

大阪大学 正 夏 小松定夫
同 同 西村寛男
阪大 院 学生員 南兼一郎

1. まえがき 才24回年次講演会概要I・150で斜ハンガーを有する吊橋のねじりに関する基礎方程式の誘導について発表した。今回は数値計算結果を整理して、斜ハンガー吊橋のねじり特性について、特にハンガーの構成する三角形のザイルトラスの剛性が吊橋のねじり特性に与える影響について考察を加えた。

$$\text{基礎方程式 } EC_w \varphi'' - (GJ + \frac{b^2}{2} H_2) \varphi'' - H_p b \gamma'' + H_p' h(\alpha) b + 2 H_p' h(\alpha) b = \eta t$$

$$h(\alpha) \frac{b}{2} \varphi'' = C_2 H_p - C_1 H_p' - C_1 H_p''$$

ここに $h(\alpha)$: ケーブル高さ, b : ケーブル間隔, $C_1 = \frac{h^3}{\alpha E_c A_c}$ h : ハンガー長
 $C_2 = \sec^2 \psi / E_c A_c$

2. ねじり荷重載荷形式と斜ハンガー効果について

Fig.1~Fig.6に示すように種々の載荷長の等分布ねじり荷重が作用したときの斜ハンガー吊橋のねじり角とケーブル付加張力から、ねじり荷重の載荷状態と斜ハンガー効果について考察した。

斜ハンガー効果はケーブルの補軸方向変位を三角形のザイルトラスで拘束することにあると考えられる。Fig.1

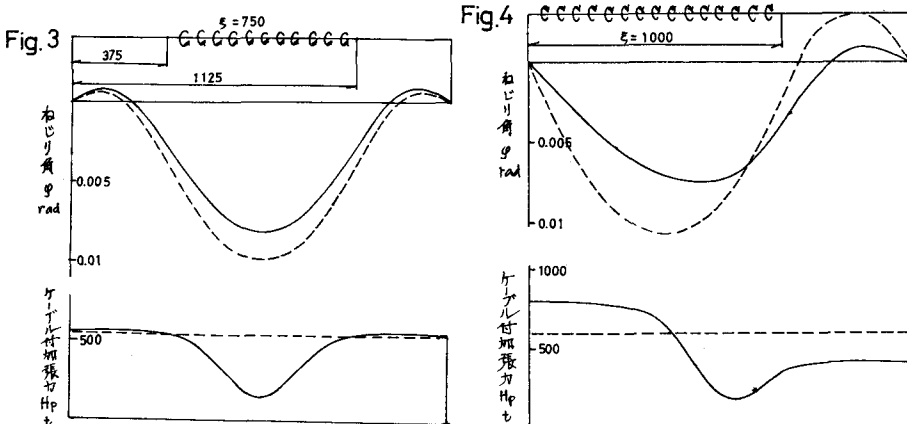
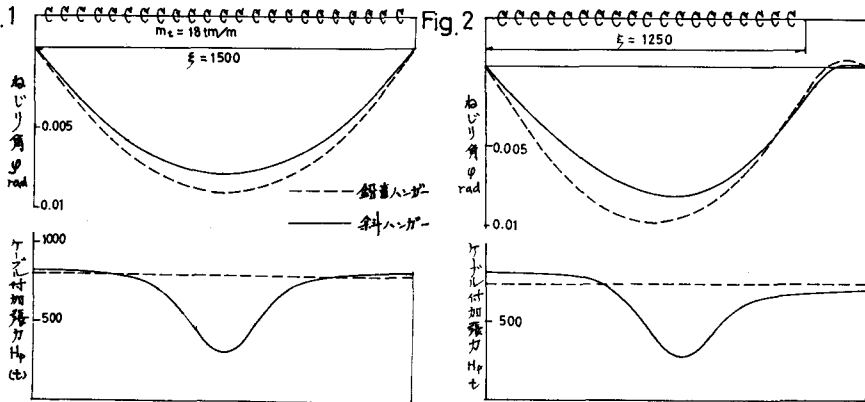


