

中詰め材および金網の網目形状の違いが蛇籠の圧縮特性に及ぼす影響

静岡理科大学 正会員 ○中澤 博志
 宮崎大学 正会員 末次 大輔
 高知大学 正会員 原 忠
 栗原建材産業 正会員 栗原 大輔
 CPC 正会員 西 剛整

1. はじめに

蛇籠を用いた構造物の利点は、簡易な構造かつ工費・工期ともに優れている点であり、国内外で多種多様に用いられている¹⁾。過去の地震被害調査においても、変形は許容しているものの、崩壊に至らないケースが多く確認され、中詰め材である石に対する金網の拘束効果が高いことが実証されている²⁾。しかし、基本的な力学特性に関する研究事例が少なく設計手法が未整備であるため、蛇籠構造物の設計・施工は経験に基づいたものとなっている。そこで、本研究では基本的な力学特性を把握するため、ミニチュア蛇籠を用いた検討を行い、中詰め石の大型三軸圧縮試験（CD 試験）およびミニチュア蛇籠の圧縮試験を実施したので報告する。

2. 中詰め石のせん断特性

本研究では、金網の変形特性が蛇籠全体の変形・強度特性に及ぼす影響を調べるため、中詰め石の形状によるせん断特性の違いと金網の網目形状および力の作用方向の違いについて把握すること目的とした。

写真-1 に示すように、中詰め石の大型三軸圧縮試験（CD 試験）では、現場で用いられる玉石と岩塊の縮尺を考慮したサイズの材料を用いている。なお、岩塊は市販の碎石（C-40）である。表-1 に試験条件を示す。直径 $\phi=30$ cm、高さ $h=60$ cm の供試体は、突固めによる締固めによって相対密度 90%相当の密詰めで作製され、有効拘束圧 σ'_c は 50 kPa の条件下で 0.1%/min の速度で圧縮载荷が行われた。図-1 に軸差応力および体積ひずみと軸ひずみ関係を示す。せん断開始直後から玉石は膨張的なせん断挙動を示し、碎石に比べ高いせん断抵抗を示しており、原他³⁾の報告と同様な傾向を示した。



(a) 玉石 (b) 岩塊(碎石)
写真-1 中詰め石

表-1 中詰め石の試験条件

地盤材料	玉石	碎石
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.654	1.383
最小乾燥密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	1.394	1.178
供試体乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.628	1.363
相対密度 D_r (%)	90.0	90.2
有効拘束圧 σ'_c (kPa)	50	50
圧縮強さ $(\sigma_c - \sigma'_c)_{max}$ (kPa)	313.5	216.8
軸ひずみ ϵ_a (%)	4.8	12.9
軸ひずみ ϵ_v (%)	-1.68	1.04
せん断抵抗角 ϕ_d (°)	49.3	43.2

3. ミニチュア蛇籠の圧縮試験

ミニチュア蛇籠の圧縮試験では、写真-2 に示す日本で用いられる菱形と海外で使用実績がある亀甲型の 2 種類の網目形状の金網を使用した。網目のサイズは、現場の実寸は 100 mm 程度であるが、本試験では 20~30 mm の縮小サイズとし、表-2 に示す材質の線材によって 200 mm×200 mm のパネルを製作した。なお、網目形状の違いは、引張試験で得られる変形特性⁴⁾や、末次他⁵⁾が実施したミニチュア蛇籠を用いた模型蛇籠擁壁の水平抵抗に影響を及ぼすことが報告されている。

3.1 蛇籠金網の引張特性

既往の蛇籠金網の引張試験から得られた引張変位 - 引張力関係を図-2 に示す⁴⁾。引張変形特性の特徴として、金網節点と引張力の作用方向が重要であるが、亀甲型については線材を 3 回ねじり六角形の網目の一辺を構成することから、この部分だけ剛性が高くなっており、引張り力の作用方向によって引張抵抗が極端に異なることがわかる。

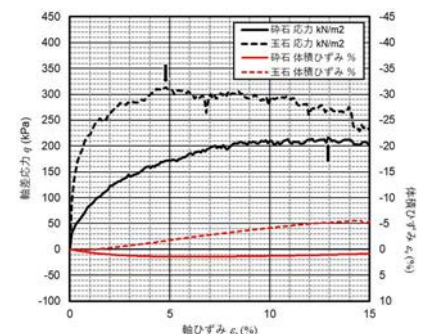


図-1 中詰め石の大型三軸試験結果

キーワード 蛇籠, 金網, 碎石, 玉石, 圧縮強度

連絡先 〒437-8555 静岡県袋井市豊沢 2 2 0 0 - 2 静岡理科大学理工学部土木工学科 TEL0538-45-0106

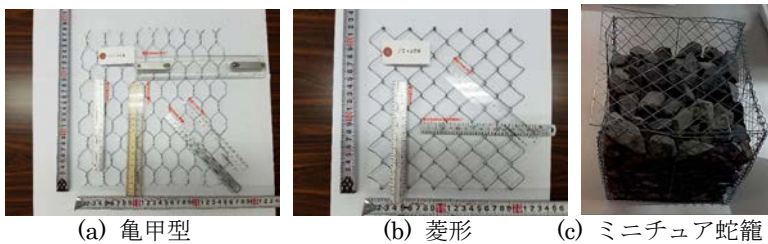


写真-2 金網と蛇籠模型

表-2 金網の仕様

種類	線径(mm)	引張り強さ(N/mm ²)	網目(mm)
枠線	1.40	365~378(372.5)	—
菱形金網	亜鉛めっき鉄線	361~374 (370.3)	25.1
亀甲金網	亜鉛めっき鉄線	1.2±0.04	314~343(331.5)

