

徳島大学工学部 正会員 〇 成行 義文
 徳島大学工業短期大学部 正会員 平尾 繁
 徳島大学工学部 正会員 児嶋 弘行

1. まえがき

繰返し荷重をうける構造物の変形硬化荷重等に関する研究は、かなり以前よりなされ、すでに解析および実験の両面にわたり数多くの研究成果が報告されている。しかし、それらの解析のほとんどは、塑性域の広がりを塑性関節に集約した単純塑性理論にもとづくものであり、幾何的あるいは材料の非線形性等はあまり考慮されていない。それゆえ、既往の解析では、骨組の変形硬化荷重を過大に、また、残留変形を過小に評価し、危険側の結果を算定する恐れがあるものと思われる。著者らも、このような欠点を是正するために、文献4),5)において、簡単な平面骨組を対象とし、前述のような非線形性を考慮した解析を行ない、変形硬化現象等をより正確に把握するとともに、解析に含まれる種々の非線形要素が、変形硬化荷重等に及ぼす影響についても若干の検討を加えている。しかし、これらの一連の解析は、ほとんど荷重が一定点に繰返し作用する場合に対する検討であり、一般の橋構造物に作用するような繰返し移動荷重に対するものではない。本研究では、特に、この点に留意し、文献5)の複合非線形解析プログラムを移動荷重をうける場合にも適用し得るように拡張し、それを用いて、移動荷重をうける2スパン連続ばりの変形硬化(たわみ安定)現象等を解析的に把握することを試みている。

2. 非線形要素

本研究で考慮した非線形要素を列挙しておけば、幾何的非線形要素として、1 座標変換行列の修正、2 軸力による2次的な曲げ、3 部材回転に伴う2次的な軸方向変形、4 部材の湾曲に伴う2次的な軸方向変形、5 2次的な部材回転角、材料の非線形要素として、6 塑性域の広がり、7 曲げと軸力との降伏相関関係、8 ひずみ硬化、9 残留応力 である。なお、以後では、表現を簡潔にするため、例えば、すべての幾何的非線形要素(1~5.)と塑性域の広がり(6.)を考慮した解析を前述の番号を用いて case 1~56 のように表わすものとする。また、単純塑性理論による(理想化した断面力-断面変形関係を用いた)解析は、case 0 として表わす。

3. 応力(σ)-ひずみ(ε)履歴関係

本研究で用いたσ-ε履歴関係は、図-1 のようである。ここで、 σ_y , E_y , および、 E は、降伏応力、降伏ひずみ、および、弾性係数と表わし、 σ_p , E_h , E_p , および、 E_s は、それぞれ、最大応力、硬化開始ひずみ、硬化終了ひずみ、および、硬化弾性係数を表わす。

4. 解析結果

幾何的ならびに材料の両非線形性を考慮した変形法の基本式を用いて、図-2 に示すような移動荷重をうける2スパン連続ばり(断面形状、断面分割数 n 、ならびに、部材分割方法、載荷方法等は同図のとおりである)の解析を行なった。ここでは、その二・三の例を簡単に示す。

図-3 は、移動荷重 $P = 23t$ が、図中の表に示すよう

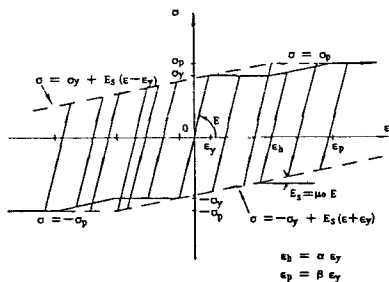


図 - 1

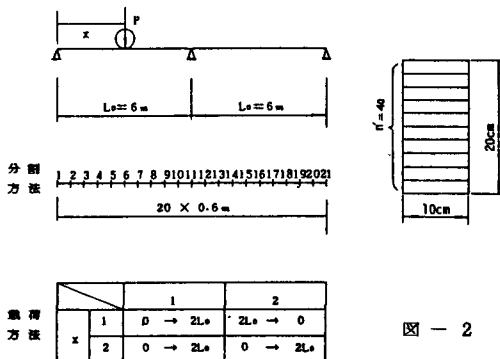


図 - 2

に、はり上を2回往復する場合についてcase0の解析を行ない、最大モーメント発生点(最大たわみ発生点でもある)である節点5の鉛直たわみ δ_5 を、各荷重位置に対する横距として、それぞれプロットしたものである(以下、 δ_5 -lineとよぶ)。図-4も同様に、 $P=22.5t$ で、図中の表のように荷重を往復させた場合のcase1~50、および、case1~56のそれぞれの δ_5 -lineを示したものである。ここで、図-3は、漸増塑性性崩壊を、図-4は、変形硬化現象を示している。

