合成斜張橋の終局挙動の解明と主桁安定照査法に関する一考察

三井住友建設(株)　正会員　廣野智紀
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
東京都立大学　正会員　野上邦栄

１.はじめに

合成斜張橋[1]は鋼Ｉ桁または箱桁を橋の幅員方向の両端部に配置し，コンクリート床版(主にプレキャスト床版)と合成させた合成主桁を斜めケーブルで支持した橋形式である．海外では，その経済性から，PC 斜張橋の代案として数多く建設されているものの，我が国では依然建設例をみない橋形式である．この理由として，設計手法が十分に整備されていない点が挙げられる．

本研究では，検討すべき幾つかの技術的課題[1]のうち，主桁の座屈設計法に焦点をあて，終局強度解析[2]から安定照査法を提案する．

２.解析モデルと荷重載荷

スパン 150(70),400(170),600(260)m の 3 ケースのマルチケーブル斜張橋を対象とする．なお,(　)内は側径間長．各スパンで鋼桁高さをバラメータに選び計算を行う．スパン 150,400m では，桁高 1.0,1.5m，スパン 600m では，1.5,2.0m を計算対象とする．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(横桁配置間隔を約 3.3m とする)．塔はコンクリート製で，桁上と下で異なる 2 種類の断面を用いる．スパン 150m モデルの塔高(桁上)はスパンの 1/10，スパン 400,600m モデルのそれは 1/5 とした．桁や塔またケーブルの諸元は概略設計を行い決定している．

図-1 にスパン 150m モデルの側面形状，桁断面，塔断面を示す． 400,600m モデルについては，紙面の都合で省略する．

荷重載荷は次のように行った．まず死荷重（+ケーブルブレストレス力）を作用させた後，コンクリート床版（プレキャスト版想定し最終収縮度 100μ，クリープ係数 1.1 とする[3]）のクリープ，収縮解析を行い，活荷重を作用させる．この状態から更に(死荷重+活荷重)に比例する荷重を漸増させる[4]．なお，完成時ケーブル張力は，塔に曲げモーメントを生じさせない条件と桁曲げモーメントを小さくする条件で決定している．また，クリープ，収縮による応力移行量の計算では，架設完了後から，収縮，クリープが発生すると仮定している．架設ステップをフォローした計算では，ステップ時の応力移行量に差異が生じるが，架設終了後の長期でみると前者の計算結果と同じとなる．

３.解析結果と考察

図-2 にスパン 150m モデルの荷重倍率と桁鉛直変位の関係を示すが，いずれのケースも終局時まで比例関係を示す．これより幾何学的非線形の影響が小さいことがわかる．

図-3 に終局時の桁の降伏域の広がりと崩壊モード形（変位の増分モード形）を示す．終局状態まで主桁の全体座屈は見られず，部材の降伏後に桁が折れ曲がるような崩壊モード形を示す．また，折れ曲がり位置で降伏域が広がっている．**表-1** は初期降伏時と終局時の荷重倍率である．表より，両者が近い値を示していることがわかる．これより，多少安全側であるが，終局強度を材料の降伏強度としてよいことがわかる．また，今回計算で考慮しない鋼板の局部

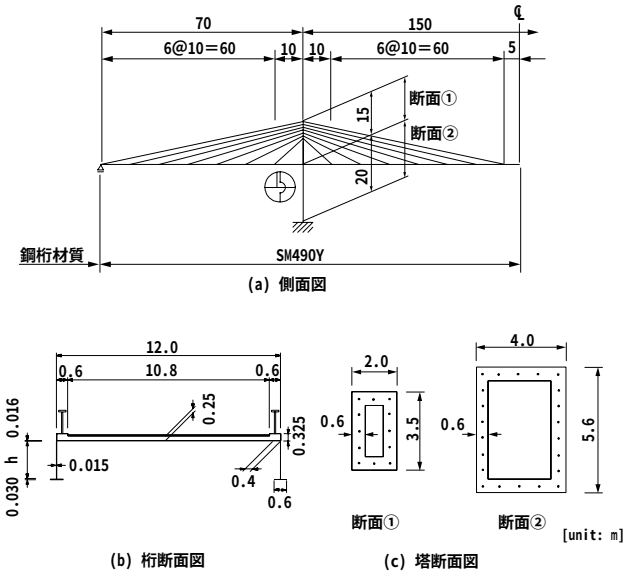
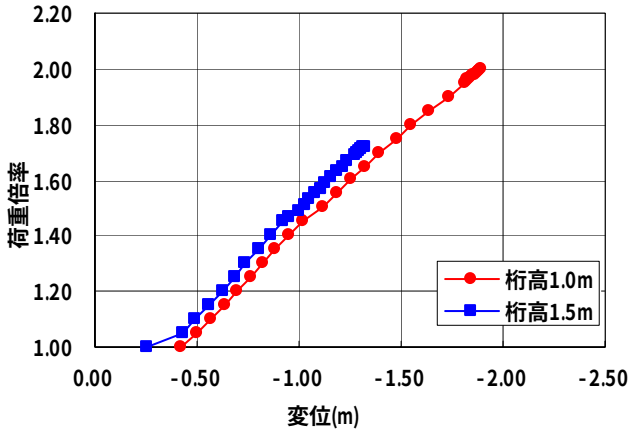
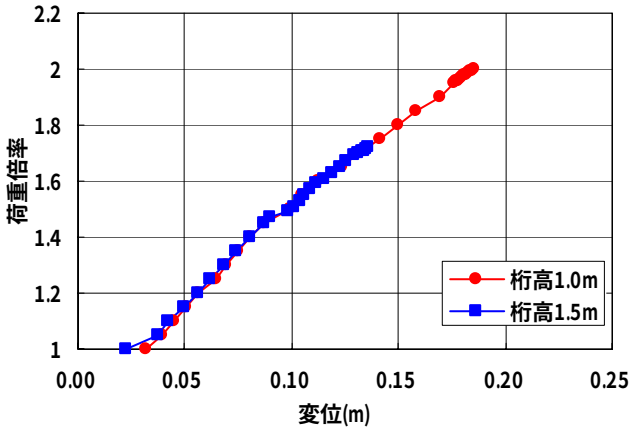


