

(35) プレテンションホロー連結げた連結部の剛性低下の影響に関する一考察

極東工業 ○大谷 圭介  
 極東工業 正会員 山根 隆志

1. はじめに

プレキャスト桁架設方式の連結桁橋は、プレキャスト桁を単純桁として架設し、中間支点上を現場打ちコンクリートを用いて橋軸方向にRC構造で連結する橋梁形式である。この橋梁形式は中間支点部のジョイントを不要とすることによって優れた走行性や、振動・騒音の緩和、維持管理の容易さの他、耐震構造上優れるといった特徴がある。また、活荷重などに対して連続桁として挙動するため正の曲げモーメントの最大値が単純桁時に比べて小さくなる。

このような連結構造のなかでT桁を用いたものについては、かなりの実績があり、設計方法も明確にされている。近年では、T桁に比べ桁高が低く施工性に優れるプレテンションホロー桁について、同様に連結構造を採用する動きもでてきた。

プレテンションホロー桁はT桁と比べ、構造の違いなどから設計上種々の課題が考えられる。そのうち、本稿ではRC連結部のひび割れによる剛性低下の影響について述べる。RC連結部の剛性低下を引張剛性効果を考慮したM-φ解析によって解析し、その影響を調べた結果、中間支点部の剛性低下による主げた曲げモーメントの変動は非常に小さいことがわかった。

2. RC連結部に生じるひび割れの影響

RC連結部では設計荷重時にひび割れが生じ、曲げ剛性が低下する。Tげたを用いた連結げた橋連結部の橋軸方向断面は場所打ちコンクリート部の占める割合が大きく、径間部に比べて曲げ剛性が大きい。一方、ホローげたは主げたが密に配置されるうえに箱型断面であるため連結部の場所打ちコンクリート部が極端に小さい(図-1)。したがって、ひび割れの生じた連結部の曲げ剛性は主げた径間部のそれを下まわる。そして、構造解析時に仮定した条件と実際の構造物の挙動との間に差が生じる可能性がある。ここでは、ひび割れによる連結部の曲げ剛性を評価するため引張剛性効果を考慮したM-φ解析を行った。

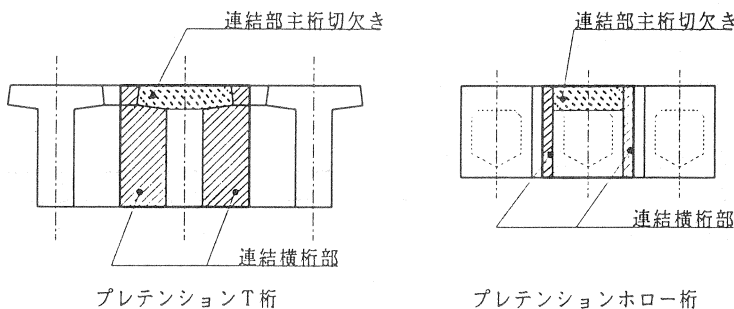


図-1 連結部横桁断面図

### 3. 鉄筋コンクリート部材の引張剛性効果

鉄筋コンクリート部材において引張力が作用する場合、ひび割れが発生するのは、コンクリートに生じる引張応力とその引張強度を超えるときである。

ひび割れ発生後について曲げ剛性を計算する場合、中立軸より引張側の断面は、引張側のコンクリート断面が欠損しているとみなし、その引張力を鉄筋のみが受け持つものと仮定し計算を行っている。コンクリートおよび鉄筋について、この応力-ひずみの関係を示すと図-2(a)の様になる。

ところが、現実には、ひび割れの発生した断面以外の部分では、鉄筋にコンクリートが付着しており、これによって鉄筋の伸びは拘束されることになる(図-3参照)。ひび割れ位置での鉄筋の引張力の一部は、ひび割れを起こしていない部分のコンクリートに伝達され、それによって引張応力に抵抗し、部材の剛性に寄与することになる。これについて、コンクリートが受け持つ応力とそれに伴うひずみを表したものが図-2(b)である。なお、ここでのコンクリートの応力-ひずみ関係は、コンクリートのひび割れ発生以後では、応力のピークが低下し、ひずみが増大していく傾向となっている。この挙動をコンクリートの軟化という。

