

## 高齢化した長大トラス橋のモデル化の検討と漸次崩壊挙動解析

京都大学 学生会員 ○西村 優希

京都大学 正会員 宇都宮 智昭

関西大学 正会員 坂野 昌弘

(社) 建設コンサルタンツ協会 正会員 廣瀬 彰則

国土交通省 近畿地方整備局 非会員 増田 寛四郎

## 1. 背景および目的

高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する研究の一環として、本研究では万一の部材破断（当板補修部における脆性破壊等）が全体崩壊に至るかどうかの検討を行う。本研究では有限要素法による立体骨組みモデルを作成し、上路トラス橋の部材破断による漸次崩壊（Progressive Failure）挙動の追跡をおこない、当該橋梁の安全性について解析的に検討する。

## 2. 解析対象部位

本研究では1926年に架設された淀川大橋を対象橋梁とする。対象橋梁は30径間で構成される。本解析の解析対象部位はP15, P16間の16径間目とする。（図1）

## 3. 解析モデルの検討

はじめに、床版はモデル化せずに鋼トラスをトラス部材で作成しピン結合させたピン結合モデルと鋼トラスを一般梁要素でモデル化して剛結させた剛結モデルの2つを作成し、動的載荷試験時の応力測定結果との比較を行う。その後、床版はモデル化していないピン結合モデルと、床版をシェル要素でモデル化した床版ありピン結合モデルを作成、動的載荷試験時の応力測定結果との比較を行う。境界条件は3つのモデルで共通であり、P15側ではヒンジ支点、P16側ではローラー支点としている。

動的載荷試験を模擬した荷重は、ピン結合モデルおよび剛結モデルでは縦桁に分布荷重として与え、床版ありピン結合モデルでは縦桁間の表面要素に分布荷重として与える。

ピン結合モデルと剛結モデルと動的載荷試験時の応力測定結果との比較の一例を図3、4に示す。鉛直材V7の下部において実際の動的載荷試験結果では節点にかかるモーメントは小さく、剛結モデルと応力測定結果の軸応力度の傾向が大きく違う。他の部材でも同様の傾向が確認された。これより、ピン結合モデルの方がより対象橋梁の性質に近いといえる。また、ピン結合モデルの部材軸応力度の方が

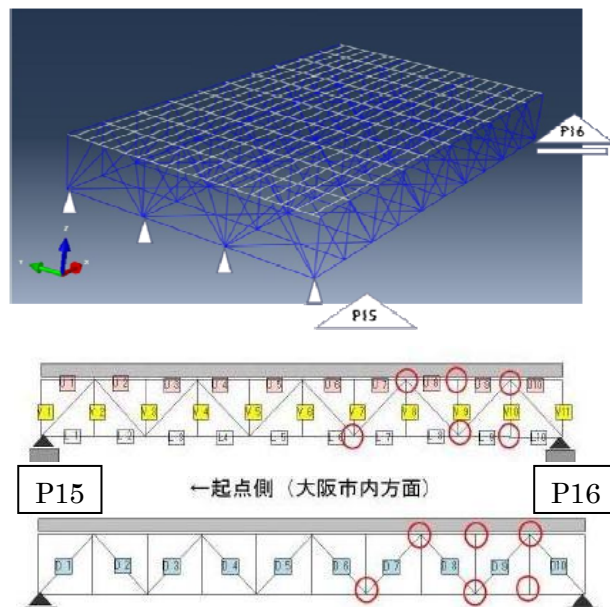


図1 解析対象部位

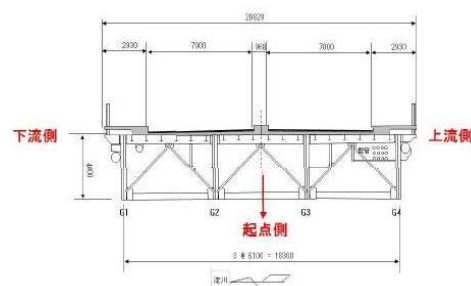


図2 橋梁断面図

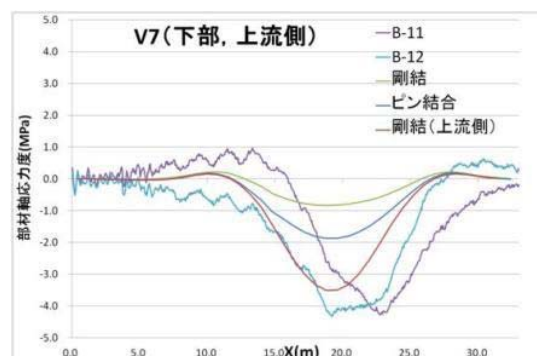


図3 V7 下部上流側での応力度

キーワード FEM 解析, トラス橋, 崩壊解析

連絡先 〒615-8530 京都府京都市西京区京都大学桂キャンパス C1棟2階257 TEL 075-383-3164

剛結モデルの中心における部材軸応力度よりも全部材において大きい。したがって、崩壊解析ではピン結合モデルを採用する。

床版はモデル化していないピン結合モデルと、床版をシェル要素でモデル化した床版ありピン結合モデルの軸応力度の結果を図 5 に示す。床版ありピン結合モデルの方がピン結合モデルよりも鉛直材において軸応力度が大きいという傾向が見られた。したがって崩壊解析では床版ありピン結合モデルを採用する。

