

斜張橋における桁、ケーブルの相対剛比に応じたケーブル安全率に関する研究

中央コンサルタンツ（株）	正会員	○堀江崇之
長岡技術科学大学	正会員	長井正嗣 岩崎英治
埼玉大学	正会員	奥井義昭

1.はじめに

我が国の PC 橋梁に目を向けると、スパン 100～150m 領域における経済的形式として、これまでの斜張橋と比較して塔高を低くした吊形式橋梁、エクストラードズド橋が数多く建設されている。この場合のケーブル安全率は、活荷重を主に桁で受け持つとした設計思想のもと、疲労の問題が少ないとの立場から、床版プレストレス用の PC 鋼棒と同様に破断に対して 1.7 を採用している。これまで我が国の斜張橋の設計では、安全率として 2.5 が採用されており、大きな違いが見られる。疲労の観点から安全率を低減できるとしているが、その根拠は明確でなく、また終局強度特性に関しても安全率との関係は明確ではない。

本研究では、スパン 150m のエクストラードズドタイプ合成 2 主 I 桁を対象に終局強度解析を行い、桁、ケーブルの相対剛比とケーブル安全率を関連付けて、ケーブル安全率の設定に関する検討を行うことを目的とする。

2.解析モデルと荷重載荷

図-1 に側面形状、桁断面、塔断面を示す。支間割 70m+150m+70m の 3 径間連続合成斜張橋を対象とする。桁は 10m 間隔でケーブルに支持され、塔位置の桁の鉛直方向支持はケーブルによる弾性支持とする。また、コンクリート床版厚は 250mm である。塔は鉄筋コンクリート製で、桁上と桁下で異なる 2 種類の断面を用いる。桁、塔、ケーブルの諸元は概略設計を行い決定している。本研究はこのモデルを対象に、腹板高(1,2,3,5m)と破断に対するケーブル安全率(1.7,2.0,2.2,2.5)をパラメータに選び計算を行う。

荷重載荷は次のように行った。まず死荷重(+ケーブルプレストレス)を作用させた後、コンクリート床版(プレキャスト床版を想定し、最終クリープひずみ 1.1, 最終乾燥収縮度 100μ とする)のクリープ、乾燥収縮解析を行い、活荷重を作用させる。この状態から更に死・活荷重に比例(比例係数 β)する分布荷重を漸増させる。本研究における荷重倍率 $\alpha=1$ とは、死荷重、ケーブルプレストレス、クリープ、乾燥収縮、活荷重が作用した状態に対応する。また、荷重倍率 $\alpha(=1+\beta)$ は、先の状態に分布荷重が作用した状態に対応する。

3.解析結果

図-2 に桁高 2m の荷重倍率と支間桁鉛直方向の関係を示す。いずれのケースも終局時まで荷重と変位は線形的な増加傾向を示す。

図-3 に桁高 2m, 安全率 1.7 の終局時での変形状態と弾・塑性域の広がりを示す。図より、変形状態および弾・塑性域の広がりの特徴は、塔位置付近で鋼桁下縁に塑性域が広がり、その位置で桁が折れ曲がるように変形し終局状態に至る。

表-1 各ケースの初期降伏と終局時での荷重倍率を示す。なお、()内の数値はケーブルが二次勾配領域に至ったときの荷重倍率を示す。表より、桁高 1m, 2m, 3m はケーブルが二次勾配領域に至るか塑性化すると、直ちに桁が終局状態に至る。これは、ケーブルが二次勾配領域に至るか塑性化に伴い、桁の鉛直方向の支持機能が低下し、

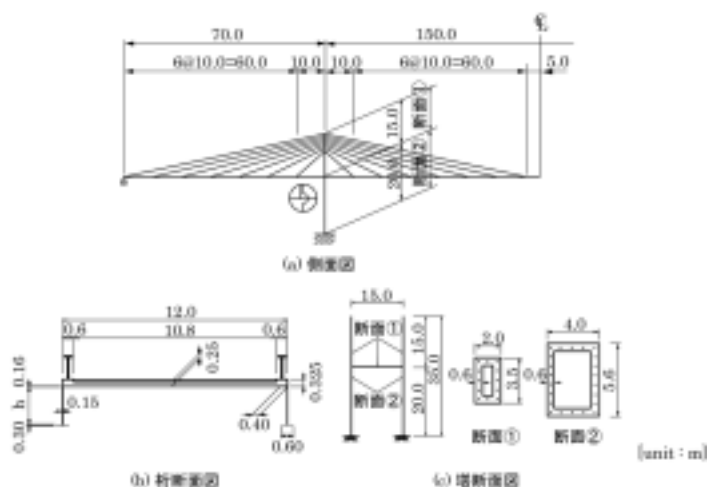


図-1 スパン 150m モデル

キーワード：エクストラードズドタイプ合成斜張橋、ケーブル安全率、終局挙動

連絡先：〒940-2188 長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL:0258-47-9602 FAX:0258-47-9600

