

東北大学 正員 〇矢吹哲哉
 東北大学 正員 倉西 茂
 東北大学 正員 菅原 弘一

1. まえがき

ラングータイプのアーチ橋は一般にかなりスレンダーなアーチリブが使用されることから、地震又は風等による側方荷重に対してアーチリブのみの面外剛性はあまり期待できない部材構成となっている。従って、特にこのタイプのアーチ橋は、側方荷重に対して二本のアーチリブと横構が一体となった断面として面外剛性が発揮される¹⁾ような配慮が必要となる。換言すれば、横構にはそれだけ厳しい条件が与えられることになる。

1978年の宮城県沖地震でも2,3のこの種のアーチ橋で横構に座屈が生じた。代表的な被害例を写真-1及び写真-2に示す。これから、この種のアーチ橋の横構に与えられた条件の厳しさを理解することを目指す。ここでは主に、写真-1の場合を例にとりラングータイプのアーチ橋の横構について、(1)単一部材としての強度特性、さらに、(2)構造物の立体的な全体挙動の中での強度特性をそれぞれ解析的に検討し、(3)の考察を行った。

2. 解析方法

基本的には文献²⁾と全く同様で、構造解析方法として非線形挙動の解析方法は従来より一般的に用いられている方法をここで採用している。即ち、構造解析は変形法による剛性マトリックス法を増分形式に修正して用いることにし行った。ここで剛性マトリックスは有限要素法を併用した変エネルギー法を用いて導出した。又、非線形挙動はNewton-Raphson法を併用した修正荷重増分法を用いて解析した。基本式の示すは-

$$[K] \{\Delta D\} = \{F\} + \{F_0\} - \{R_0\}$$

となる。ここに、 $[K]$ = 非線形項をも含んだ剛性マトリックス、 $\{\Delta D\}$ 、 $\{F\}$ = 変位及び荷重の増分量成分、 $\{F_0\}$ - $\{R_0\}$ = 残差不平衡力に相当する修正荷重成分。構造物の三次元挙動時での材料の非線形性は、一般に極めて複雑であるが、本解析では微小変位増分に対する構造物の挙動は線形であるとして見做し得るという荷重増分法の考え方に立脚して、部材降伏領域、極限域でも経路依存性からいっては従来の方法のように荷重増分量を極端に小さくすることなく応力-歪増分関係の評価ができるような工夫がなされている。尚、塑性域での歪-応力増分関係はVon-Misesの降伏条件に差をついたPlandtl-Reussの方程式を用いて線形化した。

