

## 【技術ノート】

# プレビーム建築ばかり生産性向上のための実験的研究

Study of Pre-Beam for Improvement of Producing Capacity

青木 敬二郎 \*  
Keijiro AOKI  
石塚 鑿 \*\*  
Kaoru ISHIZUKA  
今仁昌孝 \*\*\*  
Masataka IMANI

## 1. まえがき

プレビーム工法は、川田技報Vol.1で既に渡辺、越後両氏により「プレビーム工法の現況と展望」で紹介されているように、鋼桁とプレストレストコンクリートの合成桁として、高い剛性による種々の特質を有している。

これらの特質を生かし、橋桁から建築ばかりへと利用の範囲を拡げて行くための開発アプローチが建築事業部を中心として行われてきた。

プレビームは、土木の分野では多くの実験的研究により理論的には確立されており、既に200橋を超える実績が示すように工法的にも安定していることは明らかである。従って建築への応用開発のプロジェクトも、建築基準法上の認定作業など建築行政への対応、構造力学上必要とする特性値の把握などの技術的フォローと、構造部材としての流通価格へのスリ合せが主要な課題となった。

本報告は、それらのプロジェクトの一つとして行った、住友金属工業㈱の縫付H形鋼と小野田セメント㈱のジェットセメントを使用した、プレビーム建築ばかり生産性向上のための実験についての概要である。

## 2. 実験の目的

プレビームは、鋼桁とプレストレストコンクリートの複合桁で、図-1の様に床版コンクリートと合成され、橋桁や建築ばかりに使用されるものである。

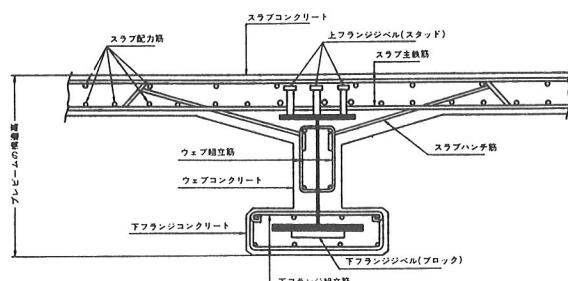


図-1 プレビーム断面

その作業の工程は、上方にキャンバーを与えたBilt H鋼に、図-1に見る様に上フランジにボルトを、下フランジに角鋼をジベルとして溶接した鋼桁を工場製作し、図-2に示す工程で応力導入するものである。全作業日数を100として各作業の比率を求める図-3の通りである。

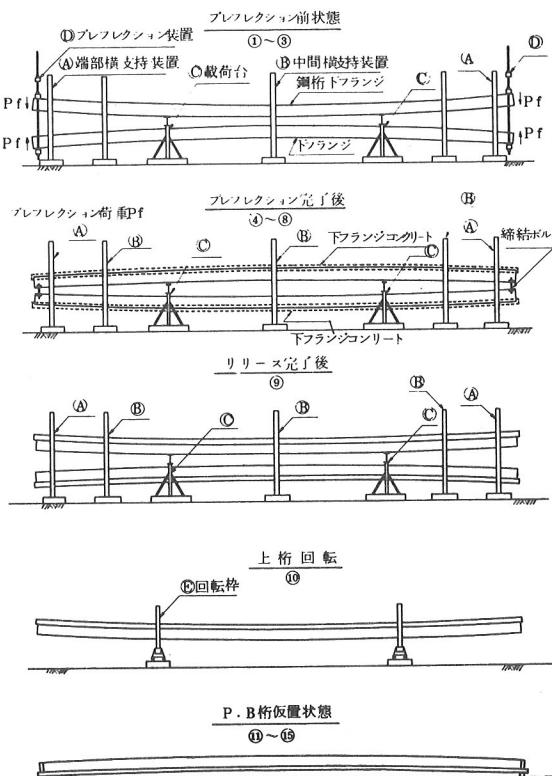


図-2 プレビーム製作工程図

工 場 製 作			応 力 導 入						
原寸切削	板付溶接	シベル	其他の上側	鋼 構 材	ブリッジ フォーレン	鉄型筋鉄	コリント	養生	回転移動
8.2	15.1	30.0	5.8	5.8	4.4	9.6	4.6	34.0	42.4~5.3
		32.8	-					6.8%	
100%									

