I-196　ＰＣ斜張橋のクリープ・リラクセーションに関する一考察

京都大学大学院　学生員　○楠葉誠司
阪神高速道路公団　正員　杉山守久
京都大学工学部　正員　渡辺英一

１．まえがき

一般に斜張橋においてはケーブルがクリープ・リラクセーションをおこし、橋全体のつり合い、変形に影響を及ぼすことが知られている。本研究においては、ＰＣ斜張橋を対象として、上記のケーブル以外に更に、ＰＣ主桁とＲＣタワーのクリープ・リラクセーション現象をも考慮して、線型粘弾性モデルを用い、有限要素法を適用して、解析を行ったのでその結果を報告する。

２．解析手法

まず、主桁、タワー、ケーブルの全てが粘弾性挙動をするものと仮定してこれらを図１のような３要素モデルで表される線型粘弾性体と仮定する。この際、それぞれの粘弾性定数についてはケーブル及びコンクリート版のクリープ・リラクセーション試験の結果から同定を行うことにより求めた。図１の３要素モデルにおいて$\bar{E}$（ｓ）をLaplace像空間ｓにおける見掛けのヤング率とすると$\bar{E}$（ｓ）は次式で与えられる。

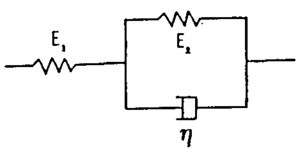

図１．３要素モデル

$$\bar{E}(s)=E_1(s+\mu)/(s+\lambda),\quad \mu=E_2/\eta,\ \lambda=(E_1+E_2)/\eta \tag{1}$$

つぎに有限要素法を適用し、主桁及びタワーを要素に分割し、主桁、タワーのつり合い式及びケーブルのつり合い式をそれぞれLaplace像空間において求め、それらを像空間で静的に合成することにより、構造物全体のつり合い式が求まり、これを解くとLaplace像空間における解が得られる。ついで、数値Laplace逆変換を適用することにより、現空間における解が求まるわけである。

３．数値Laplace逆変換による定式化

本研究においては、主桁、タワー、ケーブルの全てが線型粘弾性体であると仮定しているが、この場合の解を求めるために、まず

（１）主桁のみが線型粘弾性体でケーブル、タワーが弾性体。

（２）ケーブルのみが線型粘弾性体で主桁、タワーが弾性体。

（３）タワーのみが線型粘弾性体で主桁、ケーブルが弾性体。

の場合の３通りの独立な解を求め、これらの線形１次結合を考えることによって、全てが線型粘弾性体の場合の解とした。まず、上の(1),(2),(3)の場合の解を求めるために以下のような手法をとった。すなわち、現空間ｔにおける解を指数関数として仮定し、無次元化を行い、これをLaplace変換する。そして極限値定理を満足させた上で像空間ｓにおいて13～17個の点を選び最小二乗法を適用すれば(1),(2),(3)の場合の解が決定でき、これらをそれぞれ、$v_G(t)$，$v_C(t)$，$v_T(t)$とおく。

次に全てが線型粘弾性体の場合の解を係数α、β、γを導入して次のように仮定する。

$$v(t)=\alpha v_G(t)+\beta v_C(t)+\gamma_T v(t) \tag{2}$$

そして、先に述べたと同様に極限値定理を満たし、最小二乗法を適用することによって、現空間における解を求めるわけである。これによって、極限値定理を満たした精度のよい数値計算をおこなうことができる。

４．数値計算例

実際の数値計算例として、図２のような猪名川第二橋梁を、主桁３６分割、タワー２１分割として解析を行った。図３、４はそれぞれ節点２のたわみと、ケーブル１のケーブル力の経時変化である。図４を見てもわかるように、ケーブル力が時間と共に約１５％増加していることがわかる。また、値が収束する期間については節点たわみ、ケーブル力共に１年以内とかなり短くなっている。

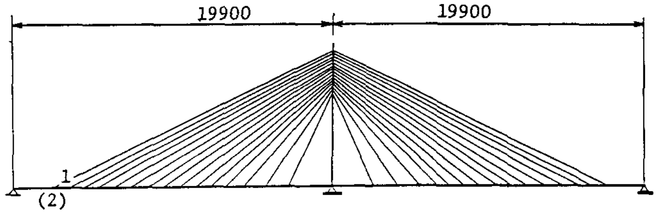

図２．猪名川第二橋梁

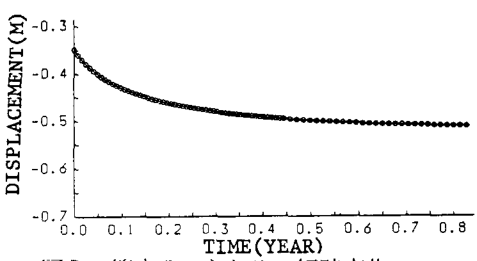

図３．節点２のたわみの経時変化

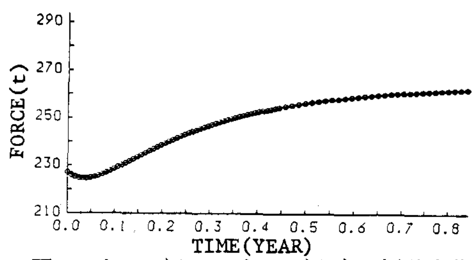

図４．ケーブル１のケーブル力の経時変化

５．結論

本研究においては４．で述べた(1),(2),(3)の３通りの場合の解を求め、これらの線型的な重ね合わせとして全てが線型粘弾性体の場合の解を求めた。いま、像空間における解を$\bar{f}(s)$とし、$s\bar{f}(s)$のグラフを考えてみると、主桁、タワー、ケーブルのいずれか１つのみが線型粘弾性体で他が弾性体の場合は、図５のようになめらかな曲線となるが、全てが線型粘弾性体の場合には、図６のように極値が出る場合があり得る。このような場合に対応するために、本研究におけるような手法を採用したわけであるが、比較的精度よく数値Laplace逆変換ができた。本研究で採用したような解法は他にも不等支点沈下を考慮する場合などに応用が可能であると思われる。

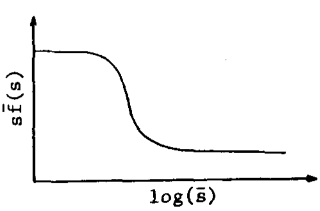

図５．$s\bar{f}(s)$の変化(1)

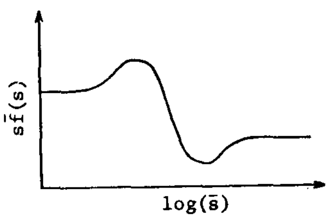

図６．$s\bar{f}(s)$の変化(2)

６．参考文献

1. Niwa,Y.,Nakai,H.,Watanabe,E.and Yamada,I.: On Long-term Behavior of Cables in Cable-stayed Bridges, Proc. of JSCE, Structural Eng., Vol.3,No1, 1986.
2. 丹羽義次，渡辺英一，松村博，山田郁夫：斜張橋ケーブルの経時変形と健全度の予測，既設の橋梁構造物及びその構成部材の健全度，耐久性の判定に関するシンポジウム論文集，土木学会関西支部,1983.