Fig.5

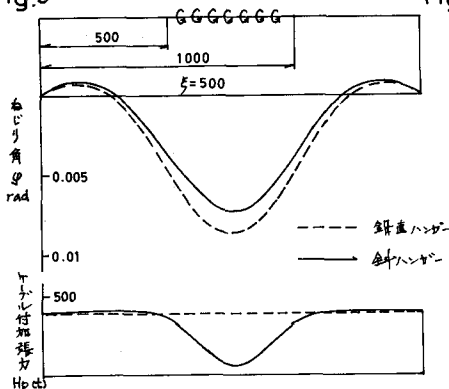
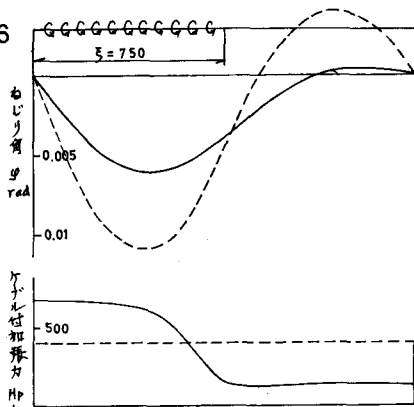
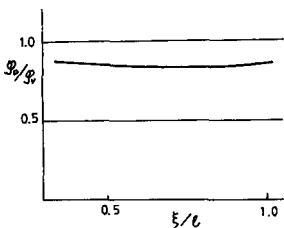
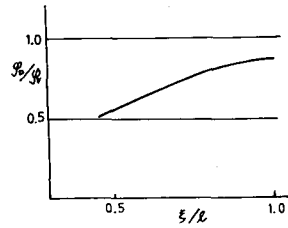


Fig.6



ケーブル変位 u_c の大きさ、荷重に対して一般に斜ハンガーの効率が発揮される。従って Fig.4, Fig.6 のような載荷状態で最大の變形や応力を生ずる諸元の吊橋に斜ハンガー形式を採用すると非常に有効である。たゞし Fig.5 のような載荷状態に対しては、補剛桁のねじれにより、ハンガートラスの剛体的變形がケーブル変位 u_c によるハンガートラスの變形を相殺するため斜ハンガーの効率は少い。鉛直ハンガー吊橋のねじり角最大値 ϕ_v に対する斜ハンガー吊橋のねじり角最大値 ϕ_s の比 ϕ_s/ϕ_v で斜ハンガー効率を表わすと、Fig.7, Fig.8 の等分布ねじり荷重、対称載荷及び非対称載荷の荷重載荷長 ξ/l と ϕ_s/ϕ_v の關係にまとめられる。

Fig.7 等分布ねじり荷重
対称載荷Fig.8 等分布ねじり荷重
非対称載荷

3. ハンガーの張り方について

斜ハンガーを使用した場合、スパン中央付近 ($\xi/l \sim 3/5$) でハンガー張力が著るしく大きくなる。極端にハンガー張力が大きくなりすぎないようハンガーの張り方を Fig.9 の如く3種類考へ、それぞれについて条件を変え3種類の分布荷重形式に対してねじり角最大値 ϕ 及び最大ハンガー張力を求め Fig.10 ~ Fig.15 に示した。