図-3 プレビーム製作作業比率

従って工場製作の工程でジベル取付作業が省略でき、応力導入段階でコンクリート養生期間が大幅に短縮できれば、全体工程の短縮に極めて有効であることは明らかである。

本実験は、鋼桁用として住友金属工業㈱の縫付H形鋼（図-4）を使用した場合、ジベルを用いた場合と同等以上の付着性能が得られるかどうか、又小野田セメント㈱のジェットセメントを使用することの作業性について検討することを目的として行われた。

### 3. 実験の方法

本実験は、下記のように分類した。

- (1) 応力導入時における実験……予備実験
- (2) 合成桁としての載荷実験……本実験

### 4. 予備実験

#### 4-1 試験体

試験体は、住友金属工業㈱提供の縫付H形鋼を当社朽木工場で加工製作し、当社大宮機材所構内において図-5の架構体に組立てた。

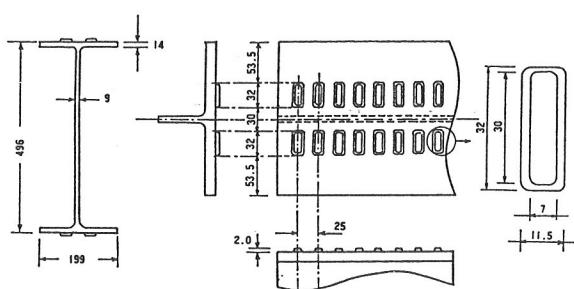


図-4 縫付H形鋼

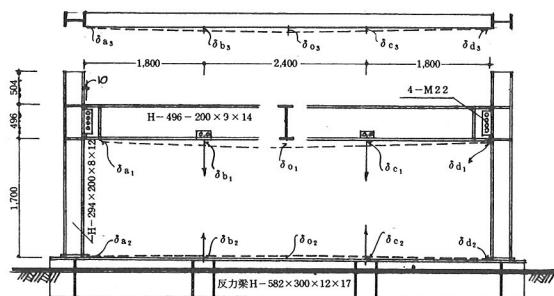


図-5 架構全体図

### 4-2 試験方法

試験方法は、当社特願昭和56-187895「建築用プレストレスト鋼梁の架設法」(SPF工法)により応力導入を行い、あらかじめ図-6のように鉄骨に貼付したワイヤーストレインゲージより各部のひずみを各ステップ毎に測定した。

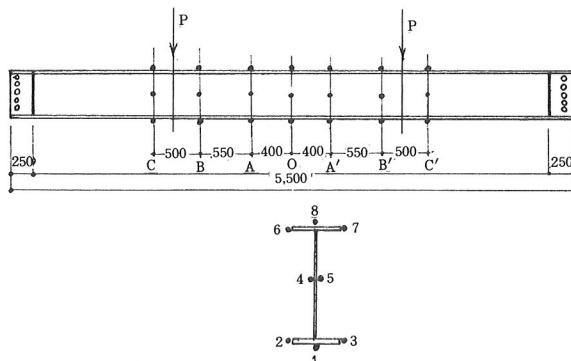


図-6 ワイヤーストレインゲージ

応力導入の方法、順序は次の通りである。

- (1) 反力梁の設置
- (2) 架構体の組立て（図-5）
- (3) 加力装置の取付け（写真-1）
- (4) プレフレクション（2点加力による）
- (5) 下フランジコンクリート（小野田ジェットコンクリート）の打設（写真-2）
- (6) リリース（荷重の解放）（写真-3）

