

小規模人道吊橋におけるハンガーの破断が荷重応答特性に及ぼす影響

東京都立大学 学生会員 ○東條 はづき, 正会員 村越 潤
東京都立大学 フェロー会員 野上 邦栄, 正会員 岸 祐介

1. はじめに

ケーブル部材等の引張部材を有する橋梁においては、引張部材の破断等が生じた場合、橋全体が致命的な状態に至るなど、構造安全性及び耐荷性能に多大な影響を及ぼす恐れがある。このような構造的特徴を有する代表的橋梁形式である吊橋において適切な維持管理を行うためには、その特徴や損傷形態を踏まえた橋の健全性の評価が重要となる。本文では小規模人道吊橋を対象として、設計荷重下及び併用荷重下において、ハンガーの破断が荷重応答特性に及ぼす影響について解析的に検討を行った結果を述べる。

2. 対象橋梁と解析モデル

対象とした小規模吊橋は、小規模吊橋指針・同解説¹⁾の計算例の単径間無補剛吊橋(支間50m、幅員1m、サグ比1/10)である(図-1)。解析モデルには、三次元立体骨組モデルを採用し、ケーブル部材はトラス要素、主塔及び床組(縦桁、横桁、横構、高欄)ははり要素でモデル化した(図-2)。木製床版はモデル化せず死荷重のみを考慮した。解析はハンガー破断後の断面力の再分配を考慮できるSeanFEMを用いた。表-1に各構成部材の強度特性を示す。なお、本解析では、降伏以降、二次勾配を有するバイリニア型の構成則を設定したが、表-2の解析ケースでは、いずれも構成部材に材料非線形性はみられず弾性範囲内での挙動であった。また、死荷重及びケーブル部材の張力による全体系の初期形状設定では、主ケーブルの張力を初期応力として与え、最終的な力の釣合状態における主ケーブル及び床組の形状が完成形状(死荷重載荷状態)となるように調整した。

3. 解析ケース

中小規模吊橋におけるサグ付近のハンガー定着部での疲労等によるハンガー破断事例²⁾を踏まえて、支間中央でのハンガーの破断に着目した。ここで、図-2のL側とR側の主ケーブルに対して橋軸方向に左側から順番にハンガーをL(R)1~25と呼ぶ。表-2にハンガー破断ケースを示す。破断解析では、死荷重載荷状態の健全モデルから着目ハンガーの要素のヤング率を0とすることで破断状態を再現して解析を行った。ハンガー破断時には既往研究³⁾を参考に、破断前のハンガー張力の2倍を破断

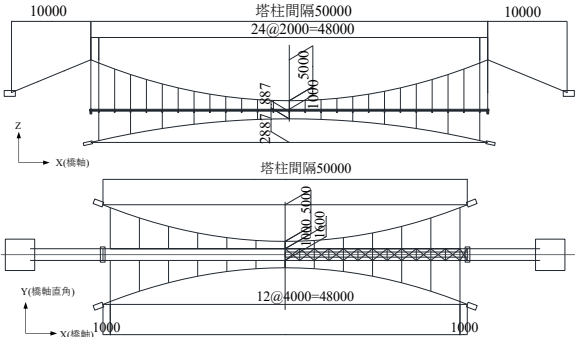


図-1 解析対象橋梁

表-1 構成部材の強度特性

部材	材料	弾性係数 $E(N/mm^2)$	ポアソン比	降伏強度 (N/mm^2)
鋼部材	SS41, STK41	2.00×10^5	0.3	235
主ケーブル	30φストランドロープ(7×7) ST1470, 素線径3.3mm	1.35×10^5	0.3	1080 (0.8%耐力)
ハンガー	9φストランドロープ(7×7) ST1470, 素線径1.0mm	1.35×10^5	0.3	1080 (0.8%耐力)

