

九州大学工学部 ○正員 今井 富士夫

〃 正員 太田 俊昭

千葉県庁 正員 森 望

1. まえがき 並列曲線工桁橋では、橋全体のねじり剛性を高めるために横構が設けられている。この場合横構は、曲線主桁の曲率の影響のため、直線橋の場合とは異なり一次部材として取り扱う必要がある。^{1,2)}

尾下³⁾は、並列曲線工桁橋の横構部材力を曲げ部材に置換することにより横構を格子桁の構成部材として弾性論的に扱うことを可能とした。本研究では、曲線桁橋の塑性挙動の解明を目的としたものであり、解析法は変位法に塑性ヒンジ理論を併用したものを用いている。そこでここでは、尾下の手法を本理論に適用して横構を考慮した並列曲線工桁橋の塑性力学特性を明らかにする。なお、本解析における横構の降伏については、その軸方向力が座屈もしくは降伏軸力に達した後の剛性は保存しないものと仮定した。

2. 曲線部材の降伏条件 従来の曲線部材の降伏条件としては、式(1)に示すような曲げモーメント M とねじりモーメント T からなるものが用いられてきた。

$$m^2 + t^2 = 1 \quad (1) \quad \text{ここに、} m = M / M_p, \quad t = T / T_p \text{ であり、} M_p, T_p \text{ はそれぞれ}$$

完全塑性曲げモーメント、完全塑性ねじりモーメントである。しかしながら、中井らの曲線工桁の曲げ実験に関する研究⁴⁾でも明らかのように曲げねじりモーメントの影響の大きな曲線工桁において相関曲線に曲げねじりモーメントの影響は無視しえない。このことは、着者らの別に行った単一曲線桁の破壊実験⁵⁾にても明らかにされた。そこで、ここでは、曲げねじりモーメントの影響も考慮した降伏条件を提案する。

$$m^2 + t^2 + |m_w| \sqrt{1 - t^2} = 1 \quad (2) \quad \text{ここに、} m_w = M_w / M_{wp}, \quad M_w \text{ は曲げね}$$

じりモーメント、 M_{wp} は完全塑性曲げねじりモーメントである。式(2)は、J. Hayman⁶⁾が理想形箱形断面の降伏間数を誘導する際に用いたウェブ応力の曲げモーメント w の影響を無視した仮定を用いて単純化したものである。

3. 解析モデル 解析は、図-1に示すような2例について行った。横構・ストラットを含むものをLBモデル、含まないものをNBモデルとする。支承条件としては、ねじり変形と鉛直変形については拘束し、曲げおよびそり変形に対しては自由とした。また、断面諸元は、建築学会の塑性設計指針より算出されたものを通常の曲線桁の各桁の断面比に適用して定めた。すなわち、各々の断面性状は、

$$\text{主桁: } T_p / M_p = 0.012, \quad EI / GJ = 5.0 \times 10^3$$

$$M_{wp} / M_p = 0.06 \text{ (m)}, \quad \sqrt{GJ / EC_w} = 0.16 \text{ (m)}^2$$

$$\text{横桁: } T_p / M_p = 0.012, \quad EI / GJ = 5.0 \times 10^3$$

また、主桁に対する横桁・横構・ストラットの比は、

$$\text{横桁: } M_{pt} / M_p = 0.4, \quad (EI)_t / (EI)_s = 0.4$$

$$\text{横構: } M_{pt} / M_{ps} = 0.16, \quad (EI)_s / (EI)_g = 0.13$$

$$\text{ストラット: } M_{ps} / M_{ps} = 0.08, \quad (EI)_s / (EI)_g = 0.065$$

ここに、添字 t, s, g は、各々主桁、横桁、横構、ストラットを意味する。載荷は、外耳主桁(G-1桁)

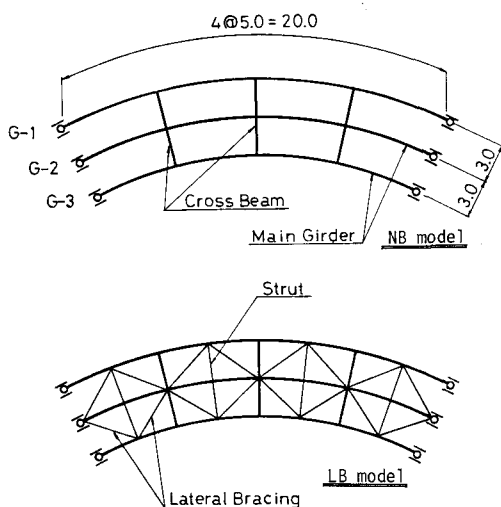


図-1 解析モデル

のスパン中央に鉛直集中荷重を加えた。なお、主桁は、全主桁とも同一のものとした。

4. 解析結果および考察 図-1の2つのモデルに対して式(1)と(2)の2つの降伏関数を用いて計算を行った。以下、式(1)による解をN四解、式(2)によるものをC四解と称す。

