

## 台湾南方澳大橋のケーブル腐食を再現した 連鎖崩壊解析

秋田大学大学院	学生会員	君島 真美
秋田大学大学院	学生会員	角田 晴輝
秋田大学大学院	正会員	青木 由香利
秋田大学大学院	正会員	後藤 文彦

### 1. はじめに

1980～90年代にかけて日本国内だけでなく世界中で多くの橋が建設された。その橋が近年、サビたり腐食したりしていることが明らかになってきている。一例として、台湾にある南方澳大橋は2019年3月にケーブル腐食が理由で崩壊している。このように斜張橋や吊り橋、タイドアーチ橋などケーブルを有する橋は、ケーブルが腐食すると建設時よりも破断強度が低下することが分かっている<sup>1)</sup>。本研究では南方澳大橋を参考に、ケーブルが腐食した場合のタイドアーチ橋の終局強度の把握と、ケーブルの破断による連鎖崩壊の再現を目的として解析を行う。

### 2. 数値解析モデル

本研究の数値解析モデルをここに示す。今回は図-1(a)に示すように、アーチ部分が二股に分かれていない一般的なタイドアーチ橋モデルを作成し解析を行った。

モデルの諸元は、スパン長140m、アーチ高28mとし、主桁断面は鋼製箱断面とした。図-1(b)に示すように、主桁は上フランジ4.4m、下フランジ3.2m、ウエブ高さは1.6mとした。図-1(c)に示すように、アーチリブは鋼製の正方形断面とし、幅は2.0mとした。両方共、鋼材材質はSM400（降伏応力235MPa、ヤング率200GPa）である。ケーブルは多数の垂鉛メッキ鋼線を平行に束ねた平行線ケーブル(PWS)を想定し、10mの一定間隔で13本ケーブルを配置した。ケーブルの材質はST1570(第一

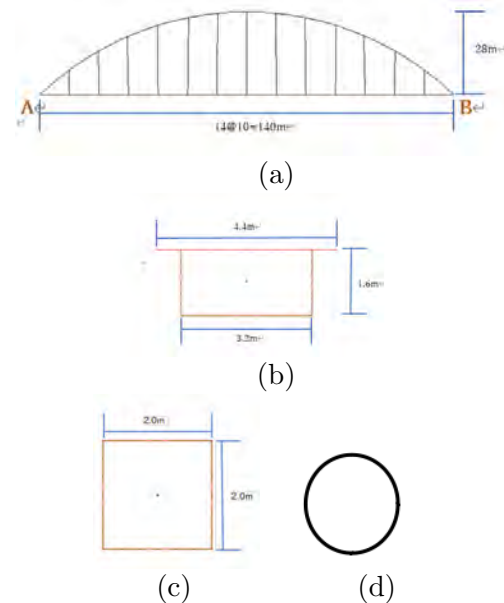


図-1 数値解析モデル

降伏点を1160MPa、第二降伏点を1570MPa、ヤング率195MPa)とした。主桁の支持条件は、支点Aは、鉛直および橋軸直角方向固定、橋軸方向固定、橋軸直角方向のみ回転自由とし、支点Bは、鉛直および橋軸直角方向固定、橋軸方向自由、橋軸直角方向のみ回転自由とした。本解析で使用した設計荷重はそれぞれ、橋軸方向単位長さあたりの死荷重(D)として、鋼桁重量(35kN/m)、地覆(24.5kN/m)、アスファルト舗装(23.6kN/m)の合計83kN/mを等分布載荷した。アーチリブの死荷重は、自重(15kN/m)とし、これを等分布載荷した。活荷重(L)は、道路橋示方書のB活荷重とした。すなわち、集中荷重 $L_{p1}$ (1025kN)をスパン中央に載荷し、等分布荷重 $L_{p2}$ (30.75kN/m)を主桁全体に作用させた。

キーワード：タイドアーチ橋，連鎖崩壊，ケーブル腐食，有効断面積

連絡先：〒010-8052 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学理工学部土木環境工学コース

