

(株)神製鋼所 正会員 新象 徹
 “ “ 広中邦汎
 “ “ ○土居 萬司

1. まえがき

長大吊橋のメインケーブルなどに用いられる平行線ケーブルは、一般に純張力材として設計されるが、ケーブルバンドなどによって拘束が与えられるため曲げ剛性をもつことになる。このため太径になると変形に伴ってケーブルに発生する2次応力は無視できないものとなり、ケーブル安全率の決定など設計におよぼす影響は大きくなる可能性が考えられる。2次応力の理論解析および実験例は皆無に近く、Wyattによる唯一の理論研究¹⁾は種々の仮定を含んでいながら実験による裏付けがなく、またわずかな実験例²⁾ではケーブルに張力がない状態で曲げ実験が行なわれている。

本実験ではケーブル(PWS217)に各種の張力を導入し、5個のケーブルバンドを取り付けた状態で、一つのケーブルバンドに外から直接曲げを加えた場合の基礎実験を行ない、ケーブルバンドの締付力を各種変化させながらケーブルの2次応力、ケーブルのたわみ形、各バンドの回転角、素線のすべり量など、複雑な変形機構を含むケーブル挙動を充分に把握すると同時に、別途著者らの導いた理論³⁾を検証しようとするものである。

2. 実験概要

実験の供試体は直径5mmの素線で構成される正六角形状の平行ワイヤストランド(PWS)であり、その諸元は表-1に示されている。実験装置は図-1に示されるとおりであり、PWSの張力導入は容量100Tonの油圧ジャッキ2台でまたPWSへの曲げ載荷は容量20Tonの油圧ジャッキでそれぞれ行なった。曲げによるPWSの変形およびケーブルバンドの回転角の測定には変位計を用い、PWSの応力測定には各素線表面にひずみゲージを貼り付けた。ケーブルバンド締付力の管理は締付用ボルトに貼られたひずみゲージで行ない、素線とバンド間のすべり測定にはケーブルバンド近傍部の素線にクリップゲージを取り付けた。測定諸量は、①素線のひずみ(284点)、②PWSの変位およびケーブルバンドの回転角(30点)、③素線とケーブルバンドとの相対すべり(8点)、④バンド締付用ボルトのひずみ(10本)である。

ケーブルに所要の張力が導入された後、ケーブルバンドは5個のうち2個は外からの拘束を受けず、両端および中央の3個は回転のみが自由で水平および垂直方向への変位が拘束された状態で締付力が導入され、中央のバンドに曲げが載荷される。実験シリーズは表-3に示すとおりであり、これらの実験からケーブルの2次応力とケーブル張力あるいはバンド締付力などとの関係を求めた。

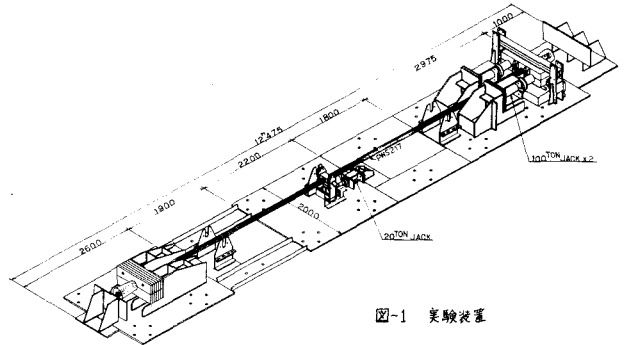


図-1 実験装置

表-1 PWSの諸元

種類	断面形状および寸法 (mm)	質量 (kg/m)	引張強度 (kg/cm ²)	引張断面積 (cm ²)	引張力 (kg)	引張変位 (mm)	引張率 (%)	引張温度 (°C)
PWS 217		42.61	648	33.4	10	98%	2%	460°C
締付ボルト 217								

表-2 実験シリーズ

シリーズ	ケーブル張力 G_k (kg/mm ²)	バンド締付力 P_b (kg/cm ²)	回転モーメント $M = P \cdot l$ (kg-cm)
(A)	10	40 20 10	0~155
(B)	20	40 60 計算値	
(C)	30	40	
(D)	40	20	

$P_b = Z/d \cdot b$, Z = 宝ボルト張力, b = ケーブルバンド長さ

3. 実験結果および考察

実験シリーズ(A)のうち、ケーブルバンドと素線間にあべりが生じない程度にバンド締付力(P)を大きくした場合のケーブルのたわみ形図、各バンドの回転角およびケーブルに生ずる2次応力の値が、あべりが全くない場合の理論値とともに図-2、図-3および図-4にそれぞれ示されている。また実験シリーズ(B)における2次応力の測定結果が図-5に示されている。

張力が導入されたケーブルは曲げ剛性がある程度大きくなるが、そのたわみ形は solid beam と全く異質のものであり、 P が特有の力の伝達状況を示すことが各バンド回転角変位より明らかである。理論値と実験値とはたわみ形、バンド回転角、および2次応力においてかなりの近似を示している。回転モーメントが大きい領域でのたわみ形とバンド回転角について理論値と実験値が若干異っている原因は、実験で素線のあべりが起らないようにバンドを充分締付けたにもかかわらず、わずかにあべりを生じたこと、回転モーメントが大きすぎるため、圧縮側の2次応力がケーブルの初期張力を打ち消し素線に無応力状態から圧縮の応力が生じたため、あるいは実験装置上に生ずる誤差などが考えられる。

