

VI-170

安全帯取付設備（親綱）の実証実験

髙比・エス 正員○赤嶺文繁 正員 武村浩志
髙比・エス 正員 久保明英 正員 花房禎三郎

1. まえがき

安全帯を取付ける構造が無い場所での高所作業では、作業両側遠方の構造にワイヤー等の親綱を渡し、安全帯を親綱に掛けて作業を行う。作業員が墜落した時、親綱及び安全帯には衝撃張力が作用する。親綱設備には作業員墜落時の衝撃力に耐える構造強度を有すること、および墜落者に与えるダメージを最小限にとどめる機能が要求される。

安全帯取付設備運用法の標準化のため、50mの支間で親綱を渡し75kgfの荷重を落差1.5mで落下させ親綱及び安全帯に作用する衝撃張力を計測した。本稿では親綱としてワイヤφ10、ワイヤφ12.5を用いた場合の衝撃張力計測値、また理論値との対応について報告する。試験状況を図-1に示す。

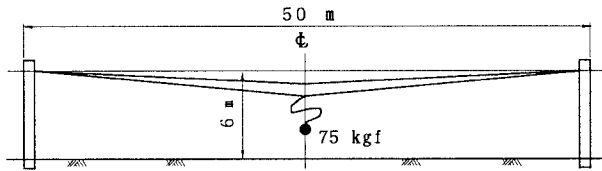


図-1 試験状況図

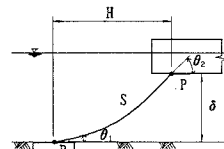


図-2 懸垂曲線図

2. 試験方法

長さ7mの2本のH鋼を深さ0.5mの孔に並列・鉛直に立て込み親綱取付構造として使用した。親綱は地上から6m位置に取り付けた。親綱はテンションロッドに取り付ける。初期張力200kgfの設定はセンターホールジャッキで行った。緊張側では緊張ナット、ジャッキ、ナット、ロードセル、H鋼と並ぶ。固定側はナット、ロードセル、H鋼と並ぶ。75kgfの砂袋に安全帯付きのベルトを装着し重りとして用いる。安全帯の長さは1.5m、砂袋には電磁石用に鉄板を取り付けてある。安全帯の親綱側付け根にロードセルを配置した。重りを電磁石で持ち上げ、親綱との落差1.5mで落下させ、親綱両端及び安全帯親綱側に配置したロードセルにより時間ピッチ0.002秒で張力を計測した。

3. 使用機器・資材諸元

親綱両端にロードセルKC-5A、安全帯の親綱側にロードセルTCLP-500KAを用いた。ワイヤーの単位長さ当たり重量はφ10が0.33kgf/m、φ12.5が0.519kgf/mである。親綱取付構造として使用したH鋼は300x300(10/15)で、面積A=119.8cm²、断面2次モーメントI=20400cm⁴、単位重量W=94.0kgf/mである。

親綱取付構造の弾性変形は、親綱張力2.0tfで水平たわみが1.68cmとなる故、等価バネ係数は片側当たり119tf/mとなる。

4. 解析手法

4-1. 自重による形状

自重によるケーブル形状は懸垂曲線となる。「港湾施設の技術上の基準・同解説」の式を用いてケーブル形状を計算する。

ケーブルの単位長さ重量W、ケーブル半長S、水平距離の半分をHとすると次の関係がある。記号を図-2に示す。

$$S = P/W \cdot (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)$$

$$H = P/W \cdot \{\sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1)\}$$

ここで、 $x = \tan \theta_1$ 、 $y = \tan \theta_2$ 置くと、 $x = 0.0$ である 故次式が導かれる。

$$H = S/y \cdot \ln(y + \sqrt{y^2 + 1})$$

上のyに関する方程式を解き自重によるケーブル形状を計算する。計算結果を表-1に示す。

表-1 懸垂曲線として計算した静的親綱張

φ 10	H=50.000m, S=50.020 m V= 0kgf, T=168kgf, δ=0.613m
	H=49.988m, S=50.078 m
	① V=70kgf, T=655kgf, δ=1.499m
	② V=75kgf, T=696kgf, δ=1.499m
φ 12	H=50.000m, S=50.030 m V= 0kgf, T=216kgf, δ=0.750m
	H=49.988m, S=50.088 m
	① V=70kgf, T=660kgf, δ=1.574m
	② V=75kgf, T=699kgf, δ=1.574m
	③ V=80kgf, T=739kgf, δ=1.578m

