

4 径間超長大吊橋への高強度ケーブルおよびグレーチング桁の適用が 終局強度特性に与える影響

首都大学東京大学院 学生会員 伴 徹也
 首都大学東京大学院 フェロー会員 野上邦榮
 株式会社長大 正会員 池田虎彦
 長岡技術科学大学 正会員 長井正剛

1. 研究の背景・目的

現在、超長大橋に対して最適な形式であると考えられる吊形式橋梁の限界スパンは、吊橋で 4000m、斜張橋で 1400m 程度と言われている。このようなあるいはこれ以上の超長大橋の建設を実現するためには、新材料、新構造形式の開発が必要になるとともに経済性、耐久性に富む合理的な設計及び施工が要求される。このようなことから多径間吊橋が選択肢として注目されている。これまでの海峡横断プロジェクト計画研究開発において、4 径間および 5 径間吊橋を対象にして、その構造特性¹⁾、経済性、活荷重の載荷方法²⁾³⁾、中央塔の座屈特性などに着目した研究が報告されている。しかし、これまで多径間吊橋の構造全体系の弾塑性挙動および終局強度について検討した研究は少ない⁴⁾。以上のようなことを踏まえ本研究では、中央径間長 3000m を有する 4 径間超長大吊橋を対象にして、構造全体系の終局強度特性を解析的に明らかにする。

2. 解析モデルおよび解析条件

対象とする吊橋は、図-1 に示す中央径間長 3000m (スパン比 1:2:2:1, サグ比 1/10) の 4 径間 2 ヒンジ補剛桁吊橋である。3 主塔は、塔高 360m の 6 層ラーメン形式であり、多室箱型の変断面塔柱である。主ケーブル中心間隔を 35.5m、ハンガーの定着間隔を 50m とした。縦断勾配は考慮していない。本研究では、主ケーブルには従来の ST1770 と高強度の ST2000 の 2 種類、補剛桁には図-2 (a) の単室箱型と図-2 (b) の 2 箱 + グレーチング型の 2 種類を採用し、表-2 のように組み合わせ、条件を比較することとする。主塔、補剛桁、主ケーブルおよびハンガーの断面諸元を表-1 にまとめる。初期不整は、塔に対してのみ初期たわみと残留応力を考慮する。前者については、塔頂部橋軸方向に塔高の 1/2000 の変位を荷重条件に対して最も厳しくなる方向に導入する。後者については、溶接型断面の理想的線形分布を仮定し、 $\sigma_c/\sigma_y=0.4$ の圧縮残留応力度とする。

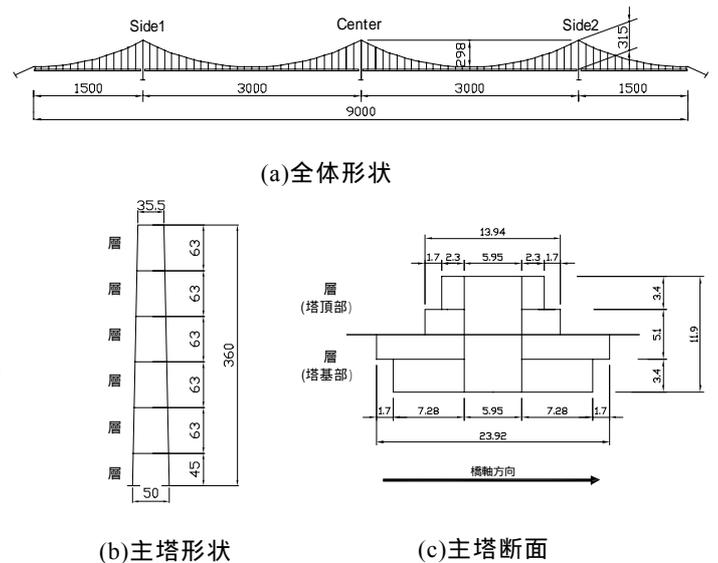


図-1 対象とする吊橋 (m)