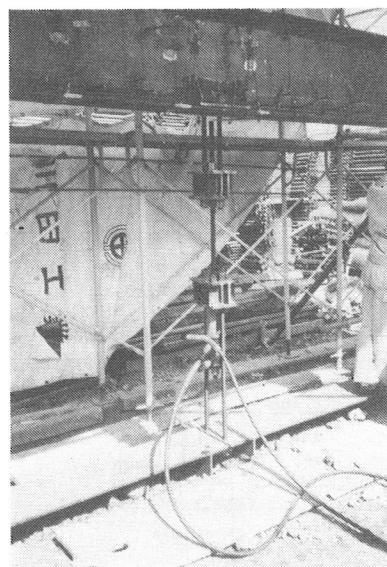


写真-1 加力装置の取り付け

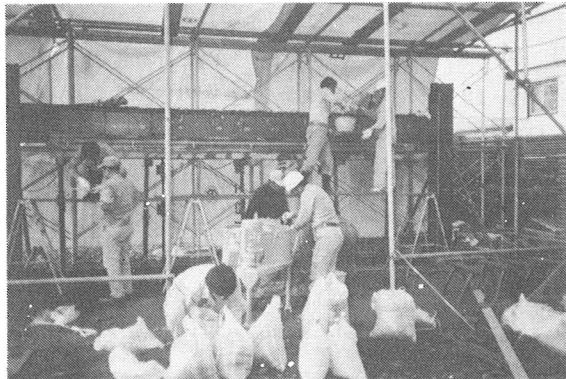


写真-2 ジェットコンクリートの打設

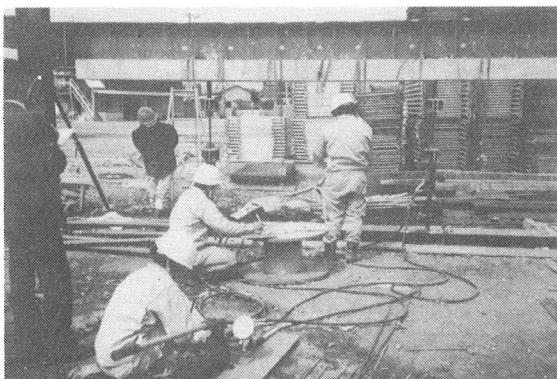


写真-3 リリース及び歪みの測定

#### 4-3 試験の結果

##### 4-3-1 応力導入

図-7にプレフレクション導入時およびリリース時の荷重～中央たわみ関係を示す。荷重が12tを超えるあたりから剛性の低下が見られるが、これは端部接合ボルトによる曲げ拘束がこの時点で解放された影響、鉄骨残留応力の累加、一部の降伏によるものと考えられる。リリース時の勾配は解析値にほぼ一致している。この結果、コンクリート中央部には約290 $\mu$ のひずみが導入されたものと推定される。

図-8は、プレフレクション導入時の鉄骨曲げひずみ分布、図-9は、リリースによる上下フランジのひずみ変化を表わしているが、ともに解析値にほぼ一致している。

##### 4-3-2 ジェットコンクリートの性質と作業性

ジェットセメントの特性は次の通りである。

(1) 数時間で実用強度が得られる超速硬性(図-10)。

(2) ポルトランドセメントに比べ乾燥収縮が少ない。

(3) セッターの使用により可使時間が調節できる。

現在は、主に道路・橋梁の緊急工事、寒中コンクリート工事に使用されている。プレビームのような一種の製品コンクリートには、早期に所要強度がえられ養生期間が省略できることは大きな利点である。