ところで、ひび割れ位置での鉄筋の応力とひび割れ間での鉄筋の応力およびひずみは異なっている。コンクリートの付着の期待できないひび割れ位置での鉄筋の応力は最も大きくなり、コンクリートの付着のあるひび割れ間では鉄筋のひずみはコンクリートのひずみに等しく、ひび割れ間の中央部では最小となる(図-3参照)。そのため、部材のひずみを計算する場合、引張応力を受け持つ鉄筋について平均ひずみ-平均応力の関係が必要になる。この関係を図-2(c)に示す。

このようにコンクリート部材引張域のコンクリートと鉄筋のそれぞれが剛性に寄与することを引張剛性効果という。

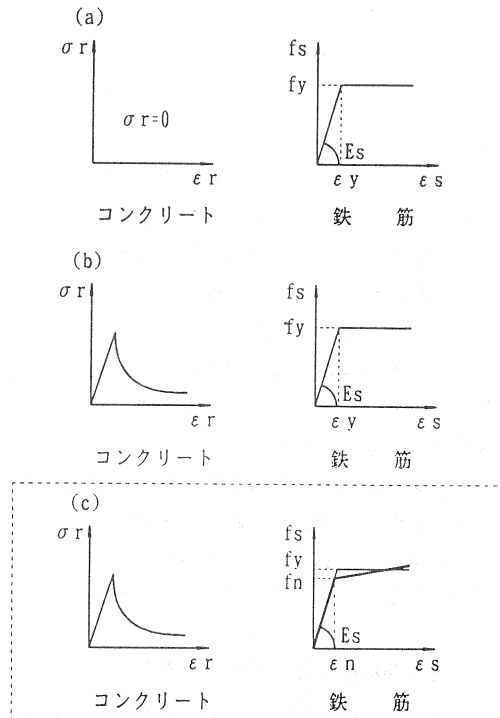


図-2 コンクリートと鉄筋の応力ひずみ曲線図

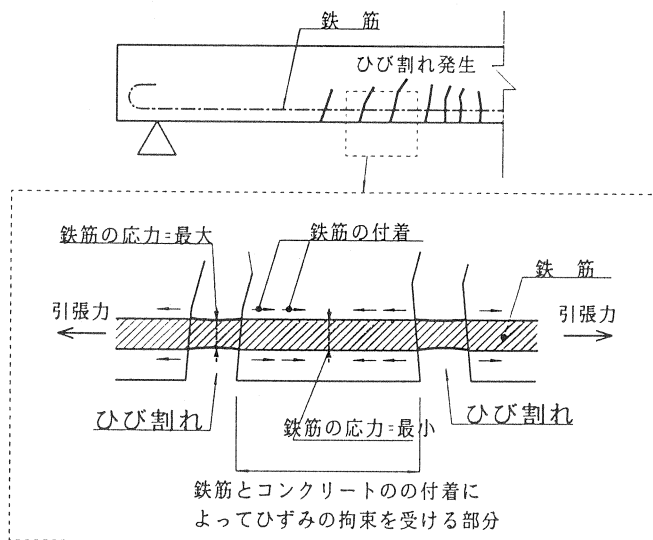


図-3 ひび割れ発生部分

#### 4. 試設計

##### 4-1 連結部の剛性の評価

ここでは桁高80cmのプレテンションホローげたの連結部の剛性評価について述べる。図-4に示すような断面モデルに対し、3で述べたような引張剛性効果を考慮してM- $\phi$ 解析を行った。その結果から曲げモーメントの増加に伴う曲げ剛性の低下をあらわすと図-5のようになる。この図からわかるようにひび割れが発生したあとの部材曲げ剛性は引張剛性効果の影響で徐々に低下し、最終的にひび割れ前の約1/2で安定する。

##### 4-2 設計結果と考察

けた高80cmのホローげたを用いた過去の連結けた橋の実施例から静荷重および全設計荷重による曲げモーメントの値を引用し、図-5に表示した。これからわかるように、クリープによる2次モーメントを含む静荷重時には連結部にはひび割れは生じず、したがって剛性も低下しない。そして、活荷重の約30%が作用した

