



本州四国連絡橋大三島橋の 力学的特性の研究

前田 幸雄*

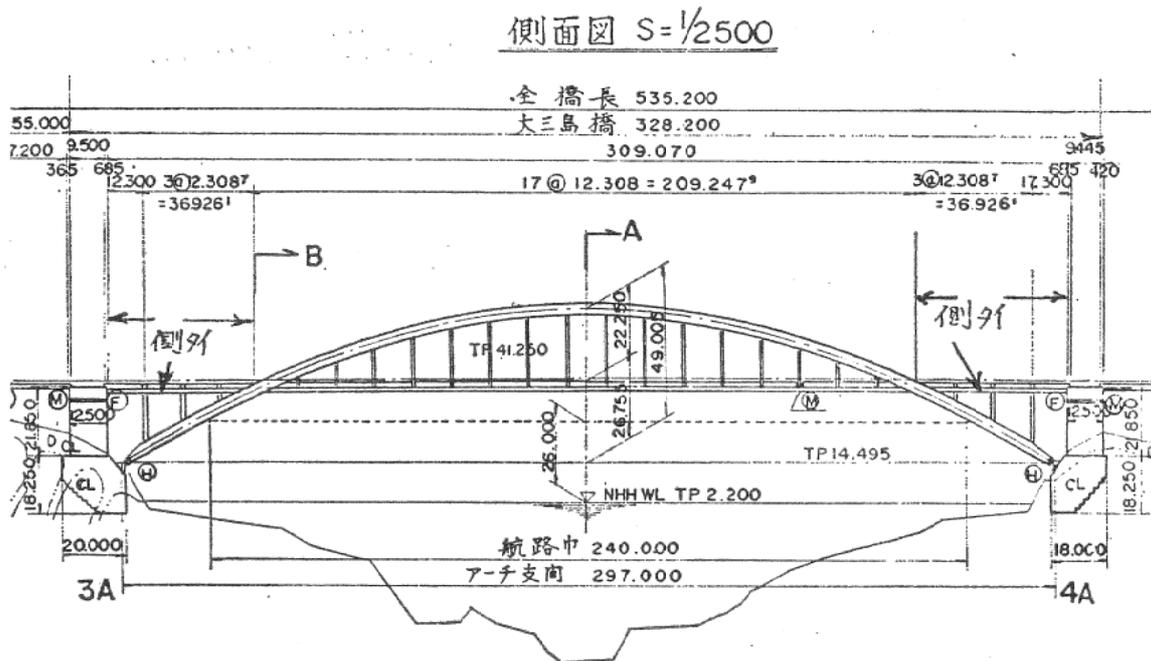


図1 大三島橋の一般図(単位m)

本州四国連絡橋の第1号として現在、尾道と今治ルートにある大三島と伯方島の間に架設中である大三島橋は図-1に示すように中路式側タイつきソリッドリブ、2ヒンジ鋼アーチの形式をもつ道路橋で、主拱の支点間隔297.0mはアーチ橋として本邦最長、世界でも第10位の長大橋である。従来、我々の研究室では骨組構造の挙動を調べるために、マトリックス法による有限変位解析の数値計算電算プログラムを開発してきたが、今回本四連絡橋公団から大三島橋力学的特性の研究を委託され、上記解析による理論的研究と、同時に実験的研究を実施中である。

本橋は世界に類のない側タイをもった形式であることと、スパンが300m近いものであること

* 前田幸雄 (Yukio MAEDA), 大阪大学工学部, 土木工学科, 教授, 工学博士, 橋梁工学・応用構造学

とから、解析に当っては変形の影響を考慮する必要がある。先ず第一に、マトリックス法による影響線解析、立体有限変位解析、立体弾性座屈解析、平面弾塑性有限変位解析による膨大な数値計算を行って、死荷重・活荷重・風荷重・地震荷重の下で、実橋がどのような構造挙動を示すかを理論的に調べた。解析方法の詳細については頁数の関係から省略して、結果のみを示すと