### 3. 数値解析手法

本研究では、ケーブルが切れた際にどのようにして橋が崩壊していくのかを再現するために以下の方法で解析を行った。まず、ケーブルが全てある状態で上記の設計荷重を動的に、50秒かけて載荷させ、その後50秒間解析を続けることで、静的解析時と同様の状態を再現する。次に任意で破断させるケーブルの張力の時刻歴応答を抽出する。今回は中心ケーブル(C1)の張力を抽出し、55秒でケーブル張力が0になるよう任意で時刻歴応答を書き換える。その応答履歴を中心ケーブル要素を抜いた解析モデルにかけ、再び解析時間0秒から設計荷重をかけて解析することで、ケーブルが瞬間的に破断したことを再現する。解析時間55秒でC1が破断した後の橋梁全体の変位や隣接ケーブルを抽出し、先ほどと同様にC2ケーブルの応答履歴を最大値に達した時点で0にするように書き換え、再び解析を行う。このようにして橋梁全体が崩壊するまで解析を行った。

### 4. 数値解析結果

解析結果を以下に示す。図-2はC1ケーブルが破断した際の橋梁全体の変位図で、この時の最大たわみは約400mmとなった。図-3に主桁中心部における変位の時刻歴応答を示す。55秒でC1、60秒付近でC2、70秒付近でC3、そしておよそ85秒でC4が破断していることを表し、C4が破断した時点でたわみは約1.2mと非常に大きくなった。この時の橋梁全体の応力応答を確認するとアーチ中心部で降伏応力に達していたことから、その点での中立軸付近の主応力を時刻歴応答で図-4に示す。C4が破断した時点で中立軸付近の応力も降伏応力に達したことから、この付近に破断ひずみが形成され、橋梁全体の崩壊に至ったと考えられる。

### 5. まとめと今後の課題

本研究では台湾南方澳大橋の崩壊から着想を得て、一般的なタイドアーチ橋をモデル化し、数値解析を行った。ケーブルの破断はケーブル応力の時刻歴応答を、任意または最大値のタイミングで0にす

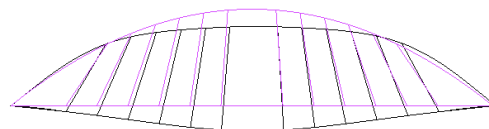


図-2 全体変位図：C1 破断

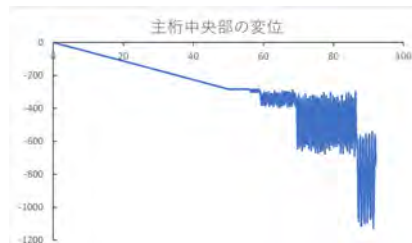


図-3 主桁中心部における変位の時刻歴応答

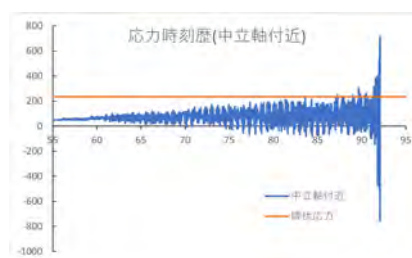


図-4 アーチ中央部の中立軸付近の応力応答履歴

ことで再現した。今回の橋梁モデルではケーブルが9本破断した時点でアーチ中央部に塑性ヒンジが形成され、橋梁全体の崩壊に至った。また変位応答を確認すると、本研究で用いた解析手法で、ケーブル破断時の衝撃力は再現できていると考えられる。ケーブルの腐食を数値解析的に再現することと、台湾南方澳大橋を忠実にモデル化し本手法を用いて解析することで、実際に起きた事故を再現することができるか検討を行うことを今後の課題とする。

#### 参考文献

- 1) Shunichi Nakamura, Kazuhiro Miyachi: Ultimate Strength and Chain-Reaction Failure of Hangers in Tied-Arch Bridges, SEI, No.1, 136-146, 2020.2