

石詰金網籠の連結部に用いる鉄線コイルの力学性能に関する実験的研究

熊本大学工学部社会環境工学科 学生会員 ○中本涼太
 熊本大学大学院自然科学教育部 正会員 松村政秀
 瀬戸内金網商工株式会社 非会員 山口貴幸

熊本大学大学院自然科学教育部 学生会員 宮崎翔平
 熊本大学大学院先端科学研究部 正会員 森山仁志

1. 研究背景および目的

恒久護岸用の石詰金網籠(図-1)は柔軟性があり、洗掘時の地盤変化に追従し護岸機能を保持するとされ¹⁾、籠同士の連結には鉄線コイル(図-2)が用いられる。このとき、コイル連結部の影響を明らかにしたうえで、石詰金網籠の力学性能を評価することが望ましい。そこで、本研究では、コイル外径 50 mm の鉄線コイルのコイル軸直角方向の引張実験を行い、コイル軸長が荷重-変位関係に及ぼす影響を調査した。

2. コイル軸直角方向の引張実験

荷重方法を図-3 に示す。供試コイルは丸棒 2 本に巻きつけ、アイボルトを介して載荷治具に取り付けている。丸棒は鉄線コイルに比して十分に剛な φ12mm の SCM435 材である。載荷には 1,000kN 万能試験機を用い、回転が生じないようにアングルにより治具を面外拘束して片側の治具の引張変位を漸増させる。鉄線コイルは亜鉛-アルミ合金めっき(アルミニウム含有量 10% 以上)鉄線から製造し、品質管理試験値は JIS G 3547²⁾ に準拠している¹⁾。線径、ピッチ p 、外径はそれぞれ 5mm, 80mm, 50mm, 回転方向は時計軸周りである。実験ケースは表-1 に示す通り、コイル軸長 L が 250, 375, 500mm の 1 本のコイルを用いるケース、 $L=250\text{mm}$ のコイル 2 本を並列配置したケースである。供試体数は、ケース 1L500 は 3 体、それ以外は 1 体である。丸棒とコイルの接点数 n と旋回数 T は、コイル長 L やピッチ p と式(1)の関係にある。

$$n = 2[T] + 1 = 2 \left[\frac{L}{p} \right] + 1 \quad (1)$$

載荷中は、図-3 に示す治具間の標点間伸び δ (両面) と表-1 に示す位置でコイルのひずみ ε を計測している。

3. 実験結果

実験結果の一覧を表-2、実験後供試体を表-3、初期剛性 K と丸棒コイル接点数 n の関係を図-4、最大荷重 P_{\max} と最大荷重時の有効接点数 n_m の関係を図-5、荷重 P と治具間の変位 δ_{avg} の関係を図 6-(a)、ひずみ ε と δ_{avg} の関係を図-6 (b) に示す。初期剛性 K は $P - \delta_{\text{avg}}$ 関係の初



(a) 石詰金網籠 (b) コイル連結部

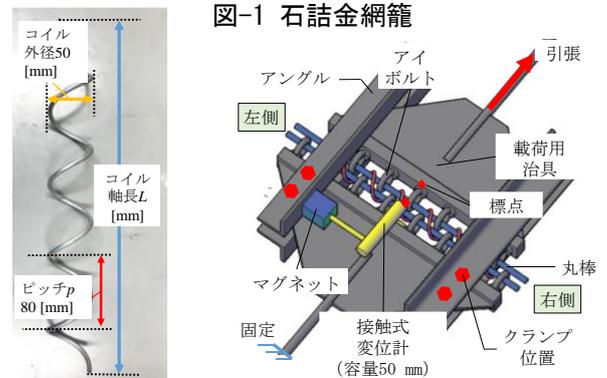
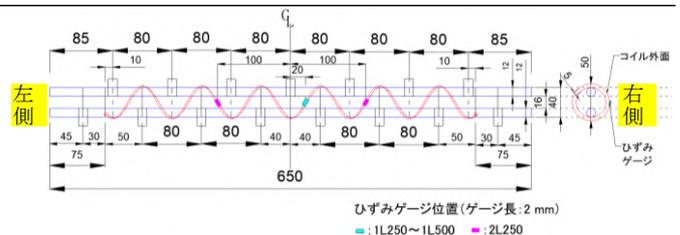