注)・弾性係数, ポアソン比:道路橋示方書Ⅱ鋼橋・鋼部材編による。
・ケーブル部材の強度特性:JIS G 3549による。

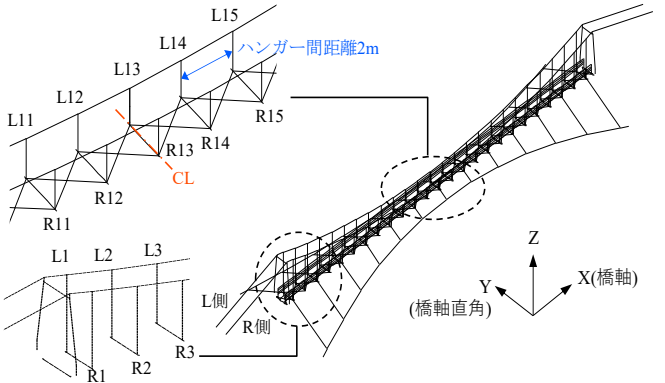


図-2 解析モデル

表-2 ハンガー破断ケース

ケース名	破断本数		破断箇所
	L側	R側	
H-B-L1R0	1	0	L13
H-B-L2R0	2	0	L12,L13
H-B-L3R0	3	0	L12,L13,L14
H-B-L4R0	4	0	L11,L12,L13,L14,L15
H-B-L5R0	5	0	L11,L12,L13,L14,L15,L16
H-B-L6R0	6	0	L11,L12,L13,L14,L15,L16,L17
H-B-L1R1	1	1	L13,R13
H-B-L3R3	3	3	L12,L13,L14,R12,L13,L14

表-3 荷重ケース

荷重	ケース名	載荷荷重	概要
設計荷重	D	全部材に死荷重載荷	-
	L50 (基本ケース)	支間全長等分布荷重載荷	5人/m ² (60kg/1人)満載
供用下の荷重	L50-half	支間全長等分布荷重半載	5人/m ² (60kg/1人)橋軸方向半載
	L4	L12-L14間の4m区間の等分布荷重載荷	20人相当が局所的に載荷
	L4-half	L12-L14間の4m区間の等分布荷重半載	10人相当が局所的に載荷
	L2-half	L13を中心に2m区間の等分布荷重半載	5人相当が局所的に載荷

キーワード 小規模吊橋, ハンガー, 破断, 構造安全性, 維持管理, 耐荷力
連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 tojo-hazuki@ed.tmu.ac.jp

ハンガーの両端(主ケーブルと横桁との接点)に作用させた。
表-3に荷重ケースを示す。設計荷重である群集荷重(300kg/m²の等分布荷重)満載を基本ケースとし、供用下で荷重載荷範囲をパラメータとした荷重ケースを4ケース設定した。

4. 解析結果と考察

(1) ハンガーの張力変化

ハンガー破断による主ケーブルや主塔の応答特性には大きな変化がみられなかったためハンガー張力に着目した。図-3に、各破断ケースを横軸として、設計活荷重(L50)を載荷した場合の破断箇所近傍のハンガー張力を棒グラフ(左縦軸)で、張力変化の最も大きい隣接ハンガーの安全余裕(=破断荷重/破断後の隣接ハンガー張力)を折れ線(右縦軸)で示す。ハンガー破断時は、いずれのケースでも破断したハンガーに隣接するハンガー張力が増加し、隣接ハンガーより桁端側のハンガーはほとんど変化がなかった。また片面破断の場合、健全面(R側)のハンガー張力の変化はほとんどみられなかった。以上より、破断したハンガーの支持荷重は隣接ハンガーのみに分担されており、隣接ハンガーの状態が吊索としての耐荷性能を評価する上で重要である。また、ハンガーの安全余裕については、片面3本破断(H-B-L3R0)で設計時の安全率3.5を下回ったが、隣接ハンガーの張力が破断荷重を超えることはなかった。

(2) 床組の応力変化

破断後の床組の作用応力について、縦桁や横構と比較して相対的に変化の大きい横桁の挙動に着目した。図-4は、健全時の設計荷重(D, L50)と片側3本破断時(H-B-L3R0)の設計荷重(L50)、供用下荷重(L2-half)のケースを例に、横桁の曲げ応力分布(H形鋼のフランジ縁応力)の変化を示す。破断したハンガーに接する横桁L12-R12~L14-R14では曲げ応力が減少し、その分隣の横桁L11-R11(L15-R15)で応力が増加している。一方、横桁L10-R10では健全時とほとんど違いがないことから、ハンガー張力と同様に破断による曲げ応力の変化は隣接する床組のみに大きく影響しているといえる。なお、本計算例では床組(鋼種SS41)に余裕があり、破断時に構成部材が降伏強度(235N/mm²)に達することはなかった。

