

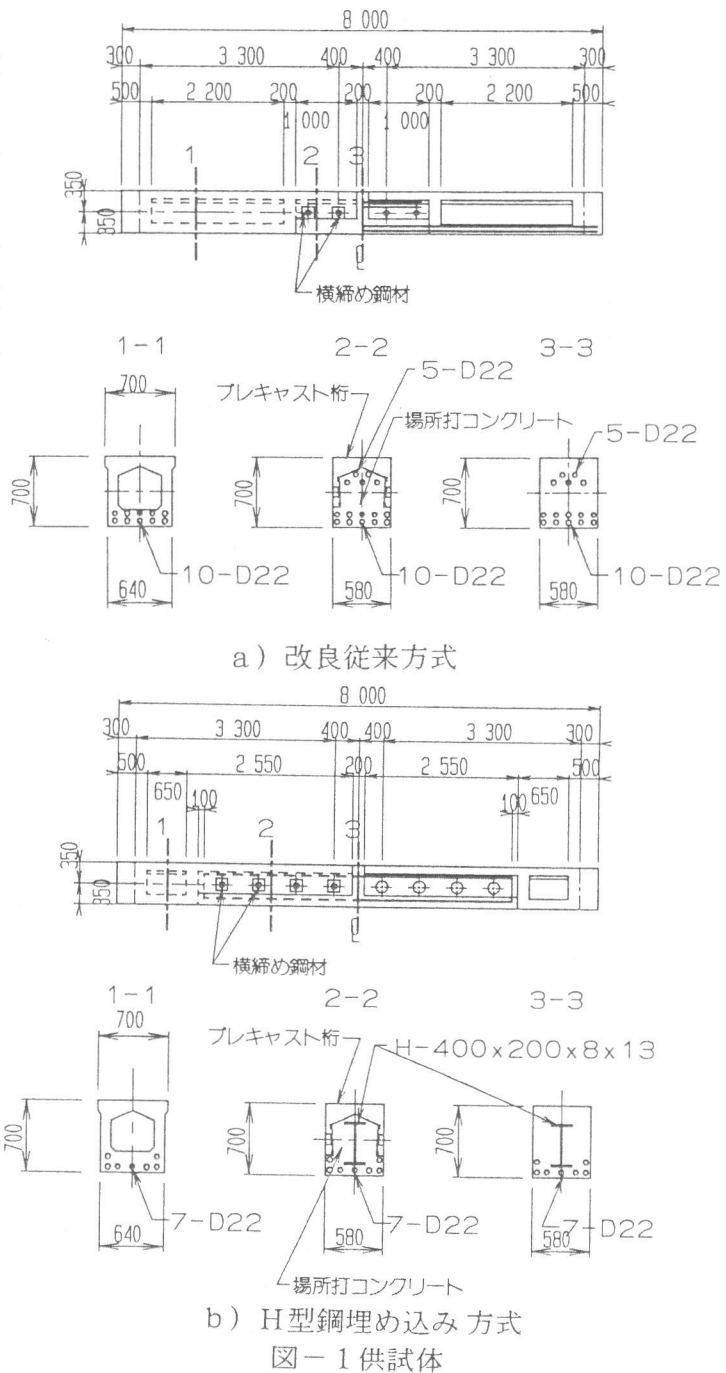
論文

[2033] プレキャストホロー桁の連結方式に関する検討

福嶋正雄\*1・藤井学\*2・幸左賢二\*3・田村章\*4

1. はじめに

道路橋における連結構造は、プレキャスト桁を単純系で架設し、中間橋脚上は鉄筋の重ね継ぎ手を用いたRC構造によって橋体の連続化を図る構造が一般的である。現在、T型桁を用いた連結構造については設計手法の標準化がなされており、1970年代から実橋レベルにおいて使用されている。しかしながら、昨今の社会情勢から現場作業の省力化や、工期の短縮が要望されており、T型桁に比べて現場足場、型枠、場所打ちコンクリート量の少ないプレキャスト中空ホロー桁の採用が増大する傾向にある。ホロー桁を対象にした連結構造の施工実績はあるものの、その設計手法については明確にされておらず、今後の実用化に向けて検討を加える必要がある。そこで過年度、PCホロー桁の連結方法について実物大の供試体を用いて既往のT型桁連結桁において標準方法となっている鉄筋による連結方式（RC連結方式）および現場作業の省力化を目的としたH型鋼埋め込み方式について、静的載荷実験を実施した。これらの供試体は従来の構造に比べて鉄筋比がかなり高く、またH型鋼と鉄筋の異種材料の組み合わせであることから、その終局挙動について解析的に十分検討する必要がある。そこで従来の平面保持の仮定を用いた鉄筋換算方式の適用性を検