図-2 鉄線コイル 図-3 引張変位 (赤：鉄線コイル)

表-1 実験ケース

| ケース名 | 供試体数 | コイル軸長 L [mm] | 旋回数 T [周] | コイル接点数 n | 概形 (青：丸棒 赤：コイル 黒：アイボルト) |
|-------|------|----------------|-------------|------------|----------------------------|
| 1L250 | 1 | 250 | 3.13 | 7 | |
| 1L375 | 1 | 375 | 4.69 | 9 | |
| 1L500 | 3 | 500 | 6.25 | 13 | |
| 2L250 | 1 | 250×2 | 3.13×2 | 7×2 | |

ひずみゲージの位置 (ケース 1L500 を例に、単位：mm)



期勾配である。図-4 より、コイル接点数 n と初期剛性は概ね比例関係を示し、3 体の 1L500 でも 2.8~3.3kN/mm とばらつくが、1L375 と 2L250 は約 1.6kN/mm でほぼ同じ K であった。

表-2 および図-5 (a), (b) に示すように、最大荷重時の有効接点数 n_m と最大荷重 P_{\max} 、最大荷重時の 1 有効

表-2 主な実験結果

| ケース名 | 供試体番号 | 丸棒-コイル接点数 n | 初期剛性 K [kN/mm] | 最大荷重 P_{max} [kN] | 最大荷重時変位 U_{Pm} [mm] | 最大荷重時有効接点数 n_m | 1有効接点あたり最大荷重 P_{max}/n_m | コイル破断の有無 |
|-------|-------|---------------|------------------|---------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|----------|
| 1L250 | 1 | 7 | 0.64 | 2.43 | 12.81 | 3 | 0.81 | 無 |
| 1L375 | 1 | 9 | 1.65 | 7.22 | 37.92 | 5 | 1.44 | 無 |
| 1L500 | 1 | 13 | 2.91 | 34.71 | 33.13 | 9 | 3.86 | 有 |
| | 2 | 13 | 3.30 | 34.41 | 36.39 | 9 | 3.82 | 有 |
| | 3 | 13 | 2.79 | 26.01 | 41.05 | 7 | 3.72 | 無 |
| 2L250 | 1 | 14 | 1.60 | 4.41 | 41.78 | 6 | 0.74 | 無 |

接点当たりの最大荷重 P_{max}/n_m と載荷前のコイル接点数 n は概ね比例関係を示し、 n が多いほど最大荷重時、1接点に作用する力が大きいことがわかった。また、表-2より、2L250の K 、 P_{max} はそれぞれ 1L250の概ね2倍の値となり、 P_{max}/n_m はほぼ同じであった。

1L500の最大荷重 P_{max} や $P-\delta_{avg}$ 関係が供試体 No.1~3で異なる原因は、標点伸び δ_{avg} が増加するにつれてコイル端に近い接点が丸棒から外れる伸びが異なるためであり、例えば、 n_m が少ない 1L500-3の P_{max} は他のケースより約25%小さい。

図-6(b)の $\varepsilon-\delta_{avg}$ 関係は、コイルが広がる変形中には圧縮が、その後表-3 1L500-No.1のようにコイルが直線状になるまで変形した後は圧縮ひずみが減少することを示している。1L500では、 $\delta_{avg}=20\text{mm}$ 前後で圧縮ひずみが減少し、図-6(a)より $\delta_{avg}=20\text{mm}$ 前後で勾配が大きくなることから、コイルの変形が直線状になると剛性が高くなることが推察される。一方最大荷重は、コイル丸棒間で抵抗に寄与する有効なコイル接点数が多いほど、高いことがわかる。また、最大荷重点以降、ひずみは概ね一定のまま推移した。これは、コイル丸棒間の摩擦力がほぼ一定のままコイルがほどけ、変形が生じたためと推察される。

4. まとめ

本研究では、石詰金網籠の籠同士の連結に用いる鉄線コイルの軸直交方向の引張実験を行った。初期剛性 K はコイル接点数 n に、最大荷重 P_{max} は最大荷重時有効接点数 n_m に比例し、 n が多いほど1有効接点当たりの最大荷重が大きいことがわかった。また、コイル軸長 $L=500\text{mm}$ は $\delta_{avg}=20\text{mm}$ 付近で円状から直線状に変形し、鉄線の圧縮ひずみが減少することがわかった。

