

I-A 103 ケーブルで吊られた片持鋼床版の研究

シビル設計コンサルタント 正会員 森山 孝治
 シビル設計コンサルタント 正会員 渡辺 治
 北海道大学工学部 フェロー 渡辺 昇

1. まえがき

本研究の橋梁への適用例を、図-1（一般図）、図-2（横断面図）に示す。図-1 には、Langer橋を主構とし、その両側に広幅員の片持鋼床版を取り付けた構造を示す。図-2 はその横断面図である。片持鋼床版の幅員が広くなればなるほど片持鋼床版の固定辺の曲げモーメントが大きくなり構造上無理となるから、片持鋼床版の自由辺とLanger橋の主構のアーチ状上弦材との間に適当間隔のケーブルを取り付け、片持鋼床版をケーブルで吊ることにより、片持鋼床版の固定辺の曲げモーメントを格段に低減し、結果的に片持鋼床版の軽量化を狙ったものである。このような「ケーブルで吊られた片持鋼床版」を設計するためのパソコンソフトによる設計計算法と簡易設計計算法について報告する。

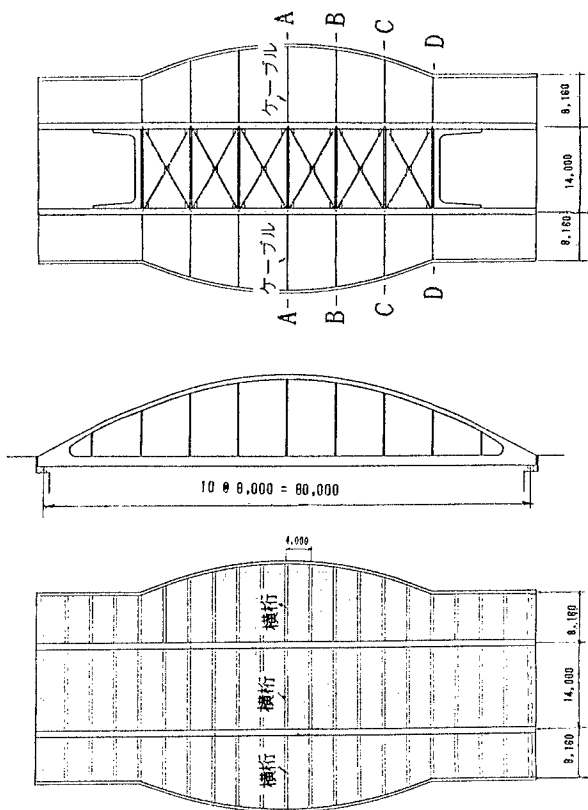


図-1 一般図

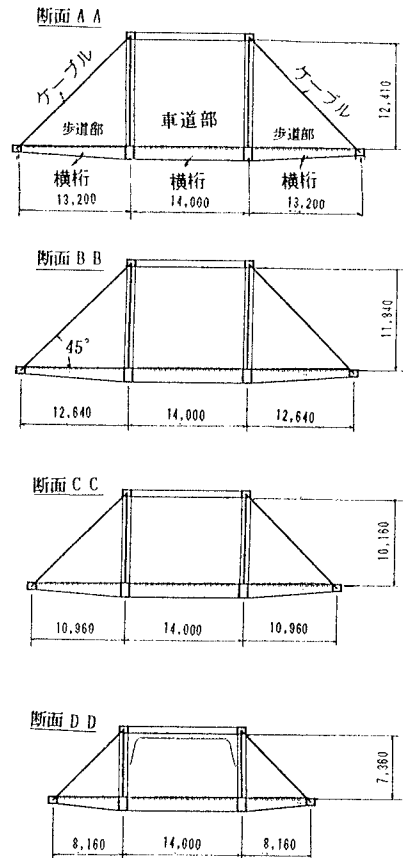


図-2 横断面図

2. ケーブルで吊られた片持鋼床版の設計計算

2.1 バソコンソフトによる設計計算法

片持鋼床版そのものは、横桁、縦リブ、デッキプレートからなる格子構造であるから、これを格子桁理論で解くか、あるいは直交異方性板理論で解くか、が考えられるが、今回は、ケーブルで吊られた格子桁構造と考え、剛性マトリックス解析にスカイライン法を適用したパソコン用ソフトを開発し、それを用いて、片持鋼床版の横桁、縦リブ、デッキプレート、ケーブルを設計した。