4-2. 親綱衝撃張力

ケーブル形状を、水平距離 $2H$ 、長さ $2S$ とする2等辺三角形と仮定すると、中央たわみは $\delta = \sqrt{S^2 - H^2}$ となる。ケーブル張力を $T = T_0 + DT$ 、載荷点の鉛直抗力を V と置き、張力を $T = V/2 \cdot S / \delta$ で計算する。 T_0 は初期張力、 DT は張力増分とする。ケーブル長 $2S$ は親綱取付構造の弾性変形、ワイヤーの弾性伸びを考慮する。

中央たわみ δ と鉛直抗力 V の関係を基に落下物体の運動方程式を解いて親綱衝撃張力を求めた。実測値と計算値を表-2に示す。ただし、表の値は2~3回の試行、また親綱両端張力の平均値となっている。

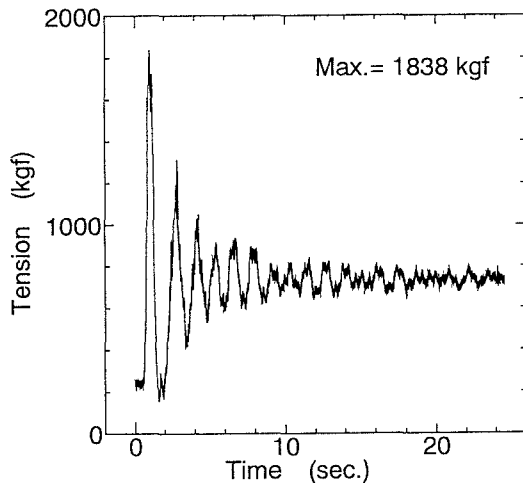
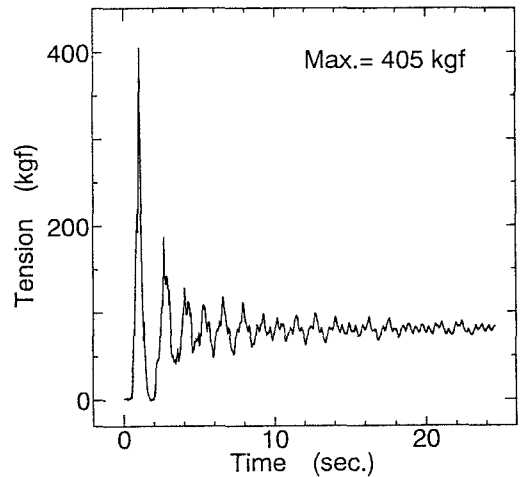
計算ではワイヤーの弾性伸びを、張力1tfで $\phi 10$ で30mm、 $\phi 12.5$ で19mmとした。表上の値は親綱取付構造の弾性変形だけを考慮した。表中下の値はワイヤーの弾性伸びを半分だけ考慮した。

表-2 実測値と計算値の比較 (単位: tf)

	親綱動的	親綱静的	安全帯	備考
$\phi 10$	1,657	648	396	実測
	2,100	1,115	184	伸び考慮無
	1,479	792	194	伸び考慮
	1,690	905	192	伸び半分
$\phi 12$	1,873	728	384	実測
	1,801	896	179	伸び考慮無
	1,419	759	177	伸び考慮
	1,565	818	177	伸び半分

4-3. 静的載荷時の張力

動的載荷後の収束張力を読みとった。長さ50mのワイヤー $\phi 10$ 、 $\phi 12.5$ で上記の伸びを58mmと仮定し、4-1の懸垂曲線の考えで静的載荷時の張力を計算すると実験値と近い値となった。ただし、親綱取付構造の弾性変形による支間距離減少を考慮した。

図-3 親綱実証実験（親綱） $\phi 12.5$ 図-4 親綱実証実験（安全帯） $\phi 12.5$

5. まとめ

懸垂状に渡した細径のワイヤーに横荷重を載荷する場合、ワイヤーは10m当たり11mm程伸びるようだ。また、伸びは定量で頭打ちとなる性質であり、衝撃荷重には追従しないように思える。

親綱の動的張力を計算する場合、ワイヤーの伸びをそのまま考慮しない方が実測値に近い値を計算できるようだ。静的載荷時の親綱張力を計算する場合、ワイヤーの伸びを考慮すると実測値に近い値を得ることができた。安全帯の動的張力計算値は実測値の半分程度となった。これは、安全帯には衝撃荷重が直接作用すること、またロードセル自体衝撃的に動かされることを考えると、この程度の差異は起こり得ると思える。

懸垂ワイヤーに横荷重を落下させ衝撃張力を計算する問題では、張力が急激に変化するため計算が難しく、精度が落ちてしまう。今回の実験ではたわみを正確に計測できなかったため、結果の解析が曖昧となったようだ。