試行実験の結果、危惧された硬化時の水和発熱の影響もなく、打設時の作業性も支障とはならなかった。

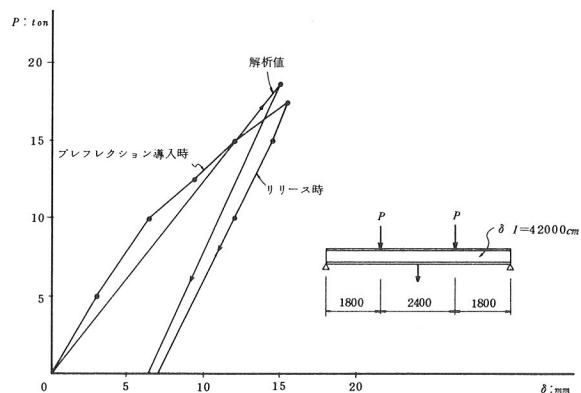


図-7 プレフレクションおよびリリース時の荷重-変形関係

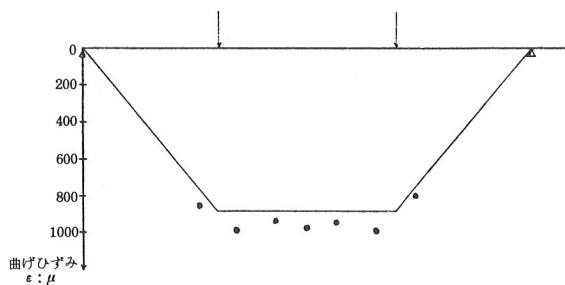


図-8 プレフレクション導入時の鉄骨ひずみ分布

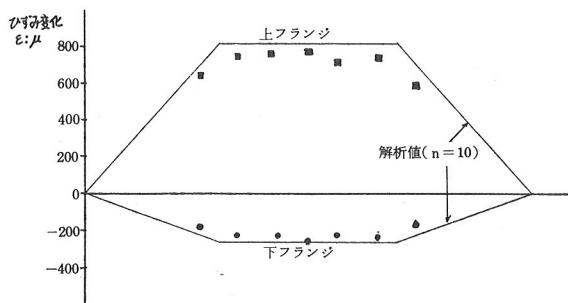


図-9 リリース前後の鉄骨ひずみ分布の差

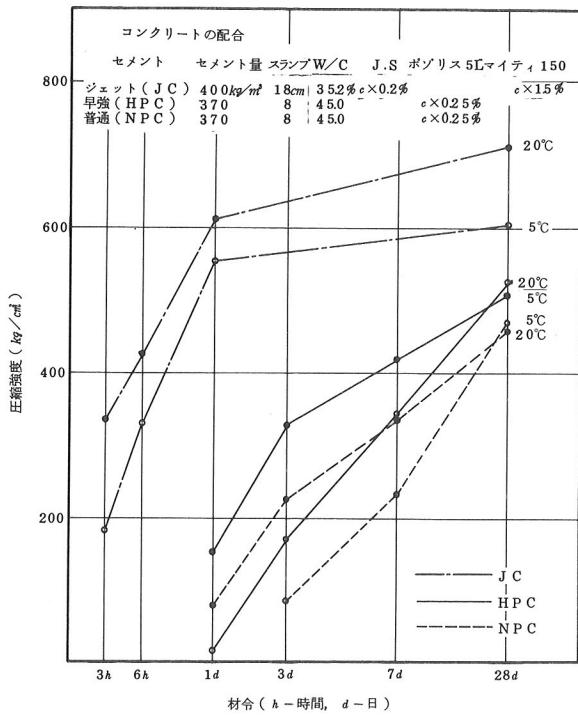


図-10 養生温度と各種コンクリートの圧縮強度

## 5. 本実験

### 5-1 試験体

試験体は、予備実験で応力導入を行ったプレビームを、住友金属工業株中央技術研究所波崎研究センターに運搬し、図-11に示すような合成桁に製作した。試験の目的が付着性能の確認であるので、条件をきびしくするため全長を1/2の6mの試験体とした。

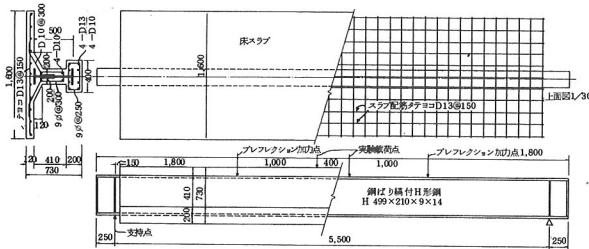


図-11 プレビーム合成桁

### 5-2 試験方法

試験は、波崎研究センター鋼構造研究室で、工博・大竹章夫副主任研究員指導のもと、図-12、写真-4のような単純梁2点集中載荷方式により行った。

測定は、

- (1) 図中A, B, Cの各点で鉄骨および鉄筋面に貼付した1~12のワイヤーストレングージにより、鉄骨およびコンクリートの軸方向ひずみ。
- (2) ダイヤルゲージDA 1, 2, 3により、中央部たわみ。
- (3) ダイヤルゲージDB 1, 2 DC 1, 2により、鉄骨とコンクリートのずれ変形。(写真-5)
- (4) ダイヤルゲージDD 1, 2により、下フランジコンクリートとウエブコンクリートのずれ変位。
- (5) 目視によるクラックの発生状況。