\*1 株式会社 東京建設コンサルタント 関西支店 技術一部 (正会員)

\*2 京都大学教授 工学部土木工学科、 工博 (正会員)

\*3 阪神高速道路公団 工務部設計課、 Ph. D. (正会員)

\*4 (社)プレストレストコンクリート建設業協会 関西支部

討するとともに、付着切れを考慮したモデルの適用性を検討した。本報告では、これら一連の実験および解析的検討内容について述べるものである。

## 2. 実験概要

### 2. 1. 供試体の形状と種類

実験に用いた供試体の断面形状は支間長20mの連結桁橋を想定した実物大寸法で、長さは連結部付近8mを取り出した部分モデルとした。連結構造はT型桁連結方式で標準に用いられている鉄筋コンクリート方式（改良従来方式）とH型鋼埋め込み方式（鉄筋とH型鋼を併用したSRC構造）の2種類とした。図-1に供試体の一般形状を示す。また、H型鋼埋め込み方式においては、必要定着長を評価するために定着長を500mm、900mmの2種類の供試体を作成した。

### 2. 2. 実験結果

図-2にひびわれ分布図を示す。初期ひび割れは目視観察により、各供試体とも $P=10\text{tf}$ 程度で発生している。改良従来方式では荷重増加に伴い載荷点に向かうひびわれが進行している。H型鋼埋め込み方式では、ひびわれは連結区間に広く分布し桁高方向に直立している。また、破壊は従来方式がプレキャスト部材と場所打部の接合面でのひびわれの開口に伴うコンクリートの圧壊であるのに対して、H型鋼埋め込み方式においては圧縮縁鋼材フランジ位置での水平ひびわれ進行に伴うコンクリートの圧壊であった。改良従来方式の終局荷重は、道路橋示方書の終局抵抗照査に基づく値（46.3tf）に対して56.5tfと2割程度高い値となった。またH型鋼埋め込み方式の終局荷重も累加強度式の値（49.0tf）に対して60.0tf、68.1tfと3割程度高い値となっている。

