

剛性が高く根入れ長が短い自立式土留めの変形挙動に関する一考察

中央大学 学生会員○松本 尚也 学生会員 大津 将嘉
中央大学 正会員 西岡 英俊

1. はじめに

近接施工で周辺地盤への影響が懸念される個所での掘削工事には、一般的には変位量が小さくなる切梁式土留め工法を用いる方が経済的となる場合が多い。しかしながら、掘削内部の施工性を確保する必要がある場合などでは、土留め壁の剛性を高めた自立式土留め工法を採用する場合もある。この場合の設計では土留め壁と剛性と根入れ長とのバランスを合理的に決定することが求められるが、剛性と根入れ長の両方をパラメータとして崩壊に至るまでの挙動を実験的（あるいは現場で実証的）に体系化した検討事例は少ない。また、一部の設計基準では土留め壁の根入れ長は杭が半無限長とみなせる長さとするを原則^{例えは1)}としており、この原則に従えば土留め壁の剛性を高めるほど根入れ長を長くしなければならず、必ずしも合理的な設計とならない可能性がある。

著者らは地盤の破壊を簡易的に模擬できるアルミ棒積層体を用いて自立式土留め壁の剛性と根入れ長（壁長）を主たるパラメータとした模型実験を行っており²⁾、本報文では掘削深さと水平変位の関係に着目し、特に相対的に剛性が高く根入れが短い場合に実験結果が理論値とどのような関係にあるかを考察した。

2. 実験概要²⁾

2.1 模型地盤と実験装置

模型地盤材料に用いたアルミ棒積層体は、長さ50mm、直径1.6mmと3.0mmの2種類のアルミ棒を重量比3:2で混合したものを用い、これを単位体積重量21.0kN/m³、内部摩擦角30度となるように、図-1に示すような幅500mm、深さ300mmの実験装置の中に積み上げた。

2.2 模型土留め壁と実験ケース

模型土留め壁は、模型地盤を作成した後に、模型地盤中央に幅70mmのアルミ板を貫入して模擬した。実験ケースは、模型土留め壁（アルミ板）の板厚 t を

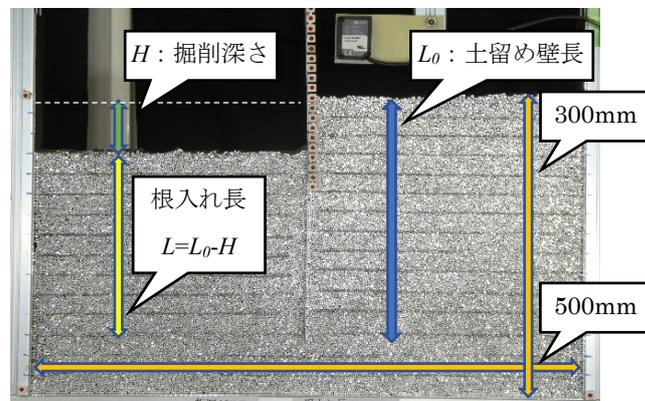


図-1 実験装置の外観

表-1 水平載荷試験で求めた杭の特性値 $1/\beta$ と $\beta L_{H=100\text{mm}}$

板厚	$t=0.5\text{mm}$	$t=1.0\text{mm}$	$t=2.0\text{mm}$
$1/\beta$	53mm	71mm	100mm
$\beta L_{H=100\text{mm}}$	1.9~3.8	1.4~2.8	1.0~2.0

3 ケース ($t=0.5, 1.0, 2.0$ mm), および土留め壁長 L_0 (掘削前の根入れ長) を 3 ケース ($L_0=200, 250, 300$ mm) の全 9 ケースである。

なお、模型土留め壁のモデル化の妥当性は、掘削前に別途実施した模型土留め壁単独の水平載荷試験から式(1)に示す Chang 式を用いて杭の特性値 β を逆算して評価した。

$$y_0 = \frac{P}{3EI\beta^3} \{ (1 + h\beta)^3 + 1/2 \} \quad (1)$$

ここで y_0 : 杭頭変位, P : 水平荷重, h : 突出長, EI : 杭の曲げ剛性である。実測された杭の特性値 β の逆数および β と掘削深さ 100mm 時の根入れ長 $L_{H=100\text{mm}}$ ($= L_0 - 100\text{mm}$) の積 $\beta L_{H=100\text{mm}}$ の値は表-1 に示す通りであり, $t=0.5\text{mm}$ が一般的な自立式土留め壁の剛性を模擬し, $t=1.0\text{mm}, 2.0\text{mm}$ のケースが壁体剛性を高めた場合を模擬していると解釈できる。

2.3 掘削および計測

掘削は 10mm ずつアルミ棒を取り出すことで模擬し、掘削側の模型地盤表面を水平に均し終わった時点で、地表面位置の壁体の水平変位を測定した。

キーワード 自立式土留め, 掘削, アルミ棒積層体

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室 TEL: 03-3817-1804

3. 実験結果と理論値との比較

掘削深さと地表面位置での土留め壁の水平変位の関係について、実験結果と理論値と比較する。理論値は、掘削底面よりも上方にはランキン主動土圧を作用させ、掘削底面よりも深部については杭の設計で一般的な弾性床土上の梁モデル（簡易的な梁・ばねモデル）による解析、いわゆる Chang の方法を用いて評価した³⁾。なお、この Chang の方法では、土留め壁が半無限長さともなせるだけの十分な長さを有するとともに、土留め壁の壁体および根入れ部の地盤が一般的な線形弾性体であることを条件としている。

