

ケーブル本数が少ない斜張橋のケーブルの設計安全率が耐荷力に及ぼす影響

大阪市立大学・工学部 学生員 引口 学
 (株)総合技術コンサルタント 正会員 野口 二郎
 大阪市立大学・工学部 正会員 北田 俊行

1. まえがき 本研究では斜張橋の耐荷力特性を調べるため、道路橋示方書¹⁾に基づいて試設計された2つの斜張橋を3次元の骨組構造物にモデル化し、弾塑性有限変位解析を行った。そして、ケーブルの安全率 γ_c 、およびケーブルの応力-ひずみ(-)曲線の差異が耐荷力に及ぼす影響について調べた。また、これらの結果をもとに合理的な設計を行うためのケーブル安全率、ならびに斜張橋の耐荷力解析におけるケーブルの - 曲線の設定方法について考察した。なお、弾塑性有限変位解析にはプログラムEPASS²⁾を用いた。

2. 対象とした解析モデル それぞれ図-1および図-2には、検討対象としたケーブル1段および3段の2径間連続斜張橋モデルを示す。これらのモデルの桁と塔は、安全率1.7で設計されている。また、1段ケーブルモデルの場合、主桁と塔とは独立した構造となっている。荷重の組合せは死荷重、プレストレス、および分布活荷重とし、これらを荷重パラメータ(設計荷重に対する倍率)によって比例・漸増载荷する。なお、ケーブルの - 曲線については、3ケースのモデルを用いており、それらを図-3に示す。

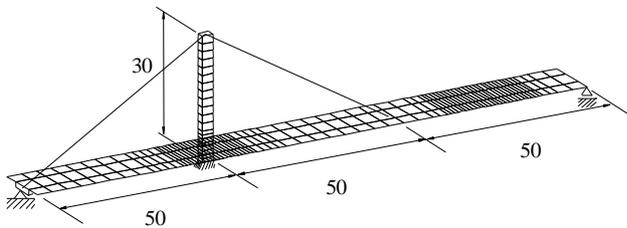


図-1 1段ケーブル解析モデル(寸法:m)

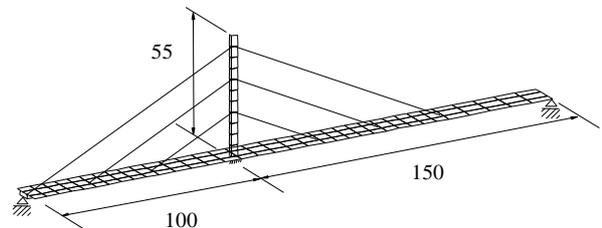


図-2 3段ケーブル解析モデル(寸法:m)