2.2 簡易設計計算法

片持鋼床版の設計においては、図-1 あるいは 図-2 に示した片持鋼床版の横桁の設計が基本的に必要である。その理由は、この横桁の上に縦リブ、デッキプレート、アスファルト舗装、活荷重などが乗るからである。この横桁の設計については、上記の 2.1 によっても設計できるが、これを、コンピュータでなく電卓で設計する簡易設計計算法も開発したのでその概要を次に述べる。

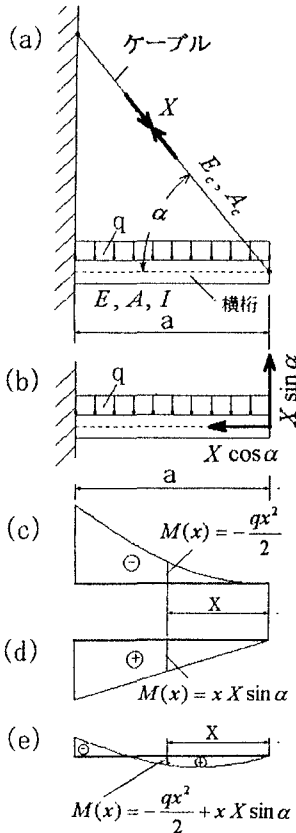


図-3

図-3(a)はケーブルで吊られた1本の突桁（横桁）構造を示す。Eは横桁のヤング率（Kg/cm²）、Aは横桁の断面積（cm²）、Iは横桁の断面2次モーメント（cm⁴）、aは横桁の支間（cm）、E_cはケーブルのヤング率（Kg/cm²）、A_cはケーブルの断面積（cm²）であり、横桁の上に乗っている死荷重（横桁、縦リブ、デッキプレート、アスファルト舗装などの自重）、および活荷重は、線荷重 q（Kg/cm）で示している。

図-3(a)は一次不静定構造である。そこで、ケーブル自身に切断を入れ、そこに不静定力 X を挿入する。すると、横桁自体は、図-3(b)のような力学状態になり、それによる横桁自身の曲げモーメント図は図-3(e)である。ここで、図-3(e)は、q による曲げモーメント図（図-3(c)）と X sin α による曲げモーメント図（図-3(d)）との和である。

全ひずみエネルギー W（Kg・cm）は次式で計算される。

$$W = \frac{1}{2EI} \int_0^a \left(-\frac{qx^2}{2} + xX \sin \alpha \right)^2 dx + \frac{1}{2EA} (X \cos \alpha)^2 a + \frac{X^2}{2E_c A_c} \cdot \frac{a}{\cos \alpha}$$

最小仕事の原理（ $\frac{\partial W}{\partial X} = 0$ ）を適用すると、次のようになる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial X} &= \frac{1}{EI} \int_0^a \left(-\frac{qx^2}{2} + xX \sin \alpha \right) x \sin \alpha dx + \frac{1}{EA} X a \cos^2 \alpha + \frac{1}{E_c A_c} X \frac{a}{\cos \alpha} \\ &= \frac{-qa^4 \sin \alpha}{8EI} + \left(\frac{a^3 \sin^2 \alpha}{3EI} + \frac{a \cos^2 \alpha}{EA} + \frac{a}{E_c A_c \cos \alpha} \right) X = 0 \end{aligned}$$

これより、不静定力 X は、次式で求まる。

$$X = \frac{\frac{qa^4 \sin \alpha}{8}}{\frac{a^3 \sin^2 \alpha}{3} + \frac{I}{A} \cdot a \cos^2 \alpha + \frac{EI}{E_c A_c} \cdot \frac{a}{\cos \alpha}}$$

X（Kg）が求めれば、ケーブルの引張軸力 S は、S = X であり、横桁の曲げモーメント図は図-3(e)であるから、ケーブルおよび横桁の断面算定すなわち設計ができる。

3. 考察

図-2 のような具体的設計例について、2.1 の設計計算法と 2.2 の設計計算法とで比較計算したところ、断面力や変位の結果に 1 % 程度の差しかなく、2.2 の設計計算法の有効性が確認された。