

【技術ノート】

# 海外にみる構造物の損傷事例

## Structure Failure Reports in Overseas

堀 内 岩 夫\*  
Iwao HORIUCHI

### 1. まえがき

1985年4月の切尔ノブイリ原子力発電所の爆原事故は、世界の人々に大きなショックを与えた。この事故は、プラントオペレーターの6つの過失が重なったものであり、そのうちの1つが回避されていれば事故は起きなかつたと報道された。

この事故によって31人が死亡、299人が負傷し、135,000人の人々が事故現場から離れることになった。

一方1985年9月19日、20日の両日、メキシコを襲ったマグニチュード8.1および7.5の大地震では30,000人ともいわれる人々が死亡した。

メキシコシティーは、湖底の軟弱地盤上に形成された都市であったことに加えて、このような大地震に対する耐震構造が確立されていなかったことが、被害を大きなものとした。

こうした天災、人災による災害を経験する中で、天災に対してはその被害を、最少限にするための諸規準の改善なり対応の改善をはかり、人災に対してはその防止に向けての安全面での改善がなされてきた。したがってこうした災害の事例は、原因の究明とその原因を断つための方策を確立するうえで貴重なデータとなる。

本文は、海外における構造物の損傷例と事故例を紹介し、この種の構造物を設計する際の参考資料とするものである。

### 2. 鋼橋のクラック

ここ10年間において多くの溶接桁橋梁にクラックが発生している。この原因は、主桁ウェブが横方向変形をおこすためであり、この変形は主桁に取り付いている横桁、

対傾構により生ずる横力に起因するとされている。しかし、幸いにもクラックが原因で橋が崩壊したり、閉鎖されたり荷重制限されたことはない。

ボルトまたはリベット構造による連結は、溶接構造よりもクラックに対して有利である。

多くのクラックを受けた橋は、重大なクラックに進行するまでの期間に、比較的小さな応力振幅を受けている。また、まれなケースではあるが、クラックが橋の供用開始前に発生した例もあるが、これはクラックが輸送中、ならびに、架設中に発生したことを示すものである。

こうしたクラックの多くは、連続桁橋の負のモーメント領域の中に発生し、しかも引張フランジの近傍に限られている。このフランジは、上面を床版で拘束され、下面是ウェブ面外の水平方向に変形しやすい構造となっている。

二次応力は、橋梁部材が活荷重によって上下に動くのみならず、ウェブ面外の水平に動くことによって発生する。この水平移動は横桁または横構によってひきおこされる（図-1参照）。

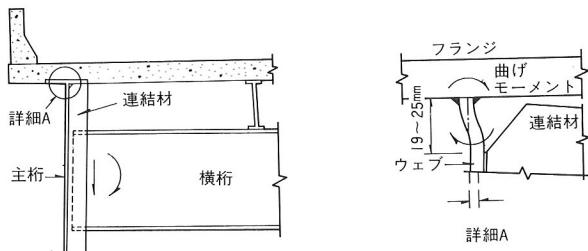
クラックは、主にウェブ面内方向に発生する。このクラックが、発生した方向と直角の方向に進展する前に気付き、適切な処置を施した場合には、橋の機能に有害とはならない。いくつかの例では、クラックが低応力域に達したときに進行が止まり、このクラックが拘束力を解放する役割をしているものもある。

変形によるクラックの最も多い箇所は、横桁を連結する連結材の端部と、桁フランジ間のウェブの小さなギャップの所に発生するが、それは連結材が、フランジに溶接されていない場合である。