以上を、各荷重ステップごとに測定した。

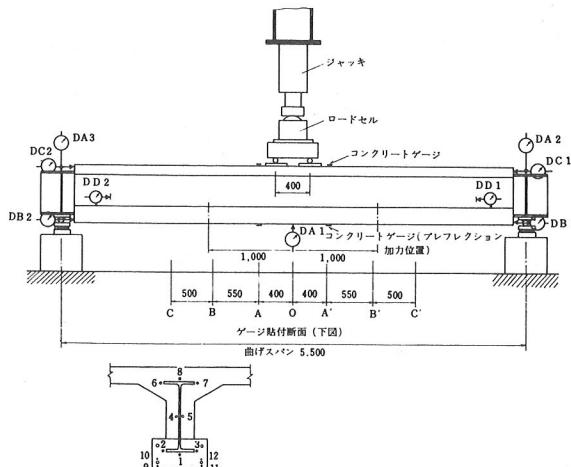


図-12 試験方法

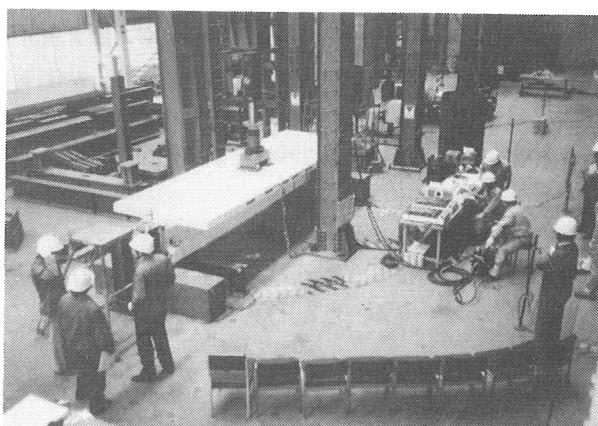


写真-4 加力装置

### 5-3 試験の結果

#### (1) 荷重-変形関係と耐荷性状

図-13に荷重-変形関係を、図-14に荷重-上フランジ側鉄骨とコンクリートとのずれ変位関係を示す。

下フランジ側では、鉄骨とコンクリートのずれや下フランジコンクリートとウェブコンクリートのずれは全く生じなかつた。

クラックの発生の状況を図-15および写真-6に示す。

$P = 27 \text{ TON} (264.6 \text{ KN})$  ……下端コンクリートにクラック発生。

$P = 57 \text{ TON} (558.6 \text{ KN})$  ……下端コンクリート中の鉄筋降伏。

$P = 74 \text{ TON} (725.2 \text{ KN})$  ……鉄骨の下フランジ降伏。

$P = 78 \text{ TON} (764.4 \text{ KN})$  ……鉄骨の上フランジとコンクリートのずれ変形発生。

$P = 87.5 \text{ TON} (857.5 \text{ KN})$  ……最大荷重

図-13に見るように、載荷開始から鉄骨上フランジとコンクリートにずれが生ずるまで、実験値は、鉄骨がコンクリートと完全に一体化しているとの仮定のもとでの解析値とほぼ一致した挙動を示している。