1) 活荷重による最大応力を求める時には、死荷重載荷状態における接線剛性を用いた線形化影響線を用いるならば、厳密な非線形影響線法に対して2%程度の誤差ですむ。

2) 設計荷重による幾何学的非線形性は面内荷重、面外荷重により曲げモーメントで夫々25%、15%程度現われる。

3) 立体座屈解析より、死荷重に対しては面外方向への不安定現象は生じない。

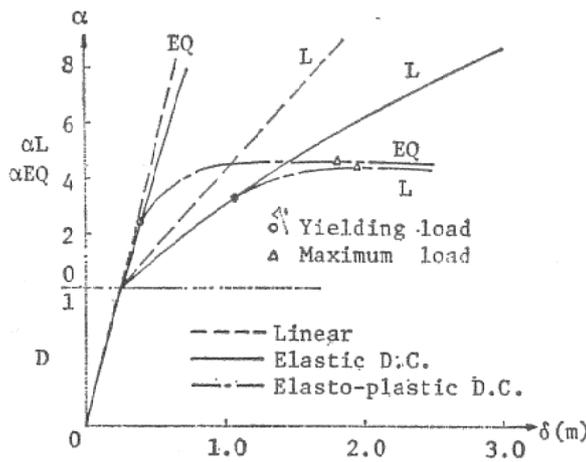


図2 荷重・タワミ曲線

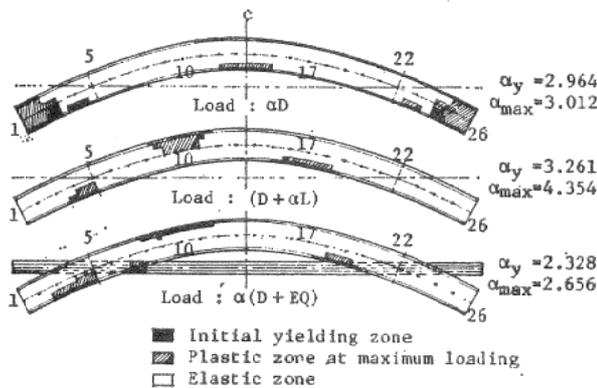


図3 塑性域のひろがり

4) 荷重と変位の関係を表わす代表例としてたわみの大きな格点における計算結果を示すと、図-2のようであって、非弾性安定・不安定の中立の位置で最高荷重に達することが分かる。またこの最高荷重に達した時の塑性域発達の状態を示すと図-3のようである。図中、L、EQ、Dはそれぞれ活荷重、地震荷重、死荷重を表わし、また、 α 、 α_y 、 α_{max} はそれぞれ当該荷重に対する荷重倍数、降伏応力発生時の荷重倍数、最高荷重に達した時の荷重倍数を示している。

5) 設計荷重が最高荷重に対していくらの安全率を有しているかを調べると、種々な面内荷重について計算した結果、約2以上あることが分かるが、更に、もし左右何れかの側タイが地震時などにおいて、その効果が期待できない場合でも約1.5以上の安全率があることが分った。

6) アーチリブの形状寸法における初期不整の影響は、その最大値が支間長の1/10000以上

の場合には考慮する必要がある。

7) コンクリート床版の剛性を無視することは全部材に対して必ずしも安全とはならず、剛性の評価は正確に行わなければならない。

純2ヒンジアーチでは最大曲げモーメントは支間長の1/4点近傍に発生するが、本形式はこの近傍に剛結した側タイ部材を橋台から立ちあがった橋脚に固定したものである。従って、アーチリブ、側タイ、橋台-橋脚からなる三角形の骨組によって純アーチの支間長を約30%程度減少したと同じ効果が期待できる。この効果を実験的に確かめることと、すでにのべた理論解析法の妥当性を照査するため、大規模の全体模型実験を実施した。

本構造の幾何学的非線形性を考慮した面内弾性挙動に影響する部材寸法に関する無次元パラメーター4ケと、荷重に関する無次元パラメーター2ケについて、実橋と同じ値を有する全体模型を1/50の縮尺で製作した。その結果、模型のスパン長6.0m、高さ1.0mの3体の試験体について、第1体は面内等分布荷重、第2体は死荷重相当の等分布荷重に半載等分布活荷重、第3体は側タイ部材の固定端を解放して第2体と同じ荷重をそれぞれ載荷した。載荷方法は図-4に示すように、いわゆるトーナメント式であって、最高荷重に達する迄の載荷過程における種々の断面における歪み、たわみの測定を多数実施した。実験は大阪大学工学部土木工学科の構造実験室において行った。その結果分ったことは

1) 一例として、試験体2番と3番の側タイ結合点近くの格点の荷重とタワミの関係を示したものが図-5であって、前述の解析法をこの模型に適用した理論値と測定値が極めて良く一致していることから、解析法の妥当性が理解できる。すなわち、幾何学的及び材料的非線形性を考えた弾塑性有限変位解析の理論計算によって、このアーチの全体挙動が説明できることが分った。

2) 図-5のNo.2とNo.3の試験体の実験結果から分るように、側タイの効果が期待できないNo.3試験体は純2ヒンジアーチに近い挙動を示すとともに、死荷重載荷後の活荷重相

