

B-20

ケーブル構造の衝撃的張力変動下の動的 basic 性状に関する実験的研究

Experimental Study on Basic Dynamic Behavior Impact Characteristic of Cable Structure .

○熊坂まい⁴, 岡田章¹, 宮里直也¹, 中西三和³, 斎藤公男²
 *Mai Kumasaka³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Mitsukazu Nakanishi, Masao Saitoh²

Abstract : Generally, the tension structures are designed within the elastic stage, and it is rare to discuss the safety of ultimate state and the dynamic characteristics considering slackness of string over the provided load level. Therefore, the purpose of this paper is to understand the basic dynamic characteristic of a cable structure under impact of change of tensile force experimentally.

1. はじめに

ケーブル構造の設計は、二次設計レベルの設計荷重に対しても、弾性範囲内で設計されることが一般的であり、終局耐力の把握及び想定された荷重レベル以上の荷重下における架構の状態や、安全性については論じられることは少ない (Fig. 1). 特に多雪地域においては、把握力が過大となり、クランプ金物寸法及びケーブル径が増大する傾向にある。これに対して、初期張力の低減に伴う抵抗メカニズムの変化、張力消失及びクランプ金物の滑動が架構に及ぼす影響、等を検討することにより、初期張力及び金物の把握力の低減が期待されている。張力消失による緩みの発生は、過大な張力変動が考えられ (Fig. 2), 衝撃的な張力変動による架構への影響^[1], 衝撃力によるクランプ金物の滑動が報告されている^[2]. 特に静的に設計された把握力を導入しても、振動の影響によりクランプ金物が滑動する可能性がある^[2]. 以上の点から、本研究では、ケーブルの緩みに伴う衝撃力について実験的に評価することを目的とする。

2. 一部材自由落下衝撃実験

ケーブル部材の衝撃特性を把握するため、一部材のケーブルを用いて、自由落下衝撃試験を行った。実験概要を Fig. 3, 試験体材料を table. 1 に示す。端部はシンプルとクリップを用いて (Fig. 3. (b)), 両端部までの長さが 500mm のものを製作した。重りは 16kg, 40kg とし、それぞれの位置エネルギー (mgh) が等価になるように、落下高さ (h) を調整した。試験方法は、試験体に重りを吊り下げ、その下に落下高さ調節用の束を 3 本置き、束の下の板を強制的に引き抜き、束を全て同時倒すことで重りを自由落下させることで、試験体に衝撃荷重を加えた。サンプリング周波数は 2000kHz とし、衝撃力が十分計測できる周波数を採用した。試験体端部の折り返し部分にはあらかじめ印をつけ、試験終了後に滑りの測定を行った。

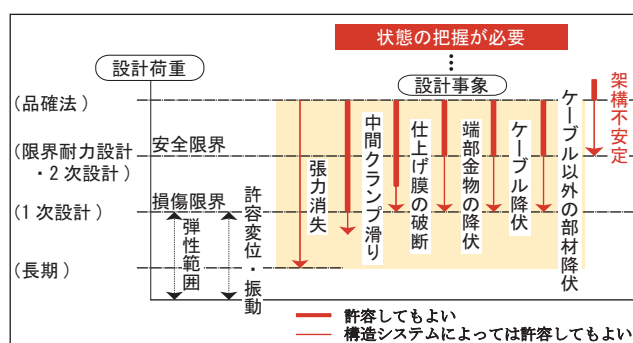


Figure 1. Design Criteria Example for Tensile Structure

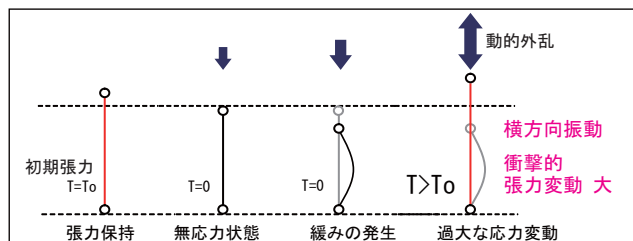


Figure 2. Dynamic Impact of Change of Tensile Force.

