

現代の落橋事故の特徴に関する一考察

大日本コンサルタント(株) 石井 喜代志*

鋼橋技術研究会 鋼橋の劣化機構検討部会 ○齋藤 道生**

1. はじめに

国内外の落橋事故が現代においても多い。現代の落橋事故のいくつかに着目し、落橋の要因を検討するとともに、増加しつつあるケーブル材の連鎖的破断の原因究明をおこなう。

2. 現代（1950～）の竣工後の落橋事故（要因・構造形式別分類）

表-1 現代の竣工後の落橋事故¹⁾

(数字は件数)

年代	落橋の要因	吊橋	木橋	石橋	桁橋	トラス	アーチ	斜張橋	ラーメン橋	その他	吊橋以外計
現代 (1950年～)	自然災害				2					3	5
	人為的災害		1		2	1	1				5
	風				1						1
	腐食・疲労	3	1		6		1		1		11
	設計施工ミス	2			1	2					3
	過積載車				2						2
	小計(件数)	5	2		14	3	2	2	1	3	27

表-1は、現代における供用後の落橋事故の要因を「自然災害」、「人為的災害」、「風」、「腐食・疲労」、「設計施工ミス」および「過積載車」に分類し、集計したものである。

現代の特徴的な落橋事故は、「腐食・疲労」が主要因である。イタリアのジュノヴァ橋[PC斜張ゲルバー橋](2018年8月14日崩壊、1967年竣工)やミャンマーのミャウンミャ橋[鋼吊橋](2018年4月1日崩落、1996年供用)では、コンクリート被覆された斜ケーブルや主ケーブルのアンカー側定着部の腐食が直接的に落橋に繋がっている。一方、過積載車による事例や、設計ミスと思われる落橋事故が増大しつつあるように思える。

3. 注目すべき3橋の落橋の一因

1) 中国(哈爾浜市)3径間連続合成箱桁橋の落橋(Structural Engineering Internationalの事故分析紹介²⁾と私見)

2012年8月、4台のトレーラー(総重量:484.8t)が市高速のランプ入路橋を縦列して走行中、図-1の位置に達した時、上部工が回転し、エンドピア上の2点沓では抑えきれず、橋座梁を破壊しつつ落下した。写真-1参照。

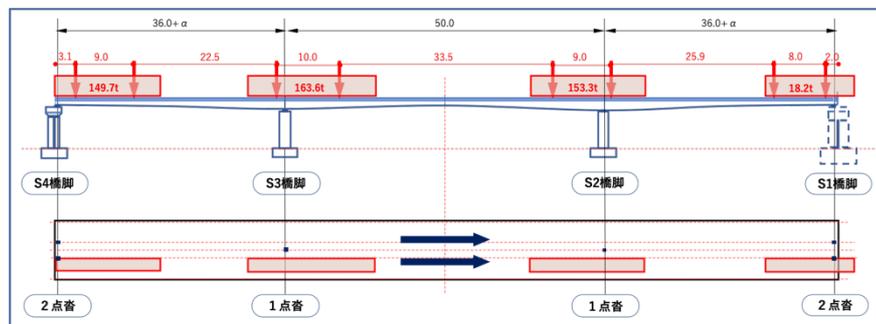


図-1 橋梁諸元と4台のトレーラーの崩壊時の位置

写真-1 崩壊の状態²⁾

諸元:橋長122(36+50+36)m, 総幅員9.4m(入路2車線), 鋼箱桁幅6.0m(1セル構造), 鋼箱桁高1.77~2.35m, RC床版厚43cm, 高欄はRC製壁高欄²⁾。

崩壊のシナリオ: 過積載車(設計荷重の3倍)の偏載が直接の原因。偏載による回転力はエンドピア反力を再分配し、エンドピアの破壊に繋がった。次に橋座梁の破壊が生じ、上部構造に幾何学的不安定性をもたらした²⁾。

設計への提言: ①前提の下での回転安定性の計算, ②横方向の安全性の考慮, ③過積載荷重下での幾何学的非線形性の考慮。こうすれば、過積載荷重下でも構造的な安全性を確保できる²⁾。

私見: 図-2のように、上部構造は平面性を保持し(鋼桁は、局部座屈のみ)、各橋脚の脚柱は無傷である。中間橋脚が2点支持であれば、上部工の回転は生じず、さらに支点が鋼桁ウェブ直下にあり下部工が持てば、鋼桁の局部的な損傷に収まったであろう。図-3, 4は、各脚近傍の単位長当りの支点反力のバランスを示す。

