

## プレキャスト化に向けた石詰め籠要素連結部の引張実験

熊本大学大学院自然科学教育部 学生会員 ○宮崎翔平  
 近畿砕石株式会社 非会員 岸田憲次  
 熊本大学大学院自然科学教育部 正会員 松村政秀  
 熊本大学大学院先端科学研究部 正会員 森山仁志

瀬戸内金網商工株式会社 非会員 山口貴幸  
 大日本土木株式会社 フェロー会員 菊池良介  
 熊本大学工学部社会環境工科 学生会員 中本涼太  
 熊本大学大学院先端科学研究部 正会員 重石光弘

### 1. 研究背景および目的

石詰め籠護岸(図-1)は、連続状の籠の敷設後に人力により石詰めされ、地盤変化に追従可能で多自然的な恒久護岸工法である<sup>1)</sup>。このとき、石詰め後の籠を敷設するプレキャスト工法が適用できると、工期短縮、省力化に有効といえる。しかし、石詰め籠同士の連結法や地盤変化へ追従性に検討を要する。

そこで、本研究では、石詰め籠護岸のプレキャスト化に向けて、籠同士の骨枠を連結コイル(図-2)に連結する工法に着目し、このコイル軸直角方向の引張実験を実施し、コイル連結構造の構造性能を検討した。

### 2. 実験方法

図-3に示すような荷重装置を1000 kN 万能試験機に設置し、コイル連結部の引張実験を実施した。アイナット部分に上下の棒材を通し、棒材間にコイルを取り付け150 N/sec の速度で引張力を載荷する。治具はアングル、当て板を取り付け、回転および傾きが生じないように拘束している。また、荷重  $P$ 、図-3に示す4か所の治具間の変位  $\delta_{C1}$ 、 $\delta_{C2}$ 、 $\delta_R$ 、 $\delta_L$ を計測した。

使用した棒材、実験ケース、主なケースのコイルと棒材の関係をそれぞれ図-4、表-1、図-5に示す。コイルはJIS G 3547<sup>2)</sup>に準拠する溶融亜鉛-10%アルミニウム合金めっき鉄線であり、図-2に示すように、線径、ピッチ、コイル外径はそれぞれ5 mm、80 mm、50 mm、コイル軸長  $L$ は250、375、500 (標準) mmを使用した。図-4に示す棒材はいずれも長さ650 mmで、丸棒はコイルに対して十分に剛なΦ12のSCM435材、鉄線はΦ6のコイルと同材であり、その使用本数を変更したケースも実施した。また、図-5(b)に示すように  $L=250$  mmのコイルを2つ並列配置、同図(c)に示すように  $L=500$  mmのコイルを3つ直列配置、同図(d)に示すように2つの  $L=500$  mmのコイルを棒材鉄線を介して連結するケース等、コイルを複数用いるケースも実施した。

キーワード 石詰め籠、連結コイル、連結工法、プレキャスト

連絡先 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1 熊本大学 大学院自然科学教育部 TEL : 096-342-3546 E-mail : shohei8517@gmail.com



図-1 石詰め籠護岸

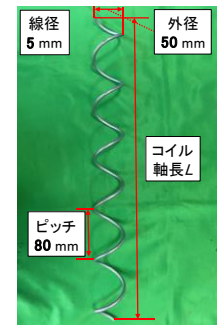


図-2 連結コイル

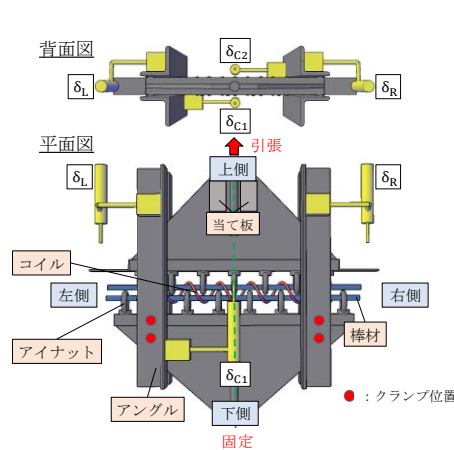


図-3 荷重実験装置



図-4 使用した棒材

表-1 実験ケース

実験ケース	供試体数	コイル軸長 $L$ (mm)	上側棒材	下側棒材
1L250-R-R	1	250	丸棒	丸棒
1L375-R-R	1	375	丸棒	丸棒
1L500-R-R	3	500	丸棒	丸棒
P2L250-R-R	1	250×2 (並列)	丸棒	丸棒
1L500-W1-W1	3	500	鉄線 1本	鉄線 1本
1L500-W2-W2	1	500	鉄線 2本	鉄線 2本
1L500-W1-W2	1	500	鉄線 1本	鉄線 2本
S3L500-W1-W1	1	500×3 (直列)	鉄線 1本	鉄線 1本
S2L500-MW-W1-W1	1	500×2 (直列)	鉄線 1本	鉄線 1本

