

## エクストラードズド橋の斜ケーブル破断が橋全体挙動に及ぼす影響の一検討

中日本高速道路 (株)		工修	○	服部	雅史
中日本高速道路 (株)	正会員	工修		若林	大
中日本高速技術マーケティング (株)	正会員			野島	昭二
中日本高速技術マーケティング (株)				立松	秀之

キーワード：エクストラードズド橋，斜ケーブル，破断，健全度評価

### 1. はじめに

エクストラードズド橋の維持管理において，斜ケーブルの破断が橋全体挙動に与える影響を把握することは健全性の判断の観点で重要である。そこで，**図-1**に示す伊勢湾岸自動車道の木曾川橋を対象に斜ケーブルの破断が橋全体挙動に及ぼす影響を解析的に検討した。

### 2. 対象橋梁

対象橋梁は伊勢湾岸自動車道の木曾川橋 (**図-1**)とした。木曾川橋はPC・鋼複合5径間連続エクストラードズド橋であり，中央径間275mは中日本高速道路(株)が管理するエクストラードズド橋で最大である。中央部105m区間に鋼床版箱桁が存在する。斜ケーブルは1面吊12段でファン形式に配置されており，1段は平行線ケーブル(φ7mm-素線163本)2組で構成されている。

### 3. 解析概要

解析は二次元弾性骨組解析により行った。斜ケーブルは引張張力のみ抵抗するため，曲げ剛性を極めて小さく設定することでモデル化した。また，実際の斜ケーブルは1段2組で構成されているが，2組を1要素でモデル化している。解析モデルに対して設計計算書より，節点座標，部材剛性，全死荷重時の斜材張力を与えることにより，設計における死荷重載荷時の内力状態を再現した。

解析は大きく2ケースのケーブル破断を想定して行った。

#### 3. 1 1段(2組)の斜ケーブルが徐々に断面欠損した場合

この解析は，斜ケーブルの素線が腐食などにより徐々に断面減少し，最終的に斜ケーブル1段(2組)が破断するまでを想定したものである。斜ケーブルの断面欠損率を20, 40, 60, 80, 85, 90, 95, 100%と徐々に増加させ，断面欠損した斜ケーブルが分担していた張力を，主桁と塔の節点に順次作用させることで，その場合の橋全体挙動を確認した。