バンド回転角は、バンドと素線間のあべりが生じない場合回転モーメントとほぼ線型関係にあるが、あべりが始まると非線型となる。ケーブルに張力がない場合には、線型状態の領域がある程度長く、またあべりが始まる点が顕著に現れるが、一方張力の導入されたケーブルについては、線型部分は回転モーメントが非常に低いところにごくわずかなのみで、かなり早期に非線型関係にいたる。

バンド締付力が小さくなるにしたがって、バンドと素線間のあべりは発生しやすくなり、あべりが大きいほどケーブルの2次応力は緩和されると考えられるが、その傾向が図-5より明らかである。しかしながらその場合、バンド近傍部における素線の局部曲げは大きくなるものと考えられる。

以上平行線ケーブルの2次応力の算定には、バンドと素線間にあべりがない場合ほぼ理論の適用が可能であると考えられる。なお実験結果についての詳しい説明は講演当日行なう予定である。

4. あとがき

筆者らは本実験に加えて、バンドの個数を増やしたりあるいはケーブルにラッピングを行なってそれらの効果を調べる計画を立てており、日を改めて報告したい。

- 1) Wyatt, A.T., "Secondary Stresses in Parallel Wire Suspension Cables", ASCE, Vol. 128, Part II, 1963.
- 2) たんは 西村 昭 ほか, "吊橋用平行線ケーブルに関する基礎実験", 神大, 建設工学研究所, No. 11, 昭和43年.
- 3) 新藤, 広中, 中村, "吊橋平行線ケーブルの2次応力解析 (予報)", 第29回 土木学会年次学術講演会概要集.

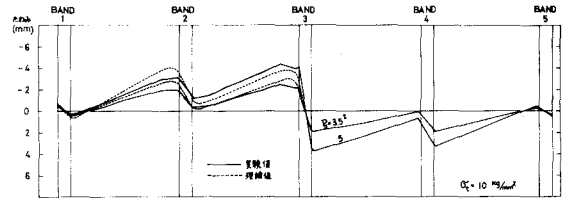


図-2 たわみ形

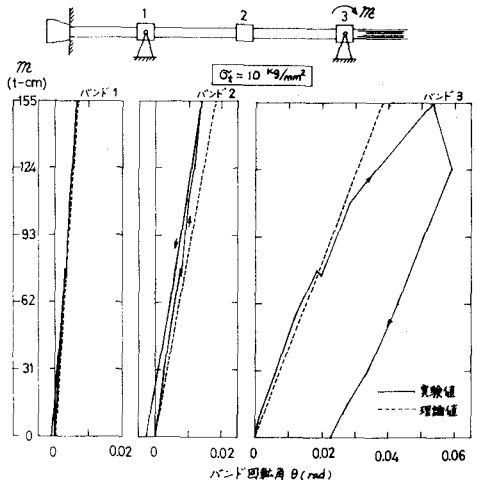


図-3 モーメント-バンド回転角の関係

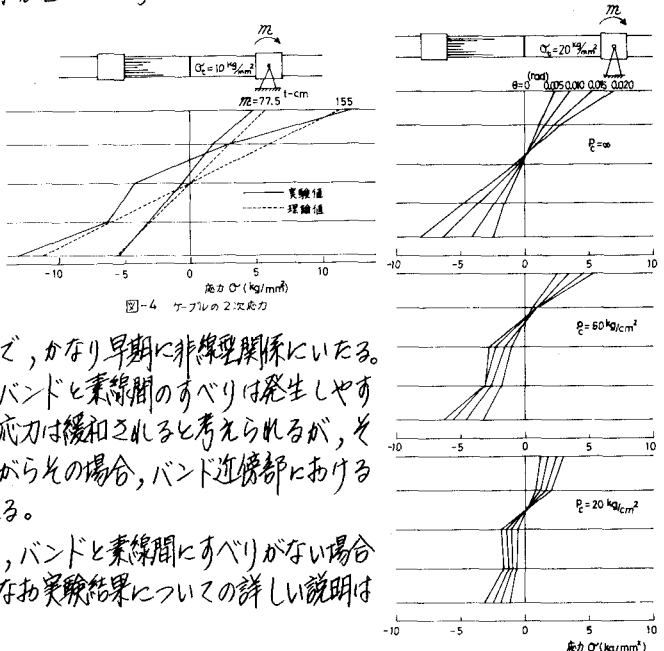


図-4 ケーブルの2次応力

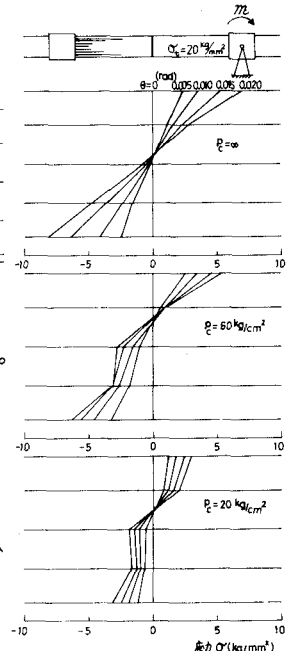


図-5 ケーブルの2次応力