

V-459

外ケーブル定着位置が曲げ終局耐力に及ぼす影響

首都高速道路公団 正会員 川田 成彦
 同 上 正会員 小坂 寛巳
 同 上 正会員 柄川 伸一
 PC建設業協会 正会員 玉置 一清

1. まえがき

外ケーブル構造は、施工性、維持管理面において数多くの有効性を持つ構造であるが、力学的に、特に終局時の挙動について不明確な点がまだまだ多い。著者らは、昨年、非線形解析を用いた終局荷重時照査例を報告¹⁾したが、本編はその続編として、支点横桁上での外ケーブル定着が曲げ終局耐力に及ぼす影響について解析的に検討したものである。

2. 簡略モデルによる概念

簡略な2径間連続桁モデルを例として、片径間に荷重を増分する非対称載荷により終局時の変形モードが図1に示す状態である場合を考える。この桁に配置された外ケーブルが中間支点上で定着される構造(FIXモデル)では、図1(a)に示すPC鋼材位置のコンクリートひずみ分布の各支間における面積と等しくなるように、載荷スパンでは外ケーブル伸びが大きく、もう一方の支間では外ケーブル伸びは非常に小さくなる。つまり、中間支点上で軸力差が生じ、終局曲げ耐力も支間の両側で異なる。次に、外ケーブルが中間支点上で定着されず偏向具を通過する構造(SLIDEモデル)の場合には、外ケーブル伸び量は桁全長を通じて一定で、外ケーブル応力増加はFIXモデルの両支間の平均値となる。ここで、破壊が載荷支間の正モーメントで生じる場合には、曲げ終局耐力は外ケーブル応力増加が大きいFIXモデルが有利となるが、破壊が中間支点上の負モーメントで生じる場合には、逆にFIXモデルでは外ケーブル応力増加が小さい非載荷スパン側の曲げ終局耐力が弱点となり、SLIDEモデルに比べて不利となる。

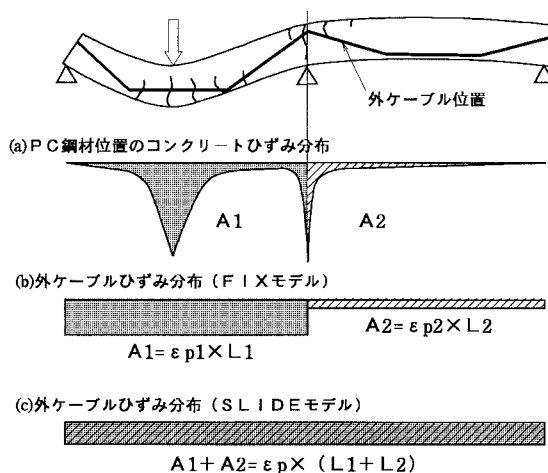


図1 簡略モデルによる概念

3. 試設計モデルによる検討

(1) 試設計モデル

対象試設計モデルは昨年報告したモデルと全く同一の幅員9.2m (有効幅員8.0m)の3径間連続箱桁であり、等径間等桁高とした。図2に基本モデルの構造諸元及びPC鋼材配置図を示す。

FIXモデルは、外ケーブルを全て単径間毎に中間支点横桁で定着したものであり、SLIDEモデルは全て3径間連続外ケーブルとしたものである。

有効プレストレスは昨年度報告した基本モデルのみで計算し、全モデルに共通としている。

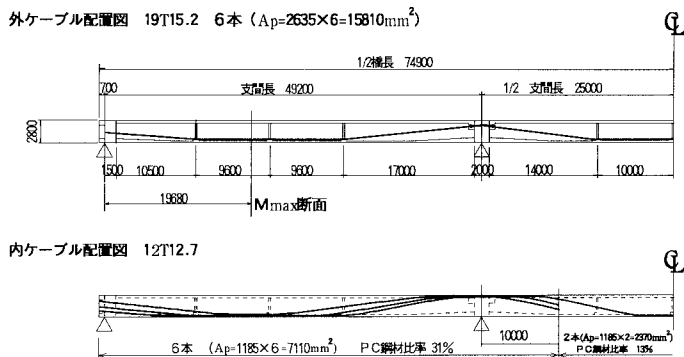


図2 構造諸元およびPC鋼材配置図

(2) 非線形解析

a. 概要 ここでは、側径間Mmax断面に着目した活荷重 L_A と死荷重 D を同時に増分载荷する非線形解析²⁾の例のみを示す。本解析ケースでは、破壊時の荷重係数が1.7以上であれば道路橋示方書による安全性が確保されたことになる。ここで、プレストレス力は初期荷重として与えるが、常に外力と内力のつり合いを満足させる非線形解析では、剛性の変化に伴い変化していく力となる。一般的に、プレ2次力は終局時に減少していき、破壊断面の回転性能に応じて残存する。同様に自重等の断面力も塑性ヒンジ形成により分配される。