#### 3. 2 1~3段の斜ケーブルが同時に破断した場合

この解析は，火災や落雷を想定して斜ケーブルを構成する平行線ケーブルが同時に1~3段破断し

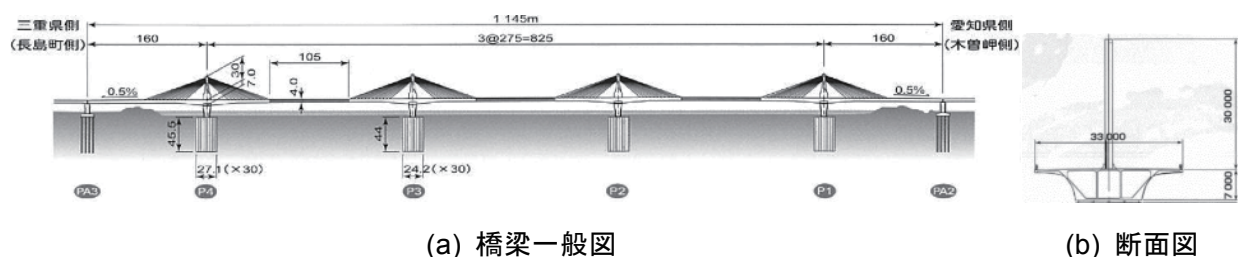


図-1 木曾川橋一般図

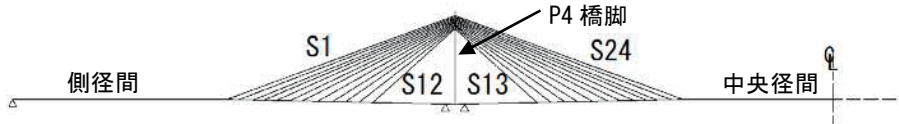


図-2 斜ケーブルの位置と名称

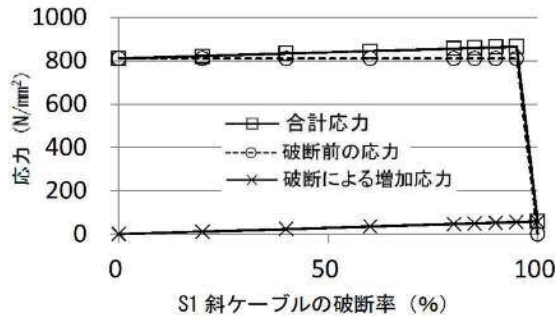


図-3 S1 が破断した場合の S1 の応力変化

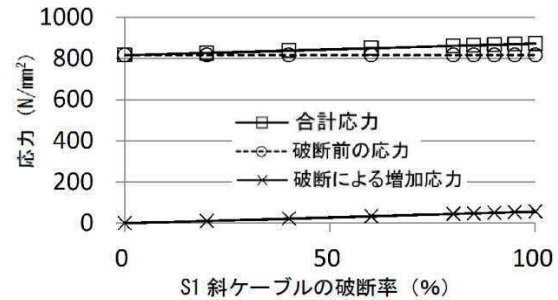


図-4 S1 が破断した場合の S2 の応力変化

た場合を想定し、斜ケーブルが複数段破断した場合の全体挙動を確認した。

着目した斜ケーブルは、図-2 に示すように P4 橋脚位置の側径間側と中央径間側における斜ケーブルとした。斜ケーブルの名称は P4 橋脚に対して、側径間側の外側から内側にかけて S1～S12、中央径間側の内側から外側にかけて S13～S24 とする。

#### 4. 解析結果

##### 4.1 1 段の斜ケーブルが徐々に断面欠損した場合に関する検討結果

###### (1) 斜ケーブルの挙動

側径間の最外縁ケーブルである S1 が徐々に破断した場合の、S1 自身の応力変化を図-3 に示す。ケーブルの応力増加は、95%断面欠損時においても引張強度  $f_u (=1,600\text{N/mm}^2)$  の 3.3%と微小であり、本解析の条件設定では、部分的な破断が進行していったとしても、応力の急増によりケーブルの破断が加速されるような傾向はみられなかった。S1 が徐々に破断した場合の隣接する S2 の応力変化を図-4 に示す。S2 の応力増加は、S1 が破断した場合においても引張強度の 3.6%と微小であり、S1 の破断に伴って隣接ケーブルが連鎖的に破断に至る可能性は極めて低いと考えられる。

中央径間の最外縁ケーブルである S24 が徐々に破断した場合の、S24 自身の応力は 95%断面欠損時においても引張強度の 3.9%増加する程度であった。また、隣接する S23 の応力は、S24 の破断時においても引張強度の 4.1%増加する程度であった。

他のケーブルについても、例えば、側径間の最内縁ケーブルである S12 が徐々に破断した場合の S12 自身の応力は、95%断面欠損時においても引張強度の 1.9%増加する程度であった。また、隣接する S11 の応力は、S12 の破断時においても引張強度の 2.0%増加する程度であった。加えて、S13 破断時の挙動は、S12 破断時の挙動とほぼ同じであった。

###### (2) 主桁の挙動

側径間の最外縁ケーブルである S1 破断による主桁下縁応力変化を図-5 に示す。設計計算書から、活荷重による応力を図-5 に合わせて示している。また、横軸は解析での節点番号を示しているが、S1 (節点番号 19) や S12 (節点番号 41) の位置も併記している。最も応力状態が厳しくなる S1 定着部付近の主桁下縁応力変化は、設計活荷重による応力変動幅の 1/2 程度であることから、D (D は設計死荷重) +0.5L (L は設計活荷重) 程度の荷重状態であれば、主桁への影響は無いといえる。中央径間の