ハンガー形式Ⅰ：スパンを置いて補剛桁とハンガーの取付間隔 α が一定

ハンガー形式Ⅱ：ハンガー形式Ⅰでハンガートラス頂角 α' 以上の範囲でハンガー剛性 C_H が一定となるようハンガーと補剛桁の取付位置

Fig.9

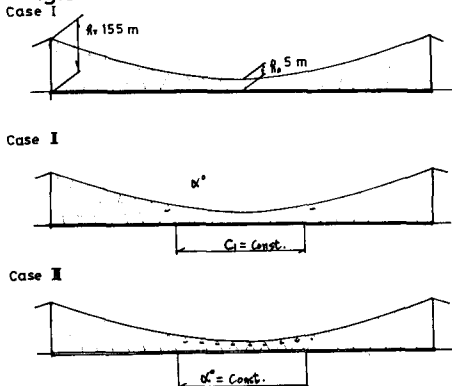


Fig.10 ハンガー形式Ⅰ ねじり角最大値 rad

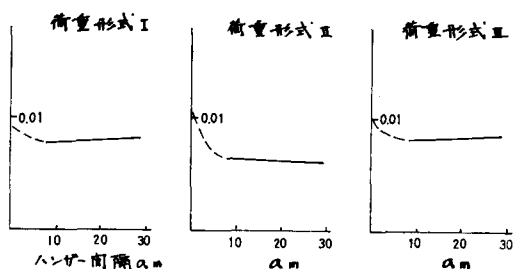


Fig.11 ハンガー形式Ⅰ ハンガー張力最大値 t

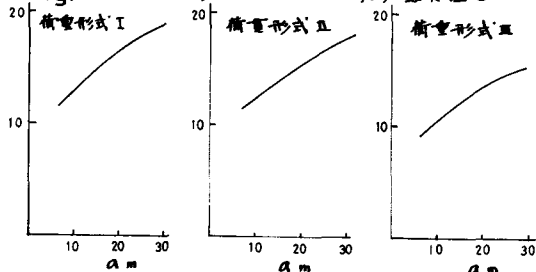


Fig.12 ハンガー形式Ⅱ ねじり角最大値 rad

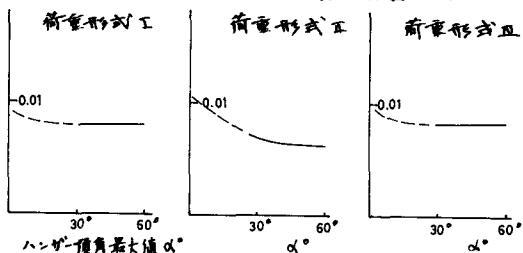


Fig.13 ハンガー形式Ⅱ ハンガー張力最大値 t

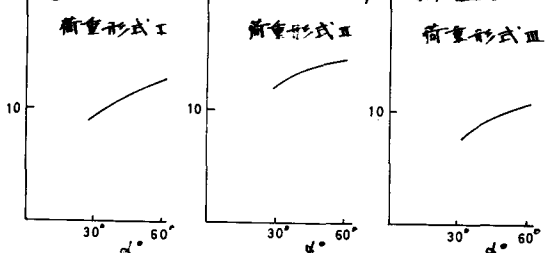


Fig.14 ハンガー形式Ⅲ ねじり角最大値 rad

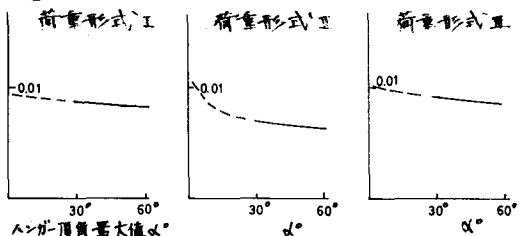
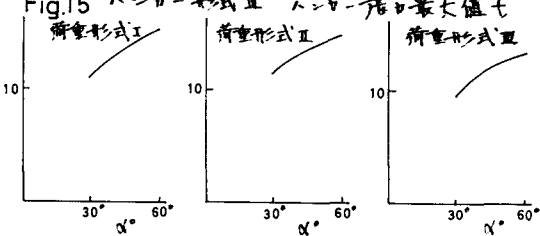


Fig.15 ハンガー形式Ⅲ ハンガー張力最大値 t



を定める。

ハンガー形式Ⅱ：ハンガー形式Ⅰで頂角 α° 以上の範囲では頂角 α° とする。

荷重形式Ⅰ：等分布ねじり荷重満載 (Fig. 1) 荷重形式Ⅱ：等分布ねじり荷重非対称半載 (Fig. 6)

荷重形式Ⅲ：等分布ねじり荷重対称半載 (Fig. 3)

ハンガー形式を種々検討した結果、実用的範囲のパラメーター α 、 α° の変化に対してねじり角最大値に顕著な変化はみられないうが、ハンガー張力については非常に大きな変化がみられる。スパンを通じてのハンガー張力の求態はFig. 16, Fig. 17, Fig. 18に示すようにそれぞれ特色がある。ハンガー形式Ⅰでは α の変化に対して全体にハンガー張力が増減するのに対し、ハンガー形式Ⅱ、Ⅲでは頂角 α° で制限した近くでハンガー張力が最大となり、しかも α° の小さい程ハンガー張力最大値が減少する。

4. 3径前吊橋の特性について

ハンガー形式Ⅱ、 $\alpha = 60^\circ$ とした場合、3径前吊橋としての変形と応力の特性について調べた。スパンは750m+1500m+750mとした。中央径間におけるねじり角、ケーブル付吊水平張力及びハンガー張力は前節までに述べた単径前吊橋の場合に較べるとほぼ同様の傾向を示している。

