

信州大学工学部

正員

吉田

俊弥

同上

同上

長

尚

同上

○ 堀松

正芳

1. まえがき 静荷重をうける連続ばり(同一スパン内は等断面)の最適設計の問題を, A. C. Palmerは Dynamic Programming (動的計画法, DP) の手法を応用して扱っている. 本文はこの Palmer の研究を拡張して, さらに変断面および移動荷重を考慮に入れた計算法と若干の計算例について記したものである. Palmer の研究は, 単純塑性理論に立脚した最適設計で, 採用し得る断面が幾種か与えられた問題を対象としている. すなわちあらかじめ設計条件として, 塑性モーメントおよびそれに対応する費用が離散的数値として与えられる. したがってこの研究は, これらの断面をうまく組み合わせ, 与えられた荷重に耐え, かつ費用が最少のものを找出すことに帰せられる. 一般に考えられる組み合わせの数は非常に大きい. そこで不必要な組み合わせを省略して, 能率よく最適解を得るために, R. Bellman の提唱した最適性の原理に基づく DP を利用している.

何らかの方法で N スパン目の左右支束の曲げモーメント

m_{r-1} , m_r が分れば, 図-1 の状態におけるこのスパンの最大曲げモーメントは決められる. したがってこのスパンに採用する塑性モーメントとこれに対応する費用を決定できる.

さて, m_r に対応する m_{r-1} のうち, それまでのスパンの費用が最小になる m_{r-1} の値とその費用 $C_{r-1}(m_{r-1})$ を, N スパンから順次求めておけば, 当該スパンの費用 $C_r(m_r)$ を示す最適性の原理の式から最適解を見つけることができる.

$$C_r(m_r) = \min_{m_{r-1}} [g_r(m_{r-1}, m_r) + C_{r-1}(m_{r-1})] \quad \text{---(1)}$$

ここに $g_r(m_{r-1}, m_r)$ は当該スパンの費用である.

2. 変断面の扱い方. N スパンを N_r 個の区間に分割し, その一つの分割区間内では等断面として扱う(図-2). 任意分割 N_r 区間の費用は, その区間の最大曲げモーメントに支配される. この最大曲げモーメントは左右支束の曲げモーメントと荷重 P_r , w_r によって決まるから, その費用を $f_{rs}(m_{r-1}, m_r)$ で表わせば, 式(1)に相当する最適性の原理の式は次のようになる.

$$C_r(m_r) = \min_{m_{r-1}} \left[\sum_{s=1}^{N_r} f_{rs}(m_{r-1}, m_r) + C_{r-1}(m_{r-1}) \right] \quad \text{---(2)}$$

3. 移動荷重の扱い方. 移動荷重の載荷点下の曲げモーメントの包絡線(静的に等分布荷重に換算して考えることができる)と, 左右支束の曲げモーメントと死荷重から決まる線の絶対値の大きい方で各点の最大曲げモーメントは決まる(図-3の実線). 最大曲げモーメントが求まれば最適性の原理の式は式(2)がそのまま適用できる.

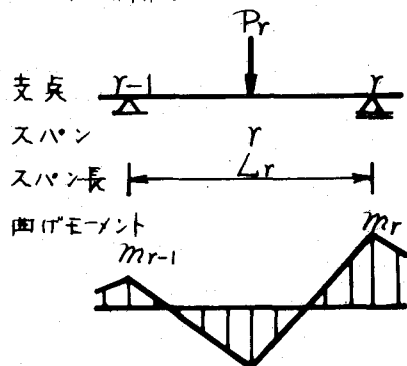


図-1

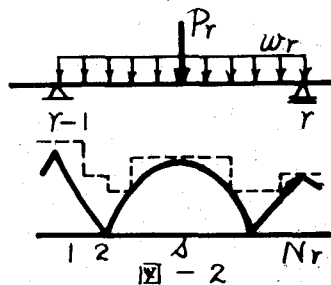


図-2

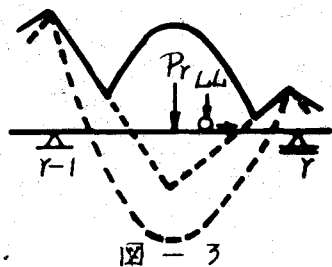
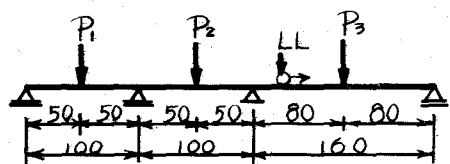


図-3

十. 計算例 ここでは Palmer の扱った計算例 (図-4) において、変断面と移動荷重を考慮して計算し、その結果を示す。

(1) 両端単純支持で、各スパンを4分割した場合

図-4において、 $P_1=P_3=3$, $P_2=5$, $LL=0$ とする。最適設計時の曲げモーメント分布と、採用した塑性モーメントを図-5に示す。なお図中の実線は各スパン等断面のときの塑性モーメントを示す。図-8に $Cr(m_r)$ を示す。



断面	塑性モーメント	単位長当費用
1	50	0.30
2	60	0.32
3	70	0.36
4	80	0.41
5	100	0.50
6	150	0.70

図-4

(2) 両端が固定で、各スパンを10分割した場合

荷重条件は(1)と同じ。図-6に最適設計時の曲げモーメント分布と採用した塑性モーメントを、図-8に $Cr(m_r)$ を示す。(3) 両端が単純支持で、各スパンを10分割し、移動荷重を考慮した場合。図-4において、 $P_1=P_3=1.5$,



図-5

$P_2=3.5$, $LL=1.5$ とする。これは各スパンの中央突の最大荷重を(1),(2)と同じにすることから決めた。図-7に最適設計時の最大曲げモーメント分布と、採用する塑性モーメントを、図-8に $Cr(m_r)$ を示す。

5. 考察 分割数を増すと、図-8に見られるように、費用は下がり、かつ m_r の変化により、費用は余り影響を受けなくなる。このことは最適時の曲げモーメント分布の推定に多少正確さを欠いても、結果はかぎり正確なものを得られることを意味している。しに、最大曲げモーメントの分布が全体的に正負にわたってバランスのとれるように図上で調整し、これに対して塑性モーメントを割り



図-6

当てることで、費用上十分精度の良い結果が得られるものと思われる。



図-7

6. あとがき 上述の方法で、荷重として静荷重のかみならず、移動荷重が作用し、かつ断面に変化する連続ばりの最適設計が可能となり、さらに近似的には極く簡単に最適解が得られることも分った。ただし分割数を増すと、製作および溶接の費用との関係がある。この点に関してには目下検討中である。また Horne が固定ばりに移動荷重が載った場合に関して用いている考え方を取り入れると、さらに少し費用の節約が考えられるが、彼の考え方をそのまま連続ばりに拡張するには困難があると思われるので、この点についても検討中である。

参考文献 1) A.C. Palmer: Optimal Structure Design of Dynamic Programming, ASCE Aug 1968, 2) M.R. Horne: Determination of the shape of fixed-end beams for Maximum Economy According to the plastic theory, Preliminary publication, and Final Report, IABSE, 11th congress, Cambridge and London (1953).

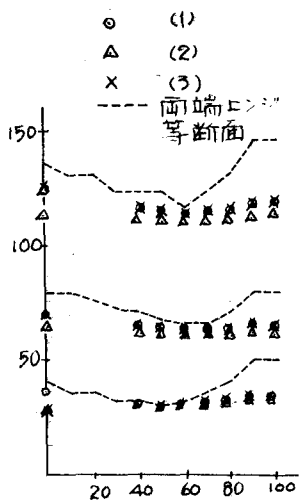


図-8