(3) 載荷荷重と張力の関係

図-5に、片側1本破断(H-B-L1R0)時について載荷荷重をパラメータに、隣接ハンガーの張力変化を棒グラフ(左縦軸)で、その安全余裕を折れ線(右縦軸)で示す。供用時の載荷状態を想定した場合、破断箇所近傍に局所的に群集荷重が載荷した状態でも、満載時L50の張力に対して、65%程度の張力が発生することが確認できた。

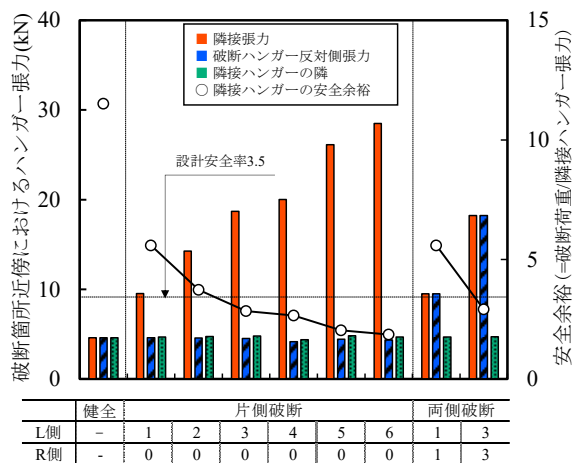


図-3 各破断ケースにおける破断後のハンガー張力と隣接張力の安全余裕

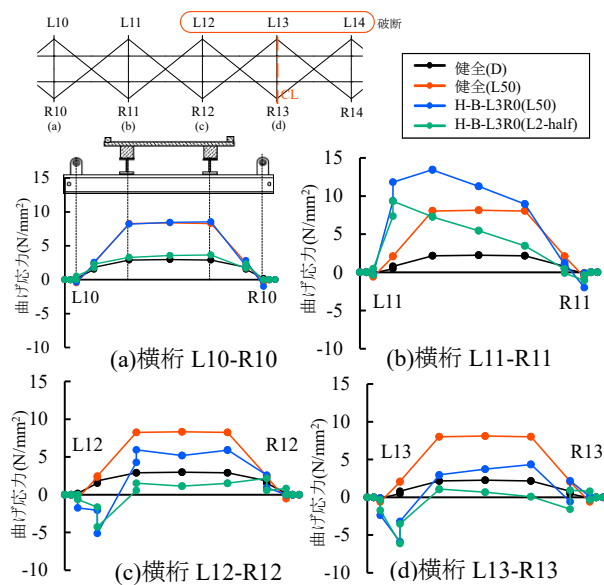


図-4 横桁下フランジ曲げ応力分布

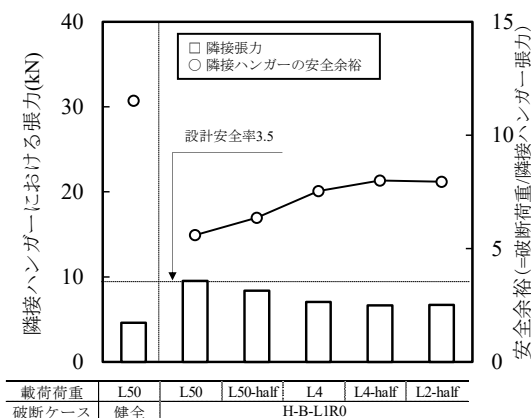


図-5 載荷荷重ケースによる破断後の張力変化

謝辞: SeanFEMの使用に際して地震工学研究開発センターの馬越一也氏に助言頂いた。ここに記して感謝致します。

参考文献 1) 日本道路協会：小規模吊橋指針・同解説，1984.4. 2) 国土交通省四国地方整備局道路部，国土技術政策総合研究所橋梁研究室：小規模吊橋等の点検に関する管理者のための参考資料(案)，Ver.1.0, 2016.3. 3) 永谷他：我国の鋼トラス橋を対象としたリダンダンシー解析の検討，土木学会論文集 A, Vol.65, No.2, pp.410-425, 2009.5.