このように連結材を、引張フランジに溶接させてない

\*川田工業株式会社技術本部設計部次長

理由は、引張フランジ溶接部の疲労規定を満足するための処置であるが、これがウェブギャップでのクラック発生原因となっているという皮肉な結果となっている。

図-1 ウェブのねじれ現象<sup>1)</sup>

面外変形の度合いは主桁間隔、斜角、ダイヤフラムまたは、横桁の形状に左右される。クラックは斜橋、曲線橋、直橋に発生するが斜橋、曲線橋が多い。

当然ながら横桁位置での各主桁は、均一にはたわまないものであり、このことが桁の面外変形を発生させる。

このような問題には動きを最少にするか、または、動きやすくすることである。そのための方法としては

- ① クラックの両端に穴を開ける。
- ② ウェブギャップを長くする。
- ③ 連結板をフランジにボルト結合させる。

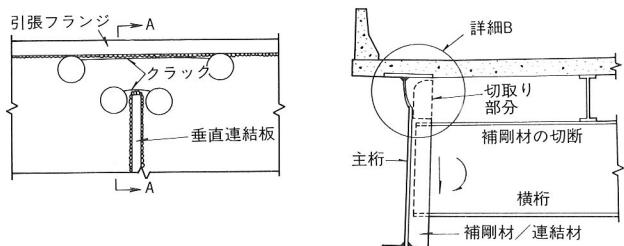
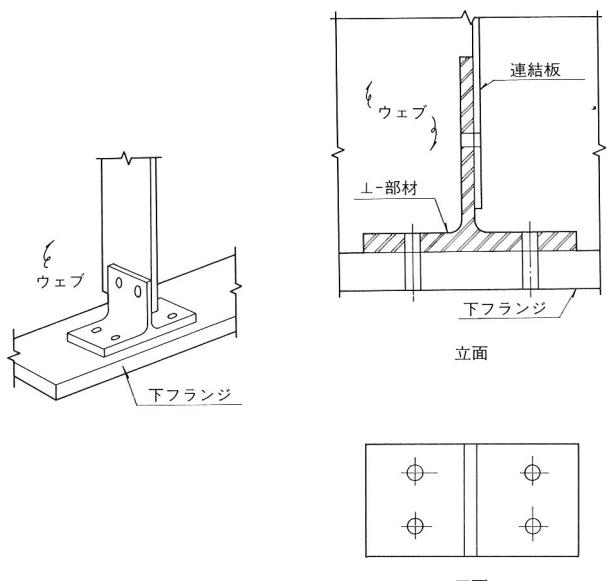
図-2 クラック防止孔<sup>1)</sup> 図-3 ウェブギャップ長の改善<sup>1)</sup>

図-2に示すように、クラックの両端に孔明するだけでは、繰り返し応力を十分に低減させることができず、孔のまわりからさらにクラックが発生する場合がある。このときには、ウェブギャップの柔軟性を増すために

図-3に示すように補剛材の一部を取り除くのがよい。こうすることによってウェブに働く曲げ応力度を低減することができる。

一方、中間支点上の横桁位置では、横力を沓に伝達することが必要であり、そのために補剛材を、図-3のように取り除くことができない場合がある。このようなときには、図-4に示すように、連結板を桁の引張フランジに取付けることによって、ウェブギャップのために発生する変形を防止することができる。

図-4 連結構造<sup>1)</sup>

### 3. セバーン橋の補強工事

イギリス南西部のセバーン川河口にかかる3,240ft (987.6m) の吊橋は、かなり老旧化している。現在、セバーン橋のタワーと流線型溶接箱桁の補強プログラムが進行中である。

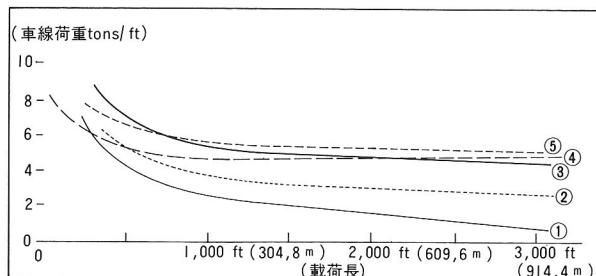
1960年、世界で7番目に長い本橋の設計手法は革命的なものであった。軽量の本橋は、スコットランドのフォース道路橋3,300ft (1,006m) に比べて30%のコスト低減が見込まれた。