表-1 断面諸元

材質	A (m ²)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)	J (m ⁴)	t (mm)	
Side1 Center Side2	層 4.23300	70.5957	84.7702	88.4218	50	
	層 4.74076	80.8725	121.861	111.584	51	
	層 5.15569	89.5665	165.204	134.191	51	
	層 6.12125	107.988	239.948	173.904	56	
単室箱型	層 7.63906	359.824	136.532	234.141	65	
	層 8.09666	146.120	440.977	262.804	65	
上部水平材	2.4382	36.1208	39.9525	56.9263	63.00	
中間水平材	2.598	18.6388	76.3762	47.147	62.00	
下部水平材	4.597	250.052	42.132	108.533	62.00	
単室箱型	SM490Y	1.553	13.67	199.00	51.47	t ₁ =22 t ₂ =16 t ₃ =26.18
	グレーチング型	SM490Y	1.177	3.976	174.79	10.49
主ケーブル	ST1570	0.823362				
ハンガー	ST1570	0.005811				

表-2 構成要素の条件

	type1-T	type1-G	type2-T	type2-G
主桁	箱	グレーチング	箱	グレーチング
主ケーブル	ST1770	ST1770	ST2000	ST2000

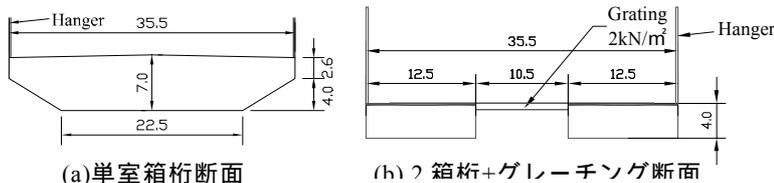


図-2 採用する 2 種類の補鋼桁 (m)

キーワード 多径間吊橋 高強度ケーブル グレーチング桁 終局強度特性

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL042-677-1111

解析方法は、弾塑性有限変位理論による骨組構造解析である。構成則は、補剛桁に完全弾塑性型、主ケーブルおよびハンガーにバイリニア型を仮定した。荷重条件は、初期状態 1.0(D)から死荷重 D と活荷重 L を載荷した状態に対して荷重パラメータ を乗じて荷重 (D+L)を漸増させる。また、荷重倍率 = +1 と定義する。活荷重載荷パターンは図-3 に示す 3 ケースである。

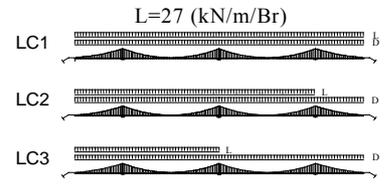


図-3 荷重載荷パターン

3. 解析結果

図-4 は表-2 の 4 タイプにおける、活荷重条件と終局時の荷重倍率 をまとめたものである。全てのタイプで LC3 が最も厳しい活荷重条件となった。type1-T と type1-G, type2-T と type2-G を各々比べると補鋼桁にグレーチングを用いた type1-G, type2-G の方が桁が軽量であるため終局時の荷重倍率が 2~5% 増加した。同様に、type1-T と tpe2-T, type1-G と type2-G を各々比べると高強度ケーブルを用いた tpe2-T, type2-G の方が終局時の荷重倍率が 2~5% 増加した。また、type1-G と type2-T は同等の荷重倍率 を有している。

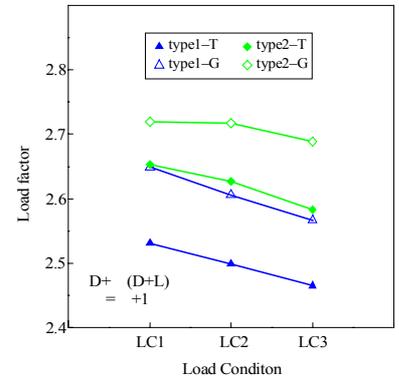


図-4 終局荷重倍率

図-5 は、(a)は type1-G, (b)は type2-G における活荷重条件と各構成要素の初期降伏時および終局時の荷重倍率 の関係を示している。type2-G は、主ケーブルに高強度ケーブルを使用しているため主ケーブルの初期降伏時荷重倍率は増加しているが、ハンガー、主塔においては初期降伏時荷重倍率は変わらない。また、type1-G では主桁が降伏する前に終局を迎えるのに対し type2-G では主桁が降伏してから終局を迎える。