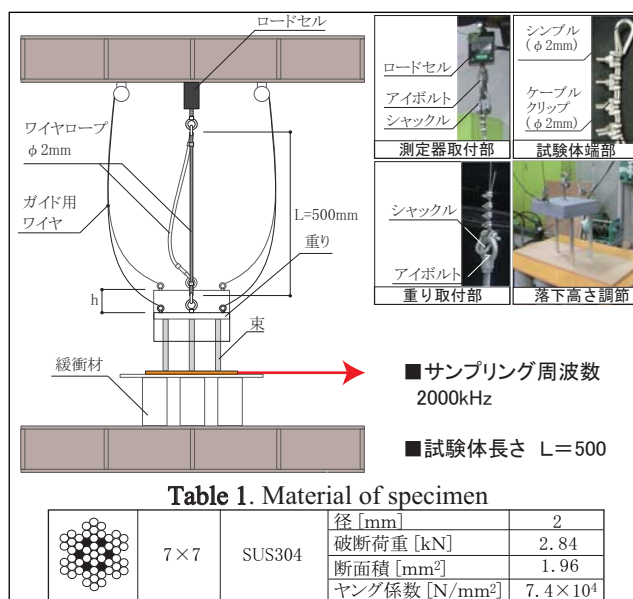


Table 1. Material of specimen

	7 × 7	SUS304	径 [mm]	2
			破断荷重 [kN]	2.84
			断面積 [mm ²]	1.96
			ヤング係数 [N/mm ²]	7.4 × 10 ⁴

Figure 3. Outline of Impact Experiment

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大名誉教授 3 : 日大理工・教員・海建 4 : 日大理工・院 (前) ・建築

table2. Parameter of Experiment

	16kgf			40kgf		
% ^{*1)}	4	6	8	10	15	20
h [mm]	50	75	100	20	30	40
mgh	800g	1200g	1600g	800g	1200g	1600g

*1)は、落下高さh(mm)/試験体長さ(L=500mm)×100%を示す。

3. 実験結果

3-1 静的試験と破断荷重の比較

ワイヤロープの静的破断荷重との比較を行うため、アムスラー試験機による静的引張試験を3本実施した (Fig. 4). 静的破断荷重と衝撃破断荷重はいずれも、規格破断荷重よりも高い値を示した。なお、衝撃実験により破断した荷重 (Fig. 5:40kgf-1600g) も静的な実験値と近い値を示した。

3-2 落下高さや位置エネルギーによる違い (Fig. 5)

16kgf, 40kgf共に落下高さが高くなるほど張力が大きくなる傾向が確認された。等価の位置エネルギー量で両者をそれぞれ比較すると、値にばらつきが生じているものの、平均値は概ね近い値となった。

3-3 弾性ひずみエネルギーとの比較

ケーブル構造の動的な張力変動の最大値を推測するための基礎資料を得るために、位置エネルギーと弾性歪エネルギーの比較を行った。ここで、弾性歪エネルギーの算定には、次式を用いて、Nとして破断したものを除いた張力の最大値を代入した。

$$U = \frac{N^2 L}{2EA}$$

N : 張力最大値
E : ヤング係数
A : 面積
L : 試験体長さ

Fig. 6に結果を示す。図中の実線は、重りの位置エネルギーが全て弾性歪エネルギーに変換された場合の理論値を表わす。図より弾性歪エネルギーは、全体的に理論値よりも大きい値が得られているが、重りの落下エネルギーと共にひずみエネルギーが増加する傾向は一致している。

3-4 衝撃波形による考察

table2に示す実験パラメータのうち、代表して40kgf-1600gモデルの最大張力と滑りの実験結果をtable3. に示す。試験は7回行い、ロープ破断時 (No. 3) と非破断の衝撃波形 (No. 1, 6) をFig. 7に示す。破断時には、ロープが切れた衝撃で圧縮力が加わっている。ピーク時付近の0.06s間を取り出し、滑りによる詳細な検討を行う。 Fig. 7-b)に示した非破断波形の滑りが大きい試験体 (No. 1) では、立ち上がり後、微小ながら滑りが発生しており、その後、滑りと釣合いを繰り返しながらピークに達し、勾配が緩やかに減衰する性状が把握された。ピーク後の傾きはあまり変わらない。