4. 崩壊解析

はじめにある 1 部材を消去し、線形自重解析を行う。荷重については橋梁の死荷重 7721 (kN) のみを考慮する。他の部材に生じる応力が以下の条件式を満たすとき、部材の終局状態とみなす。<sup>2)</sup>

(a) 軸力が引張の場合

$\sigma \geq \sigma_u$       $\sigma$  : 軸応力,  $\sigma_u$  : 引張強度

このとき、部材にき裂が発生し破断につながると仮定し、その部材を消去する。

(b) 軸力が圧縮の場合

$\sigma \geq \sigma_y$       $\sigma_y$  : 降伏応力

このとき、部材の軸力による全断面が降伏すると仮定し、部材要素の剛性を 1/1000 に下げる。

座屈に関しては考慮しない。

G1 上の V7, V9, D7, D8, D9 (図 1) をそれぞれ消去して崩壊が起こるかどうかを以下の 3 条件について解析を行った。節点の最大変位が 0.9 (m) 以上になったところで解析を終了することとする。最初の解析結果を Step1, その結果を踏まえた 2 回目の解析を Step 2 とする。

V7, V9, D7, D8, D9 をそれぞれ 1 つずつ消去して線形自重解析を行った結果、条件 1, 2 では、他の部材が終局状態になることはなく崩壊にはつながらない。これより、各部材が SS400 と同等もしくは半分以上の強度を有している場合は、V7, V9, D7, D8, D9 のうちいずれかが重大な欠損に至っても他の部材が終局状態になることはなく安全であるといえる。表 2 に V7 をはじめに消去したケースの条件 3 の解析結果を示す。V7, V9, D7, D8, D9 に欠損の可能性がある場合その部材を補修・補強すべきなのはもちろんのことだが、その次に補修・補強すべき重要な部材は上記の斜材 4 本 (G2 上の D1,D10 と G3 上の D1, D10) であるということがいえる。

参考文献

1)一ノ瀬, 増田, 夏秋, 坂野: 淀川大橋の動的載荷試験及び応力頻度測定, 鋼構造年次論文報告集第 19 巻, 665-670, 2011. 11  
2)笹野, 依田: 米国ミネアポリス I-35W 橋の崩壊メカニズムと格点部の損傷評価, 土木学会論文集 A, Vol. 66 No. 2, 312-323, 2010. 6

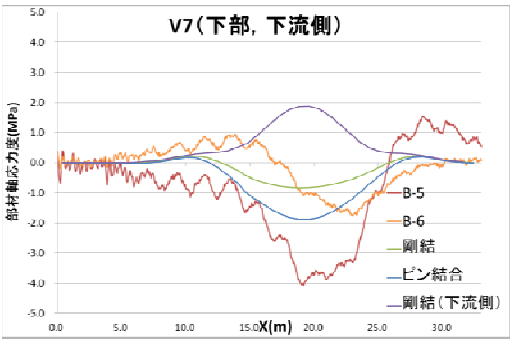


図 4 V7 下部下流側での応力度

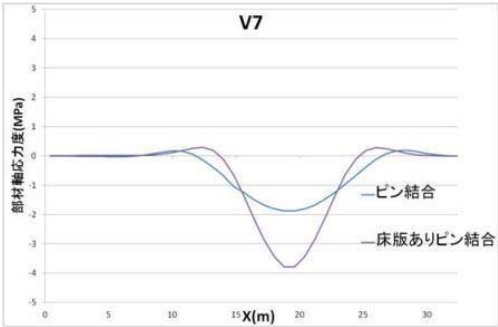


図 5 V7 における軸応力度

表 1 崩壊解析の条件

|            | 引張強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 降伏応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|------------|------------------------------|------------------------------|
| 条件 1       | 400                          | 235                          |
| 条件 2 (1/2) | 200                          | 117.5                        |
| 条件 3 (3/8) | 150                          | 88.1                         |

表 2 条件 3 における崩壊解析結果

|       |    |                                       |
|-------|----|---------------------------------------|
| Step1 | 破断 | 0 本                                   |
|       | 降伏 | 斜材 4 本 (G2 上の D1,D10 と G3 上の D1, D10) |
| step2 | 破断 | 0 本                                   |
|       | 降伏 | 鉛直材 5 本<br>対傾構斜材 16 本                 |
| step3 | 破断 | 斜材 4 本 (G2 上の D2, D9 と G3 上の D2, D9)  |
|       | 降伏 | 斜材 12 本<br>対傾構斜材 12 本                 |
| step4 |    | 節点の鉛直方向の最大変位<br>-0.92(m)              |