超長大5径間吊橋の耐荷力特性への高強度ケーブルの影響

沢磨	石井	学生会員	首都大学東京
邦栄	野上	フェロー会員	首都大学東京
正嗣	長井	正会員	長岡技術科学大学
虎彦	池田	正会員	(株)長大

1.目的

-481

わが国では,本州四国連絡橋プロジェクトの終了後,長大吊形式橋梁の建設は極めて少ない.一方,世界では,いまだに表1に示すような超長大橋梁・新吊形式橋梁の計画・建設が進められている¹⁾.これらの橋梁を建設するためには, これまでの実績を踏まえた超長大橋の実現に向けた地道な技術開発が必要で 表1: 世界の長大吊橋

あり,コスト縮減の点から耐久性,経済性に富んだ設計・施工が求められる. 長大吊橋のより長スパン化に対する構造形式には,これまでの実績から3 径間吊橋の重連構造が考えられる²⁰.しかし,多径間長大吊橋の構造全体系

の弾塑性挙動および終局強度に着目して検討し た研究は数少ない.また、長スパン化にあたり, 明石海峡大橋の建設時に開発された高強度ケー ブル(ST1770)をはじめとして,海外ではさらに 高強度なケーブル(ST2000,ST2200)を開発中で ある.これら高強度ケーブルは品質に関する実績が少ないため 安全率に関する検討も必要である.以上の背景から,本研究で は中央径間長 3000mの超長大5 径間吊橋を対象にして,主ケー ブルの材質および安全率を主要なパラメータとして,構造全体 系の弾塑性挙動および終局強度特性を解析的に検討する.

2.5径間吊橋と解析方法

対象とする超長大吊橋モデルは,図1 に示す中央径間長 3000m(スパン比1:2:2:2:1,サグ比1/10)を有する5 径間吊橋である.図2に示すように補剛桁には一室箱桁を採 用した.主塔形状は,図4に示すように塔高374mの6層の ラーメン形式鋼製主塔であり,塔柱は多室箱型を有する変断 面(図3)である.

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.荷重条件は,常時荷重(死荷重D+活荷重L)の漸増載荷 であり,活荷重載荷条件は,図5のように最も厳しい4ケースを設定した.各構成 成則は,図6に示すように主塔と補剛桁は完全弾塑性型,主ケーブルとハンガーは,

ア型を仮定する. 主ケーブルには,表2に示す従来のケーブルST1770と,高強度なケーブル 図 4: 主塔形状(m) ST2000、ST2200を,ハンガーにはST1570を用いる. 主ケーブルの安全率は1.8、2.0、2.2、2.5の4ケースを設定し、ハ ンガーの安全率は2.5を用いた. 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. 初期たわみは,塔頂 部橋軸方向に塔高の1/2000の変位を導入し,残留応力は溶接型断面の理想的線形分布を仮定し,引張・圧縮残留応力に は各々のr= y, のr=0.4 yを適用する.

Key Words:多径間,吊橋,ケーブル,終局強度,弾塑性 連絡先:〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 042-677-1111 FAX. 042-677-2772 内線(4564)

		X , 10 11-0	
i	最大支間長(m)	国名	Γ

1545

1418

1700

3300

完成年

2012

2013

2015

2016

韓国

中国

トルコ

イタリア

橋名

南京長江第四大橋

イズミット湾連絡橋

- ナ海峡大橋

光陽大橋

メッシ

47		中央宿2		181427
	300			
60@50 3000	60@50 3000		60@50 3000	30@50 1500
4,025	12000 図 1: 全体 35,5	形状(m)	24.0	
x 図 2: 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	22.3 6 主桁断面(m) 活荷重載祭 材料特性[N/r	。 図 ■	3: 塔基語 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	郡断面(m) 35.5
鋼種 安全率 基準降伏点 引張応力度 、 を設定した. - ーブルとハン:	 主ケー ST1770 ST20 1.8,2.0,2 1372 17 1764 20 各構成要素の ガーはバイリ 	·ブル 2.2,2.5 771 1915 559 2200 構 二	2 <u>(0,25=50</u>)	50