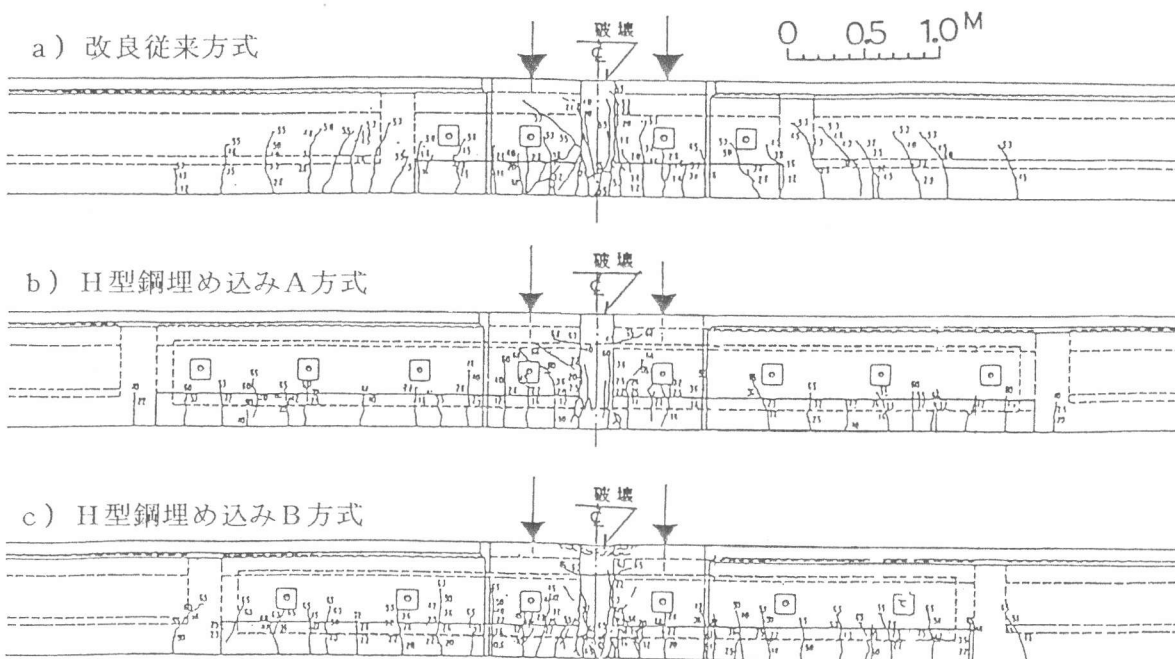


図-2 ひびわれ状態図

## 3. 解析

### 3. 1 解析手法

改良従来方式は、RC構造（連結部）であるため平面保持の仮定が成立するものとして解析した。H型鋼埋め込み方式についても同様の手法により、H鋼を鉄筋に換算して解析し、その適用性を評価した。ここで、図-3に示すように実験結果では引張鉄筋降伏以降において、H型鋼の

ひずみは増大せず、抵抗断面力に対して有効に作用していないと考えられる。このことは、H型鋼とコンクリートとに付着切れが生じているとも推定される。

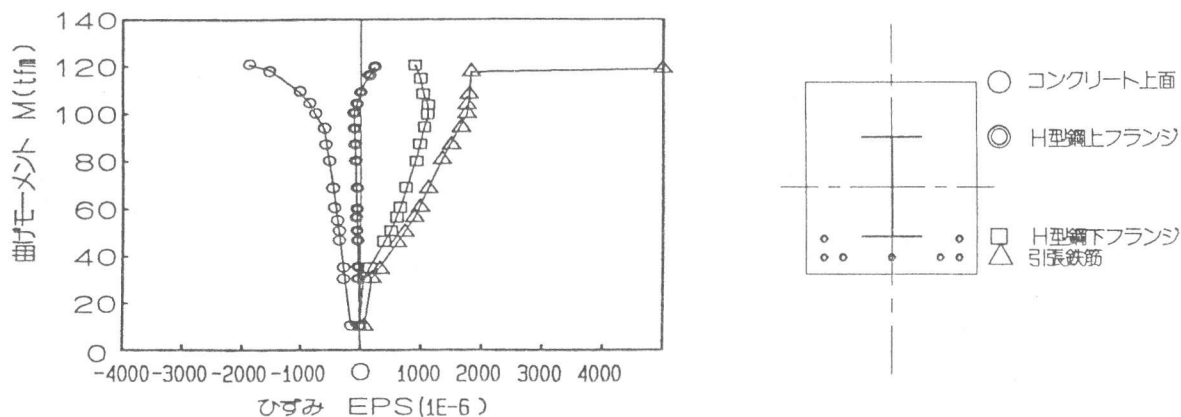


図-3 曲げモーメント-ひずみ関係 (H型鋼埋め込みB方式、スパン中央)

そこで、H型鋼のひずみは、付着切れが生じた後では増加しないものと仮定したモデル (図-4) についても計算を行った。

また、曲げモーメント-曲率 ( $M-\phi$ ) 関係の計算は、両者とも桁断面を高さ方向に細分割 (50分割) し、細分割された面に作用する断面応力は一定であるとし、コンクリートの圧縮縁のひずみを逐次増加させ、軸力適合条件を満足するひずみ分布より  $M-\phi$  の関係を求めた。プレキャスト部材については、まずプレストレスの作用する荷重状態を求め、これを初期値とし同様に算出した。荷重-たわみ ( $P-\delta$ ) 関係の計算は、桁の長さ方向に細かく断面を切り、それぞれの断面の  $M-\phi$

