

大阪大学工学部 正会員 前田幸雄
 大阪大学工学部 正会員 林 正
 大阪大学工学部 正会員 松井繁之

1. まえがき

大三島橋は橋台に固定された側タイで補剛した中路式ソリッドリブアーチという新構造型式の鋼アーチ橋である。その面内静的構造特性は昨年度の研究^{1,2)}によってほぼ解明され、側タイは常時の設計荷重はもちろん、面内の終局強度に対しても構造物全体の剛性を著しく高め、スヒンジアーチとしての構造挙動を改善することが確認された。本年度は面外荷重、特に風荷重相当の静的荷重による終局強度特性を調べた³⁾。本報告では、実橋の立体弾塑性解析による数値計算結果と、実橋に相似な全体模型を用いた実験結果から、本橋の安全性についてのべる。なお、立体弾塑性解析での理論的な内容については説明を省略する⁴⁾。

2. 模型実験の内容

実橋の面外終局強度を調べる目的から、試験体は床組の縦釘を除いて実橋と全く同じ部材構成の立体模型とした。部材の剛性も次元解析を行い、製作可能なぎりぎり実橋との相似性を満足させた。試験体の縮尺は $1/49.5$ である。この試験体の概要、アーチリブの断面形状を図-1, 2に示す。使用鋼材はSS41, SR24とSR30である。なお、アーチリブはダイヤフラム増設後、応力除去焼鈍を行った。

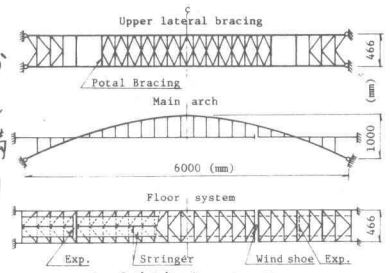


図-1 試験体の形状

試験体は同一寸法で3体製作したが、アーチリブ上横構の剛性の影響を調べるために、橋門構の上側の3パネルのブレース断面だけ各試験体で変化した。すなわち、試験体Ⅰには実橋のブレース材の伸び剛性に合わせた断面と、試験体Ⅱには細長比を合わせた部材と、試験体Ⅲには両者の平均的な断面を使用した。この理由は、実橋の箱桁断面材に対して、剛性と細長比の内方について同一相似でこの部材を製作するのが困難なためである。さらに、試験体Ⅱ, Ⅲでは橋門構内端の隅角部にニーブレースをとりつけた。

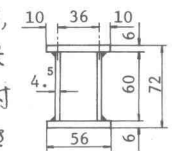


図-2 アーチリブ断面

試験体には実橋からの換算設計死荷重と風荷重と、それぞれ面内面外方向に載荷した。試験体Ⅰ, Ⅱでは換算死荷重載荷後、試験体の崩壊まで風荷重を漸増載荷した。試験体Ⅲでは換算設計死荷重の1.3倍の面内荷重載荷後、風荷重を作用させ崩壊に至らしめた。

死荷重はアーチリブの全格点48点に等分布させ、風荷重として風下側アーチリブの10ヶ所で水平方向に引張力を加えた。

3. 実橋の終局強度

実橋の弾塑性全体解析に用いた解析モデルは、床組部で床版剛性を省略したこと、床版を支える

8本の縦釘を1本に置き換えたこと、中央径間におけるアーチリブ上横構のブレース材の配置をX型に置き換えたこと、を最終設計案と異にしている。計算は2種行い、名々で荷重載荷方法が異なる。すなわち、Case-1では設計死荷重を載荷後、アーチが崩壊するまで風荷重を増加した。Case-2では設計死荷重の1.3倍の面内荷重を載荷してから風荷重を作用させた。ここで、風荷重は設計風荷重に対する荷重倍率 α でその強度を表す。

表-1は降伏荷重と最高荷重に対する荷重倍率の α 値である。Case-1, 2とも床組の端横釘に取り付けられたブレース材に最初の降伏が生じた。この端横釘にはウィンドシューがあるため風荷重によって大きな軸力が生じたためである。しかし、実橋では鋼格子床版の剛性が寄与するので、この降伏荷重は増大すると予想され

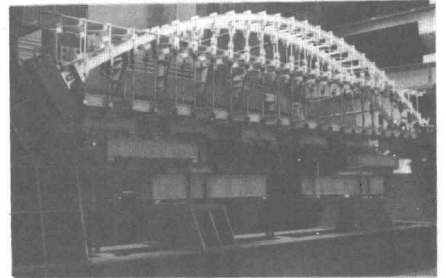


写真-1 試験体おび載荷装置

表-1 荷重倍率

Load Case	Yielding		Maximum
	Brace	Rib	
1	1.878	2.384	3.219
2	1.854	2.050	3.110
1/2	1.013	1.163	1.035

