

V-350

長大PC斜張橋の終局挙動について

(株)大林組技術研究所 正会員 大内 一

1. まえがき

スレンダーな構造部材の集合で構成されるこの種の構造物の地震終局時安全性を問題にする時、材料非線形性に加え幾何非線形性の影響が一般に無視できない。桁や主塔の破壊に対する配慮に加え、ケーブル張力やその主塔に及ぼす影響についても検討する必要がある。本論文では、500m級の試設計橋を対象に、1)耐力安全性と終局挙動に及ぼす幾何非線形性の影響、2)ケーブル張力の変動、3)橋軸直角方向水平力を受ける主塔に関するケーブルの引戻し効果を検討した。

2. 解析モデルと解析方法

図-1に示すエッジガーダタイプ一連PC斜張橋を対象に、橋軸直角方向の地震力に対するモデル1（主塔-ケーブル引戻しバネ系）と、橋軸方向の地震力に対するモデル2（主桁-主塔-ケーブル系）をそれぞれ独立に解析する。なお桁の両端部支点および主塔との取合い部

は、鉛直方向のみ支持されたスライディングタイプである。モデル1、2に対して2次元骨組構造非線形解析手法¹⁾を用い、それぞれ材料非線形のみ考慮、および材料幾何非線形考慮の2ケースを行う。桁および主塔の自重を鉛直荷重として主塔に分布載荷した後、静的置換した地震力を比例的に漸増載荷する。この地震力は、固有値解析と加速度スペクトル（道路橋示方書²⁾に定められる第3種地盤用）から求まる慣性力をモードごとに重ねあわせて求めた。すなわち各次モードの位相差をランダムに発生させ、ベースシアが最大となる瞬間の慣性力分布を用いた。モデル1のケーブル引戻しバネは、図-2に示すようにケーブル位置に合わせて分布させた。この反力バネには、それぞれの位置で橋軸直角方向変位とそれに伴うケーブル張力の同方向成分の関係より、図中に示すような硬化型の非線形特性を考慮した。ここに桁の変形や移動は無視したことから、一般には引戻し効果を過大評価する傾向にある。なおモデル2では桁は弾性を、ケーブルは全て破断荷重の30%初期緊張力を仮定した。

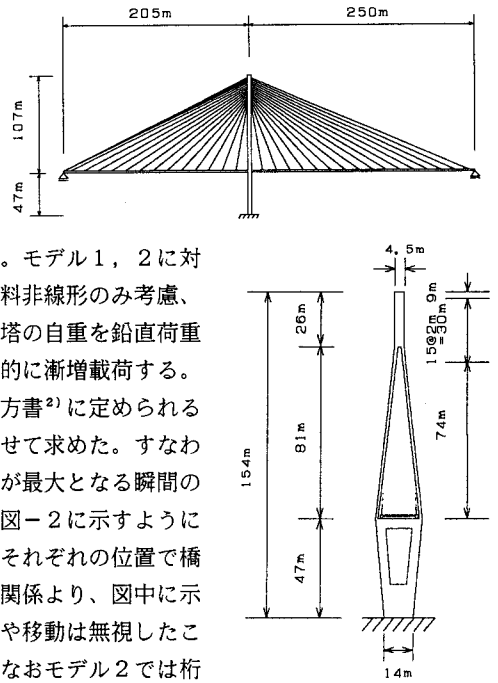


図-1 500m級PC斜張橋

3. 解析結果

3.1 橋軸直角方向-モデル1: 全水平力を設計荷重で割って無次元化した荷重(H/Ha)と主塔頂部水平変位の関係を、図-3に示す。幾何非線形性を考慮しないケース（1-1:ケーブル引戻しバネ無、1-2:同バネ有）と、考慮したケース（1-3:ケーブル引戻しバネ無で、正負繰返し載荷、1-4:同バネ有）を図中に示す。幾何非線形性の影響により耐力は15~25%低下するが、設計荷重に対し約3倍になっている。全体降伏後、変形が急増する領域で若干のケーブル引戻し効果のあることがケース1-2より分るが、幾何非線形性を考慮したケース1-4の場合には全