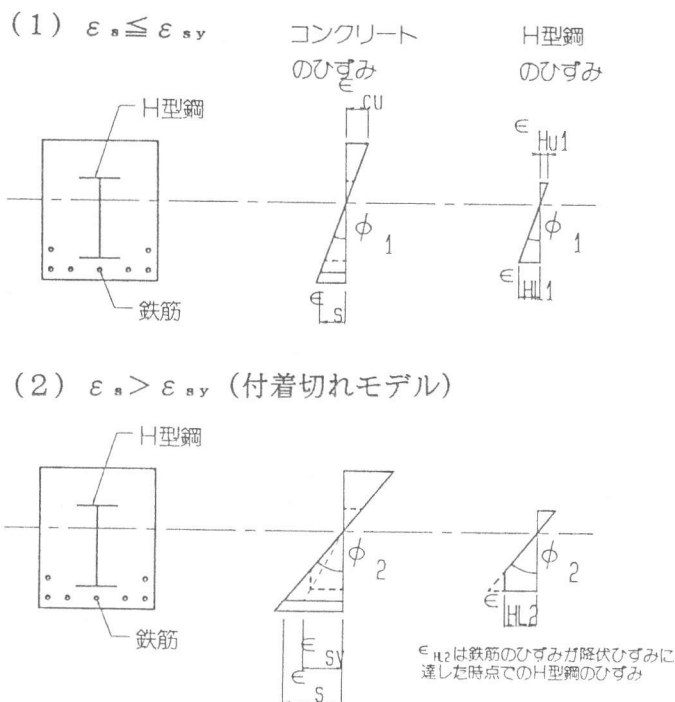


図-4 付着切れモデル

関係を求め、桁長さ方向に  $\phi$  を2階積分する事により求めた。桁方向の分割数は、連結部分の最小部材が20cmであることから最大 5cm間隔とした。

### 3. 2材料定数

解析に用いた材料定数は、実験で使用した材料の試験結果によったが、PC鋼材については道路橋示方書による値を使用した。構成材料の応力-ひずみ関係の特性は、以下のように仮定した。

(1) コンクリートの応力-ひずみ関係は図-5、a) に示すように圧縮応力域においては道路橋示方書の式を用い2次パラボラ矩形とした。引張応力域にあつては割線弾性係数を有する直線とし、引張応力度の最大値は引張強度とした。

(2) 鉄筋およびH型鋼の応力-ひずみ関係は図-5, b) に示すようにひずみ硬化を考慮したトリリニアとし、降点応力度および弾性係数は、圧縮、引張領域とも同一であると仮定した。

(3) PC鋼材の応力-ひずみ関係は、道路橋示方書を参考とし図-5, c) に示すトリリニアとした。

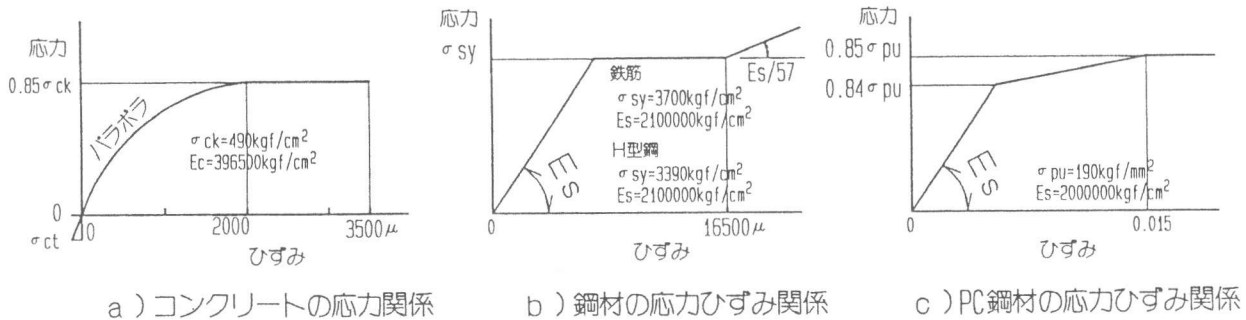


図-5 応力ひずみ関係

### 3. 3M-φ関係

改良従来方式によるM-φ関係の解析値と実験値を図-6に示すが、ひびわれ発生荷重から引張鉄筋が降伏する $M_{sy}=74\text{tfm}$ 付近まではほぼ一致し、解析上の仮定が満たされていると考えられる。その後モーメントの最大値で約6%程度実験値が大きい値を示しているが、概ね一致している。