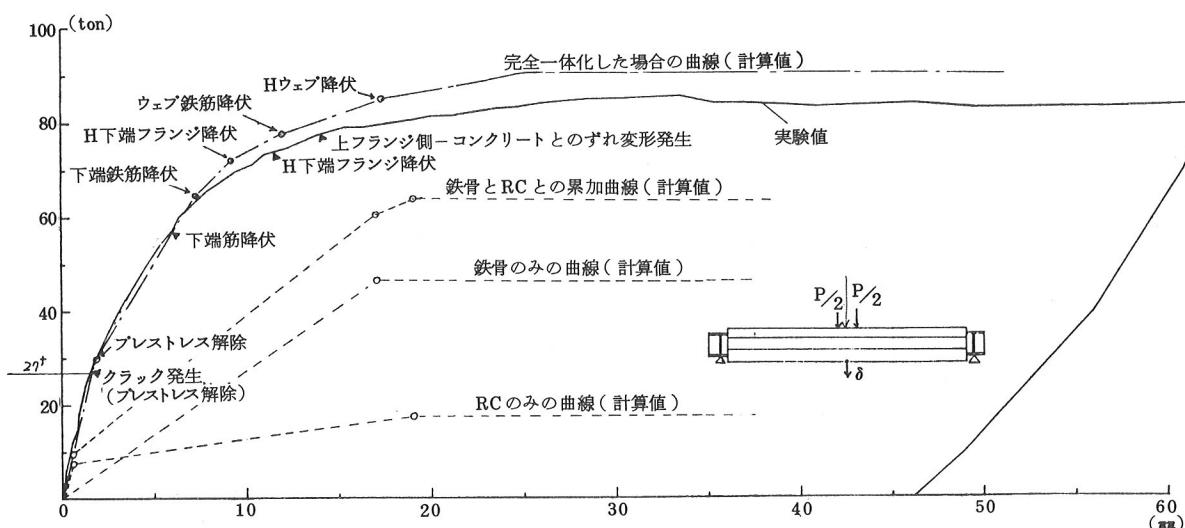


図-13 荷重-変形関係

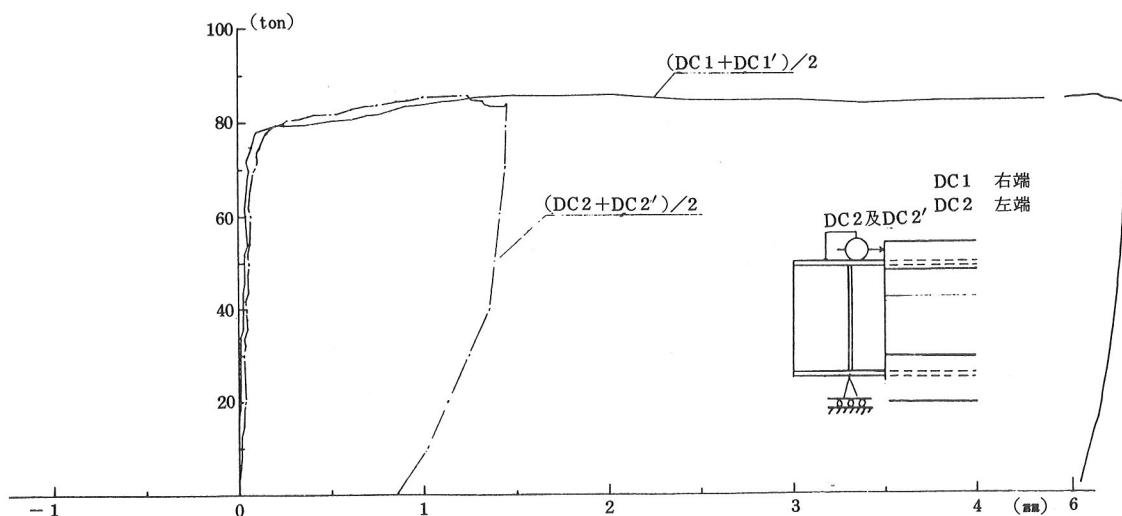


図-14 荷重-上フランジ側の鉄骨とコンクリートとのずれ変形関係

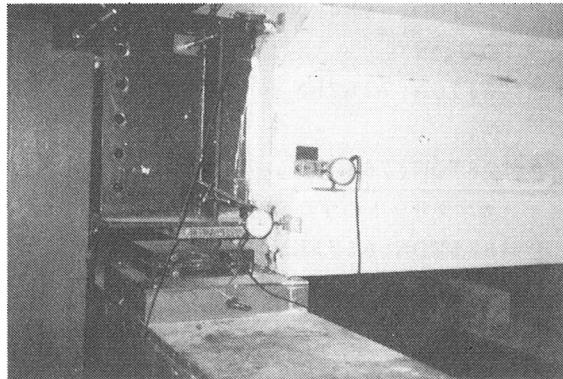


写真-5 ダイヤルゲージ設置状況

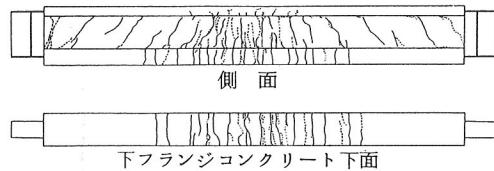


図-15 コンクリート表面のクラック発生状況

## (2) 荷重-ひずみ関係

図-16に荷重-鉄骨中央部上下フランジのひずみ関係の実測値と解析値を示す。

この場合も、ずれ変形発生までよく対応している。

## (3) 縫付H鋼の付着強度

プレビームは、下フランジとウエブコンクリートが、帯筋でつながっていないため大きなせん断力の授受はないと考えられるので、下フランジコンクリートのせん断力は鉄骨を介して上部フランジに伝達していることになる(図-17)。このことは下フランジコンクリートの発生クラックが純引張形の輪切状となっていることで判る。

