

PC ケーブルに軸方向から垂直に衝撃荷重が作用する場合の基礎実験

(株) エスイー 正会員○ 鈴木 修平, 防衛大学校 正会員 堀口 俊行
(株) エスイー 正会員 竹家 宏治 非会員 久米田 大樹, 木部 洋

1. はじめに

JIS G 3536 の PC 鋼より線 (以下, PC ケーブルと呼ぶ.) は, プレストレストコンクリートの緊張材以外にも, 斜張橋ケーブル・落橋防止ケーブル・グラウンドアンカー等の多用途で使用されているが, 主には軸方向にも引張力が作用する場合である. 落石防護柵や土砂災害の応急対策工としてワイヤーロープが軸方向から垂直に荷重が作用する場合に用いられており, PC ケーブルは軸方向から垂直に荷重が作用する場合に使用された例が少ない. そこで本研究は, PC ケーブルに軸方向から垂直に衝撃的な荷重が作用した場合の特性について, 落錘実験により検証するものである.

2. 実験概要

(1) ケーブル

使用した PC ケーブルは 7 本より 9.5mm(SWPR7BL)の外側にポリエチレン被覆を施し, PC ケーブル両端には弊社のマンションで定着を行い, ナットで固定できるようにした. 長さ 1380mm, 規格断面積 54.84mm², 規格 0.2%伸びに対する試験力 86.8kN, 規格最大試験力 108kN であり, 破断までの荷重×伸びの積分がエネルギー吸収可能量と想定する(図-1).

(2) 実験概要

実験装置(図-2, 写真-1)は高さ 1m, 幅 2m ほどで PC ケーブルの軸方向から垂直に落錘を作用させるために, Y 型の反力台を製作した. Y 型反力台上部両端の水平方向に PC ケーブルを取付け, PC ケーブル中央部に曲線状の偏向具と载荷ブロックを載せる. 载荷ブロック, 架台下, ケーブルの両端に荷重計(2,000kN), 架台の変位を確認するためにレーザー変位計を設置した. 重錘は 2.97kN で下部の形状は φ100mm の平面である. 落錘高さ H=0.75m~2.25m から落下(最大エネルギー6.7kJ)させて各荷重, 変位の測定を行った.

3. 実験結果

表-1 に実験を行った条件をまとめた. 実験条件の落錘高さとし繰返回数を示す.

表-1 落錘高さとし繰返回数

CASE	落下高 H(m)	繰返回数 N	破断
1	0.75	5	○
2	1.0	3	○
3	1.0⇒1.3⇒1.7	各 1	○
4	1.8⇒1.0⇒1.3	各 1	○
5	2.0⇒0.8	各 1	○
6	1.5	2	○
7	2.25	1	○

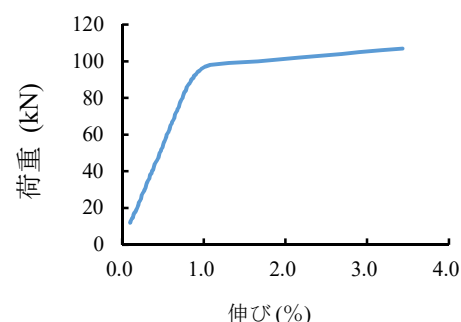


図-1 荷重-伸び



写真-1 落錘実験装置

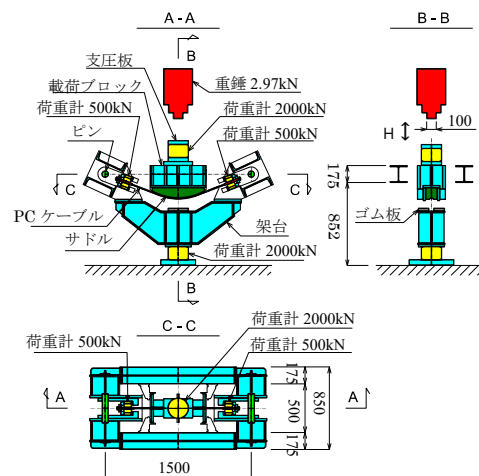


図-2 実験装置概略図

キーワード PC ケーブル, 土石流, 落錘実験, エネルギー, PC 鋼より線

連絡先 〒163-1342 東京都新宿区西新宿 6-5-1 新宿アイランドタワー42F Tel:03-5321-6516 E-mail: shuhei_suzuki@se-corp.com

CASE-7 落下高 $H=2.25\text{m}$ では1回の落下でPCケーブルは破断するが、落下高 H を低くすると(CASE-1~CASE-6)破断するまでの繰返し数が多くなる。このことは1回の落錘エネルギーが少なくても累積エネルギーが破断エネルギーに達すると、PCケーブルは破断することを示している。図-3にCASE-7 ($H=2.25\text{m}$) の上部荷重計の荷重~時間関係を示す。衝突時のピーク荷重(1山目)は約1000kN(規格引張荷重の約10倍)に達し、作用時間は1/1000程度であり、その後には高次の振動波形が残っているため波形処理する必要がある^{1), 2)}。