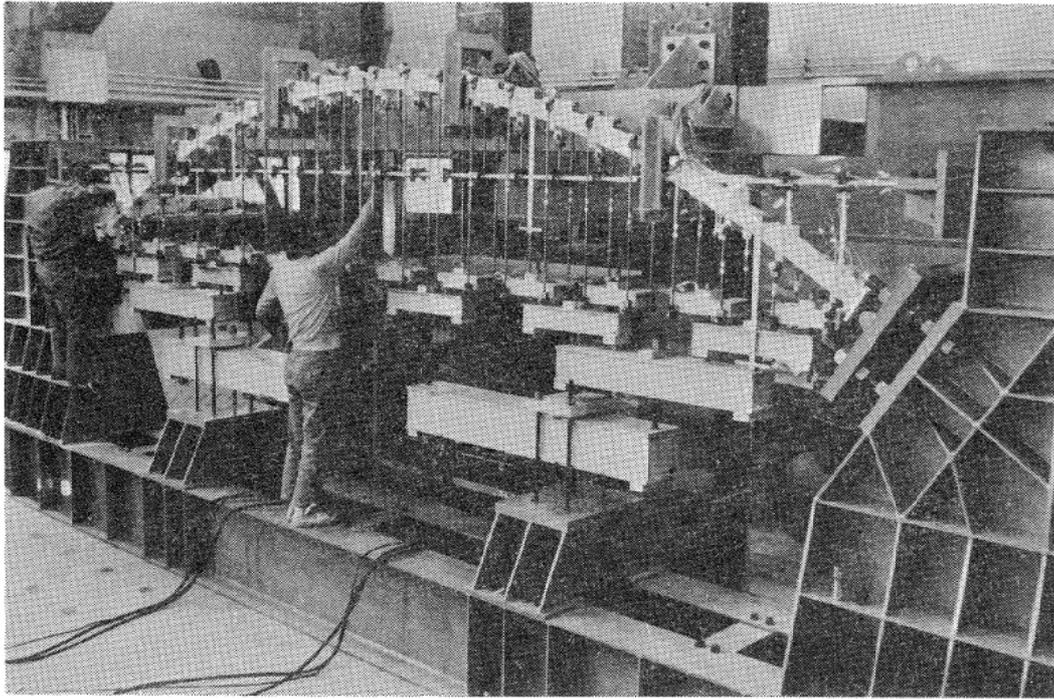


図4 大三島橋の模型実験

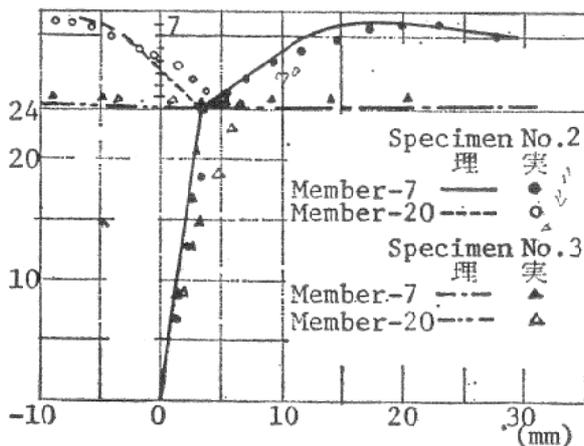


図5 試験体の荷重とタワミ

当荷重が設計活荷重の約0.34倍であるのに対して、側タイを橋台—橋脚に固定したNo. 2試験体では設計荷重の約4.6倍も期待できることが分る。このことから、側タイはアーチリブの変形を拘束する上で極めて効果があり、アーチ全体の剛性を高めて、耐荷力を向上するのに役立っている。

3) 面内荷重については大三島橋は十分な耐荷力を有し、全体的挙動の把握において設計が正しく行われていることを示している。

本実験は1本のアーチリブについて行なった面内挙動の研究であるが、実橋では上流側と下流側の2面のアーチリブが上横構や対傾構によ

って連結されており、また荷重も死荷重・活荷重のような垂直面内荷重の外に、風や地震のように面外に働く荷重も考える必要がある。従来、2本リブを用いて、垂直荷重のみの時、更に垂直・水平両荷重の時の面外・面内挙動を実験的に調べることは、極めて大規模な試験装置を必要とするために、実施された例が極めて少ない。現在、更に本四公団の協力を得て、このような実験を実施中である。

今後益々長大化する橋梁の設計に当って、構造物としての安全性の確保の点から、非線形性状を明かにすることが極めて重要な問題となってくると思われる。マトリックス法による電算数値計算法の発達によって、変形の影響を解析にとり入れることが可能になってきたが、電算機の使用料が膨大な額になることが我々の大きな悩みである。また、我々がかねてから大学で大型構造物試験装置をもつことの必要性を強調してきたのであるが、今回の実験においても、試験体そのものの費用よりも、最少限でも新しく製作せざるを得なかった載荷装置や試験体の支持装置に多額の経費を費やさざるを得なかった。実際の構造物の挙動を研究するためには、計算と実験の両者に大きな壁があることを痛感している。