(1) 崩壊メカニズム NBの崩壊メカニズムは、降伏関数に関わりなく図-2に示すような形式となった。NWとCWの解の両者がほぼ一致するのは、塑性ヒンジ発生点においてねじりモーメントが支配的であるため、C四解の式(2)において $\sqrt{1-\psi^2} \approx 0$ となり M_u の影響が微少になるためと考えられる。次に、LBの崩壊メカニズムは、横構も降伏するような複雑な形式となり、その一例を図-3(a)に示す。その発生順序に着目すると、N四解の曲線橋の中心角 $\Phi \approx 20^\circ$ とC四解では主桁のメカニズム形成後に横構の降伏が発生しているが、N四解の $\Phi < 20^\circ$ では、主桁のメカニズム形成過程においても内・外側の端部の横構と外側中央部横構が降伏する。ここでは、図-3(b)に示すメカニズム(主桁と横構のメカニズムによって崩壊する)を崩壊-1、図-3(a)に示すもの(横構の降伏を伴うもの)を崩壊-2と規定して以後考察を行うことにする。

(2) 終局耐力および終局時変形 図-4および図-5は、並列曲線工桁橋の終局耐力 $\bar{P}_u$ および終局時の外耳桁の中央点の鉛直変位 $\bar{\Delta}u$ と中心角 Φ の関係を示したものである。 $\bar{P}_u$ および $\bar{\Delta}u$ は載荷桁(外耳桁)と同一端を有する直線桁の解との比で表わされている。図中、LBモデルの $\bar{P}_u$ と $\bar{\Delta}u$ の添字1, 2は崩壊-1, 2を示す。

LBモデルの $\bar{P}_u$ は、崩壊-1でもNBモデルの $\bar{P}_u$ の2倍以上となり、横構・ストラットが曲線桁の耐力に大きく寄与していることがわかる。反面、LBモデルの $\bar{\Delta}u$ も終局耐力との相関からNBモデルの $\bar{\Delta}u$ よりも小さくなる。LBモデルの降伏関数についてみると、 $\bar{P}_{u1}$ 、 $\bar{P}_{u2}$ とともに降伏に曲げねじりモーメントが影響するC四解がN四解より小さくなっている。ところが、

終局時の変形では、 $\bar{\Delta}u_1$ は $\bar{P}_u$ の関係と同様にC四解がN四解より小さくなる。一方 $\bar{\Delta}u_2$ は、中心角 30° 以下ではむしろC四解が大きくなる。これは、 $\bar{P}_{u1}$ と $\bar{P}_{u2}$ の差、すなわち主桁のメカニズム形成から崩壊までの降伏横構本数の差によるものである。

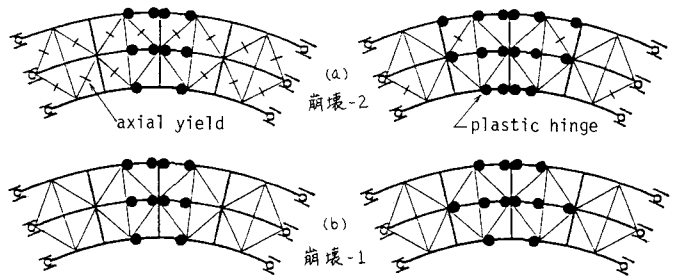
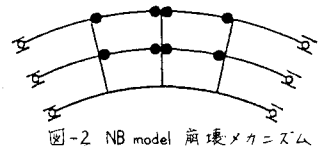


図-3 LB model 崩壊メカニズム

〔参考文献〕

- 1) 尾下; 土木学会論文報告集, 第324号, 1983
- 2) 長谷部他; 土木学会第38回年次講演会1, 1983
- 3) 中井他; 土木学会論文報告集, 第340号, 1983
- 4) 張之内; 九州大学工学部卒業論文, 1983
- 5) Hayman, J.; J. Appl. Mech. Vol. 18, 1951

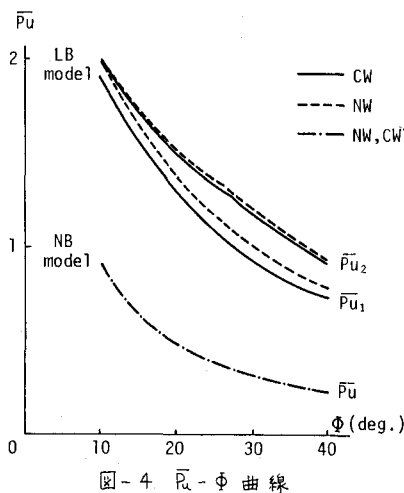


図-4 $\bar{P}_u - \Phi$ 曲線

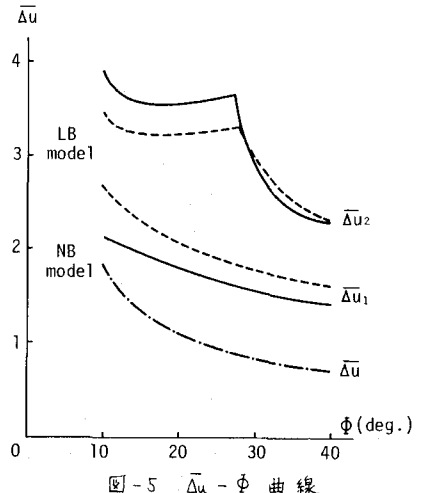


図-5 $\bar{\Delta}u - \Phi$ 曲線