

移動荷重の反復の下での連続桁の 塑性たわみ性状

近畿大学理工学部 正員 谷平 勉
東洋技研コンサルタント(株) 黄 栄文
大阪市立大学大学院 正員 〇上林 厚志
大阪市立大学工学部 正員 園田 恵一郎

1. はじめに

本研究は連続桁が移動集中荷重を受けたときの残留(塑性)変形の一解析法を提案し、荷重の大きさと移動繰返しにより停留する残留たわみ値の関係を明らかにする。

2. 解析方法

図1に示すような n スパン連続桁を解析の対象とする。出来るだけ自由度の少ない数値解析法が有利であるので、応力法を用いることにする。 $n-1$ 次不静定であるこの連続桁は中間支点1, 2, ..., $n-1$ の反力 X_i を不静定力に取る。いま集中荷重 P が速度 c で右方へ移動するとすれば、 P の位置は $\xi = c \cdot t$ (t : 時間)で、

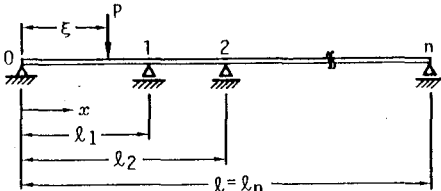


図1 n スパン連続桁

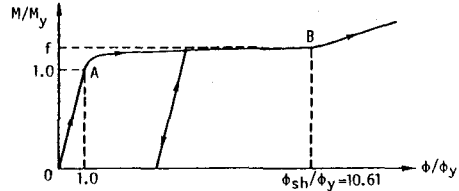


図2 解析に用いた $M-\phi$ 曲線

曲げモーメントの速度は以下のように表される。

$$\dot{M}_x = dM_x/dt = c dM_x/d\xi \quad \text{ここに、} \dot{X}_i = dX_i/dt.$$

一方、曲げモーメント増分と曲率増分の一般的な関係は

$$d\phi x = C(M_x, \phi x) dM_x$$

桁全体の補仕事の増分は

$$dW = \int_0^l \frac{d\phi x \cdot dM_x}{2} dx$$

一方、最小補仕事の定理より

$$\partial(dW)/\partial(dX_i) = 0$$

この連立1次方程式を解いて荷重の移動による中間支点反力の増分がえられる。連立1次方程式の係数は構成係数 $C(M_x, \phi x)$ を含む関数の積分で与えられる。荷重の移動に連れて一つの桁断面では荷重と除荷が繰り返されるので、 $C(M_x, \phi x)$ は荷重の位置と移動方向にも影響され複雑に変化する。ここでは荷重曲線の勾配を $k(\phi x)$ とし、除荷時は弾性剛性に等しいとする。すなわち、

$$\text{負荷時}(M_x \cdot d\phi x \geq 0) \text{では} \quad C(M_x, \phi x) = 1/k(\phi x)$$

$$\text{除荷時}(M_x \cdot d\phi x < 0) \text{または再負荷時では、} C(M_x, \phi x) = 1/EI.$$

増分計算は、図3に示すフローチャートしたがって実行する。

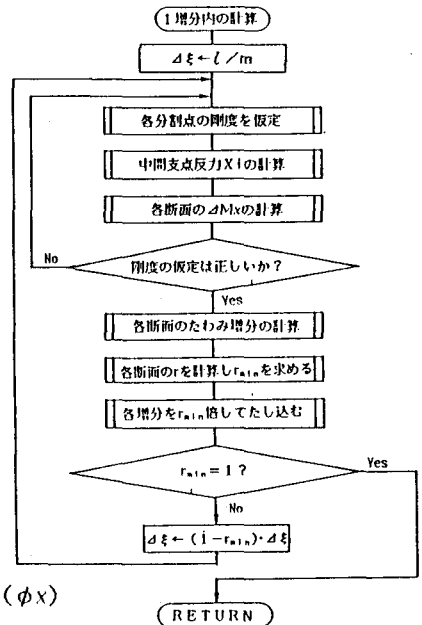


図3 数値計算のフローチャート

Tsutomu TANIHIRA, Rong-Wen HWANG, Atsushi KAMBAYASHI and Keiichiro SONODA

3. 二径間連続桁の塑性たわみ性状

連続桁の塑性たわみ性状と荷重特性の関係を調べるために、全塑性モーメントに到達した後も十分に塑性回転能を持つ理想断面における移動荷重による残留変形の計算結果を示す。対象断面はH300×144×8×6とした。平面保持の仮定により計算したM- ϕ 曲線を図2に示すが、形状係数 $f = M_p / M_y = 1.13$ 、降伏曲率に対するひずみ硬化発生曲率の比(ϕ_{sh} / ϕ_y)は10.61になっている。ここでの解析では、M- ϕ 曲線の曲線部分を r 等分の折線近似し、 $r = 2, 5, 10, 20, 50, 100$ とした時の計算でたわみの収束値を得た

