支間長と第一ケーブル間隔が斜張橋主桁の終局強度特性に及ぼす影響

岩崎 秀隆
. 野上 邦栄
. 長井 正嗣

1. 研究背景と目的

小規模斜張橋の主桁は、軸圧縮力の影響が小さく、これまで補剛板の局部座屈照査が行われてきた。しかし、斜張 橋の長大化にともない、主桁には大きな軸圧縮力が発生する。そのため、主桁の座屈を考慮し、長大斜張橋主桁に対 して、これまでの応力度照査だけでなく座屈安定照査を、さらに構造全体系の耐荷力照査を行うことが多い。加えて、 中規模斜張橋に対しても長大斜張橋の照査方法を適用し、安全性を検討する傾向がある。しかし、現行設計法を前提 とした場合、中規模斜張橋は補剛板の局部座屈に対する応力度照査のみで安全性を確保できる可能性があり、その 限界スパンが存在するものと考えられる。また、マルチファン形式のケーブル配置によっては、塔位置から第一ケーブ ル間主桁間隔の耐力に支配されることが予想され¹⁾、この間隔を広く設計する場合は主桁を梁・柱部材としての安定性 照査を行うことが重要になる。そこで本研究では、支間長 300m, 600m, 900m の鋼斜張橋を対象に、耐荷力を簡易に 求める解析法の一つである Ef 法と弾塑性有限変位解析²⁾から、①支間長と終局強度特性の関係、②塔位置と第一ケ ーブル間主桁間隔と終局強度特性の関係、③荷重条件と終局強度の関係について解析的に明らかにし、斜張橋主 桁の安定照査を必要としない限界スパンを明確にするための基礎的研究を行う。

2. 解析モデルと解析条件

解析モデルは、支間 300,600,900m の斜張橋である。 まず、600m モデルを支間長 590m の名港中央大橋をもと に試設計した³⁾。次に、600m モデルを基本に以下の条件 を設定することにより 300m,900m モデルの形状を決定し た。

①側径間長と中央径間長の比を 0.48 とする。
②中央径間長と主塔高さの比は 0.23 とする。
③主塔の桁下高は 52m とする。

④主桁のケーブル間隔は15mとする。

⑤主塔のケーブル間隔は3.2mとする。

塔位置と第一ケーブル間主桁間隔と終局強度特性の関係を把握するために、塔と第一ケーブルの間隔(La)を 300m モデルでは 15,25,50m、600m, 900m モデルは 15,50m と変化させた。なお、La=15m は密にケーブルを配 置したモデルである。図-1、表-1に解析モデル形状を 示す。また、塔剛性が終局強度特性に与える影響を検討 するために、300m モデルと 900m モデルは主塔断面を変 化させたモデルとして Type-A, Type-B を作成した。Type-A は 600m モデルの主塔断面をそのまま 300m,900m モデル にも用いたタイプ、Type-B は、最大軸力と最大曲げモーメ ントの比を用いて 600m モデルの主塔断面から 300 m,900mの断面を決定したモデルである。図-2、表-2に それぞれ主塔断面形状と断面諸元を示す。また、図-3に 主桁断面形状を示す。なお、主桁断面は全てのモデルで 同一である。



図 - 2 主塔断面

図 - 3 主桁断面

表 - 1 構造諸元									
model	La	Ls	Lc	L	Н	Ha	Hb	Hc	Hd
300-15	15								
300-25	25	145	300	00 590	170	2.75	34.4	33.9	
300-50	50								
600-15	15	200	600	1100	220	5.5	60.0	65.7	50.2
600-50	50	290	000	000 1180	239	5.5	00.0	05.7	
900-15	15	435 000	1770	308	0.25	103	07.6		
900-50	50	433	300	1770	300	0.20	103	37.0	