参考文献

1) 国土交通省河川局治水課：鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準，2009。

表-3 実験後供試体

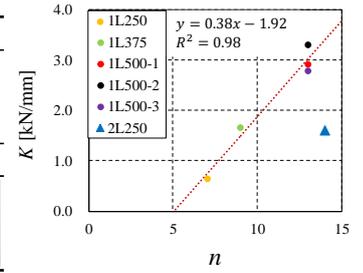
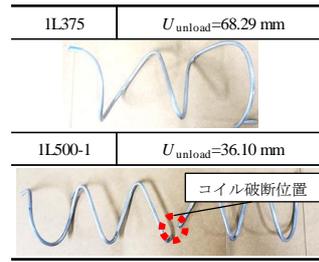
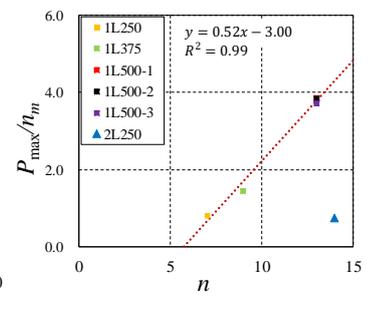
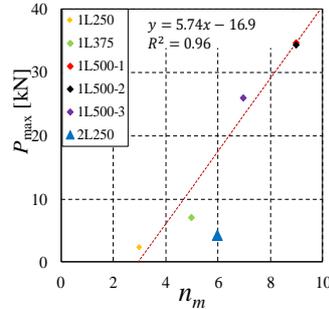


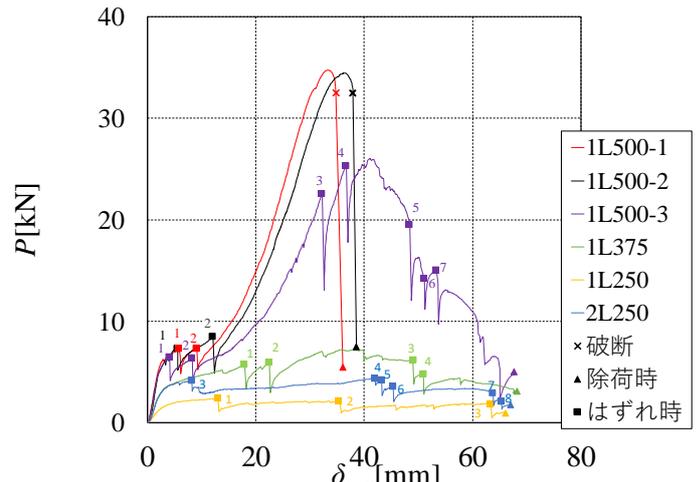
図-4 K-n 関係



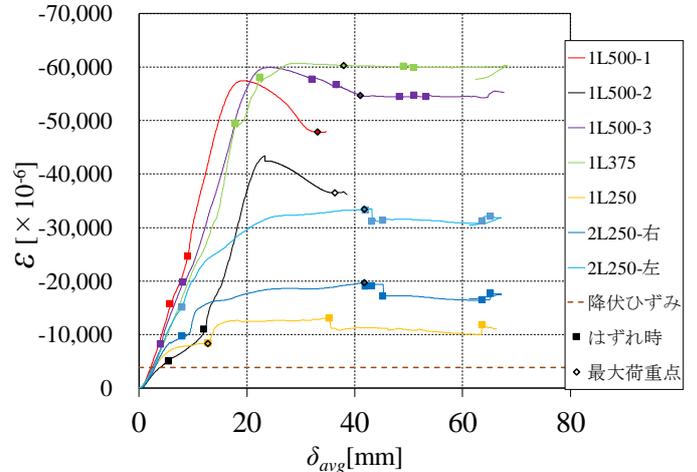
(a) $P_{max}-n_m$ 関係

(b) P_{max}/n_m-n 関係

図-5 $P_{max}-n_m$ 関係



(a) 荷重-変位関係



(b) ひずみ-変位関係

図-6 荷重-変位，ひずみ-変位関係

2) 日本産業規格：垂鉛めつき鉄線，JIS G 3547，2015。