多径間吊橋の場合、その特色としては側径間 anchor 側でハンガー張力が非常に大きくなることである。ここではケーブルの変形に注目すること。ハンガー長が短いので G 値が小さく、且つ補剛桁のねじり率が大きいため、ハンガー張力に集中応力のような現象が生ずる。従って多径間吊橋に斜ハンガーを採用する場合、側径間端部のハンガー頂角をかなり小さく制限して応力を解放する必要がある。

Fig.16 ハンガー形式Ⅰ
荷重形式Ⅱ

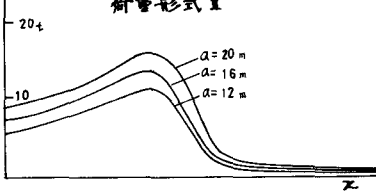


Fig.17 ハンガー形式Ⅱ
荷重形式Ⅱ

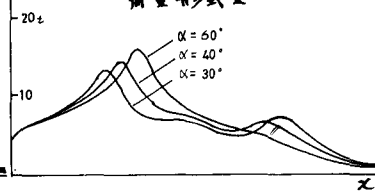


Fig.18 ハンガー形式Ⅲ
荷重形式Ⅱ

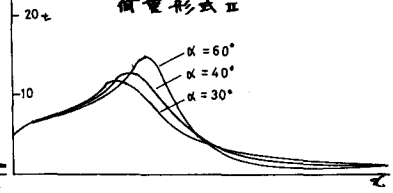


Fig.19 補剛桁ねじり角

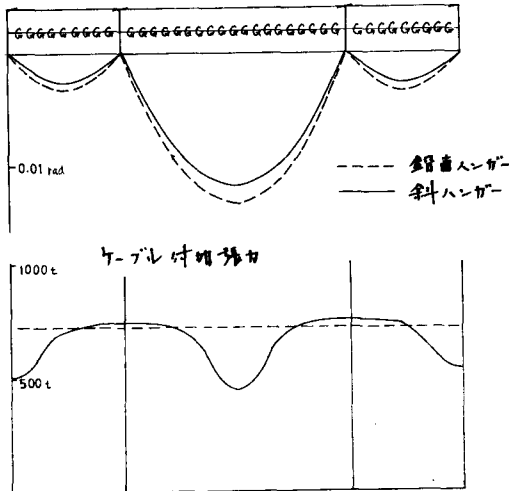
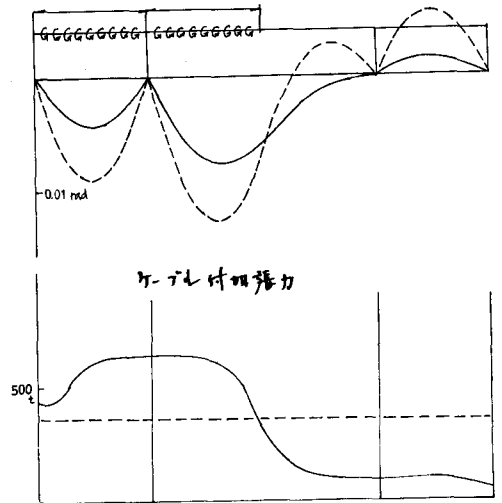
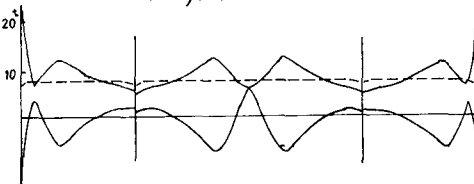


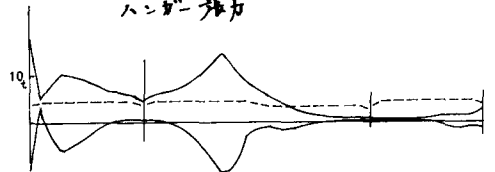
Fig.20 補剛桁ねじり角



ハンガー張力



ハンガー張力



5. あとがき 斜ハンガー吊橋の静力学的特性について、ある程度明らかにすることができたと思う。他の荷重に対する構造特性、振動特性を併せて、吊橋の各種パラメーター、例えばケーブル剛性、補剛桁の曲げ及びねじり剛性、ハンガーの形式と剛性等の合理的な組合せについて検討を加え、この種の吊橋のシステム設計を試みる予定がある。