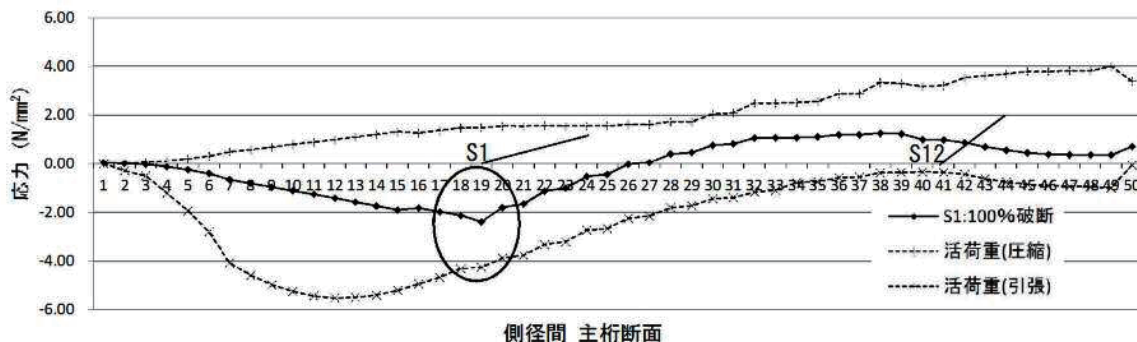


図-5 S1 破断時の主桁下縁応力変化

最外縁ケーブルである S24 破断による主桁応力変化は、側径間側の S1 破断時と同様に、活荷重による応力変動の 1/2 程度であったため、D+0.5L 程度の荷重状態であれば、主桁への影響は無いといえる。

また、主桁の鉛直変位に関して、最も大きな変位は S24 破断時の 37mm であり、活荷重による鉛直変位 184mm に比較して 20% と小さい。

(3) 主塔の挙動

塔頂部の水平変位に関して、最も大きな変位は S24 破断時で 20mm 程度であった。上記の主桁の鉛直変位も含めて、変位量を指標として斜ケーブルの異常を検知することは困難と考えられる。

塔下端に関して、D+L 時の断面力に斜ケーブル破断時に発生する断面力を加えて照査を行った場合においても、許容値を満たす結果となった。

4.2 1～3 段の斜ケーブルが同時に破断した場合に関する検討結果

(1) 斜ケーブルの挙動

側径間の外縁ケーブルである S1～S3 破断時における各斜ケーブルの張力変化に関する結果を図-6 に示す。S1 破断時には、隣の S2 の張力が最も増加し、その値は 749kN (引張強度の 3.7%) であった。S1, S2 破断時には、その隣の S3 の張力が 1,571kN (引張強度の 7.8%) に増加した。S1～S3 が同時に破断した場合は、その隣の S4 の張力が 2,473kN (引張強度の 12.3%) 増加するが、その場合でも降伏点 (引張強度の 78.8%) を超えることはなく、残った斜ケーブルは弾性範囲内におさまっている。

中央径間の外縁ケーブルである S24～S22 破断時の結果を図-7 に示す。S24～S22 が同時に破断する場合においても、その隣の S21 の張力は引張強度の 13.5% の増加であり、降伏点を超えることはなく、残りの斜ケーブルは弾性範囲内におさまっている。