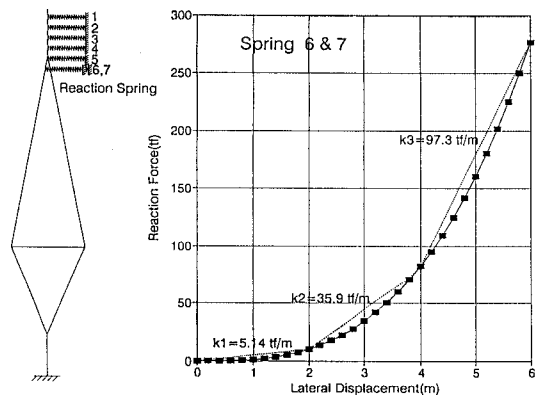


図-2 ケーブル引戻しバネと特性

体降伏直後に最大荷重に達し、引戻し効果は殆どないといえる。なおこのバネ反力の全水平力に対する割合は、高々ケース1-2で5%弱、ケース1-4で1%弱である。

3. 2 橋軸方向モデル2： 図-3と同様に定義した荷重-変位（主塔頂部）関係を図-4に示す。幾何非線形性の影響により耐力は15%低下するが、設計荷重の約3.5倍となっている。図-5には、桁端支持部鉛直反力に桁スパンをかけて求めた主塔基部回りの反力モーメント (M_s)、および主塔基部でのそれ (M_b)と荷重との関係を示す。ここに縦軸は初期形状を用いて求めた外力モーメント M_0 で割り無次元化した。主塔の塑性化に伴い M_s が増大し、最終的にはほぼ同様の割合になっている。なお両者合計の1からの隔たりは、変形に伴う外力モーメント増分に相当する。図-6には、設計荷重および最大荷重時でのケーブル張力を示す。ここに、縦軸は初期緊張応力からの変動を示した。上述のように、桁端部では鉛直反力の増大により曲げ変形が増大することもありケーブル張力の変動は大きくなるが、いずれの部分も降伏せず、緊張力の抜けることもない。

4. まとめ

500m級の試設計橋を対象に、橋軸直角および橋軸方向地震力による終局挙動を検討した。その結果、1)幾何非線形性の耐力に及ぼす影響は15~25%となるものの、設計荷重に対し約3倍以上の耐力を有すること、2)ケーブル張力の変動は桁端部で大きくなるが、降伏したり緊張力が抜けることはないこと、3)主塔の橋軸直角方向の耐力や変形に及ぼすケーブル引戻し効果は殆ど無いことが分った。今後桁の塑性化や基礎の影響、また動的応答についても検討を加える必要がある。

- 1) Ohuchi, H. et al.: Slender Reinforced Concrete Bridge Towers under Cyclic Lateral Load, J. St. Eng., ASCE, Vol. 117, No.2, Feb. 1991, pp. 325-342
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，平成2年

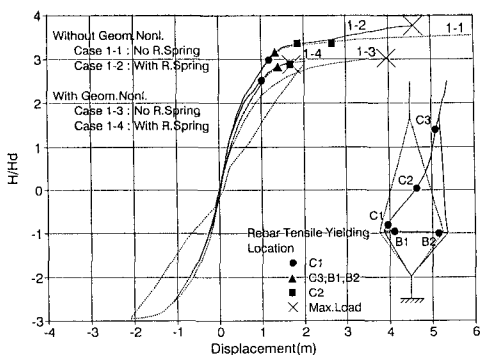


図-3 荷重-変位関係 (モデル1)

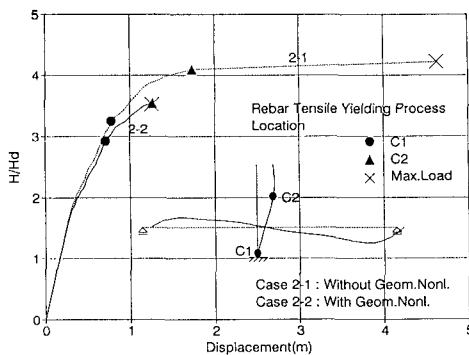


図-4 荷重-変位関係 (モデル2)

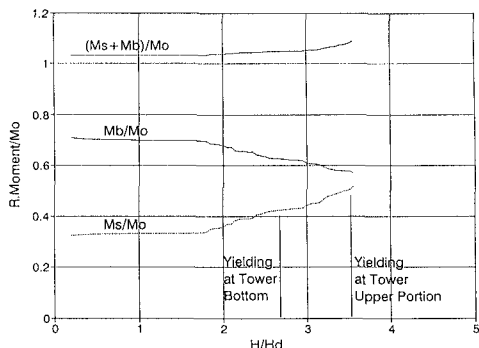


図-5 反力モーメント (幾何非線形考慮)

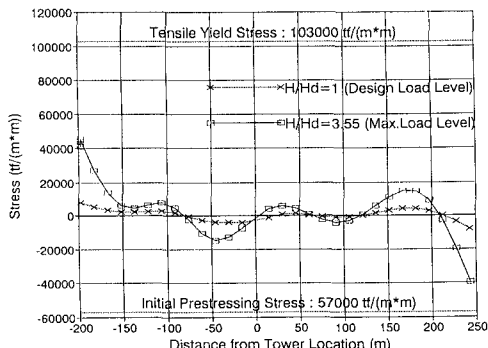


図-6 ケーブル張力