

大阪大学工学部 正員 梶川靖治
大阪大学工学部 正員 前田幸雄

1. まえがき 連続合成げたの中間支点上付近にすれ止めを配置しない、いわゆる断続合成げたは、筆者らのすれを考慮した弾性数値解析結果¹⁾から、負モーメント域の床版引張応力の低減に対して極めて有効な構造形式であることが確かめられた。しかし、すれ止めを配置する合成部と配置しない非合成部の境界付近には水平せん断力の集中現象がみられ、これは弾性解析では十分解明できず、すれ止めの荷重-すれ関係における非線形性を考慮する必要があることがわかった。さらに、合成げたの弾塑性曲げ性状は従来より内外において種々の解析法により調べられているが、断続合成げたを対象としたものはないようである。そこで、本研究では従来の方法¹⁾を拡張した数値解析法により、断続合成げたの弾塑性曲げ性状・耐力などについて調べることとした。

2. 解析方法 解析上の主な仮定は、(i) ひずみは床版および鋼げた内でそれぞれ平面保持する、(ii) 床版と鋼げたとの曲率は等しい、(iii) 鋼およびコンクリートの応力-ひずみ関係は完全弾塑性体とする、(iv) すれ止め(スタッド)の荷重-すれ関係は図-3のように三つの折線で近似する、(v) コンクリートの引張応力は無視し、負モーメント域では床版内軸方向鉄筋と鋼げたとを合わせた鋼断面とする、などである。解析方法の概要は次のとおりである。けたを橋軸方向に n 等分割し、すれ止めは各分割点に集中させ、各分割区間内ではひずみ一定とする。そこで、図-1より各区間のすれ s とひずみ ϵ との関係は

$$s_i - s_{i-1} = \int_{d_i}^{d_{i+1}} (\epsilon_{su} - \epsilon_{cu}) dx \quad (1)$$

$$s_i = \frac{N_{i+1} - N_i}{K_j} \quad (2)$$

ここに、 K_j : すれ常数 ($j=1, 2, 3$) (図-3参照)、 N : 軸力

(2)式を(1)式に代入すると軸力を未知数とする n 元連立方程式が得られる。

部材がすべて弾性範囲内にある場合には、Newmark's によって導かれた微分方程式の差分表示形と一致する。しかし、荷重増分により部材の一部が弾性範囲を超えた場合、各断面について、軸力を仮定することにより(2)式の K_j の値が定まり、また外力モーメントとの釣り合いを満足すひずみ分布を決定することができ、(1)式の右辺が計算できる。したがって、連立方程式を解くことにより軸力が求まり、この値がもとの仮定した値と等しくなるまで、適当に仮定軸力を修正しながら収束計算を行う。このとき、さらに塑性域の広がりとともにモーメント分布が変化するため、不静定力も逐次修正を行う。

3. 計算例 図-2に示す断面を有する2径間連続げた(片側反間長 7.5m)について、荷重状態、すれ止め配置を種々変化させ、けたの弾塑性曲げ性状・曲げ耐力およびすれ止めの挙動などを調べることにした。ここでは、荷重状態として(i)対称2点集中荷重で中間支点上断面が先に最終モーメントに到達する場合(ケースCN)と(ii)合成・非合成境界部における水平せん断力の集中がほぼ最大となる位置に片側1点集中荷重が作用する場合(ケースCQ)の2つを考え、スタッドの配置は右荷重状態に対し図-4および図-6中に示すように(単位長さ当たりのすれ止め密度で示す)計5種類に変化させた。なお、スタッドの荷重-すれ関係は図-3に示す。

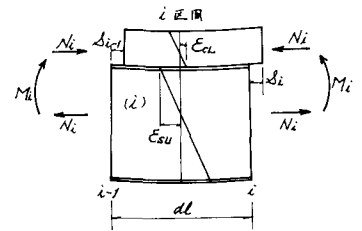


図-1 解析モデル

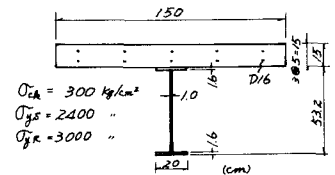


図-2 計算断面

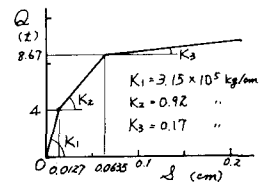


図-3 スタッドすれ常数

図-4はケースCNにおける中間反点上断面のM-φ関係を示す。図中ケースCNOとはスタッド全長配置であり、CN3Rとは非合成区間長を負モーメント域の長さ(300cm)の30%とした場合であり、CN5Rとは同じく50%とした場合で、それぞれ水平せん断力の集中に対し境界部のずれ止め補強を行っている。図より、非合成区間長が大になるにつれて、同一モーメントに対する曲率の値が大きくなり、特に断面の一部が塑性域に入るとその差がひじょうに大きくなることがわかる。また、今回の解法では曲率の値が $2 \times 10^{-4} \text{ rad/cm}$ 以上になると解の収束性が悪くなるため、このときのモーメントの値を一応断面の最終抵抗モーメントと考えることにした。