3.2 ミニチュア蛇籠の圧縮特性

表-2 に示す一連の試験では、亀甲・ひし形の2種類の網目形状毎に2種類の中詰め石（玉石・砕石）を用いられた。なお、蛇籠の中詰め石の密度は、大型三軸圧縮試験と同様とした。コンクリートの圧縮試験装置を用い 1.0 mm/min の変位制御によって試験を行い、写真-3 で示す Case1-1-a の様に、圧縮量に加え側方の変形量も測定した。なお、本報では、応力-ひずみ関係のみ報告する。

図-3 に Case1-1-a, b および Case1-2-a, b の4試験から得られた応力-ひずみ関係を示す。これらの図より、いずれのケースも圧縮載荷時の中詰め石の再配列と金網の変形拘束の繰返しにより、圧縮荷重の変動が大きくなっている様子がわかる。また、網目形状に拘わらず、横方向 (-a) の応力-ひずみ関係の勾配が縦方向 (-b) を上回っており、亀甲型の金網の方がより顕著な傾向を示している。写真-3 を確認すると、試験後に側方への孕み出しが生じており、蛇籠側面に圧縮方向と直交方向への引張力が作用することで中詰め石が拘束されるため、網目の向きによる引張抵抗の違いの影響が大きいと考えられる。

図-4 にすべてのケースにおける圧縮強度の比較を示す。なお、各ケースで明確なピークが認められなかったことから、圧縮ひずみ 15%時の応力を圧縮強度と便宜的に定義した。同図より、金網の引張抵抗が発揮される蛇籠側面の網目を横向きにしたすべてのケース、また、中詰め石のせん断抵抗が大きかった玉石の試験ケースにおける圧縮強度が高いことがわかる。

4. まとめ

ミニチュア蛇籠の圧縮特性は、中詰め石の形状によるせん断抵抗と、中詰め石の変形を拘束する金網の網目形状とその方向の組み合わせによって強度特性が異なることがわかった。蛇籠構造物の設計・施工を考える上で、重要なメカニズムであると考えられる。

謝辞 本研究は、(公財)戸田育英財団の2021年度研究助成を受け実施した。関係各位に記して謝意を表す。

参考文献 1)原他：2015年ネパール・ゴルカ地震における蛇籠被害の実態調査と耐震性向上に向けた具体策の検討，土木学会論文集 A1, Vol.74, No.4, pp.1_586-597, 2018. 2)中澤他：蛇籠を用いた道路擁壁の耐震性評価に関する実大規模振動台実験，土木学会論文集 A1, Vol.74, No.4, pp.1_441-451, 2018. 3)原他：粒子形状の異なる蛇籠中詰め材の変形特性，地盤工学会四国支部令和元年技術研究発表会，pp.57-58, 2019. 4) 中澤他：蛇籠を用いた構造物の合理的な設計手法のための変形メカニズムに関する実験研究—蛇籠の理論体系構築に向けた基礎的研究—，防災科学技術研究所研究資料第440号，2019. 5)末次他：蛇籠擁壁の室内試験による耐震性評価（その2）-模型蛇籠擁壁の水平載荷実験-，第53地盤工学研究発表会，pp.1797-1798, 2018.

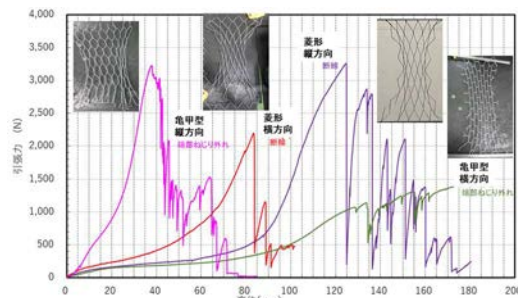


図-2 金網の引張試験結果 4)

表-2 圧縮試験ケース

ケース	網目形状	中詰め材	側面の網目	網目と圧縮方向
Case1-1-a	亀甲	砕石	横	縦方向圧縮
Case1-1-b	亀甲	砕石	縦	横方向圧縮
Case1-2-a	亀甲	玉石	横	縦方向圧縮
Case1-2-b	亀甲	玉石	縦	横方向圧縮
Case2-1-a	菱形	砕石	横	縦方向圧縮
Case2-1-b	菱形	砕石	縦	横方向圧縮
Case2-2-a	菱形	玉石	横	縦方向圧縮
Case2-2-b	菱形	玉石	縦	横方向圧縮



写真-3 金網模型 (Case1-1-a)

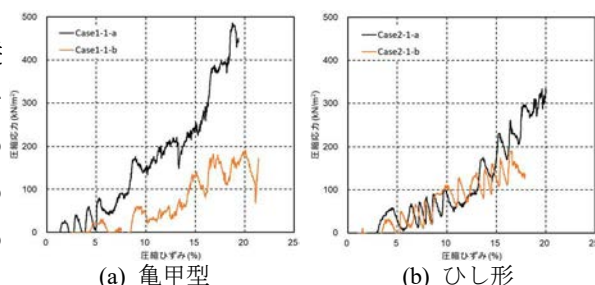


図-3 ミニチュア蛇籠 (砕石) の圧縮試験結果

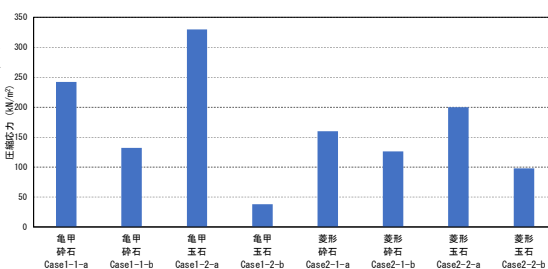


図-4 ミニチュア蛇籠の圧縮強度の比較