

V-14 弾塑性桁の動力学的研究

京都大学工学部 山田 善一
三菱造船 〇寺田 弘

近年構造物の弾塑性的取り扱いに關する研究が盛んに行なわれているようであるが、動荷重に対するものとしては、衝重荷重を受けた場合の桁の塑性変形に關する研究が、特に米国において、最近盛んに行なわれている程度に過ぎない。

本研究は、主として橋梁をその対象として、桁がとくに大きい移動荷重を受けた場合、その応力が弾性限度をこすような状態における、桁の動力学的性状の解明を目的として、理論的、並びに実験的研究を行なったものである。

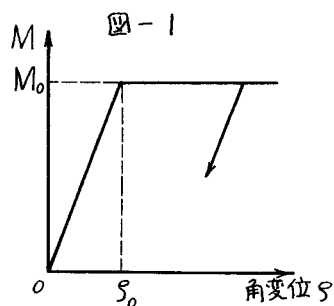
(I) Physical Analogyによる弾塑性桁の動力学的解析

本解析法では、Digital Computerにより演算を遂行する場合、それに適するよう桁はRigid Barsと弾塑性ヒンジの連結より成立しているものと抽象化して考え、桁の弾塑性的性質は弾塑性ヒンジの特質に転化して考えることにする。この仮定にもとづいた式の誘導に關しては、第9回応用力学連合会で述べたが、計算式および用いた仮定を次に示す。

解析に用いた仮定は次のとおりである。

- (1) 桁は、上述のような Physical Analogyにより近似させられる。
- (2) 桁の重量は、すべて弾塑性ヒンジに集中してあるものとする。
- (3) 荷重は桁上をなめらかに移行するものとし、荷重の質量も荷重の位置に応じて、荷重をはさむ二ヶの弾塑性ヒンジに集中して作用するものとして考慮する。
- (4) 変形中のたわみは、微小変形の理論に従うものとする。
- (5) 弾塑性ヒンジは、図-1に示すような理想的弾塑性の性質をもつものとし、最大変形の位置から、逆に運動した場合はいわゆる、ヒステリシスの特性をもつものとする。

以上の仮定のもとで、逐次近似計算に用いる式は、Newmarkの β 法により次式で与えられる。



$$\ddot{x}_r = \frac{1}{S_0} (-\ddot{z}_{r+1} + 2\ddot{z}_r - \ddot{z}_{r-1}) \quad (1)$$

$$\ddot{z}_{r,n+1} = \frac{1}{(\bar{m}_{r,n+1}) + (m_r)} \left[\ddot{P}_r + C_r (\ddot{x}_{r-1} - 2\ddot{x}_r + \ddot{x}_{r+1}) \right] \quad (2)$$

$$\ddot{z}_{r,n+1} = \ddot{z}_{r,n} + \ddot{z}_{r,n} h + \left(\frac{1}{2} - \beta \right) \ddot{z}_{r,n} h^2 + \beta \ddot{z}_{r,n+1} h^2 \quad (3)$$

$$\ddot{z}_{r,n+1} = \ddot{z}_{r,n} + (1 - \gamma) \ddot{z}_{r,n} h + \gamma \ddot{z}_{r,n+1} h \quad (4)$$

また以上の値はいずれも、無次元量を用いており、次に示すとおりである。

$S_0 = \ell M_0 / EI_r$, $C_r = M_0 / \ell P_0$, $\ddot{P}_r = P_r / P_0$, $\ddot{x}_r = M_r / M_0 \leq 1$,
 ℓ : 1ヶの Rigid Bar の長さ, P_0 : 基準荷重, 一般に崩壊荷重に取る。

M_0 : 完全塑性曲げモーメント

$(\bar{m}_{r,n+1}), (m_r)$: 無次元化した活荷重、死荷重の質量

$z_{rn}, z_{r,n+1}$: 時間 $t = z_n, z_{n+1}$ における y/l $z = \sqrt{4g/l} \cdot t$: 無次元化された時間

$\dot{z}, \ddot{z}$: いずれも z に関する微分を示す

以上に述べた式を用いて演算を行なったが、桁分割数がふえるほど解の収斂性は悪くなり、時間分割数がふえるほど収斂性は良くなる。従って演算には、実用上充分と思われる

桁の分割数に対して、適合した時間

図-2

分割数を取ることが必要である。数値計算例の一部には FACOM 128B を利用したが、その Main Flow Diagram を示すと、図-2 のようである。

また、数値計算例より次のことが認められた。

(1) 単純桁の場合、荷重の走行速度が早くなると一次振動はたわみ曲線内に包含されてしまい、桁分割数がふえると、高次振動が特に四分の一点でたわみ曲線に重ね合わさってくる。

荷重の走行速度が遅くなると、一次振動の影響がたわみ曲線上に重ね合わさってくる。

(2) また二等スパン連続桁の場合には、特に連行荷重の走行に注目する必要があるが認められ、また、走行荷重の大小によるたわみおよび曲げモーメントの相異よりも、速度の早さの変化による相異の方が大きく現われており、速度効果について充分研究する必要がある。

(II) 弾塑性桁に関する実験装置と二・三の実験結果

材料の塑性特性を考慮に入れた構造物の実験的解析法としては、二種の方法が考えられる。すなわち、模型材料自身の塑性特性を利用して行なうもので、この場合には一度使用した模型は塑性変形の結果、模型に残留歪が生じて通常その模型の反復使用は不可能であり、また荷重、断面形抵抗力および塑性モーメントとの関係において、かなり大きい模型を作製する必要がある。もう一つの方法としては、模型材料の塑性特性は利用せずに、これにかわり模型の作製時に、模型自身に何らかの工夫を加えて、模型が一定の外力を受けた場合、あたかも塑性変形を生じたように反応するように模型の設計を行なうものである。

本実験では、後者の考え方に沿って模型を作製する。すなわち、実験桁の塑性特性は、寸断された桁部分をボルトで連結し、ボルト連結点に一定の外力を受けたときに、回転廻りを生ずる点を利用している。なお、桁の弾性的性質は、桁自身の弾性的性質を利用するため、この点では (I) に述べた Analogous Beam の仮定とは異なってくる。

実験においては、まずボルトの締め結けに要するトルクと締め結け部分の最大耐荷曲げモーメントとの関係を、詳細に検定しておく必要がある。また、荷重としてはスチールボールを用い、測定装置には Dynamic Strain Meter と Oscillograh 並びにストロボスコープと 35 ミリカメラ、8 ミリシネカメラを用いた。実験結果については、講演会にて述べる。