b. モーメント再分配 図3に荷重係数とモーメントの関係を示す。非線形解析によるモーメント計算値はひび割れ発生($\gamma=1.0$)と同時に線形解析に対して負側にシフトする。このために、支間部に着目した荷重ケースにも関わらず中間支点断面での破壊となる。初期の負側へのシフトは、プレストレス2次力の消失と考えられ、中間支点の内ケーブル降伏後($\gamma=1.7$)、中間支点部に塑性ヒンジが形成され、自重不静定力の分配による正側へのシフト傾向が見られる。モーメント再分配率は、破壊時でSlide γ が20%、Fix γ が5%程度と大きく異なる。これは、主に中間支点塑性ヒンジ形成後の自重分配がFix γ の方が顕著であるためと考えられるが、詳細なメカニズムについては現在検討中である。

c. 外ケーブル応力増加 図4に、側径間および中央径間の外ケーブル応力増加を示す。Fix γ では着目支間（側径間）で $\Delta\sigma_p=55\text{kgf/mm}^2$ とほぼ第一降伏点まで外ケーブルは応力増加しているが、最終的に破壊に至る中間支点（中央径間側）断面では $\Delta\sigma_p=20\text{kgf/mm}^2$ であり、Slide γ の $\Delta\sigma_p=33\text{kgf/mm}^2$ を下回る。図3に、外ケーブル応力増加をゼロと仮定した時の曲げ終局耐力 $M_{u,0}$ と、中央径間の外ケーブル応力増加量から計算した中間支点部の曲げ終局耐力を縦実線で示す。2章で述べたように、中間支点の曲げ耐力は、中間支点横桁で外ケーブルを定着するFix γ の方が不利となる。

d. 耐力 線形解析による作用モーメントと、 $M_{u,0}$ から判断できる破壊は、側径間で $\gamma=1.54$ 時であるが、非線形解析では、モーメント再分配、外ケーブル応力増加の影響を受けて、 $\gamma=1.9$ を越えた時点での中間支点・中央径間側での破壊となる。また、中間支点・中央径間側の曲げ終局耐力は、Slide γ ($M_{u,slide}$)と比べてFix γ ($M_{u,fix}$)の方が低いのであるが、一方、中間支点断面の作用モーメントはFix γ の方が小さく（モーメント再分配率が小さく）、結局、耐力 γ_u （破壊時の荷重係数）はFix γ の方が上回る。

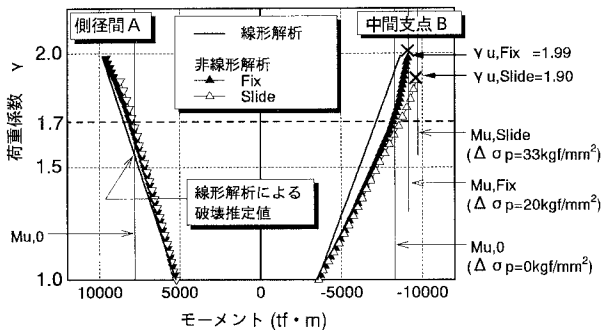


図3 荷重係数とモーメントの関係

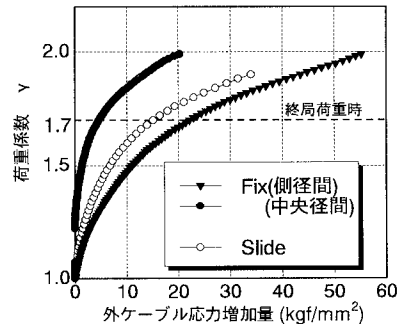


図4 荷重係数と外ケーブル応力増加の関係

4. あとがき

従来、終局荷重時の照査は断面毎に行われてきたが、主抵抗材であるP C鋼材が断面の外に存在し、定着位置および偏向部のみから主桁に力が伝達される外ケーブル構造においては、これらの構造的特性を十分に把握した終局荷重時の検討が必要である。本研究では、さらに多種多様にわたる試設計モデルを準備し、外ケーブル構造の合理的な終局荷重時照査方法を提案する予定である。

5. 参考文献

- 1) 川田, 沼田, 高津, 柄川: 外ケーブルP C橋の設計手法に関する研究、土木学会第50回年次学術講演, 1995. 9
- 2) 玉置, 新井, 板井, 山崎: 非線形解析プログラムの外ケーブル構造への適用と今後の標準化について、第5回プレストレスコンクリート技術協会シンポジウム, 1995, 10