従って、鉄骨とコンクリートが一体化しているとして、ある断面での鉄骨の軸力を求め軸力0の端部までの長さで除せば、単位長さの平均付着応力が得られる(図-18)。

図-19は、中央部鉄骨のひずみから軸力を計算し、荷重と付着応力の関係を表わしたものである。

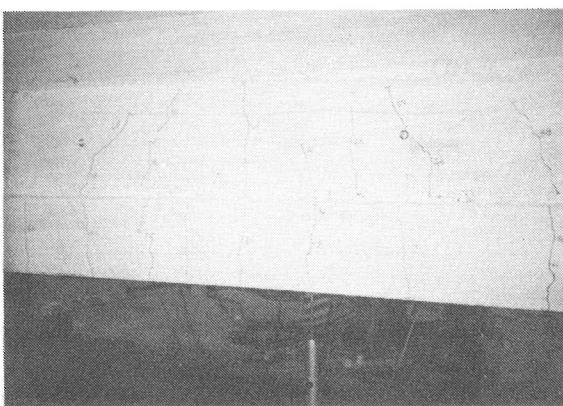
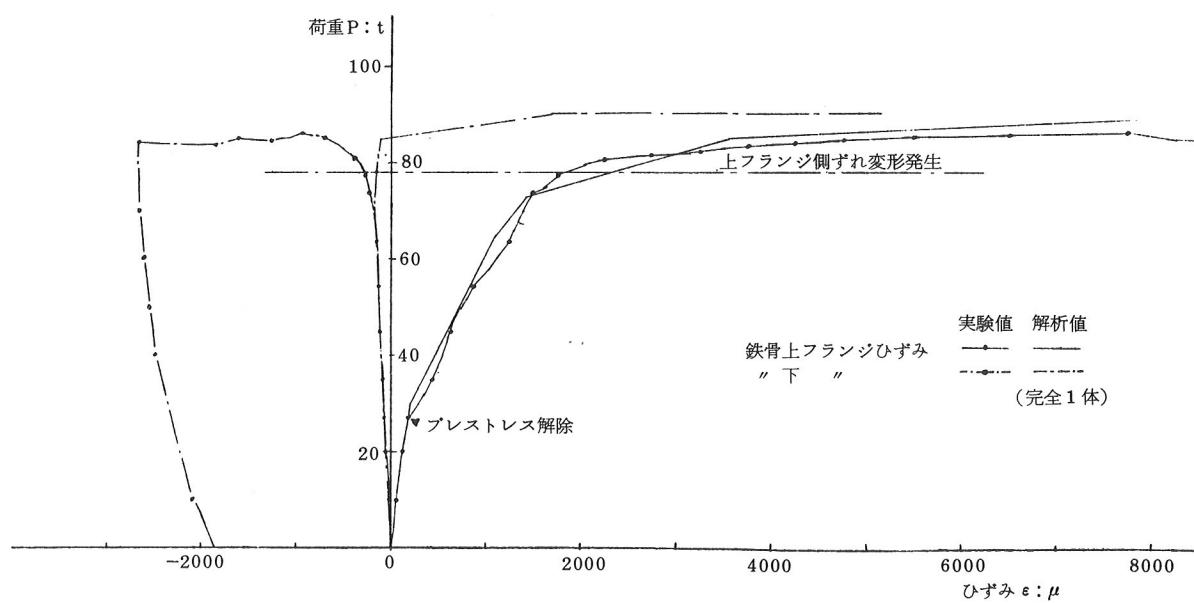
写真-6 コンクリート側面のクラック発生状況  
(支間中央部)

図-16 荷重-はり中央部の鉄骨のひずみ関係

これらから、平均付着力が約  $560 \text{ kg/cm}$  ( $5.49 \text{ KN/cm}$ ) に達したときすべりが発生し、その後変形とともに平均付着応力は増大し、最大  $670 \text{ kg/cm}$  ( $6.57 \text{ KN/cm}$ ) に達することが判る。