1966年、セバーン橋が開通して4年後の1970年に、Freeman Fox社によって設計された箱桁橋が崩壊した。ひとつは、Milford Haven橋の側径間200ft (61m) が落橋した。もうひとつは、オーストラリアのメルボルンにあるWest Gate橋の側径間とピアが崩壊した。

1984年イギリス運輸当局は、Flint & Neill社による包括的な見直し調査後に、セバーン橋の大規模な補強プログラムの遂行を決定した。

構造解析手法は当初設計の方法とは異なるが、主ケーブルは設計活荷重が3倍になっても、十分安全であることが確認された。

図-5では、長大橋に対する各国の活荷重強度を比較している。この図で⑤としてセバーン橋に今度適用される1990年の活荷重が提案されており、①の当初セバーン橋に適用したBS153規定の荷重とくらべると大きな違いがある。



- ① 当初のセバーン橋に適用したBS153規格
- ② ASCE提案の荷重
- ③ 西独のDIN規格
- ④ AASHTO規格
- ⑤ セバーン橋に今回適用する1990年を推定した荷重  
(英国の提案)

図-5 長大橋の設計活荷重<sup>2)</sup>

セバーン橋は、2年以内に徹底的に補強されることになっている。補剛桁の溶接部分の修理と補強溶接が1,600m、ハンガーの取換えが2,400m、および、高さ135.6mの主塔の補強が予定されている。

主塔の補強を図-6に示す。

- A：主塔の脚は、鋼管を内側に配置して補強する。
- B：中段および下段のポータルビームは、外側及び内側に鋼板を張りつける。
- C：塔頂のタワーサドルは、外側を締め金具で補強し、そのまわりにアクセスプラットホームを設置する。

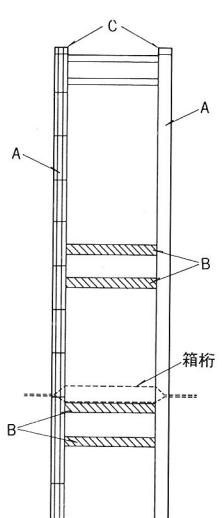


図-6 セバーン橋における塔の補強<sup>2)</sup>

#### 4. 洗掘による橋梁崩壊事故



写真-1 スコハリー橋の落橋<sup>3)</sup>

1987年4月5日の日曜日の朝、ニューヨーク州で500ft(164.6m)の橋梁が、大雨のため何の前兆もなく崩壊した。目撃者によると、少くとも車3台とトラックター・トレーラーが、7.6m深さのクリークに投げ出された。このときクリークは、普段の2倍以上に増水していた。この橋は35m幅員の4車線道路であり、1日の交通量は乗用車が15,000台、トラックが3,000台であった。

事故の原因は、洪水によるフーチングとピア根元の洗掘とみられている。本橋は1956年に完成し、1982年には復旧工事が実施された。そして1986年春の検査では良い状態であることが確認された。

橋梁は5径間で構成され、その脚はH形状である。脚柱は基部で2.7m、頂部で2.1mのテーパーのついた矩形断面となっている。上部工は桁高2.1mの2主板桁で、桁長は30.5mから36.6mである。

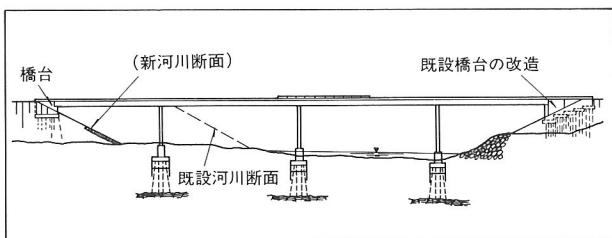
この事故は、Thruwayの33年の歴史の中での最初の崩壊事故であり、関係者を仰天させた。直ちに、このルート894.4km全長にわたっての調査が実施されたが、特に問題箇所は見当たらなかった。

崩壊の原因調査は現在進行中であるが、主たる原因是予想を上回る洪水、速い流れと流木によるフーチングの洗掘とされている。一方では、洪水多発地点になぜ浅い基礎としたのか、広い高水敷の両側に盛土道路として、流水幅を100mにしぼったかも問題とされている。図-7に本橋の再建図を示す。現在建設が進行中であり、1988年春の開通予定である。