表 - 2 主	塔断面諸元
---------	-------

model	Type		a	B	h	t	A	I_x	I _y	J
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m²)	(m⁴)	(m⁴)	(m*)
300	Type-A	桁上	10	8.0	5.0	0.051	1.2065	5.2325	10.2902	9.7663
		桁下	1.0			0.080	1.8926	8.2079	16.1414	15.8702
	Type-B	桁上	0.0	0.8 6.4	4.0	0.031	0.5867	1.6285	3.2025	3.8753
		桁下	0.0			0.048	0.9084	2.5215	4.9587	6.0004
600	Type-A	桁上	1.0	8.0	5.0	0.051	1.2065	5.2325	10.2902	9.7663
		桁下	1.0			0.080	1.8926	8.2079	16.1414	15.8702
900	Type-A	桁上	10	8.0	5.0	0.051	1.2065	5.2325	10.2902	9.7663
		桁下	1.0			0.080	1.8926	8.2079	16.1414	15.8702
	Type-B	桁上	11	0 0	5.5	0.070	1.8216	9.5591	18.7897	22.7482
		桁下	1.1	0.0		0.108	2.8104	14.7484	29.0037	35.0972

荷重条件⁴⁾を、図-4に示す。300,600,900mモデルの 主桁死荷重は 27.3tf/m であり、活荷重は各々4.950tf/m、 4.686tf/m、4.186tf/m である。荷重条件は Load-(a)~(d)と して、(a)死荷重 D のみ満載の状態、(b)活荷重を中央径 間載荷、(c)活荷重を片側側径間載荷+中央径間載荷、 (d)活荷重を全径間載荷の4ケースを設定した。

(a)			(b)
(c)	⊠ - 4	荷重条件	

3. 解析結果と考察

荷重条件 Load-(d)において塔の剛性の変化が終局 強度(荷重倍率)に与える影響をまとめたのが図 - 5 である。Type-A と Type-B を比較すると、特に 300m モデルで終局強度の低下が顕著である。一方 900m モデルの終局強度はほとんど変化が見られない。こ のことから、300m モデルでは主塔断面に、900m モ デルでは主桁断面に構造全体の終局強度が支配され ていることがわかる。



900m モデルの Type-B について、塔と第一ケーブ ルの間隔 La と終局強度との関係を図 - 6 に示す。全 ての荷重条件において、塔位置から第一ケーブル間 隔 La が長くなるにつれて、終局強度が減少した。こ のことから、塔近傍のケーブルで吊られていない区 間の桁で終局強度が支配されていることが分かる。 そのため、塔位置から第一ケーブル間隔を広く設計 する場合、主桁の梁・柱部材としての安定性照査が 重要になる。

図 - 7 に Type-B, Load-(d)の座屈モード形状を各 支間についてまとめたものを示す。図中(a)は弾塑性 有限変位解析の変位増分モードを、(b)は Ef 法による 座屈モードである。図中、顕著に変位を生じる部位 に着目すると、300m モデルでは塔で顕著な変位を 生じており、塔座屈であることが分かる。600m モ デルは、弾塑性有限変位解析では La 区間が長くなる ことにより塔と桁が共に変位した連成座屈から塔近 傍の桁が変位した桁座屈に移行していることが分か る。900m モデルでは、ケーブルを密に配置した La=15m でも桁に変位を生じる桁座屈であり、La区 間が長くなることにより、この区間での変形がより 顕著に表れている。このことから、塔座屈から桁座 屈への変化は支間 300m から 600m 付近にあるもの と考えられる。なお、モード形状は、他の荷重条件 においてもほぼ同様の傾向を示した。



(a) 弾塑性有限変位解析
(b) Ef 法
図-7 変位増分モードと座屈モード

4. まとめ

スパン 300m,600m,900m と限られたモデルに対 する解析結果ではあるが、スパン 300m から 600m の間に主桁の座屈安定性照査を必要としない限界ス パンが存在することが明らかになった。今後より詳 細な断面設計を行い、パラメトリック解析から現行 設計法に基づいた座屈安定性照査の必要限界スパン を明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 長井他4名:斜張橋主桁の終局挙動、強度特性の解明と 安定照査に関する一考察,土木学会論文集,2001.
- 2) 野上他3名:長大斜張橋主桁の耐荷力評価手法としての Ef 法の精度と終局強度照査法,土木学会論文集,2001.
- 3) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説, 1996.
- 4) 鋼橋技術研究会設計部会:設計部会成果報告書, 1995.