図-1　スパン 150m モデル

キーワード：合成斜張橋，終局挙動，主桁安定照査法
〒940-2188　長岡市上富岡町 1603-1　TEL:0258-47-9602 FAX:0258-47-9600

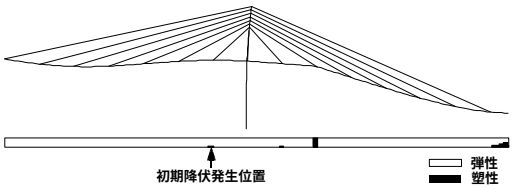


(a)　スパン中央鉛直変位

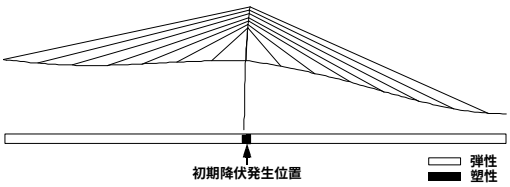


(b)　塔頂水平変位

図-2　荷重倍率-変位関係



(a)　桁高 1.0m



(b)　桁高 1.5m

図-３　崩壊モード形と塑性域の広がり

表-1　荷重倍率

桁高	降伏時(α＋1)	終局時(α＋1)
1.0m	1.96	2.01
1.5m	1.70	1.72

座屈強度が降伏強度より低い場合は，局部座屈強度を終局強度とする．なお，このモデルでは，桁高によって終局時の荷重倍率に差異が生じている．この理由は，(死荷重＋活荷重)に比例する荷重載荷を行った場合の桁応力に差異が生じるためである．

スパン 400，600m モデルの結果は紙面の都合で省略するが，スパン 150m で考察したのと同様のことが言える．

４.まとめ

鋼桁高について，スパン 400m 以下では最小高さ 1.0m，また，スパン 400～600m の範囲では最大（スパン/鋼桁高）比 400 の採用を前提条件として，

(1)いずれのケースも主桁の全体座屈は生じないで，鋼材の降伏とほぼ同時に終局状態となる．また，部材が降伏した位置で桁が折れ曲がる崩壊モード形が得られる．これより，終局強度は鋼材の降伏点（または局部座屈強度のうち小さい値）に支配される．

(2)終局状態まで，幾何学的非線形の影響は小さい．

(3) (1),(2)の知見より，安定照査法として，（$\sigma_c+\sigma_b<\sigma_{cal}$）を提案する．ここで，$\sigma_c$は軸力による応力，$\sigma_b$は面内曲げによる応力，$\sigma_{cal}$は許容局部座屈応力度である．

参考文献

1）長井，奥井，岩崎：合成斜張橋の動向と技術的課題，橋梁と基礎，Vol. 35，No. 11，PP・27－34，(2001)，2）Abbas S. ：Nonlinear analysis of segmentally erected reinforced and prestressed concrete cable－stayed bridges，UCB/SEMM－90/24，(1990)，3)土木学会：コンクリート標準示方書・設計編，（1998），4)奥井，長井，秋山：合成斜張橋におけるクリープ・収縮による応力移行と終局強度に与える影響，構造工学論文集，土木学会，Vol. 49A，登載決定，（2003）