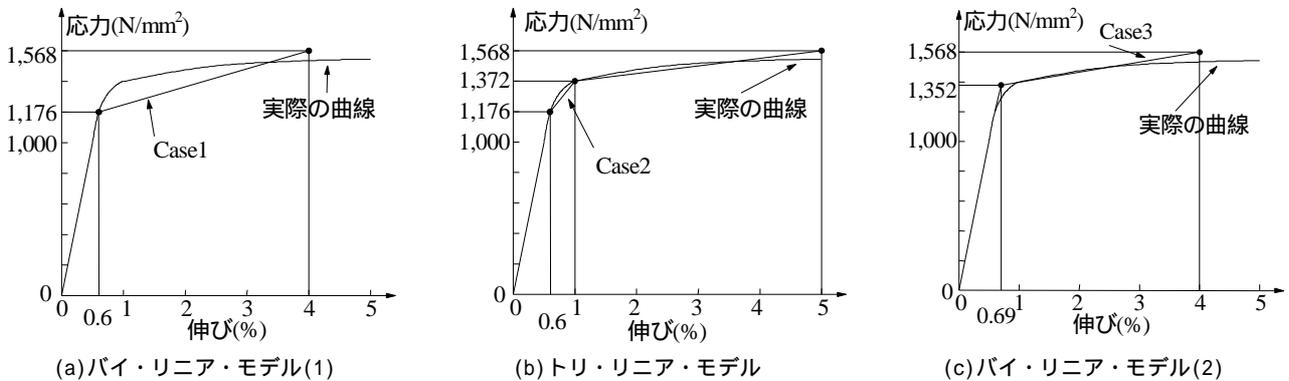


図-3 ケーブル材料の - 曲線

3. 解析上における基本条件 (1)活荷重の载荷方法については、2径間連続斜張橋では、全径間に活荷重を载荷した場合(全载荷)より主径間側のみに载荷した場合(半载荷)の方が、厳しい载荷状態となり、降伏荷重パラメータ γ および終局荷重パラメータ u が小さくなる。このため、本解析では分布活荷重は半载荷とする。(2)残留応力の有無が斜張橋全体の挙動および荷重パラメータ γ と u とに及ぼす影響は小さく、斜張橋の耐荷力解析において、残留応力は無視してよいと考えられる。(3)ケーブルの安全率 $\gamma_c (=T_u/T_a, T_u$:切断強度, T_a :許容値³⁾)は2.5と1.7

表-1 γ および u

ケース	安全率	ケーブル安全率2.5		ケーブル安全率1.7	
		γ	u	γ	u
1段モデル	Case1	1.97	2.09	1.37	1.70
	Case2	1.97	2.24	1.37	1.77
	Case3	2.16	2.22	1.58	1.84
3段モデル	Case1	2.02	2.21	1.42	1.84
	Case2	2.02	2.32	1.42	1.90
	Case3	2.28	2.32	1.63	1.90

との2ケースを考え、 $\gamma_c=1.7$ の場合のケーブルの断面積を $A_{c, \gamma_c=1.7}=A_{c, \gamma_c=2.5} \times 1.7/2.5$ とした。

Key Words: 耐荷力, 弾塑性有限変位解析, ケーブル安全率, ケーブルの構成則

連絡先: 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学工学部土木工学科橋梁工学研究室

Tel. 06-6605-2735 Fax. 06-6605-2765

4. 解析結果とその考察 解析結果から得られた降伏荷重パラメータ γ および終局荷重パラメータ u を、表-1 に示す。なお、 γ はケーブルが最初に降伏応力度に達したときの荷重倍率としている。これらの解析により、以下の諸点が明らかになった。

(1) $c=2.5$ と 1.7 との比較 主桁および塔の応答値である (変位) および M (曲げモーメント) の挙動、つまり $-$ および $-M$ 曲線についてはほぼ同様の傾向を示す。具体的に、橋梁全体の挙動によって応答値が急激に変化する荷重レベルは、図-4 に示すように、表-1 に示すケーブルが降伏する荷重レベル γ とほぼ一致し、両ケースで差異は見られない。ただし、 γ および u の値は c によって大きく異なる。

(2) ケーブルの $-$ 曲線の仮定による比較 $-$ および $-M$ 曲線に大きな変化が現れる γ の値は Case1 と Case2 とでほぼ同じである。しかし、Case3 は他の 2 ケースより大きくなっている。また、1 段ケーブルモデルでは、 u に達した時の主桁 (主径間端部) における曲げモーメント M は 3 ケースとも同じ値になっており、主桁 (主径間端部) の曲げモーメント M が終局曲げモーメント M_u に達することにより橋梁全体の終局状態が決定されていた。一方、3 段ケーブルモデルで $c=2.5$ とした場合は、図-5~図-7 に示すように、弾塑性領域が発生する部材および箇所が異なっていた。

5. まとめ 上記の解析結果をまとめると、以下のとおりである。

(1) $c=2.5$ の場合、まず主桁および塔部材の一部が降伏するが、これは橋梁全体の挙動にほとんど影響しない。その後、ケーブルが降伏に達すると橋梁全体の挙動に大きな変化が現れる。一方、 $c=1.7$ の場合、まずケーブルが降伏応力度に達する。そして、主桁および塔部材では早い段階で塑性化が始まる。その結果、橋梁全体の安全率が著しく低下する。しかし、例えば橋梁全体の所要安全率を、 $a_{reg}=1.7 \times 1.1 \sim 1.9$ 程度とするならば、ケーブルの安全率は $c=2.5$ より小さくすることが可能である。