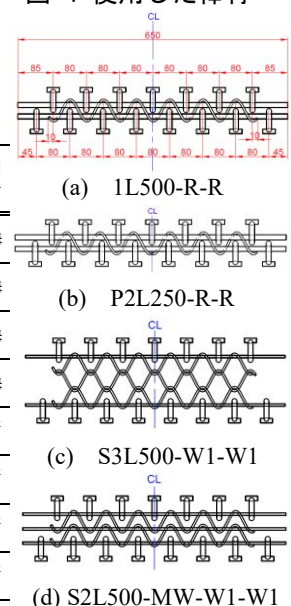


図-5 主なケースのコイルと棒材の関係

3. 実験結果

実験結果を表-2, コイル軸長  $L$  が異なる 4 ケースの  $P$  と変位  $\delta_{C1}$ ,  $\delta_{C2}$ ,  $\delta_R$ ,  $\delta_L$  の平均値  $\delta_{avg}$  の関係を図-6, 1L250-R-R と 1L500-R-R の最大荷重時の状態を図-7 に示す. 表-2 の初期剛性  $K_1$  は  $P$ - $\delta_{avg}$  関係の初期勾配である. 引張力を受けるとコイル端が棒材から外れ, そのとき図-6 に示すように  $P$  が低下する. 1L500-R-R は他の 3 ケースと比較して  $K_1$  が約 1.8~4.7 倍,  $P_{max}$  が約 4.4~13 倍と大きい. これはコイル軸長  $L$  が小さいほど図-7 に示すように最大荷重時に引張力に抵抗する有効接点数が減少するためである. すなわち, コイル軸長  $L$  が 250 mm の短いコイルを用いたり, 総連結長が同じでも短いコイルを並列配置して用いると,  $L=500$  mm と同等な引張力への抵抗を得ることが難しい. また, P2L250-R-R の  $K_1$  と  $P_{max}$  は 1L250-R-R の概ね 2 倍であり,  $K_1$  と  $P_{max}$  は並列するコイル本数と比例すると推察される.

一方, 棒材鉄線の本数が異なる 3 ケースの  $P$ - $\delta_{avg}$  関係を図-8 に示す. 3 ケースの  $K_1$  は 1.91~1.99 kN/mm と同程度で, 棒材鉄線の本数は  $K_1$  に影響しない. また, 棒材鉄線が少ないほど,  $P_{max}$  とその時の変位  $\delta_{Pmax}$  が小さい結果となった.

S3L500-W1-W1, S2L500-MW-W1-W1 の  $P$ - $\delta_{avg}$  関係を図-9 に示す. 複数本のコイルを直列配置すると, 1 列の 1L500-W1-W1 に対して  $K_1$  がそれぞれ約 0.48, 0.62 倍で, その後の変形量も大きい. また, S3L500-W1-W1 の  $P_{max}=16.14$  kN は 1L500-W1-W1 の約 77% で, S2L500-MW-W1-W1 の  $P_{max}=13.33$  kN より大きく  $\delta_{Pmax}$  が同程度であった. したがって, コイルを直列配置すると  $P_{max}$  があまり低下せず大変形に追従しやすい連結構造となる.

4. まとめ

本研究では, 石詰め籠同士の連結に用いるコイル連結部のコイル軸直角方向の引張実験を実施した. 主な結論は以下のとおりである. (1)コイル軸長  $L$  が短いコイルを並列配置する場合,  $L=500$  mm と総連結長が同じでも同等な引張力への抵抗を得ることは難しい. (2) コイルを鉄線に巻きつける場合,  $K_1$  は鉄線の本数に依存しないが, 本数が多いほど  $P_{max}$  と  $\delta_{Pmax}$  が小さい. (3) 複数のコイルを直列配置する連結構造は,  $P_{max}$  があまり低下せず大変形に追従しやすい.