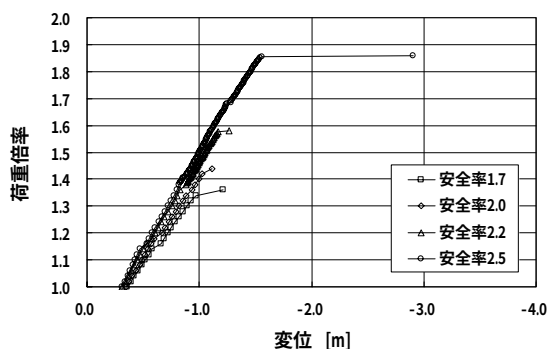


図-2 荷重倍率と変位の関係

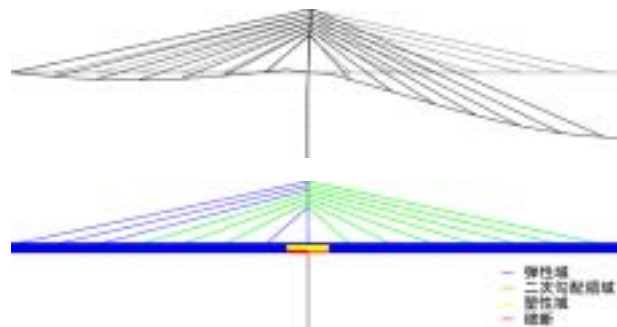


図-3 終局状態と弾・塑性域の広がり

表-1 初期降伏と終局時での荷重倍率

		1m		2m		3m		5m	
		初期降伏	終局状態	初期降伏	終局状態	初期降伏	終局状態	初期降伏	終局状態
1.7	ケーブル	(1.30)	—	(1.32)	—	(1.31)	—	(1.32)	—
	桁	1.52	-	-	-	1.40	-	1.34	-
2.0	ケーブル	1.48	1.52	1.36	1.36	1.42	1.48	1.59	1.62
	桁	(1.52)	—	(1.44)	—	(1.39)	—	(1.40)	—
2.2	ケーブル	1.66	-	-	-	-	-	1.53	-
	桁	1.59	1.66	1.42	1.44	1.43	1.67	1.48	1.84
2.5	ケーブル	(1.78)	—	(1.58)	—	(1.53)	—	(1.56)	-
	桁	-	-	-	-	1.90	-	1.83	-
2.5	ケーブル	(1.97)	—	(1.63)	—	(1.65)	—	(1.67)	-
	桁	-	-	1.86	-	2.14	-	1.95	-
	桁	1.66	2.05	1.54	1.86	1.48	2.19	1.53	2.40

桁の鉛直たわみが急増するためである。一方、桁高 5m はケーブルが塑性化しても、急速には桁が終局状態に至らない。これは、桁の剛性が大きいためである。

図-4 に荷重倍率が一定となる場合のケーブル安全率と桁高の組み合わせについて示す。図より、橋全体として同じ荷重倍率を得るためには、桁高を低くするにつれてケーブル安全率を大きくする必要がある。

図-5 に同一荷重倍率が得られる場合の桁高と鋼桁重量の関係を示す。なお、桁とケーブルでは単価・施工費用が異なることからケーブル重量に関しては 2, 3 倍した値を用いて鋼桁重量に換算している。図より、桁高 2, 3m でほぼ同じ換算重量となることわかる。

4. まとめ

以下に本研究で得られた結論を示す。

- (1) スパン 150m では、塔位置付近の鋼桁下縁を中心として塑性域が広がり、その位置で桁が折れ曲がるように変形し終局状態に至る。
- (2) 斜張橋の終局状態における作用荷重倍率が同一となるケーブル安全率を桁高に応じて明らかにした。これより、桁高を低くするにつれてケーブル安全率を大きくする必要がある。
- (3) 今回のモデルを対象に、異なる桁高、ケーブル安全率で同一の強度を得るための主桁鋼重量とケーブル重量を計算した。これより、桁の曲げ剛性を大きくすることは不経済になることを明らかにした。

参考文献

- 1) 長井正嗣, 井澤衛, 中村宏: 斜張橋の基本計画設計法, 森北出版, 1997.11, 2) 新井田勇二: 斜張橋主桁の弾塑性終局挙動の解明と安定照査法の確立, 3) 田村公伯: 合成斜張橋のクリープ・乾燥収縮・耐荷力性状に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 2002.2

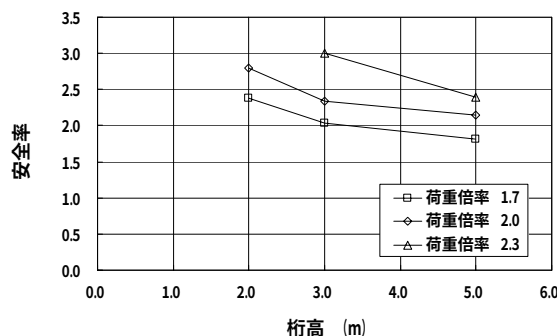
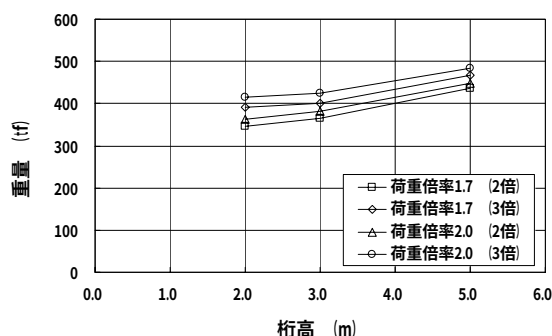


図-4 荷重倍率を一定とするケーブル安全率と桁高の組合せ



図中の()内の数値は、ケーブル重量を鋼桁重量に換算するために用いた値である。

図-5 同一荷重倍率での桁高と鋼桁重量