$r = 100$ を以降の計算に用いた。また、荷重の移動の増分間隔 $\Delta \xi = \ell / m$ (ℓ は桁の全長)については、 $m = 20, 40, 60, 80$ として計算した結果、 $m = 40$ で十分な収束値を得たので、以降の計算では $m = 40$ とした。固定荷重としては等分布荷重を用いた。移動荷重は単一集中荷重が左端 $i = 0$ から右端 $i = 40$ までの移動を1サイクルとし、以後、同じ方向に反復させた。荷重特性の影響を検討するために、第1径間および第2径間の一定点に集中荷重を交互に載荷・除荷を繰り返す場合(これを定点繰返し荷重と呼ぶ)の計算も行なった。定点の位置は単一集中荷重による最小崩壊荷重を生じさせる位置、 $(\sqrt{2}-1)\ell/2 = 0.201\ell$ に最も近い点 $i = 8$ およびその中間支点に関する対称点 $i = 32$ とした。その手順は図4に示すように $i = 8$ で載荷、除荷、 $i = 32$ で載荷、除荷を1サイクルとした。

残留たわみ曲線を図5に示す。この場合、第2径間より第1径間の残留たわみの方が大きく、移動荷重の場合は定点繰返し荷重より約4倍ほど大きいという結果を得た。このことは定点繰返し荷重では塑性域は載荷点と中間支点上に集中するが、移動荷重の場合は、載荷点の移動につれて塑性域が、より広い範囲にまたがるためと思われる。

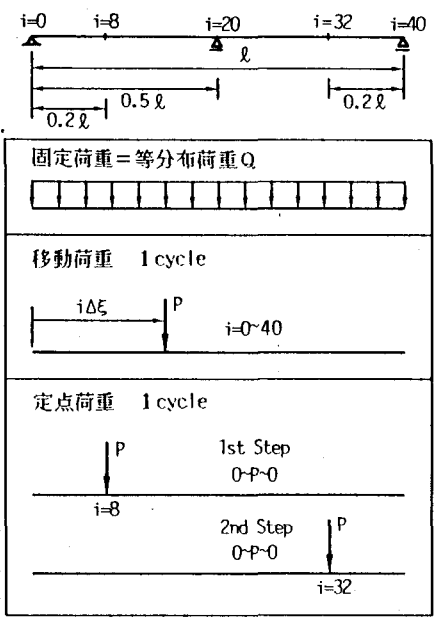


図4 移動荷重と定点繰返し荷重

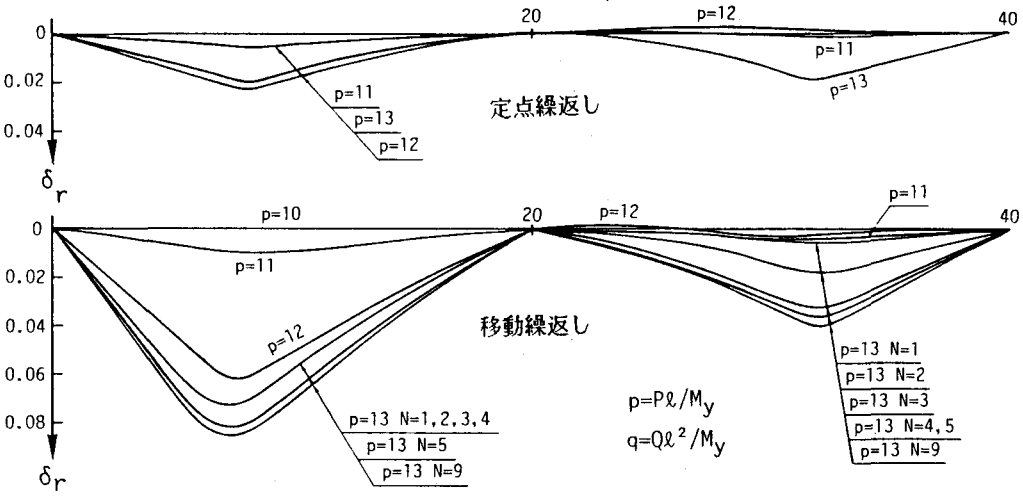


図5 残留たわみ曲線の比較 ($q = 0$ の場合)