キーワード 落橋事故, ケーブル材の連鎖的破断, 過積載車, 構造安定性, 構造計画, 構造細目

連絡先 * 〒330-6011 さいたま市中央区新都心11-2 ランド・アクシス・タワー 11F

TEL 048-600-6671

崩壊時：床版・鋼桁は平面性を保持，鋼桁は局部座屈のみ，上部工が回転しながら，脚梁を破壊し，落下したと考えるのが自然。

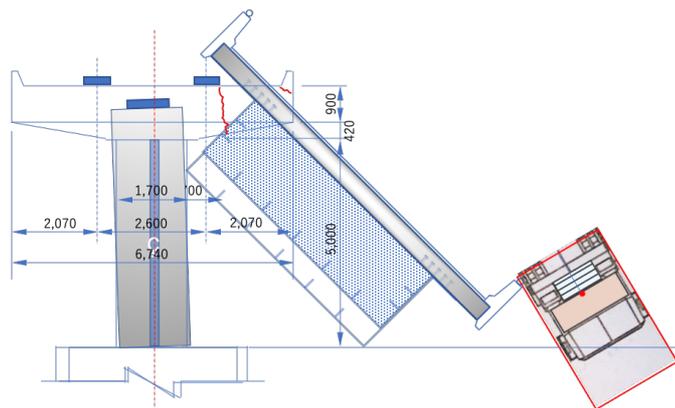


図-2 崩壊時の状態

中間橋脚2基に過積載車が到達した時（崩壊時），瞬時に上部工が回転。

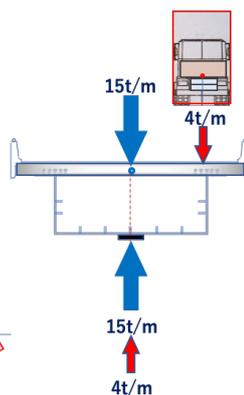


図-3 中間橋脚のバランス

エンドピアでは上部工の回転により，支承，梁が破壊され，上部工がズレ落ちた。

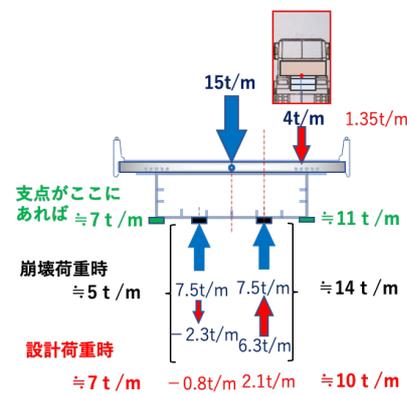


図-4 エンドピアのバランス

2) インドネシアのクタイ・カルタネガラ橋 [鋼吊橋主径間長 270m] (2011年11月落橋, 2001年完成)

2011年修復工事中に，中央径間中央部のハンガーを起点としてハンガーが連鎖的に切れ崩壊した。事故分析の結果は，クランプ・ピンのせん断破壊とされている。この吊橋の構造的特徴は，補剛トラスが下弦材格点位置で吊られていることである。写真-2 参照。この場合，図-5のように強風時横方向移動時 (1/100 と仮定) にハンガーと上弦材が接触する可能性があり，中央径間中央部がこの可能性が高いと言える。こう考えると中央部からの連鎖的なハンガーの破断は想定される。設計時の変形状態を考慮していない構造細目に問題があったと言わざるを得ない。

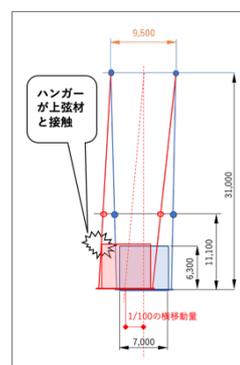


図-5 強風時変形状態 写真-2 下弦材定着点³⁾

3) 台湾の南方澳跨港大橋 [鋼タイドアーチ，橋長 140m，斜材 13本] (2019年10月落橋, 1998年建設)

本橋梁は，スペインのバルケッタ橋 (1992年竣工) をコピーし設計されたと考えられる。バルケッタ橋 (主径間 168m，ケーブル斜材 17本)，と本橋を比較すると，ほぼ妥当なケーブル斜材本数であると言える。アーチ弦材の断面形状も写真-3のように，バルケッタ橋と同一である。ここでの着目点は，アーチ上弦材側のケーブル定着点の構造で図-6で明らかであるが，塩分が溜まりやすく「すき間錆」の温床と言える。この構造細目ではケーブルや定着点の点検が行えたか疑問である。ケーブル斜材の上弦材側の定着点近傍が過度の腐食状態にあった場合には，上端側からの連鎖的な破断は説明可能である。

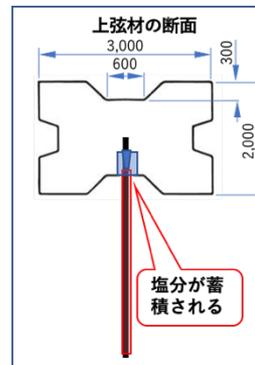


図-6 定着部の構造 写真-3 斜材定着点⁴⁾

4. おわりに

上記の例のように，現代の落橋事故では，構造安定性・適切な部材配置計画・維持管理性を考慮した構造細目の欠如によって生じていると思われる。これらは「設計ミス」の範疇と見做せる。こうした教訓を如何にして設計の現場に伝えていくかが，大きな課題であると言える。本研究は，鋼橋技術研究会 鋼橋の劣化機構検討部会 (部会長：ものづくり大学・大垣賀津雄) の活動内容であり，関係各位からご指導頂き感謝致します。

参考文献

- 1) 「NOTES ON BRIDGE FAILURES」 TAKEO FUKUDA 1979
- 2) Xuefei Shi;Zijie Zhou;Xin Ruan 「Forensic Diagnosis on Overall Collapse of a Composite Box-Girder Bridge」 『Structural Engineering International』 №.1/2018
- 3) Kutai Kertanegara bridge which collapsed over the Mahakam river in East Kalimantan on Saturday (Nov. 26, 2011).www.antaraneews.com (最終検索日：2020年3月20日)
- 4) 南方澳大橋 | 宜蘭観光サイト travel.yilan.tw (最終検索日：2020年3月20日)