図-4~図-6にCASE-3の荷重~時間関係を示す。CASE-3は、同一供試体に高さ $H=1.0\text{m}$, $H=1.3\text{m}$, $H=1.7\text{m}$ と3回落下させたものである。ここでは、単純移動平均法によって振幅平均値を変えないように前後18点を含めた19点の平均値(2,220Hz相当)を用いた波形とした。 $H=1.0\text{m}$ と $H=1.3\text{m}$ は同様の荷重~時間関係を示しており破断していない。3回目の $H=1.7\text{m}$ 時の作用時間は短く、PCケーブルは破断した。上部荷重計のピーク荷重約600kNに対して、PCケーブル張力は約100kNで一定である。また、下部荷重計とPCケーブルの荷重の作用時間はほぼ同じである。

4. PCケーブルの張力算出式

PCケーブルに軸方向から垂直に荷重が作用する場合の張力計算を行った(図-7)。スパン中央の曲げモーメント $M=0$ とした力のつり合いより、ケーブル張力を式(1)で求めるとスパン $L=1.5\text{m}$, 荷重 $P=75\text{kN}$, 作用幅 $a=0.4\text{m}$, 変位 $f=0.25\text{m}$ の場合、 $T=104\text{kN}$ になり、図-4の荷重計(下部)の最大荷重相当約105kNと同等になる。

$$M = H \cdot f + \frac{P}{2} \left(\frac{a}{4} - \frac{L}{2} \right) = 0, \quad H = \frac{P}{4f} \left(L - \frac{a}{2} \right)$$

$$T = \sqrt{H^2 + \left(\frac{P}{2} \right)^2} = \sqrt{\left\{ \frac{P}{4f} \left(L - \frac{a}{2} \right) \right\}^2 + \left(\frac{P}{2} \right)^2} \quad (1)$$

5. まとめ

- (1) 衝撃荷重による累積エネルギーがPCケーブルの破断エネルギーに達成するとPCケーブルは破断する。
- (2) PCケーブルに軸方向から垂直に衝撃荷重が作用する場合の張力は力のつり合いから算出することが可能。
- (3) PCケーブルに衝撃荷重を作用させた場合の最大張力は、静的試験の最大試験力とほぼ同じである。

参考文献

- 1) 土木学会：構造工学シリーズ15，衝撃実験・解析の基礎と応用，2004。
- 2) 別府万寿博，小暮幹太，酒巻勝，大野友則：RCはり部材の衝撃実験における衝撃荷重の計測と波形処理法，土木学会論文集，No.724/I-62141-156，2003。

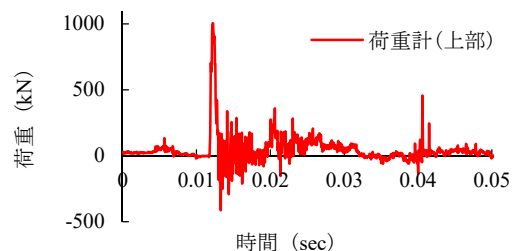


図-3 上部荷重計 $H=2.25\text{m}$ の荷重~時間関係

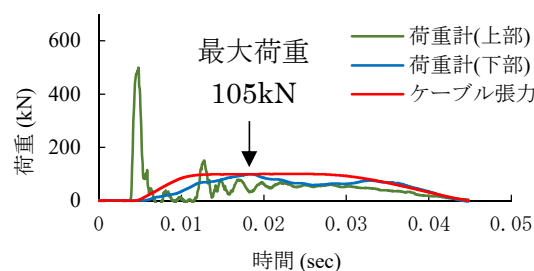


図-4 CASE-3($H=1.0\text{m}$)の荷重~時間関係

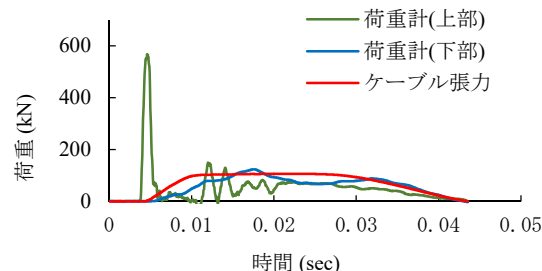


図-5 CASE-3($H=1.3\text{m}$)の荷重~時間関係

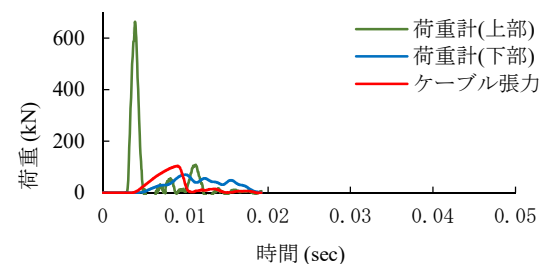


図-6 CASE-3($H=1.7\text{m}$)の荷重~時間関係

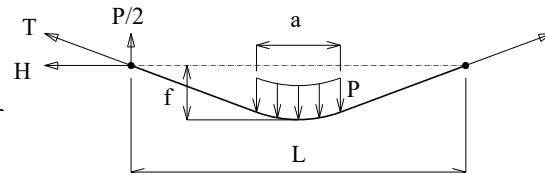


図-7 PCケーブルの張力計算モデル