

偏載荷重を受けるRC張出式T形橋脚の非線形挙動解析

九州大学工学部 学生員 長 澤 達 朗

九州大学工学部 正会員 John Bolander Jr.

構造物技術センター 正会員 佐 竹 正 行

九州大学工学部 正会員 彦 坂 熙

1. 緒 言

市街地の平面道路と高架式自動車専用道路からなる複断面道路構造においては、高架部橋脚位置の制限から、平面道路部中央帯に柱を設けたRC張出式T形橋脚が多く採用される。このとき、図-1(a)のように高架部上部工（完成時4車線）の片側2車線のみを暫定施工・供用するケースがあるが、このような偏載荷重を受けるT形橋脚の柱-梁節点部の設計法は未だ確立されていない。特に、同節点部コンクリートの引張応力に対する斜め補強鉄筋の要否は、鉄筋の組立と配筋、コンクリートの打設等の施工性に大きな影響を及ぼす。この問題の解明のために行った、T形橋脚の終局限界状態に至る非線形挙動の解析結果を報告する。

2. T形および逆L形橋脚の2次元応力分布

本題の偏載T形橋脚から未載荷の片側張出梁を取り去った図-1(b)の逆L形ラーメン隅角部に関しては、節点曲げモーメントMにより対角線方向の断面に生じる最大斜引張応力 $\sigma_{t, \max}$ の近似算定式が次のように与えられており、この値が許容応力を越えれば、補強鉄筋が配置される¹⁾。

$$\sigma_{t, \max} = \frac{5M}{R^2W} \quad (1)$$

ここに、R=隅角部対角線長、W=隅角部奥行。

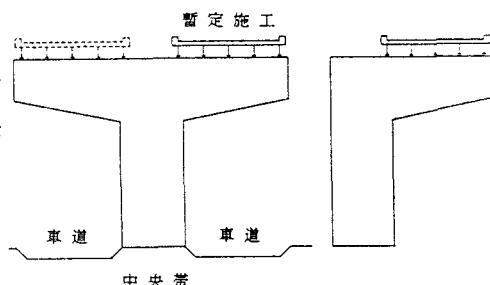


図-1 (a) T形橋脚 (b) 逆L形橋脚

T形橋脚節点部と逆L形橋脚隅角部の応力分布を比較するため、まず鉄筋を無視し等方性2次元弾性FEM解析を行った。橋脚の原寸モデルに対し暫定設計荷重（橋脚自重+上部工死荷重+活荷重+衝撃）を載荷した場合の、T形および逆L形橋脚の最大主応力等高線を図-2に示す。式(1)から算定されるT形橋脚節点部の最大斜引張応力 $\sigma_{t, \max} = 23 \text{ kg/cm}^2$ に対し、FEM解析値は 14 kg/cm^2 で、何れも許容引張応力を上回る。逆L形橋脚隅角部の斜引張応力のFEM解はT形橋脚より大きく 18 kg/cm^2 となる。

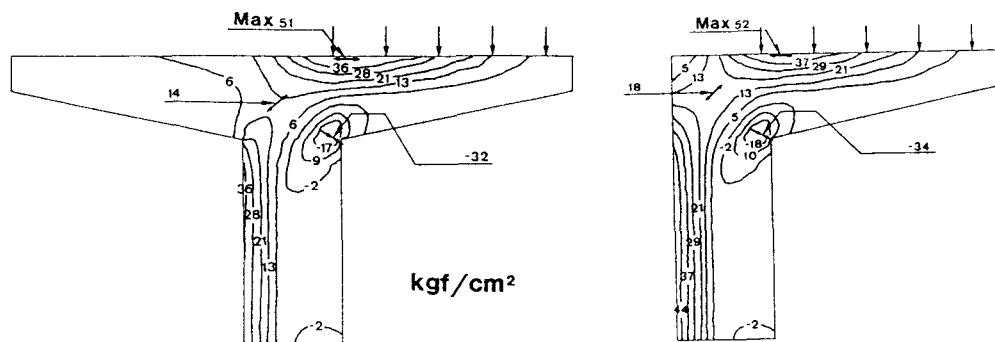


図-2 最大主応力の等高線

3. 有限要素法による偏載T形橋脚の非線形挙動解析

T形橋脚の柱-梁節点部における斜め補強鉄筋の有無が、偏載荷重に対する橋脚の非線形挙動と終局強度に及ぼす影響を調べるため、2次元有限要素法²⁾による解析を行った。解析する橋脚の設計は道路橋示方書に基づいて行い、斜め補強鉄筋のないものをモデル1、式(1)を用いて斜め補強鉄筋を配置したものをモデル2と呼ぶ。解析に用いた材料特性は次の通りである。

