

チェーン補強材末端に取り付けられた L 字型支圧板の引抜き特性に関する研究

京都大学大学院
昭和機械商事(株)
京都大学大学院

学生会員 ○仲井 春日
正会員 北村 明洋
正会員 澤村 康生, 木村 亮

1. はじめに チェーンを補強材に用いた補強土工法では、チェーンの末端に L 字型の支圧板を取り付けることで、チェーンと支圧板による高い引抜き抵抗力を期待している。代表的な工法の一つとして、円筒金網工法が挙げられる(写真 1)。本工法は、小規模な斜面災害の復旧を主な目的として新しく開発された工法であり、壁面に円筒型の金網を用いることで大型の重機やコンクリートを使わずに施工することができる。図 1 に円筒金網工法の模式図を示す。一般的に、多数アンカー式補強土壁工法¹⁾では、板状のアンカープレート中央にタイバーと呼ばれる連結部材を取り付けるのに対して、円筒金網工法では L 字型の支圧板下端にチェーンを連結する構造としている。これは、L 字型の支圧板は敷設時に自立するため施工性が高く、さらに支圧板周辺地盤の締固めが容易であることが理由である。



写真1 円筒金網工法の外観

本研究では、種々の大きさの L 字型支圧板を用いて引抜き実験を行い、支圧板の形状と引抜き特性について検討を行った。また、実験を模擬した数値解析を行い、地盤内の応力状態から考察を行った。

2. 引抜き実験概要 本研究では、高さ、幅、奥行き各 500 mm の立方体の土槽を用いて支圧板の引抜き実験を行った。地盤材料は、乾燥状態の珪砂 6 号とし、相対密度 90 % になるように締固めた。載荷圧は 50 kPa とし、直径 10 mm の丸鋼を用いて、1 mm/min の定速度で最大引抜き量 10 mm まで引抜きを行った。実験で用いた支圧板は、表 1 に示す 3 種類である。本実験では、支圧板の引抜き力、土槽壁面に作用する土圧、さらに支圧板に取り付けた加速度計により、引抜きに伴う支圧板の傾きを計測した。

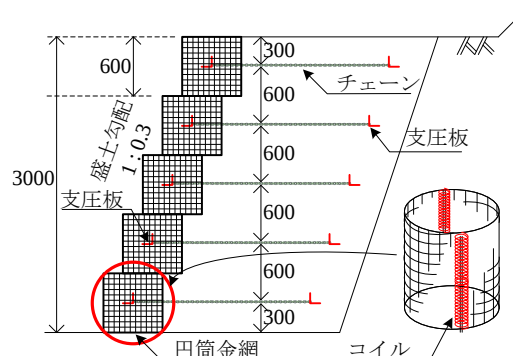


図1 円筒金網工法の模式図

3. 実験結果 図 2 に、引抜き量と引抜き力の関係を示す。図より、他のケースと比較して幅 L が小さい支圧板 3 のみ、引抜き力が小さくなる結果となったが、支圧板 1, 2 ではケース間の明確な違いは確認できない。支圧板 2 は、支圧板 1 と比較して高さ、面積ともに 2.5 倍であるにもかかわらず、引抜き力は両者でほぼ同程度であった。この理由としては引抜きに伴う支圧板の回転が大きく影響していると考えられる。引抜き量が 10 mm に到達した時点での支圧板の傾きは、図 2 の矢印の方向に、支圧板 1 で 0.35°、支圧板 2 で 0.48° であった。この回転運動により、支圧板の高さによる効果が減少しているのだと考えられる。そこで以下では、実験を模擬した数値解析を実施し、この点について検討する。

4. 解析条件 本研究では、3 次元弾塑性有限要素法を用いて数値解析を実施した。図 3 に解析メッシュを示す。解析領域は実験土槽と同じ

表1 支圧板の寸法

	L [mm]	H [mm]	
支圧板1	200	40	A diagram showing the L-shaped reinforcement plate. It has a horizontal base of length L and a vertical stem of height H. The width of the base is W = 60 mm.
支圧板2	200	100	
支圧板3	80	75	

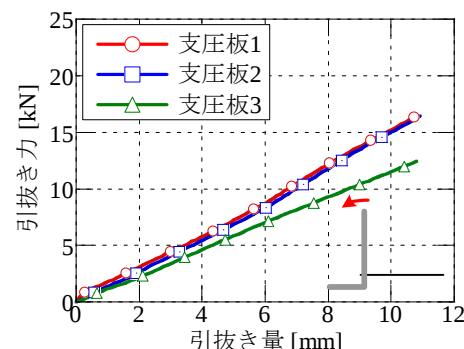


図2 引抜き量と引抜き力の関係 (実験)

キーワード 補強土, 支圧板, 円筒金網工法, チェーン

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-383-3161

く 500 mm 四方の立方体とし、支圧板は弾性体としてモデル化した。支圧板の大きさは、実験で用いた 3 種類としている。地盤材料は、subloading t_{ij} model²⁾を用いてモデル化した。ただし、実験では珪砂 6 号を使用した。解析では粒度分布が珪砂 6 号に近く、さらに物性値がよく分かっている豊浦砂のパラメータを用いることとした。解析条件は、実験と同様に 50 kPa の載荷圧を作用させ、丸鋼を模擬したビーム要素を 10 mm 変位させることとした。