ところで連結部にひび割れが生じ、その後、全設計荷重時には曲げ剛性は約75%まで低下する。これらを考慮して非線形解析を行い、活荷重による主げたの曲げモーメントを計算した。その結果、線形解析によって算出した活荷重による曲げモーメントに対して中間支点上に生じる負のモーメントの絶対値が約3%減、径間部に生じる正のモーメントの絶対値が約1%増となった。そして、これらの曲げモーメントの変動による主げたのコンクリートおよび鋼材の応力度の変動は微小であった。

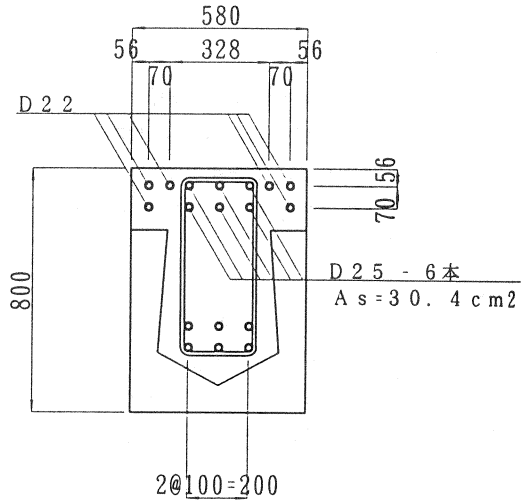


図-4 ホロー桁連結部断面モデル

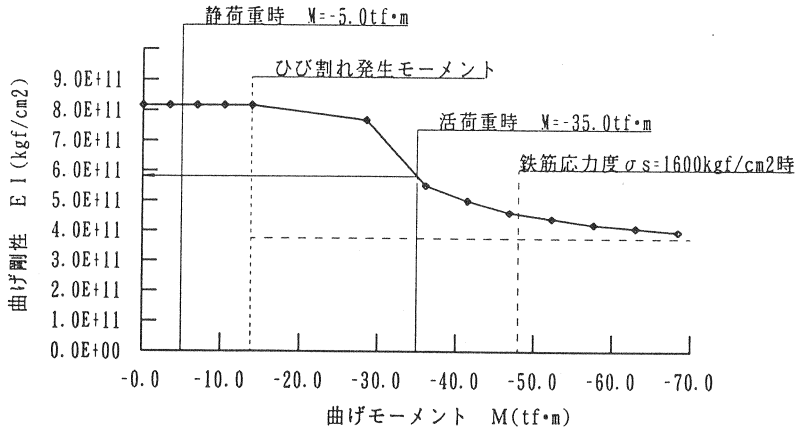


図-5 曲げ剛性-曲げモーメント図

以上のことから、プレテンションホロー連結げたは従来どおり線形解析によって算出した断面力を用いて設計しても、供用荷重に対しては安全性を大きく損なうことはないように思われる。しかしながら、終局荷重時にはさらに連結部の曲げモーメントが増加し剛性低下が進むことから、線形解析により終局荷重時の断面力を算出する場合には、曲げ破壊に対する検討で安全率を少し大きくとるなどの留意が必要と思われる。

## 5. おわりに

本稿では、机上の解析理論により検討したプレテンションホロー連結げた橋連結部の曲げ剛性低下の影響について述べた。文末ながら、本検討はプレストレストコンクリート建設業協会の連結げた橋検討ワーキングに提出したものである。ワーキングではさらに試算を重ね、明確な根拠に基づいたプレテンションホロー連結げた橋の設計法を提案する予定である。

## 参考文献

- [1]A. Ghali・R. Favre, 川上洵・檜福浄 他訳:コンクリート構造物の応力と変形、技報堂出版、pp. 211~236
- [2]Hsu, Zhang: "Tension Stiffening in Reinforced Concrete Membrane Elements", ACI Structural journal January/February, 1996, pp108~115.
- [3]田辺忠顕, 檜貝勇, 梅原秀哲, 二羽淳一郎:コンクリート構造、pp. 44~58, pp. 111~132