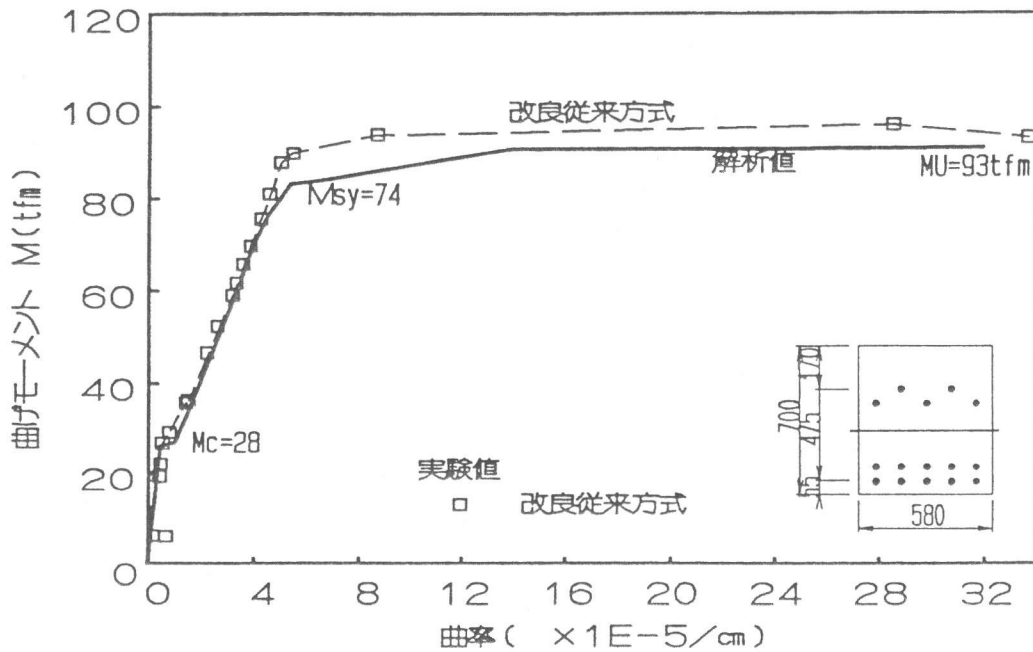


図-6 M-φ関係 改良従来方式

これに対して、H型鋼埋め込み方式におけるM-φ関係の解析値と実験値を図-7に示すが、引張鉄筋の降伏する $M_{sy}=110\text{tfm}$ 付近までは、鉄筋換算方式にほぼ一致し、 $M_{sy}$ 以降は急激に曲率が増し、累加強度方式によるM-φ曲線に似た挙動を示している。すなわち、鉄筋の降伏まではH型鋼も鉄筋と同様に付着が有効に作用して平面保持が成立しているが、鉄筋降伏以降は、H型鋼の付着力が増加しないと推定される。