新橋の下部工は、地震力および100年周期の洪水に対しても安全であり、かつ、氷結や漂流物による力に対しても十分安全な構造物とした。さらに設計者は河川の観測データと水理分析から河川断面を180ft(54.9m)広くした。

#### 5. スタジアムの崩壊事故

シアトルのワシントン大学のHuskyスタジアム建設

図-7 スコハリー橋再建図<sup>4)</sup>

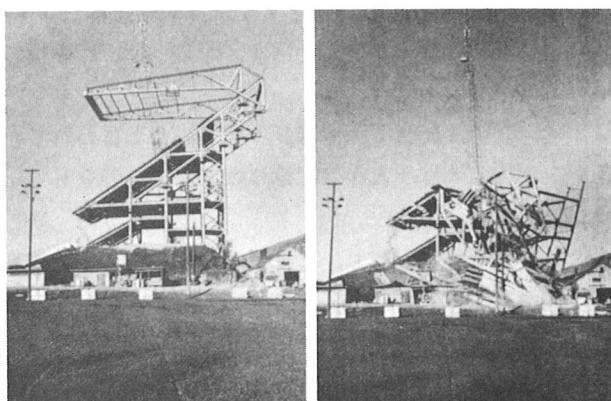
工事で、2つの支柱フレームが破壊した。この構造物は15階のトラス構造物で、大口径鋼管とH型鋼で構成されている。

写真-2からもわかるように、この建物はコンコース用の水平エレメント、スタンド用の大きなスロープエレメントおよび、背面でハンチのついた片持式の屋根トラスからなっていた。そして、1987年9月5日のフットボール試合に間に合うように、13,500席を予定して建設を進めていた。

事故の原因が明らかになるまで架設工事は中止されるが、鉄骨工事担当者は、屋根トラスとその背面のハンチ部の連結部が裂けるのを目撃している。

崩壊の前日、2.7m×15.2mの床用鋼板がクレーンで所定の位置に吊り上げられた。そのとき、鋼板に溶接されていた吊り金具が壊れ、鋼板はトラス部材の上に落ちた。

これらのことから、崩壊の引き金となったか否かはまだ判明していない。大学と施工業者が、現在事故原因について調査中である。



(a) 崩壊前  
(b) 崩壊後  
写真-2 スタジアムの崩壊<sup>5)</sup>

## 6. あとがき

わが国における構造物の損傷事例については、マスコミによる報道以外からの情報入手が極めて困難な状況にある。このことは即ち、構造物の損傷があつてはならないという風土が、わが国では昔より育てられてきていたからであると考える。したがって、構造物の形態についても、従来のものから大きく脱皮するということもなく

「石橋をたたいて渡る」的な感がある。

近年では、構造物の造形美ならびに景観美を配慮した構造型式とか、維持管理面での構造詳細といったところに重点が移っているが、基本的には安全でかつ、長もちする構造物とするために、設計基準を忠実にトレースすることになる。

一方、米国の場合には5年ごとに示方書が改定されるとともに、その間、追補の規準が発行されて常に最新の技術データを、構造物の設計・施工にとり入れていくというシステムが確立されている。さらに、設計時点では、設計者の思想が反映できるような示方書になっている。

構造物の損傷事例についてわが国では、建設関連の専門雑誌で紹介されるというケースは、ほとんどないが、海外ではしばしば事故とか損傷事例の紹介がなされ、原因の追求と改善策が実施される。

もとより、損傷のないことにこしたことではないが、損傷の事例について公表し、再度同類のミスを犯さないということで、こうしたニュースは関係者への警鐘として意味のあることであると考える。

## 参考文献

- 1) ASCE : Civil Engineering, pp.64, April, 1985.
- 2) ENR : pp.22, May28, 1987.
- 3) ENR : pp.13, April19, 1987.
- 4) ASCE : Civil Engineering, pp.12, September, 1987.
- 5) ENR : pp.12, March5, 1987.