図-5は、荷重の繰返しによる残留たわみの推移をみるために、移動荷重の繰返し回数 n を横軸に、また、各繰返し時の節点5の残留たわみ δ_5^r を縦軸にとって、図-3における δ_5^r と n との関係性をプロットしたものである。これより、この場合には、荷重の繰返しとともに残留たわみ δ_5^r が増加しており、漸増塑性性崩壊の傾向を示しているのがよくわかる。これは、単純塑性理論にもとづいて求めた変形硬化荷重、および、崩壊荷重の理論値が、それぞれ、22.86t、および、23.31tであることより、妥当な結果であると思われる。

図-6、7も同様に、図中に示すような移動荷重 P 、および、一定荷重 P_c (節点21に水平左向きに作用している)が作用する場合の各caseにおける δ_5^r と n との関係性を示したものである。これらの図より、すべて、残留たわみが収束しており、変形硬化の現象を示しているのが、わかる。

以上、二、三の解析結果を紹介したが、詳細については、講演会当日O.H.Pを用いて説明する予定である。

5 おおひ

本研究で現在までに得られた主な結論を列挙すると、次のようである。

1. 移動荷重 P が大きい程、また、軸力 P_c が大きい程、また、塑性域の広がりと考慮した場合の方が残留たわみは大きくなっている。
2. 幾何的ならびに材料の各非線形要素を考慮した場合は、無視した場合比べて、同じ荷重状態でのたわみは大きくなっており、それに伴って残留たわみも大きくなっている。これらは、一定点に変動(片振り)繰返し荷重を作用させて変形硬化現象等を使討した文献(4、5)の傾向と一致している。

参考文献

- 1) B.G.Neal The Plastic Methods of Structural Analysis, Chapman & Hall, London, 1956, PP. 269~328.
- 2) J.M.Davies Variable Repeated Loading and The Plastic Design of Structural Engineer, Vol.48, No.5, May, 1970, PP.181~194.
- 3) 福本・吉田 : くり返し荷重による連続部材のたわみ安定性について, 土木学会論文報告集, 第120号, 1965年8月, PP. 25~32.
- 4) 成行・平尾・児嶋 : 繰返し荷重をうける平面骨組の変形硬化荷重に関する基礎的研究, 土木学会中部支部第32回学術的講演会講演要旨集I-18.
- 5) 平尾・成行・児嶋 : 鋼構造平面骨組の変形硬化荷重に関する一研究, 徳島大学工学部研究報告, 第26号, 1981年3月, PP.95~110.

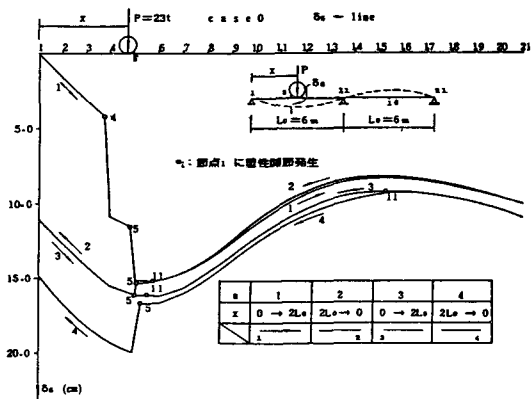


図-3

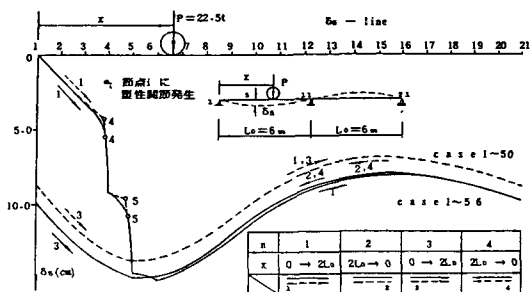


図-4

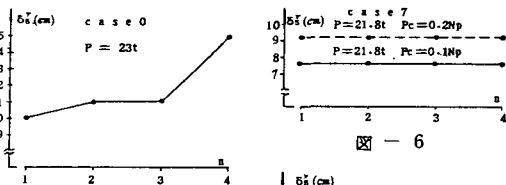


図-5

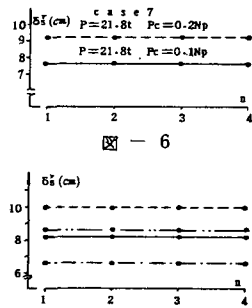


図-6

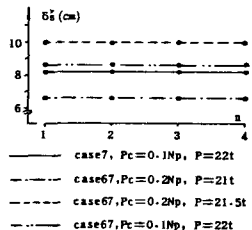


図-7