E:

20

2.8

2.6

2.4

2.3

2.2

2.8

2.6

2.4

2.2

2

1.8

1.6

1.4

1.2

1 -15 LC 1

-1.5

2.0

-22

2.5

3.解析結果

4ケースの活荷重載荷条件をパラメータとして 弾塑性有限変位解析を実施した結果,荷重倍率に 対して最も厳しい荷重条件は図7から明らかなよ うに,偏載荷重ケースLC7である.活荷重条件が 終局強度に与える終局時荷重倍率の影響は最大で 8%と小さい.主塔に対して初期不整を導入した結 果,終局強度は初期不整を全く考慮しない場合と 比べて,終局強度は最大で 6%の低下であり,初 527 期不整が終局強度へ与える影響は小さい.すべて の荷重条件・安全率において,ハンガーケーブル の多くが降伏後も構造全体系での釣り合いを保ち 中央主塔の塔高方向および断面内の塑性進展範囲 が拡大することにより終局状態に達した .

ここでは最も厳しい荷重ケース LC7 について述 べる.図8は主ケーブルST1770を用いた場合の 中央塔2の荷重倍率-塔頂部水平変位曲線である. (juch 塔頂部の水平変位の荷重-変位曲線はどの安全率 においても極大点(終局強度)が確認できる.ま た, 主塔が塑性化しても主ケーブルは塑性化せず に変位が拘束されるので塔頂部水平変位は安全率 が高いほど小さくなる.図9は,主ケーブル ST1770における安全率 1.8,2.0の場合の塔高方向 の終局時応力分布である.図から明らかなように,主塔は両安全率共に側塔の一部を

除き塑性域に達している.また、安全率 2.2, 2.5, ST2000, ST2200の各安全率におい ても同様の傾向がみられる.さらに、主ケーブルは安全率 1.8 の場合のみ塔位置ケー ブル領域に降伏が発生したが,安全率2.0より高い場合には降伏に達していない.こ の傾向は ST2000, ST2200 においても同様である.

最後に,3種類のケーブルの終局時荷重倍率と安全率の関係を示したのが図10であ る. 終局時荷重倍率は, ST2200の安全率 2.0 において最大値 2.50, ST1770の安全率 2.1 において最大値 2.50, ST1770の安全率 3.1 において最大値 3.5 において 1.8 において最小値 2.28 となり、終局倍率に大きな変化は見られない、詳細にみると、 全ケーブルともに安全率 1.8 で最小荷重倍率を ,安全率 2.0 で最大値を示している .安 全率の増加により主ケーブル断面が増大し、ケーブル重量が増えるため、安全率 1.8 の場合以外ケーブルの降伏は生じない、一方、主塔はケーブル反力による塔に対する

負荷が大きくなるため,主塔断面の塑性進展により終局状態になる.なお,全ケース ともに 2.20 以上の終局時荷重倍率を確保している.

4.結論

高強度ケーブルの主塔への影響は,安全率に関わらず塑性域が広範囲に発生するが、安全率が大きくなるにしたがい 断面の塑性進展が早まる.また、安全率の増大による吊橋全体系の耐荷力への影響は少なく,逆に,ST1770においては 安全率の低減による影響は大きくなる.

|終局強度に着目した場合 ,すべてのケースで終局時荷重倍率を 2.20 以上有していることから ,充分な安全性を有する .

参考文献:1)伴徹也:サグ比の異なる4径間超長大吊橋の耐荷力特性に関する比較研究,修士論文,2012.3 2)井尾伸太郎:5径間長大吊橋の弾性挙動と終局強度特性に関する研究,修士論文,2011.3







図 10: 初期降伏・終局時荷重倍率