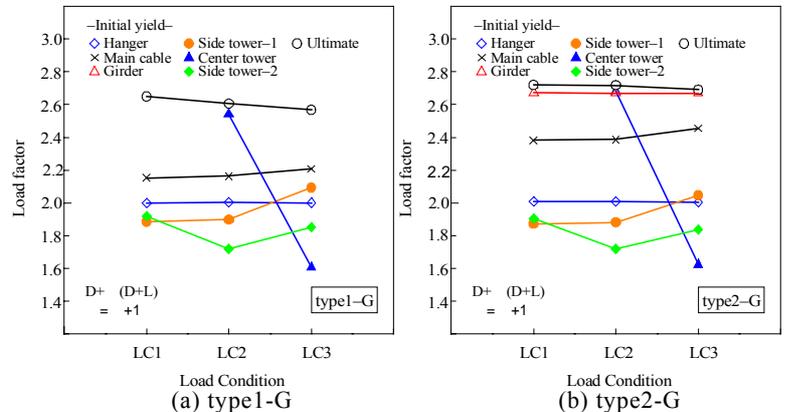


図-5 各構成要素の初期降伏時および終局荷重倍率

図-6 は、type2-G の活荷重条件 LC3 における主塔の塔頂部の橋軸方向の変位曲線である。塔頂部の水平変位は主ケーブル降伏後に急激に増加している。図-7 は、type2-G の活荷重条件 LC3 における終局時の主塔の応力分布である。3 主塔で降伏がみられ、最大応力は主塔高の 1/2 の位置に生じている。中央塔では Side2 より大きな変位が生じているが、応力分布ではさほど差はみられない。

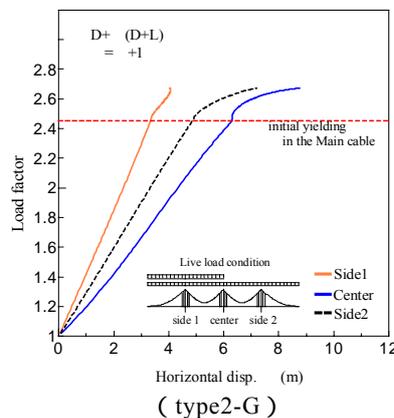


図-6 荷重-変位曲線 (type2-G)

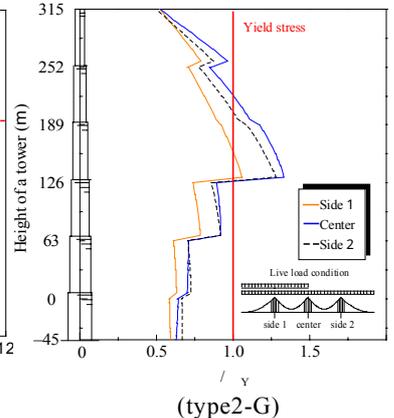


図-7 主塔応力分布 (type2-G)

4. 結論

表-3 は最も厳しい荷重条件である LC3 における各タイプの終局荷重倍率 をまとめたものである。今回対象とした 4 径間超長大吊橋において、グレーチング桁断面を有する補剛桁の適用および主ケーブルへの高強度ケーブルの適用は、橋梁全体系の終局強度を向上させる効果があること、また十分に安全性を確保できることを明らかにした。

表-3LC3 における終局荷重倍率

主ケーブル	主桁	
	箱	グレーチング
ST1770	2.47	2.57
ST2000	2.58	2.69

参考文献 1) 吉田修・守矢健夫：4 径間吊橋の構造特性と実用化へむけての一考察，構造工学論文集，vol.43A,1997
 2) 樋口康之・大橋治一・深谷寿久：多径間吊橋における活荷重載荷方法による構造特性への影響
 3) 岡田淳・西川和廣・村越潤：四径間吊橋の活荷重載荷方法の検討 土木学会第 51 回年次学術講演会概要集
 4) 野上邦栄・大久保亜衣：4 径間吊橋の弾塑性挙動および終局強度特性に関する研究，2007