板厚ごとの掘削深さと水平変位の関係を図-2 に示す。なお、土留め壁が崩壊（前面に明確な受働すべり面が発生）するのは地表面の水平変位が 50mm を超えた以降であり、図-2 では崩壊に至る手前の水平変位 30mm までを記載している。

一般的な剛性を想定した $t=0.5\text{mm}$ のケース（図-2 a)）では、根入れ長が短い $L_0=200\text{mm}$ のケースでは実験結果と理論値は概ね一致していることがわかる。一方、土留め壁の剛性が高いケース（図-2 b), c)）では、実験結果と理論値は途中から大きく乖離していくことがわかる。

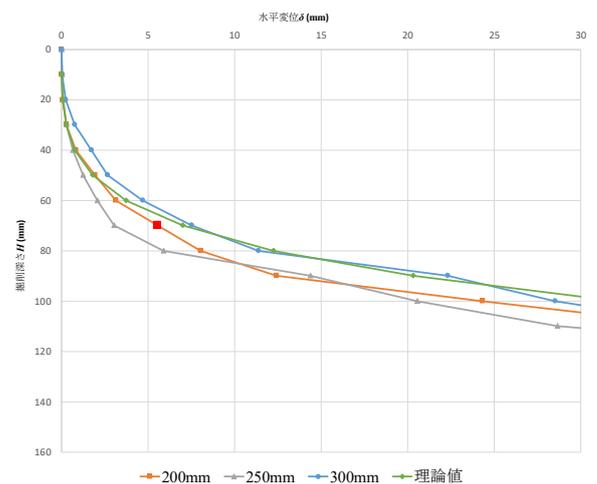
ここで、図-2には、一般的に半無限長ともなされる $\beta L=2.5$ を下回る掘削深度さのデータを赤くプロットしているが、この点を超えてもしばらくは弾性論から考えられる理論値と近い値を示す傾向にあることがわかる。また、弾性論から大きく乖離して変位が増加し始める直前の掘削深度での点の βL を図中に示した。おおよそ $\beta L=1.2\sim 1.7$ を下回ると弾性論の変位から乖離していくことがわかる。このことから、 $\beta L \geq 2.5$ の条件を満たさなくても、少なくとも $1.2\sim 1.7$ 程度を確保していれば、水平変位を理論値で推定可能だと考えられる。

4. まとめ

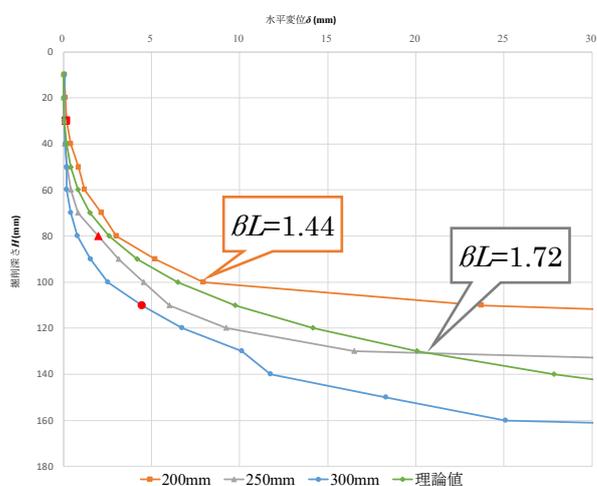
比較的剛性が高く根入れが浅い自立式土留めの水平変位を理論値で推定可能な限界としては、 $\beta L=1.2\sim 1.7$ 程度であり、実務で用いられる一般的な目安（例えば $\beta L \geq 2.5$ ）はこれに対して安全側であることが確認できた。

参考文献

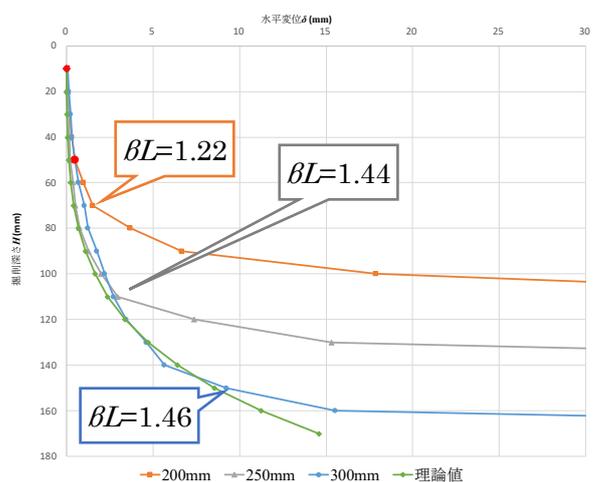
- 1) 公益社団法人日本道路協会：道路土工 仮設構造物工指針, pp.153-154, 1999.



a) $t=0.5\text{mm}$



b) $t=1.0\text{mm}$



c) $t=2.0\text{mm}$

図-2 掘削深さ～水平変位関係の実験値と理論値の比較
(赤色のプロットは $\beta L < 2.5$ となる点)

- 2) 松本尚也, 大津将嘉, 西岡英俊：自立式土留めの剛性と根入れ長の関係に関する実験的研究, 第55回地盤工学研究発表会（投稿中）, 2020.7
- 3) 社団法人地盤工学会：知っておきたい根切り山留めの基本, 丸善出版, pp.80-81, 2004