コンクリート：圧縮強度 $\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$ ，引張強度 $f_t'=24 \text{ kg/cm}^2$ ，ヤング係数 $E_c=2.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
鉄筋：降伏応力 $\sigma_{sy}=3000 \text{ kg/cm}^2$ （SD 30A）， 3500 kg/cm^2 （SD 35）

本解析で考慮した材料非線形性は、①2軸応力下のコンクリートの非線形挙動、②コンクリートの引張ひびわれ、③鉄筋の非線形挙動、の3つである。コンクリートの引張については、最大主引張応力が f_t' を越えると、主応力方向に直交するひびわれが生じるものとし、分布ひびわれ (smeared crack) モデルを採用した。圧縮コンクリートは初期降伏まで線形で、その後は等方硬化則による加工硬化塑性の増分理論を用いる。初期降伏曲線と後続する載荷曲線とはKupferら³⁾の2軸圧縮試験による破壊曲線に基づいて設定した。橋脚梁部と柱部の主鉄筋にはすべて離散棒要素を用い、その他の鉄筋は分散された異方性の固体層としてモデル化した。鉄筋とコンクリートの付着は、完全であるものとした。

橋脚に作用する上部工反力の設計値R（死荷重+活荷重+衝撃）に荷重係数 λ を乗じ、 λ を増加させる比例載荷を行った。荷重係数 $\lambda=1$ に対する両モデルのひびわれパターンを図-3に示す。図中の細線は、4節点四辺形要素の剛性を求めるのに用いた 2×2 の4点Gauss積分点におけるひびわれひずみの大きさと方向を表す。モデル1では柱-梁節点部対角線上にひびわれひずみが生じているのに対し、斜め補強鉄筋を配したモデル2の同位置にはまだひびわれひずみが見られない。しかし、両モデルともに $\lambda=2.8$ で柱コンクリートの圧壊により崩壊し、斜め補強鉄筋の有無は本橋脚の終局強度に影響しない結果となった。このときのモデル2の変形、ひびわれパターン、コンクリート圧壊箇所を図-4に示す。

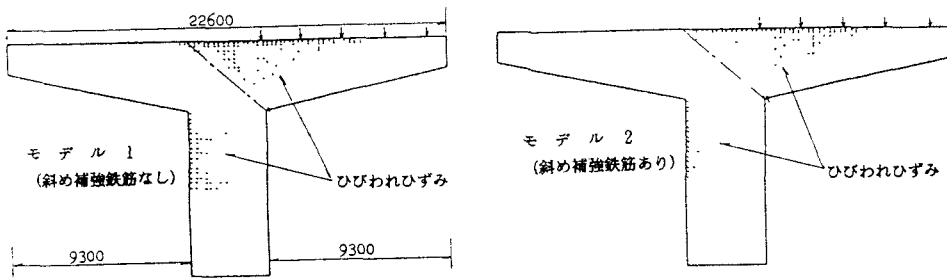


図-3 ひびわれパターン ($\lambda=1$)

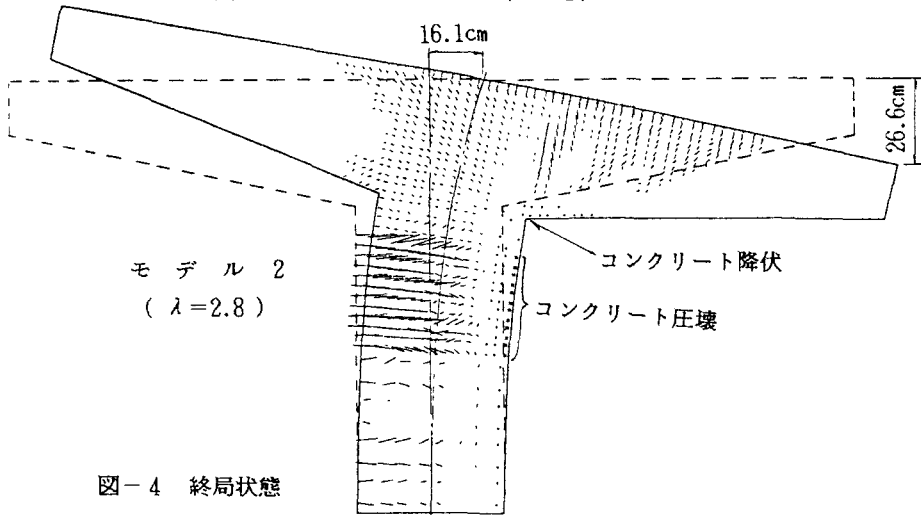


図-4 終局状態

〔参考文献〕1) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅲ、コンクリート橋編，平成3年

2) Bolander J. et al.: Report No. UMCE 89-2, Dept. Civil Eng., The Univ. of Michigan, Jan. 1989

3) Kupfer H.R. et al.: ACI Journal, Vol. 66, No. 8, Aug. 1969.