したがって、鉄筋降伏後にH型鋼の付着切れが生じると仮定し、そしてH型鋼が付着切れを生

じた以降のひずみは増加しないものとした。解析結果は図-7に示すような曲線となり、実験結果を再現していることがわかる。

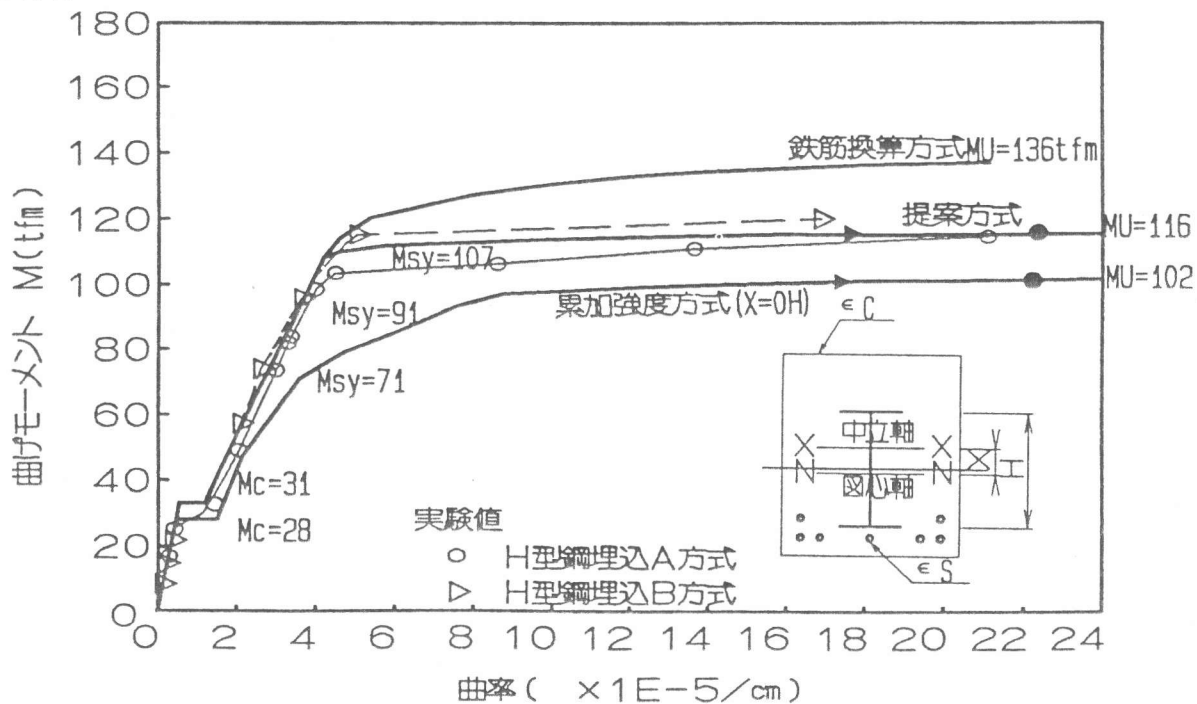


図-7 M-φ関係 H型鋼埋め込み方式

### 3. 4 荷重-変形関係

荷重と変形を図-8に、スパン中央の荷重-たわみ関係を図-9示す。改良従来方式において

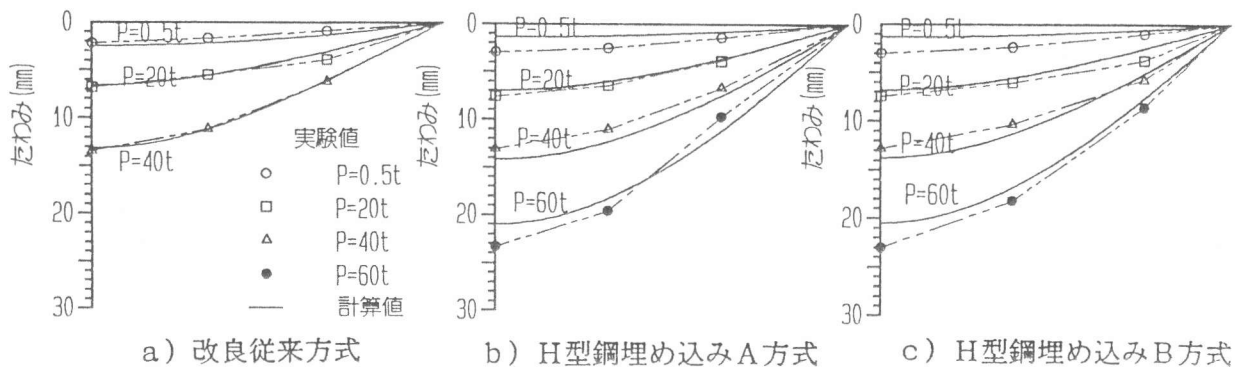


図-8 たわみ図

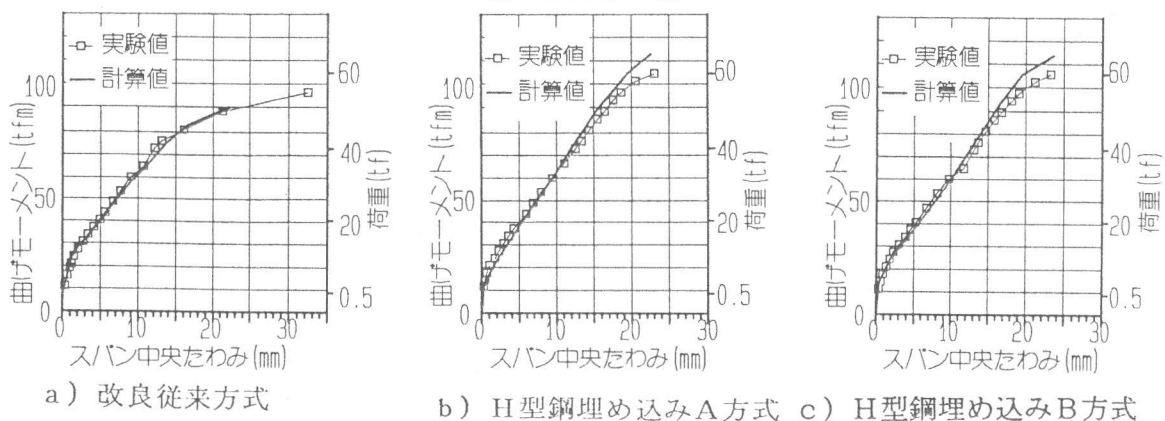


図-9 荷重-たわみ関係

は、スパン中央のたわみは荷重 $P=40\text{tf}$ で3%程度解析値が大きい、比較的一致し、平面保持の仮定が成立していることが分かる。一方、H型鋼埋め込み方式の付着切れモデルでは、ひびわれ荷重以降、特に終局たわみ付近で若干実験値が大きくなるが、ほぼ一致した。

### 3. 5 コンクリートの横拘束の影響

横締めプレストレスおよび帯鉄筋により、コンクリートの横拘束が考えられる。これをRichart<sup>3)</sup>の実験式により道路橋示方書に示された応力-ひずみ曲線を用いてコンクリートの応力増加が生じると仮定したものである。この場合、コンクリート見かけ強度は $56\text{kg/cm}^2$ の増加になり、結果を図-10示しているが、これを無視したものと比べると終局耐力がわずか1%程度しか増大せず、その影響が小さい事がわかる。

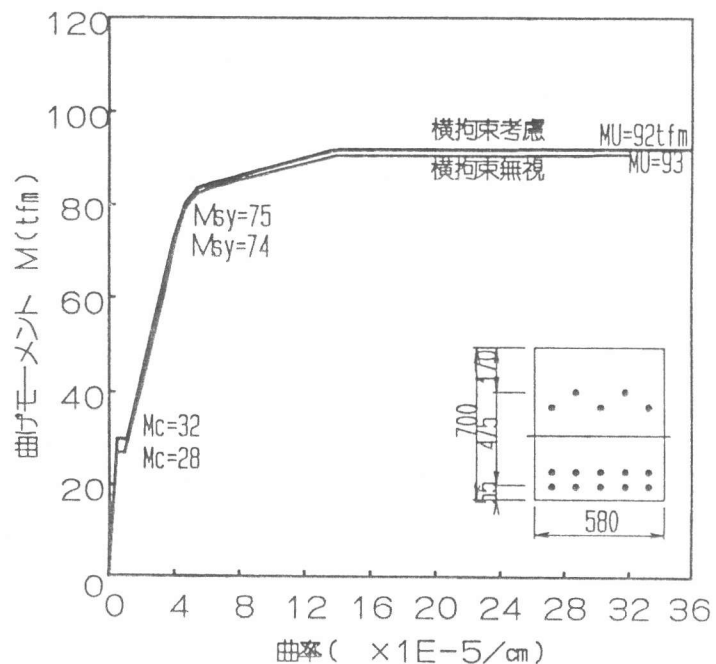


図-10 コンクリートの横拘束の影響

### 4. まとめ

新方式連結桁の曲げ終局耐力について検討した結果下記の結論を得た。

- 1) 従来改良方式による $M-\phi$ 関係は、実験値と解析値は弾性範囲から終局時までよく一致してゐる。
- 2) H型鋼埋め込み方式では、引張り鉄筋の降伏する $M_{sy}$ までの領域における、 $M-\phi$ 関係は実験値と鉄筋換算方式による解析値はよく一致する。
- 3) 鉄筋の降伏する $M_{sy}$ 以降では、平面保持が成立しなくなり、H型鋼の付着切れが生じていると推定された。この付着切れをひずみが増加しないとしたモデルの場合、 $M-\phi$ 関係および変形とも実験結果とよく一致する。
- 4) スターラップおよび横締めプレストレスによるコンクリートの拘束効果は、曲げ終局耐力比で1%程度の強度増加を示す程度である。

### 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編、1990.2
- 2) (社)日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準・同解析、1988
- 3) Richart, E. F., Brandzaeg, A. and Brown, R. L. : A Study of the Failure of Concrete under Confined Compressive Stresses, University of Illinois Engineering Experimental Station, Bulletin No. 185, 1928