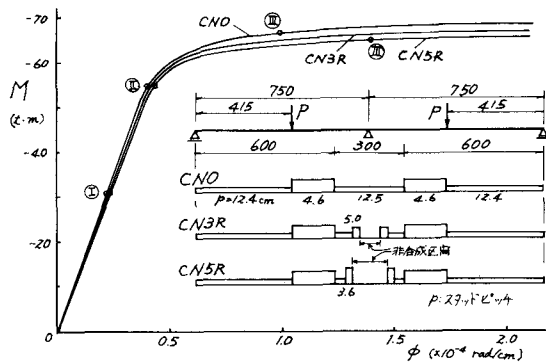


図-4 M-φ曲線

図-5はケースCNOとCN5Rにおける軸力、水平せん断力、すべりの橋軸方向分布であり、図-4中に示した①~④に相当する荷重段階について示したものである。両者はほぼ同一荷重について描いたものであるが、中間反点上の軸力に注目すると、弾性域①はどちらも、最終状態付近④でかなり大きな差のあることがわかる。これに対し、正モーメント部分(端反点より約600cmまでの部分)の性状はどの荷重段階においても両者に明瞭な差異がみられず、中間反点上で非合成とすることによる正モーメント域の弾塑性挙動への影響はほとんど無いようである。

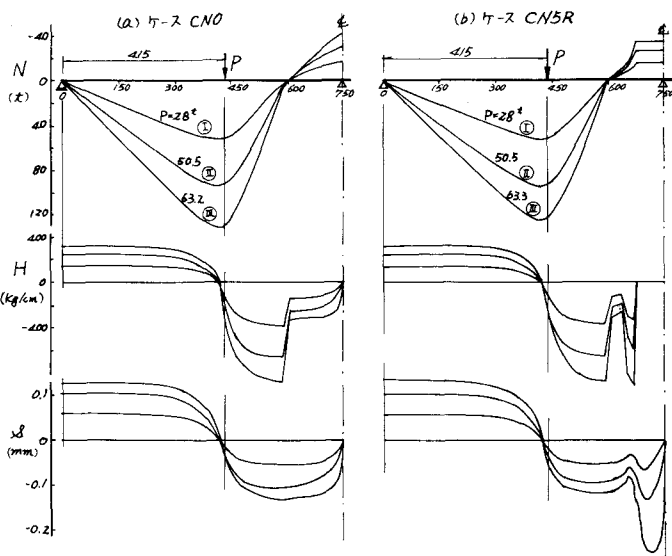


図-5 軸力、水平せん断力およびすべりの分布状況

表-1は中間反点上断面の耐荷力について、全断面塑性矩形応力分布状態を基準にし、各ケースの計算値($\phi = 2 \times 10^{-4} \text{ rad/cm}$ のときのモーメント)の比の値を示すが、非合成区間長が長くなるにつれて、耐荷力が若干低下する傾向を示している。

表-1 耐荷力の比

全断面塑性矩形応力分布	CNO	CN3R	CN5R
1.0	0.998	0.969	0.955

図-6はケースCQについて、境界部のスタッド1本当りに作用する水平せん断力Qと荷重Pとの関係を示す。CQ5とは負モーメント区間長の50%を単に非合成としたものであり、CQ5Rとは境界部に追加スタッドを配置して補強したものである。この図より、補強することによりスタッドの作用せん断力の大きさと、補強しない場合に比べて大幅に低減させることができ、最終荷重近くになって作用せん断力を相対的に抑えることができるようである。このことより、境界部付近への追加スタッドの配置は水平せん断力の集中によるスタッドの早期破壊を避けるのに極めて有効であると考えられる。

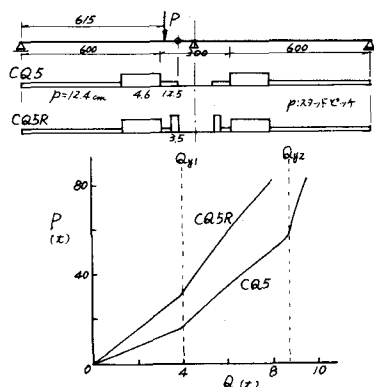


図-6 P-Q曲線