

宮地鉄工所（株） 正員 〇興 守
山形県庁 正員 横山 智西
信州大学工学部 正員 吉田 俊弥

1. まえがき

橋梁を設計する場合、その部材力算定は、通常橋を構成する各平面構造に分割して行なわれているために、部材によっては、その部材力算定値にかなりの誤差が含まれることが予想される。本報告は、常盤橋（中路鋼アーチ道路橋）をモデルとして、有限要素法による立体解析結果と、通常の設計計算値および応力実測値とを比較して、従来の設計法の検討を行なうとともに、アーチ橋床桁についての一つの簡易立体解析法を提案せんとするものである。

2. 常盤橋の概要、載荷試験の目的および試験方法

常盤橋は長野県一般県道福島御岳線で、愛知用水補償道路に関連して、昭和33年に架設された中路式鋼アーチ橋である（図1）。本橋は架設後約20年を経過し、コンクリート床版の破損が著しくなったために改良工事が必要となった。載荷試験は改良工事計画に関して検討されるべき点を調査し、改良計画実施の一助として静荷重および動荷重に対する実応力測定を行ない、設計計算書と併せ検討を行なうことを目的とした。図1に載荷試験のひずみ測定点の位置を示す。載荷は砂利を満載した3軸トラック（前輪2.73ton、後輪7.98ton）により行ない、静荷重に対するひずみは、図1の最上部に付した①～⑫の番号の位置（横桁の位置）に、トラックの後輪の重心が一致するように止め、この各々の場合について測定した。

3. 静荷重による部材応力の比較

各ひずみ測定点の応力について、実測値、有限要素法による立体解析値および本橋の実際の設計計算値を比較する。図2は、図1に示す横桁のひずみ測定点（1番）について、上記の3つの応力値を比較したものである。実測値と立体解析値が類似の傾向を示し、設計計算値を下まわっている。これは、従来の設計法が安全である反面、不経済であることを示している。また、設計上は応力が生じない荷重状態でも、実際は応力が生じていることがわかる。

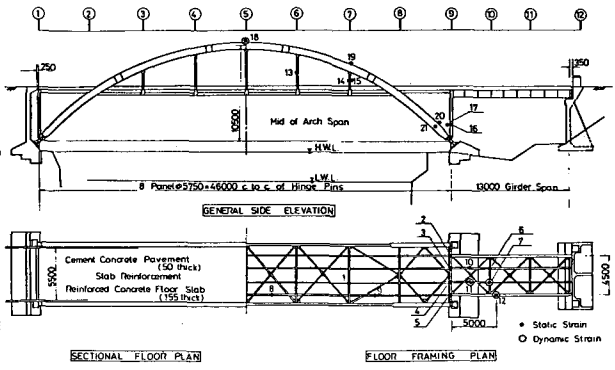


図1 ひずみ測定位置図

4. 横桁のひびわれ

床版改良工事中、アーチに直接取り付けられた横桁の部材端にひびわれの生じているのが発見された。従来の設計法においては、横桁は両端を単純支持されたはりとみなして設計が行なわれ、端モーメントは考慮されていない。この横桁は、アーチと接合のために部材端において、ウェブプレートのみが剛結されている。したがって、横桁の端部には大きな端モーメントおよび端せん断力が生じることが予想され、今回のひびわれも桁端部の端モーメント・端せん断力によるものと考えられるので、この点も調べてみた。

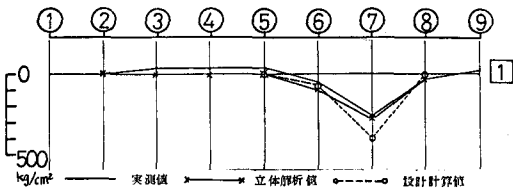


図2 応力比較図

5. 縦桁の簡易計算法

前述のように従来の設計においては、縦桁はその両端が単純支持されたはりとして計算されている。しかしながら、実橋においては、各部材が結合された立体構造となるため、上記の仮定通りの応力が生じるわけではない。そこで本節では、アーチの鉛直変位をもとにした縦桁の簡易計算法を示す。以下、常盤橋を例にして説明を行なう。