他のケーブルについても、例えば、側径間の内縁ケーブルである S12～S10 破断時においても、S9

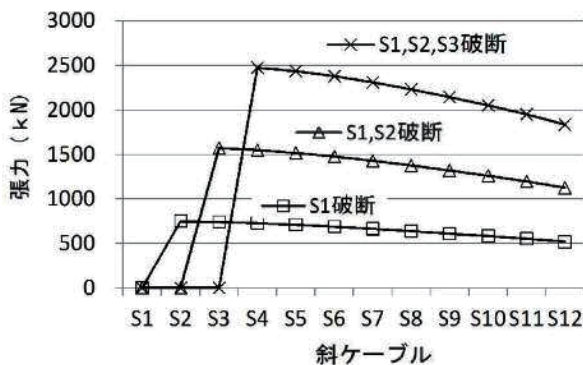


図-6 S1～S3 破断時張力変化

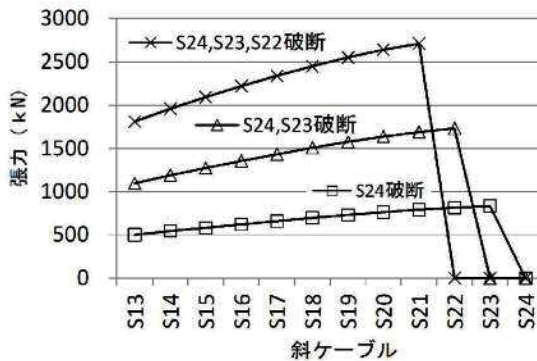


図-7 S24～S22 破断時張力変化

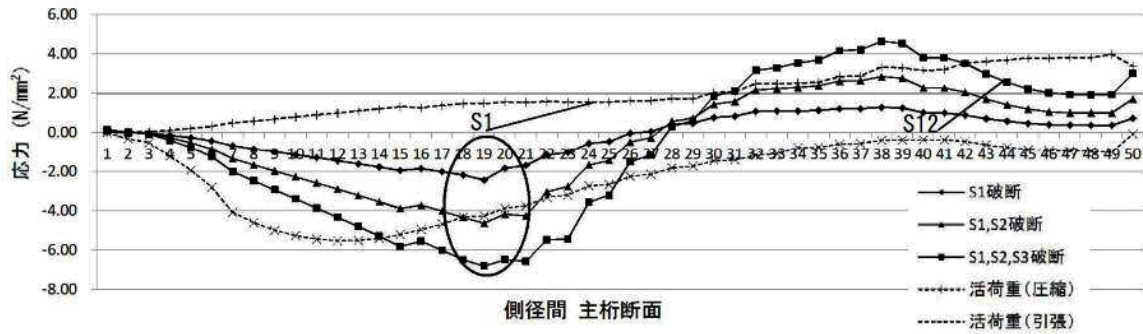


図-8 S1～S3 破断時の主桁下縁応力

の張力は引張強度の 6.9%増加する程度であった。中央径間の外縁ケーブルである S13～S15 破断時は、S12～S10 破断時とほぼ同じ挙動を示した。

(2) 主桁の挙動

側径間の外縁ケーブルである S1～S3 破断時における主桁下縁応力を図-8 に示す。活荷重による応力や、横軸の節点番号は図-5 と同じである。S1～S3 破断時、主桁の応力においては S1, S2 の 2 段破断まで活荷重の応力変動範囲程度に収まっており、活荷重を載荷しなければ設計活荷重による応力変動内に抑えることができる。しかしながら、S1～S3 が同時に破断する場合は、活荷重がない状態であっても一部の断面で設計活荷重による応力変動を超過することとなり、主桁の応力制限値を超える恐れがある。

中央径間の外縁ケーブルである S24～S22 破断時においては、S24 破断までは設計活荷重の応力変動範囲程度に収まっており、活荷重を載荷しなければ主桁の応力は制限値内である。しかしながら、S24, S23 の 2 段が同時に破断した場合は、S24 定着部付近の断面において活荷重がない状態であっても主桁の応力制限値を超える恐れがある。

内縁ケーブルである S12～S10 または S15～S13 破断時においては、D+L 時でも主桁の応力は設計活荷重による応力変動内である。

主桁の鉛直変位は、S1～S3, S12～S10, S15～S13, S24～S22 の 3 段同時に斜ケーブルが破断した各場合においても、設計活荷重による変位の範囲以下であった。

(3) 主塔の挙動

塔頂部の水平変位に関して、3 段同時破断の場合の最も大きな変位は 73mm であった。塔下端に関して、最も影響を与えるのは S12～S10 破断時であったが、鉄筋の引張応力は 119N/mm<sup>2</sup> (許容値 180 N/mm<sup>2</sup>) に過ぎず、斜ケーブル破断による主塔への影響は少ないと考えられる。

5. まとめ

木曾川橋を想定した本解析結果から、以下の点が明らかとなった。

- 1) 1 段の斜ケーブルが徐々に断面欠損してもそのケーブルの応力の急激な増加はなく、破断しても隣接する斜ケーブルは弾性範囲である。また、破断した場合の主桁の応力は、活荷重を設計活荷重の 1/2 程度に制限すれば設計活荷重による応力変動内に抑えることができる。
- 2) 外縁に配置された斜ケーブルが複数段破断した場合は、死荷重のみの状態においても主桁の応力が設計活荷重による応力変動内におさまらず、応力制限値を超える恐れがある。
- 3) 斜ケーブルの破断が、主桁の鉛直変位、塔頂部の水平変位、塔下端の断面力に与える影響は少ない。

今後は本検討結果や、他の橋梁での検討結果をもとに、エクストラドーズド橋の健全性の判断基準を取りまとめる予定である。