る。アーチリブの降伏荷重は $\alpha=2$ 以上であり、その最初の降伏位置は橋門構との接点の風下側ウエブである。

表-1より、死荷重を30%増加したCase-2の終局強度低下は若干3.5%で、設計死荷重程度の面内荷重に対してはアーチリブは十分な剛性を有していることが理解できる。また、図-2に示したように最高荷重時でもアーチリブの大部分は弾性である。構造物全体の崩壊はアーチリブ機構とタイの塑性化によって起ると考えられる。

4. 模型実験

換算設計死荷重は42.0 ton、同風荷重は7.6 tonである。試験体の最高風荷重について実験結果と計算結果を表-2に示す。次に各試験体の概要を述べる。

試験体Ⅰ：各試験体でアーチリブ上横構のブレースの剛性が異なり、特に、試験体Ⅰでのブレースの細長比は実橋の約2倍($\lambda=116$)となった。このため、換算設計風荷重の約1/2倍の荷重で、橋門構の上側にナールのブレースが座屈し、橋門構付近でアーチリブが弯曲し、塑性化が進行して崩壊した。崩壊時には斜タイで支持されている側径間部の変形は少なく、アーチリブは橋門構付近で折れ曲がるような変形をした。

試験体Ⅱ：中央径間のブレースは最後まで座屈せず、アーチ全体が面外変形し、アーチリブの塑性化が最も大きく進展した。やはり、橋門構付近のアーチリブの変形が著しく、橋門構開口部が面外方向へせん断変形していた。橋門構開口部と検査車通過用にブレースが取り付けられた床版下部の開口部には局部的な不安定現象が生じた。

試験体Ⅲ：アーチリブ上横構のブレースは座屈しなかった。側径間部のブレースの細長比は実橋の値より約20%大きく($\lambda=88$)、他の試験体と同じく座屈したが、アーチリブと側タイで形成される三角形の枠組の面外強度が大きいため、全体挙動に与える影響は中央径間のブレースが程大くないと考えられる。また、表-2より試験体Ⅲの最高荷重は試験体Ⅱより約25%減少しており、死荷重の大きさの影響によるものと認められる。この状況は実橋の場合と異なり、この理由は、模型では使用材料の制約が塑性状態まで相似則を満足させることができず、実橋に比して面内牽制荷力が小さくなっているためである。

同じ理由により、表-2に示した全試験体の最高荷重は実橋の値よりかなり小さい。しかし、簡単な計算によって試験体Ⅲについて考えると、最高荷重の荷重倍率は約1.7であるが、実橋に対する模型の使用鋼材の降伏応力度比約1/1.5を考慮すれば、この荷重倍率は2.55に向上する。さらに、まだ表-1の値と比較して差があるのは試験体の面内降伏応力度が低いので、降伏応力に対する面内荷重による応力の占める割合が大きいためである。

5. 結論

本研究結果から大三島橋の静荷重面外挙動について次のことが言える。

① 大三島橋は風荷重に対して十分な強度を有している。② 全体構造物が崩壊するまでには、橋門構を含む中央径間部のアーチリブ上横構に斜材の不安定現象が生じない。ただし、このとき側径間のブレースの一部には座屈の可能性があるが、この座屈が発生しても構造物全体の耐荷力が著しく減少させるものではない。

本研究は本州四国連絡橋公団の委託によって行ったものである。また、数値計算ではセキヤリ・リー・センター大阪営業所に大変お世話になった。ここに、関係各位に謝意を表する次第である。

- 1) 前田・林・中村：大三島橋の幾何学的非線形と安全性について、第3回年次学術講演会概要集、I-156、1976。
- 2) 前田・林・松井：大三島橋の実験的研究、同上、I-157。
- 3) 前田・林・松井：大三島橋に関する研究報告書、1977。
- 4) 前田・林・中村：主桁骨組構造物の弾塑性有限変位解析、本講義概要集。

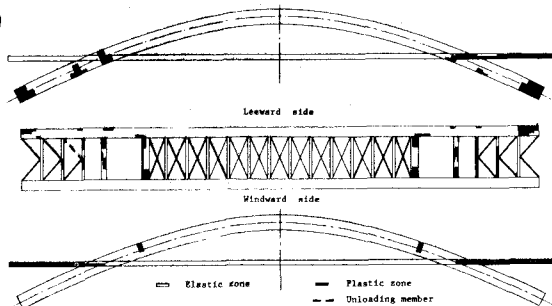


図-3 Case-1の最高荷重時における塑性域分布図

表-2 最高荷重

	No.1	No.2	No.3
Experiment	10.61	13.06	10.47
Calculation	10.63	13.05	10.32

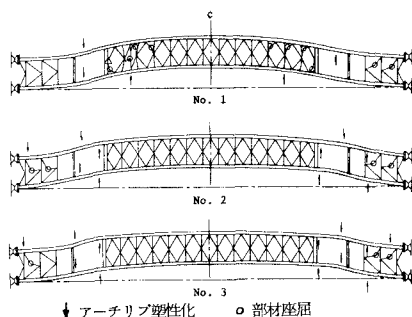


図-4 試験体の崩壊状況