アーチ橋に荷重が作用すると鉛直変位を生じるが、吊材の伸縮はその大きさに対して無視できるほど小さく、床組主桁の変位はアーチの変位にほぼ等しい。そこで、(床組主桁の鉛直変位) = (アーチの鉛直変位) とみなして、アーチおよび床組の吊材取付点 (1 ~ 7) を節点として (図3)、各節点の鉛直変位 $D_1 \sim D_7$ は次の式で得られる。

$$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ D_5 \\ D_6 \\ D_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & D_{14} & D_{15} & D_{16} & D_{17} \\ & D_{22} & D_{23} & D_{24} & D_{25} & D_{26} & D_{27} \\ & & D_{33} & D_{34} & D_{35} & D_{36} & D_{37} \\ & & & D_{44} & D_{45} & D_{46} & D_{47} \\ & & & & D_{55} & D_{56} & D_{57} \\ & & & & & D_{66} & D_{67} \\ & & & & & & D_{77} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \end{bmatrix} \quad \text{式 (1)}$$

SYM

D_{ij} は節点 j に単位鉛直荷重が作用するときの節点 i の鉛直変位、また P_i 、 D_i は各々節点 i に作用する荷重およびその点の変位である。式 (1) 中の $D_{11} \sim D_{77}$ からなるマトリックスは、アーチに固有なマトリックスで、このアーチのたわみ性マトリックスである。

式 (1) より、一つの荷重状態に対して、アーチの各節点の鉛直変位が得られる。この鉛直変位を、床組の鉛直変位とみなし、これらより各縦桁の部材角 R を計算し、たわみ角法により縦桁の断面力を計算することができる。

なお本計算法は、橋軸に対して左右対称の荷重状態について適用できるものであり、各縦桁の断面力は幅員方向に等しいものとして扱っている。全体を一体と考えて行なった立体解析において、縦桁のねじり抵抗係数 J は小さく、ねじりモーメントは小さいので、ここでは無視できるものとした。

図5は載荷試験に用いた静荷重 (図4) による縦桁の曲げモーメント図を、トラックの後輪の重心が図1の②と③の位置に載ったときについて示したものである。

立体解析値を厳密解として、この簡易計算値と比較すると、荷重の移動に対するモーメント変化の様子は類似しており、またその値についてもほぼ同程度である。本簡易計算法によれば、慣用計算では応力が生じない荷重状態の時の縦桁の応力をも計算することができる。

また本簡易計算法は、大型計算機を使用しなくても、電卓による計算が可能で、解法も簡単である。

以上により、本簡易計算法は、アーチ橋の縦桁の断面力計算に対して、十分利用し得るものであり、設計に対し経済的かつ安全的に設計することができる計算法であると考えられる。

なお、本報告中の数値計算は、東京大学大型計算機センターのHITAC8800 / 8700を信州大学データ・ステーションを経由して行なった。

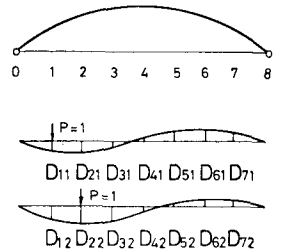


図3 アーチの変位

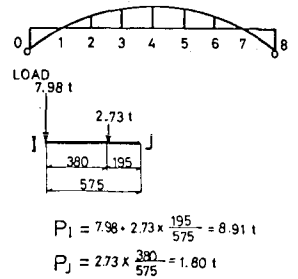


図4 静荷重

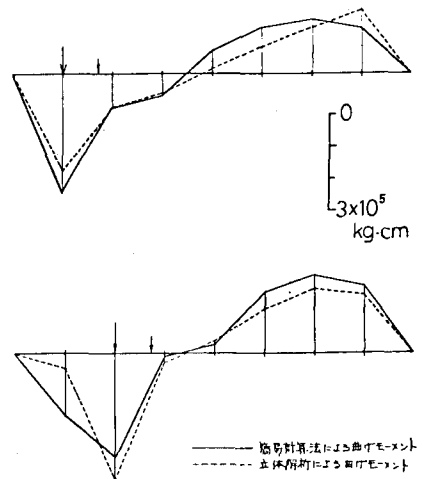


図5 曲げモーメント比較図