3. 解析結果の考察

表-1.に対象としたラングータイプアーチ橋の主要諸元を示す。

図-1に横構に使用された部材を単一部材として取り出した場合の強度を示す。図中、作用軸力の無次元化に使用した N_{spec} は我國の道示で規定さ

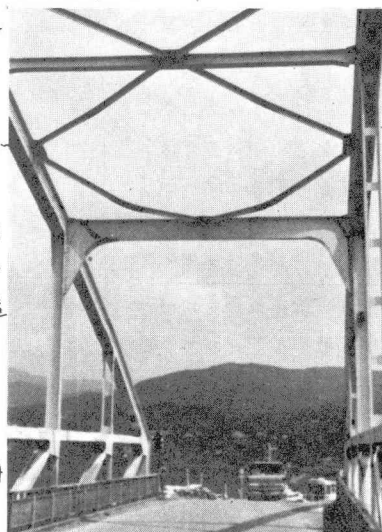


写真-1 横構座屈の被害例-1

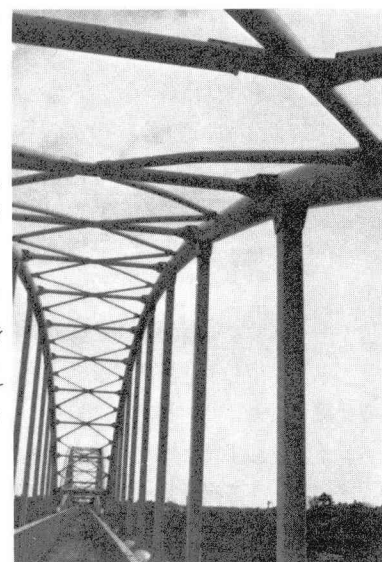


写真-2 横構座屈の被害例-2

れた柱の耐力を示している。元来わが国は初期不整を $\bar{e} = 2/1000$ として解析するとこの横構は N_{spec} の約 1.5 倍程度の強度を有することを解す。しかしここで対象となるラングータイプアーチ橋の場合、横構の取り付け位置はバゲットの板厚により横構端部で $\bar{e} = 2/161$ の偏心が考えられる。そこでこの端部偏心も考慮すると横構部材の強度は N_{spec} の約 $1/2$ 程度となり、端部偏心の影響が極めて大きくなることを解す。従ってここではこの端部偏心に注目して検討を進めることにする。端部偏心のみを考慮した場合の横構耐力は約 $0.66 N_{spec}$ であるので、ここではこの値を横構終局強度とする。図-2 にはアーチ橋の立体的な全体挙動の中での横構強度を解析した結果を示されている。本橋の構造形式は同図中に示されている。側方荷重は震度法の考え方に基づいて地震力を静的な荷重に換算、それを崩壊に至るまで漸増載荷している。横構が $0.66 N_{spec}$ で座屈するものとすれば、本橋の横構は 440 Gal 程度の地震力で座屈が生じたことになる。これは風速 55 m/sec といった場合の風荷重の約 75% 程度の荷重に相当する。又、横構端部偏心が小さいものとすれば、本橋の横構は橋全体が崩壊に至るまで座屈は生じないことを解す。従って、ラングータイプアーチ橋は、横構にかなり厳しい負荷を受けるので、十分な配慮が必要である。特に横構端部の偏心には十分留意する必要がある。部材が薄肉鋼管で構成されている場合(写真-2)は図-3 のように一般にかセットプレート板の板厚により偏心が生ずるので注意する必要がある。又、特に支間の短い橋の場合、図-4 に示したような横構の取り付けが広く見られるが、この様な取り付けは横構端部偏心が極めて大きくなると思われるので、十分な検討が望まれる。

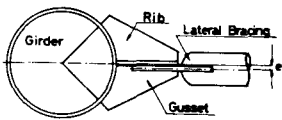


図-3 横構端部偏心の例-1

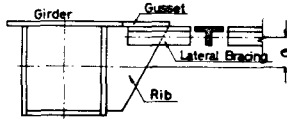


図-4 横構端部偏心の例-2

表-1 対象アーチの部材断面諸元

部材	細長比	断面積
アーチ	$\lambda_m = 437, \lambda_{max} = 509$	$A_a = 196 \text{ cm}^2$
縦構	$\lambda = 149$	$A_b = 20.8 \text{ cm}^2$
横支材	$\lambda = 81$	$A_s = 41.6 \text{ cm}^2$
橋脚構	$\lambda = 50$	$A_p = 66.2 \text{ cm}^2$

使用鋼材 SS41: $\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

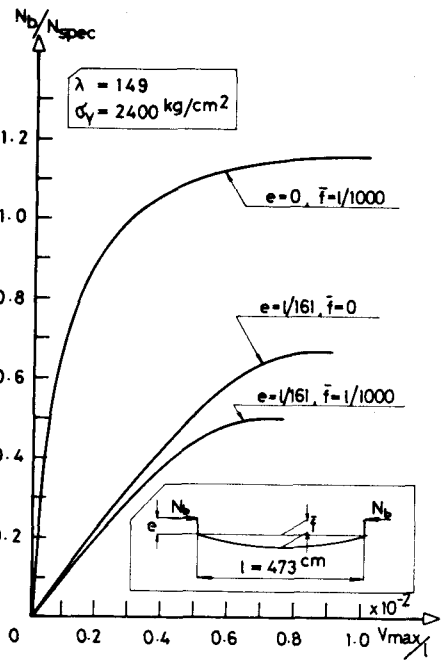


図-1 単一部材の横構部材の終局強度

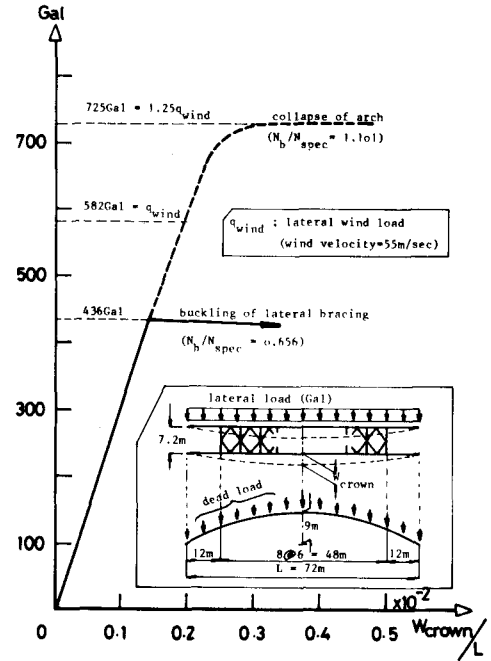


図-2 全体挙動の中での横構強度

参考文献) 倉西・矢吹: 土木学会論文報告集 No. 272