5. 解析結果 図 4 に、解析における引抜き量と引抜き力の関係を示す。解析値は図 2 の実験値よりも全体的にやや大きな値となったが、支圧板 1, 2 では引抜き力の違いがわずかであること、幅が小さい支圧板 3 は他の 2 つと比較して引抜き力が小さくなることなど、実験の傾向を再現できていると言える。そこで図 5 には、図 3 中の A-A'断面における地盤の水平応力分布を示す。ここでは、特に支圧板 1, 2 に注目して結果を整理する。支圧板 1 では、支圧板の両端を中心にした大きな支圧抵抗が発現していることが確認できる。中央付近は両端部と比較してやや小さな値となるが、概ね支圧板全体で支圧抵抗を発現していると言える。一方、支圧板 2 では、支圧板の下端では全体的に大きな支圧抵抗を発現するが、高さ方向に次第に小さくなっており、支圧板上部では回転によりほとんど支圧抵抗を発現していない。これが支圧板 1, 2 において引抜き力に明確な差がない原因である。

上記の結果を、設計の観点から考察する。実際の設計では、支圧板の引抜き抵抗は、Terzaghi の支持力公式を基に (式-1) で表される³⁾。

(式-1) では、支圧板の引抜き抵抗は面積に比例することになるため、設計では支圧板 2 は支圧板 1 と比較して 2.5 倍の引抜き力が見込まれることになる。しかし、実験と解析の結果から、このような L 字型の支圧板で、支圧板の下端を引き抜く場合には、支圧板が回転することで支圧板上端の支圧抵抗が低下し、引抜き力は支圧板の面積と比例しないことが確認された。

$$Q_{pi} = A_p \cdot (\beta \cdot c \cdot N_c + q_p \cdot N_q - q_p) \quad (\text{式-1})$$

Q_{pi} : i 段目の支圧板の極限引抜き抵抗 [kN/箇所]

A_p : 支圧板の面積 [m²]

β : 基礎底面の形状係数

c : 盛土材の粘着力

q_p : 地盤の拘束圧 [kN/m²] ($= K_a \cdot \sigma_{vi}$) 主働土圧係数 $K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$

ϕ : 盛土材の内部摩擦角 [°]

N_q : 引抜き支持力係数 $N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \exp(\pi \tan \phi)$

N_c : 引抜き支持力係数 $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$

6. 今後の課題と展望 本研究では、種々の大きさの L 字型支圧板を用いて引抜き実験を行い、支圧板の形状と引抜き特性について検討を行った。また、実験を模擬した数値解析を行い、地盤内の応力状態からも考察を行った。その結果、L 字型の支圧板で、支圧板の下端を引き抜く場合には、支圧板が回転することで支圧板上端の支圧抵抗が低下し、引抜き力は支圧板の面積と比例しないことが確認された。今後は、施工法も考慮して、最適な支圧板形状、大きさを決定する必要がある。

【参考文献】1) 財団法人 土木研究センター：多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第 3 版, 2002. 2) Nakai, T. and Hinokio, M.: A simple elastoplastic model for normally and over consolidated soils with unified material parameters, *Soils and Foundations*, Vol.44, No.2, pp.53-70, 2004. 3) 昭和機械商事株式会社：チェーンウォール工法設計マニュアル, 2008.

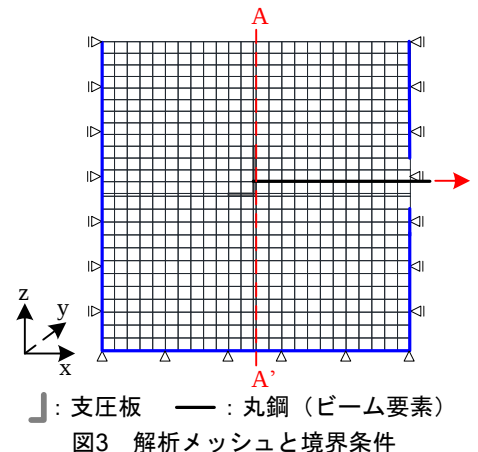


図3 解析メッシュと境界条件

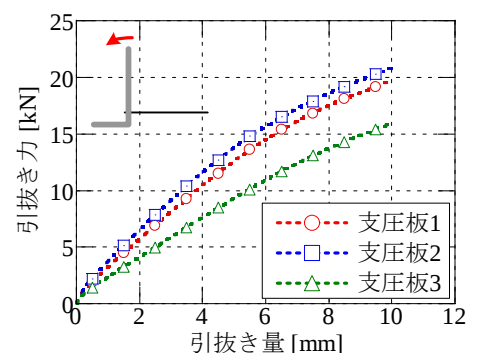


図4 引抜き力と引抜き量の関係 (解析)

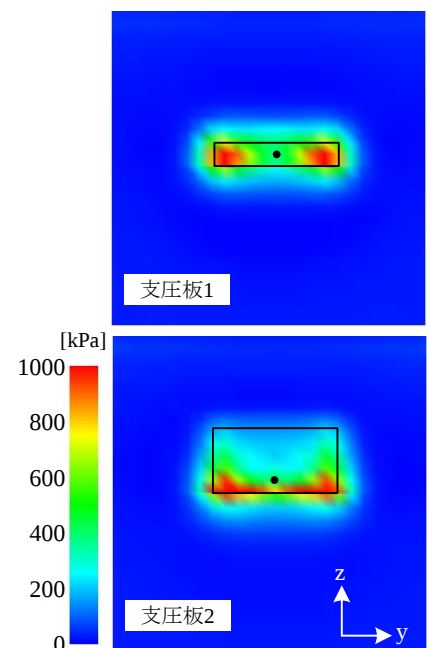


図5 A-A'断面における地盤の水平応力分布