従って、最大平均付着応力度は、縫部の巾を  $10 \text{ cm}$  とすれば  $67 \text{ kg/cm}^2$  ( $6.6 \text{ MPa}$ ) となる。

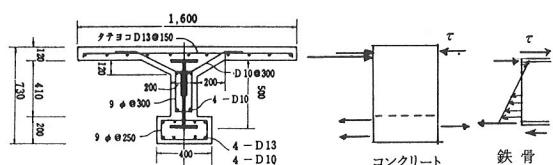


図-17 せん断応力の流れ

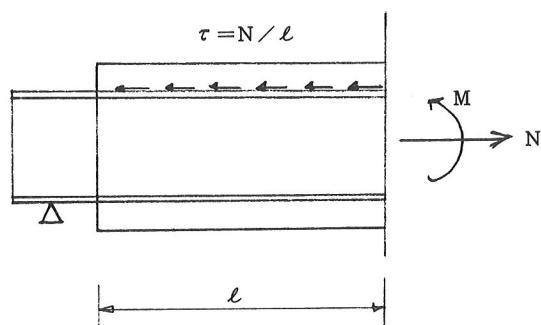


図-18 平均付着応力

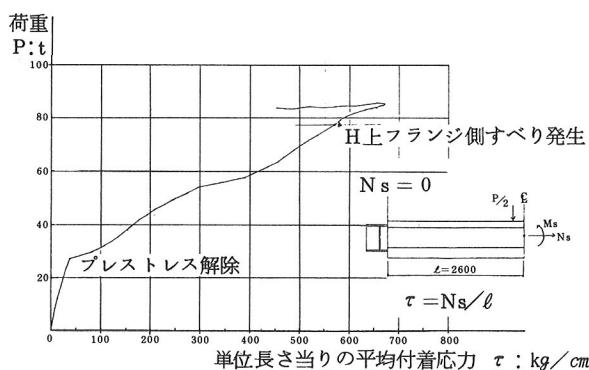


図-19 荷重-平均付着応力関係

## 6. 考 察

縫付 H 形鋼は、住友金属工業株が開発したフランジ面にて圧延により突起を形成した複合用鋼材で、開発されて日が浅く、現在はまだ耐荷機構が比較的明快な合成小ばかりに試用されている段階で、SRCへの本格的適用例は

なく、建值も従つて未確定の状況にある。

実験の結果、コンクリート圧縮強度（上フランジ面） $0.85 \cdot F_c 18 d = 199 \text{ kg/cm}^2$  ( $19.5 \text{ MPa}$ ) の条件下で、単位面積当たりの平均付着応力度は  $67 \text{ kg/cm}^2$  ( $6.6 \text{ MPa}$ )、スパン全長の平均付着力は  $670 \text{ kg/cm}$  ( $6.57 \text{ KN/cm}$ ) の値を得た。今回のプレビームを対象とした実験は 1 体の試験体のみであったが、同社鋼構造研究室で行った多くの実験結果ともほぼ一致している。建築ばかりの通常スパンでの単位長さ当たり必要付着力は  $450 \text{ kg/cm}$  ( $44.1 \text{ KN/cm}$ ) 程度とされているので、縫付 H 形鋼の付着強度は、塑性範囲までの一体化を期待する合成効果に十分対応できるものといえる。

今後、建築の主構造材であるプレビームに使用するためには、柱との接合部における反復載荷時の挙動などについて、スパン  $15 \text{ m}$  以上のオーダーで検討する必要がある。又基準法上の認定も実用上不可欠の条件と思われる。

製作加工上の課題として、キャンバー付けの方法、フランジ継手部の処理などが検討されなければならない。

一方、ジェットセメントについては、養生日数短縮に注目すべき材料と思われるので、今後も検討を続ける必要があるが、最大の課題は普通セメントの 10 倍近い価格がどう吸収し得るかという点である。

以上の実験を通じ、全面的なご協力を頂いた住友金属工業株（担当 中央技術研究所 工博 大竹章夫氏）、および小野田セメント株（担当 中央研究所 速藤康夫氏）に心よりお礼を申し上げます。