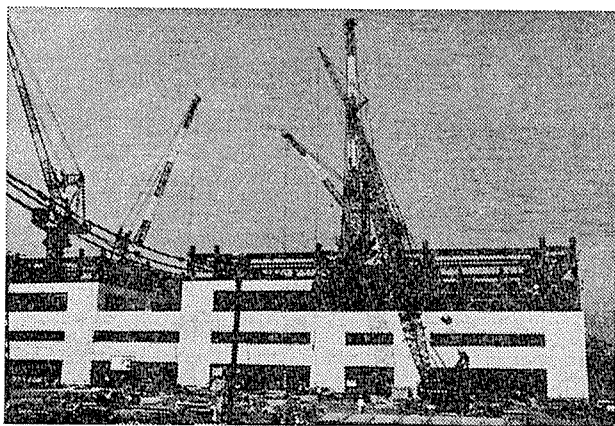
0.85~0.93mで $h/l=1/15.8\sim 1/14.4$ となっている。これは積載荷重の相違によるものである。プレフレクションは端部より4.0mで $P_f=33.5\sim 42.5t$ で行った。

4.4 施工概要

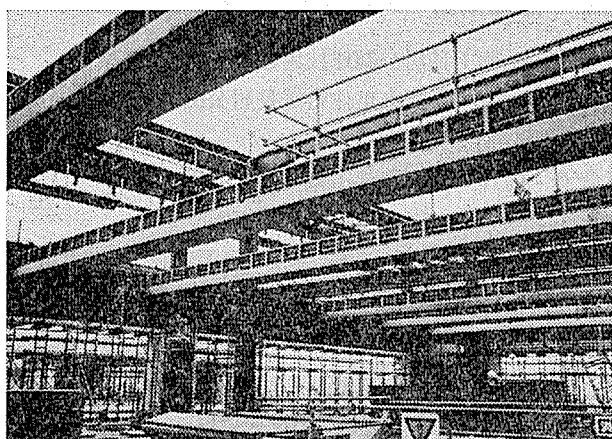
本建物は先端技術を扱う研究所ビルであること、延べ面積が46000m²に対して17か月という短い建設工期を克服するために種々の工法が採用されている。工事全景を写真-10に示す。

まず、柱と大梁の建方後、工場製作したプレビームを仮置きし、この状態でウェブの型枠を取り付け、架設した。このあと、柱と大梁の配筋と型枠のセットを行った(写真-11、写真-12)。

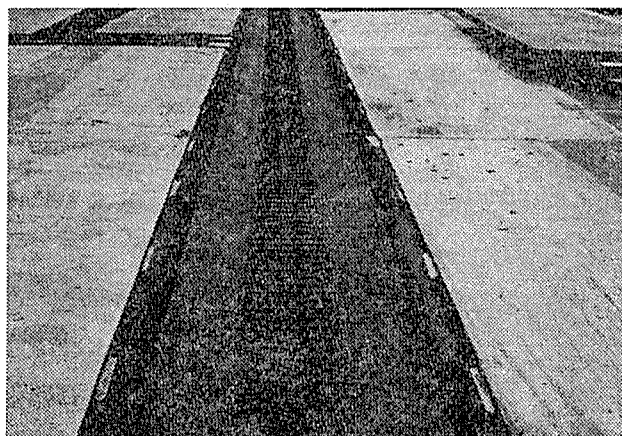
次に、床版の型枠はペコビームで支持した。X方向の大梁の一部は吊り型枠を使用して梁下の作業性の向上をはかった。また、床スラブには1ユニットが2.5m×6mのメッシュ鉄筋を配置し、コンクリートの打設にはコンクリートディストリビューターを用いた。これは工期の短縮と品質や精度の向上をはかるためである。



写真—10 工事全景



写真—11 プレビームの架設



写真—12 型枠の設置

5. あとがき

ここで紹介したプレビームは、橋梁で発展した技術を建築に応用したものである。橋桁と建築梁では類似点もあるが条件が必ずしも同一ではない。これらの問題点を解決しつつ、これまでに 15 件の実施例をみた。

現在建築に求められている機能の多様化の中に、大空間の確保、高層化、使用性能の向上などがある。プレビームはこれらに対応し、各種体育施設や屋上駐車場をもつ大型店舗、階高低減がメリットになる市街地の中・高層建築、たわみや振幅の減少をはかる電算センターや精密工場などに利用されている。

ここでは、鋼梁に BH 梁を使用した従来工法と縞付き H 形鋼を使用した縞付き H 工法を紹介した。これらはいずれも小梁に利用されているが、大梁への実施例や鋼梁のみ架設後現場でプレフレクションを行う SPF 工法の実施例もある^{7),8)}。これらによって、設計条件や現場条件の異なる建築物への対応も可能である。

最後に、縞付き H 工法の開発、プレビームの設計・施工にあたり御指導、御協力頂いた(株)竹中工務店・太田道彦氏、(株)住友金属工業・大竹章夫氏をはじめ関係各位の皆様にご心より感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) (財) 国土開発技術センター：プレビーム合成げた橋設計施工指針（第 2 版）、プレビーム振興会、昭 58.9
- 2) Baes, L. and A. Lipski : Preflex beam—principles, notes on calculations and descriptive notes, Sections, I, II, III, Preflex S.A., Brussels, Belgium, June 1953, May 1954, April 1958
- 3) 川田工業（株）：プレビーム建築ばり認定書、建設省富住指発第 24 号—2、昭和 56 年 10 月
- 4) 太田道彦、石塚馨ほか 2 名：プレフレックスビームの耐荷特性に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、昭和 59 年 10 月
- 5) 梅澤宣雄、石塚 馨、今仁昌彦：プレビーム建築梁の静的載荷実験及び振動実験、川田技報、Vol. 4, Jan., 1985
- 6) 日経マグローウヒル社：工事現況、東和興産・日本アイ・ビー・エム大和研究所ビル（神奈川）、日経アーキテクチュア、1984 年 12 月 31 日号
- 7) 青木敬二郎：プレビーム建築ばり工法、建築界、Vol. 31, No. 11, 1982 年 11 月
- 8) 青木敬二郎：合成げたを応用した建物の設計・施工——プレビーム建築ばり工法、建築技術、No. 378, 1983 年 2 月