4 今後の検討

・ひずみ速度やケーブル径による違いについて詳細に検討を行う。

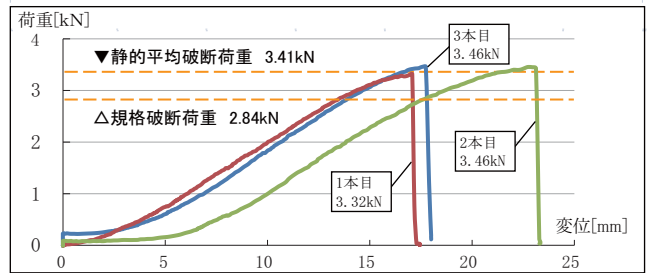


Figure 4. Result Static Tensile Test

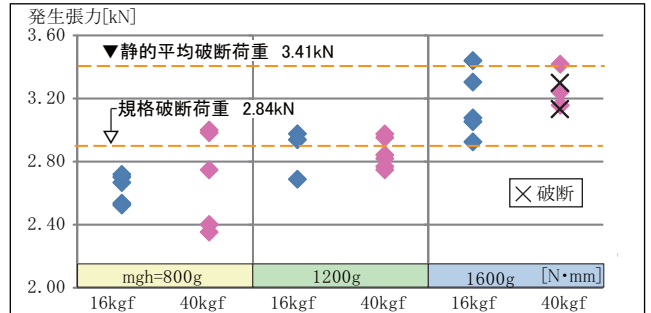


Figure 5. Comparison of Potential Energy with Fall Height

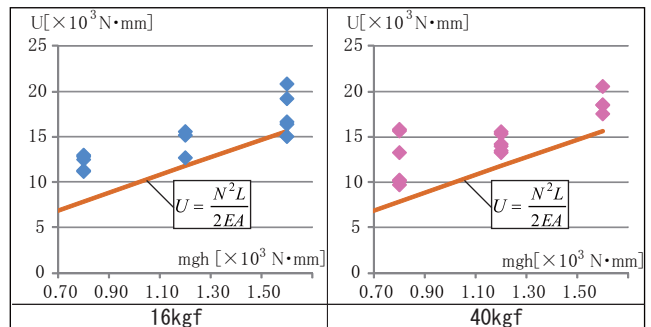


Figure 6. Comparison of Elastic Strain Energy (U) using Tensile Force with Potential Energy

table 3. Results of 40kgf-1600g Model Experiment

試験体No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
最大張力 [kN]	3.25	3.25	3.13	3.30	3.16	3.42	3.53
滑り [mm]	8	3	4	1	1.5	2.5	2
破断			破断	破断			

※試験終了後、滑りが10mmを超えた時点で試験体を交換した。

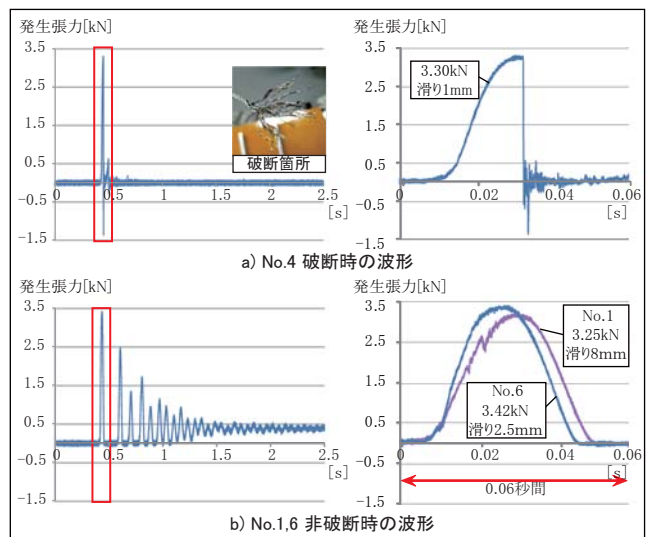


Figure 7. Dynamic behavior of Tensile (Impact Experiment)

【参考文献】

- [1]安並, 岡田, 宮里, 斎藤: 「テンセグリック・タワーの張力消失時における動的挙動に関する基礎的研究(その1), (その2), (その3), AIJ大会(関東), 2011
- [2]赤星, 岡田, 宮里, 斎藤: 「ケーブルクランプ金物部の滑動を考慮したテンセグリック・タワーの地震時応答性状に関する基礎的研究(その1), (その2), (その3), AIJ大会(東海), 2012