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.
- 2)日本産業規格:亜鉛メッキ鉄線, JIS G 3547, 2015.

表-2 実験結果

実験ケース	初期剛性 $K_1$ (kN/mm)	最大荷重 $P_{max}$ (kN)	最大荷重時変位 $\delta_{Pmax}$ (mm)	最大荷重時コイル・棒材有効接点数 $n_{Pmax}$	コイル・棒材の破断
1L250-R-R	0.64	2.43	12.82	3	無
1L375-R-R	1.65	7.22	35.53	5	無
1L500-R-R_No.1	2.91	34.71	33.15	9	コイル
1L500-R-R_No.2	3.30	34.41	36.45	9	コイル
1L500-R-R_No.3	2.79	26.01	40.87	7	無
P2L250-R-R	1.60	4.41	41.73	6	無
1L500-W1-W1_No.1	1.96	23.34	108.18	5	下側鉄線
1L500-W1-W1_No.2	1.99	17.84	93.34	5	無
1L500-W1-W1_No.3	1.94	21.51	101.40	5	無
1L500-W2-W2	1.97	13.45	33.58	9	無
1L500-W1-W2	1.91	17.70	97.74	5	無
S3L500-W1-W1	0.94	16.14	172.49	(上)7	無
				(間)6	
				(下)6	
S2L500-MW-W1-W1	1.22	13.33	179.88	(上)5	無
				(下)7	

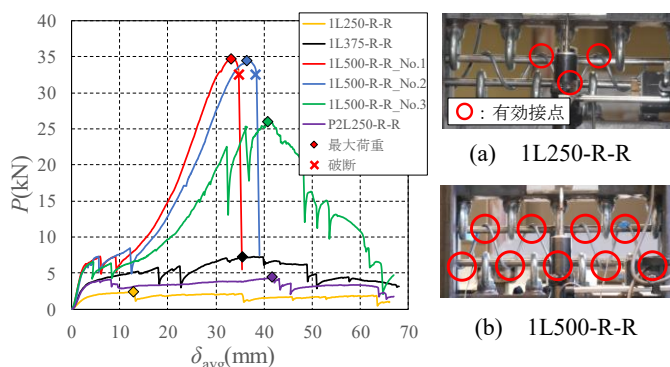


図-7 最大荷重時の状態

図-6  $P$ - $\delta_{avg}$  関係 ( $L$  により比較)

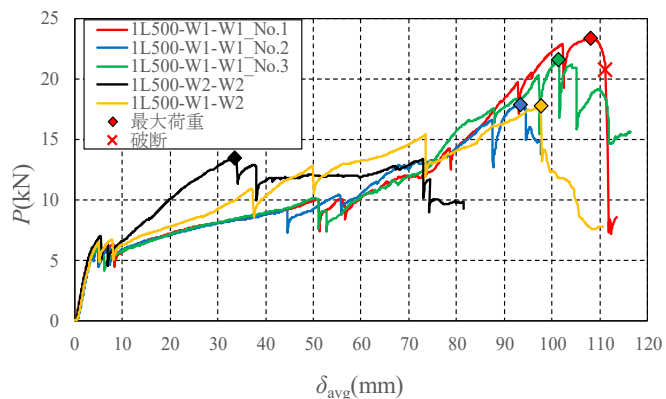


図-8  $P$ - $\delta_{avg}$  関係 (棒材鉄線の本数により比較)

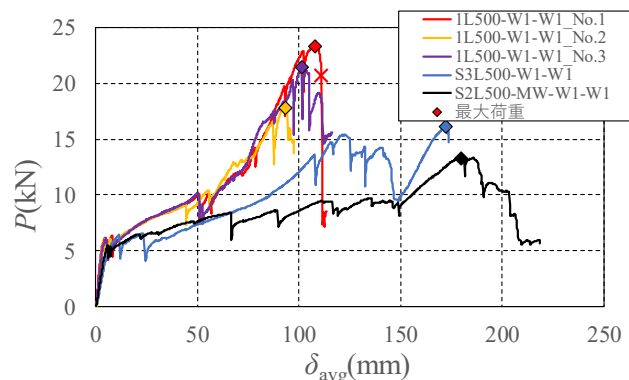


図-9  $P$ - $\delta_{avg}$  関係 (S3L500-W1-W1・S2L500-MW-W1-W1)