(2) ケーブルの $-$ 曲線の仮定が直接的にケーブル部材の剛性変化として現れるため、 $-$ 曲線の形状が橋梁全体の挙動に及ぼす影響は大きい。そのため、解析においては、トリ・リニア・モデルを用いるなど、ケーブルの材料特性をできる限り忠実に再現することが重要である。

今後はさらに、形式、ケーブル段数、および径間数の異なるモデルを対象とした耐荷力解析が必要である。また、本研究では考慮しなかった、()ケーブル張力の架設誤差、()製作および架設誤差、()完成系の設定などについての検討も必要である。現在、マルチケーブル斜張橋 (3 径間、19 段ケーブル) についての検討を行っており、これらの結果については発表当日に報告する予定である。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 共通編、鋼橋編、丸善、平成 8 年 12 月。

2) EPASS 研究会：EPASS マニュアル、利用編 (解説)、1991 年 9 月。

3) 土木学会・本州四国連絡橋鋼上部構造研究小委員会・ケーブル分科会：本州四国連絡橋鋼上部構造に関する調査研究報告書、別冊 2、吊橋のケーブルに関する検討、昭和 53 年 3 月。

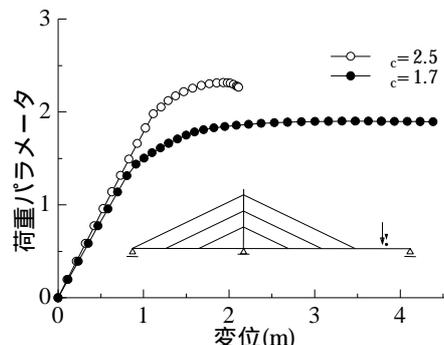


図-4 主桁の主径間端部の鉛直変位 (3 段ケーブルモデル, Case2)

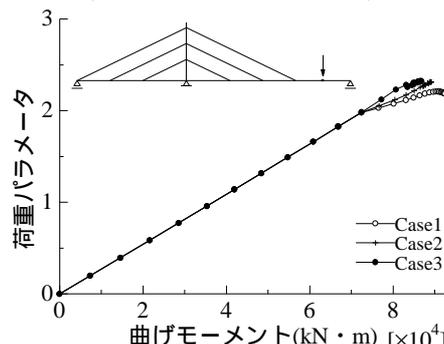


図-5 主桁の主径間端部の曲げモーメント (3 段ケーブルモデル, $c=2.5$)

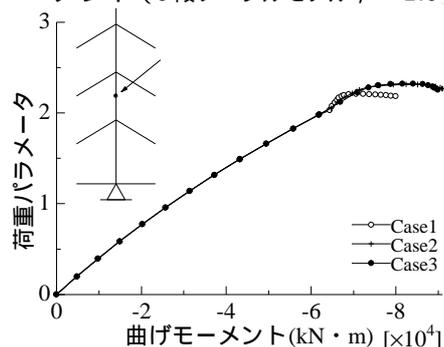


図-6 塔の中間部における曲げモーメント (3 段ケーブルモデル, $c=2.5$)

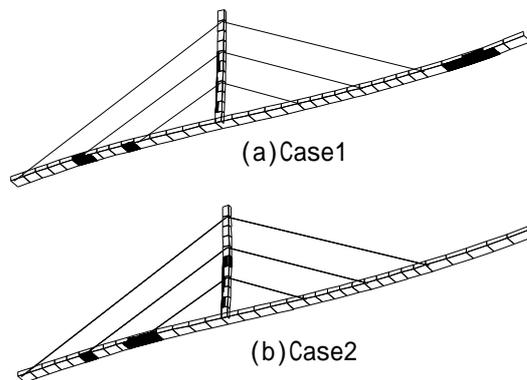


図-7 終局状態における塑性領域図