

# 擁壁基礎としての杭の許容変位を考慮したたわみの検討

豊橋技術科学大学 学生会員 ○岩越 恭平  
 豊橋技術科学大学 正会員 三浦 均也, 松田 達也

## 1. はじめに

起伏が多い山岳部や、都市部の住宅地や道路周辺におけるまで、種々の土木構造物の建設に関連して擁壁は日常的によく見かける。土圧に対して躯体の重量で抵抗することを基本とする重力式擁壁は利用範囲が広い。しかし、看板や交通標識においては施工法や経済性において問題点があり、それらを解消するために重複反射法を用いた杭基礎の設計法が既往の研究<sup>(1)</sup>で提案された。

本研究では、杭基礎の設計法を擁壁に応用するための基礎的研究として、擁壁における許容杭頭変位、および対応した地盤反力係数の低減方法、杭断面と杭長の妥当な決定方法を検討する。

## 2. 地盤反力の変位依存性を考慮した解析法の拡張

### 2.1. 地盤反力係数

地盤反力と変位の関係を図1に示す。地盤は非線形性が強いいため、微小な変位よりその影響を考慮しなければならない。以下にたわみと地盤反力の関係を以下に示す。

$$p/D = k\delta \Rightarrow p/D = k_0\sqrt{\delta_0} \cdot \sqrt{\delta} \quad \because k = \frac{k_0}{\sqrt{\delta/\delta_0}} \quad (1)$$

ここで、 $p$  は杭の長さあたりの土圧、 $D$  は杭径、 $k$  は地盤反力係数、 $\delta$  は杭頭のたわみ、 $\delta_0$  は基準たわみ許容値、 $k_0$  はたわみ許容値の時の地盤反力係数であり、以下の式で表す。

$$k_0 = \alpha \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \quad (\text{at } \delta_0 = 1\text{cm}) \quad (2)$$

$$\alpha = 0.2, E_0 = 28N \quad (\text{from SPTtest})$$

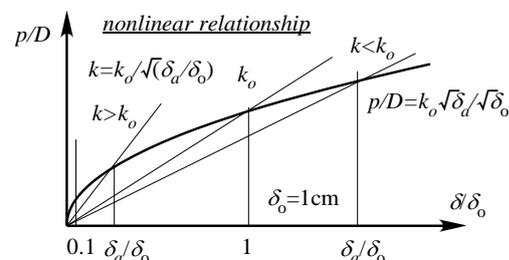


図1 地盤の水平反力の変位依存性

ここで、 $\alpha$  を評価法によって決まる定数、 $E_0$  を変形係数、 $N$  を標準貫入試験から得られた  $N$  値とする。式(2)は許容変位が 1cm の時であり、これは看板や交通標識の設計において定められた値である。図1に示すように許容変位は地盤反力を左右する重要なパラメータであるが、擁壁の設計に関しては規定されていない<sup>(2)</sup>。

### 2.2. 割線法

非線形問題を扱う際に、その複雑さ故に単純化し容易に近似解を求める方法がある。割線法はその方法の一つで、挙動途中の曲線部分を無視して、最初の地点と任意の許容変位の時の地盤反力とを直線で結び、そのときにできた傾きをその許容変位に対する基準の地盤反力係数とみなす。

## 3. 解析条件

【擁壁条件】本研究で扱う擁壁の形式は直立で背面に摩擦が生じないパネル式擁壁とする。擁壁高は 1~5m の 1m 毎に変化させ、土圧の変化による杭のたわみ挙動を検討する。

【杭条件】杭は円形鋼管で鋼材の規格を STK400 とする。外径は 300~500mm を 100mm ごとに、厚さは 10mm ~20mm を 5mm ごとに変化させる。杭の配置間隔を 2m とし、お互い均等に土圧を支持するものとする。

【地盤条件】地盤は地層構造ではなく単層地盤とし、地盤の剛性は  $N$  値で与えられるものとする。擁壁の背面に水平な裏込土をかかえており、乗載荷重は考慮しない。地下水位は十分に低いとして水圧は作用せず、裏込土のみによって一様な水平荷重が擁壁に作用する。裏込土の主な地盤定数を表1に示す。また、ランキンの公式より土圧を算定する。

表1 裏込土の地盤定数

密度	1900kg/m <sup>3</sup>	地盤構造	均質地盤
内部摩擦角	30°	壁面摩擦角	0°
粘着力	0N/m <sup>2</sup>		

#### 4. 標準許容変位を用いた設計の検討

図2は標準許容変位  $\delta_a=1\text{cm}$  を用いて解析した杭長と杭頭変位の関係を示している。壁高が高くなると土圧が増大するので、左の図が示すように  $H$  が  $3\text{m}$  を超える場合には、杭長を長くしても杭頭変位は許容値を下回することは難しくなる。杭の外寸法  $Do$  をパラメータとした右図では、 $Do=500\text{mm}$  とした場合でも、杭頭変位を許容値以内に収めることは困難である。看板や交通標識の場合は、標準許容変位  $1\text{cm}$  を採用することで、交番する短期的な風荷重に対して地盤の塑性変形の蓄積を抑止する合理的な設計をする必要がある<sup>(1)</sup>。一方、擁壁の場合には荷重が大きいが一方向の長期荷重であるので、許容応力を低下させた上で許容変位を広げることによって合理的な設計が可能であると考えられる。

図3は、許容変位  $\delta_a$  を変化させたときの杭長と杭頭変位の関係を示している。図において、許容変位が大きいほど所定の杭長に対する杭頭変位が大きくなっているのは、図1に示す関係に基づいて、水平反力-変位関係の割線に相当する地盤反力係数を取り入れているからである。すなわち、許容変位を大きくすることによって地盤反力が低下するためである。これによって、所定の杭頭変位を保つための杭長は許容変位の増大に伴って増えることにもなるが、それでも杭の有限長を考慮した解析によって妥当な長さにすることが可能になる。

表2には許容変位を  $\delta_a=10\text{cm}$  としたときの必要杭長とそのときに曲げモーメントに関連する圧縮応力の許容応力に対する比を示している。図示のように、杭寸法  $Do$  が小さいケース ( $300\text{mm}$ ) では、変位が許容値を満たしても応力比が許容値を超えるケースがあり、杭寸法にも設計上の必要値があることがわかる。

#### 5. まとめ

本研究は重複反射法を用いた杭基礎の設計法を擁壁へ適用し、擁壁における許容杭頭変位、および対応した地盤反力係数の低減方法、杭断面と杭長の妥当な決定方法を検討した。以下にまとめると

- ・短期荷重に対する標準許容変位  $1\text{cm}$  を擁壁の設計へ適応することは困難だが、杭断面の許容応力と地盤反力を低下させた上で許容変位を広げることによって合理的な設計が可能である。
- ・許容変位以内に収めても杭断面の応力値が許容値を満たさない場合もあるため、両方を考慮した設計が必要である。

#### 参考文献

- (1) 三浦均也, 松田達也, 羽柴慶太, KEODUANGCHITH Somchith:風荷重を受ける看板・交通標識を支持する杭基礎の重複反射法を用いた設計法,第23回調査・設計・施工技術報告会,地盤工学会中部支部,2014
- (2) 日本道路協会:道路土工—擁壁工指針(1999)

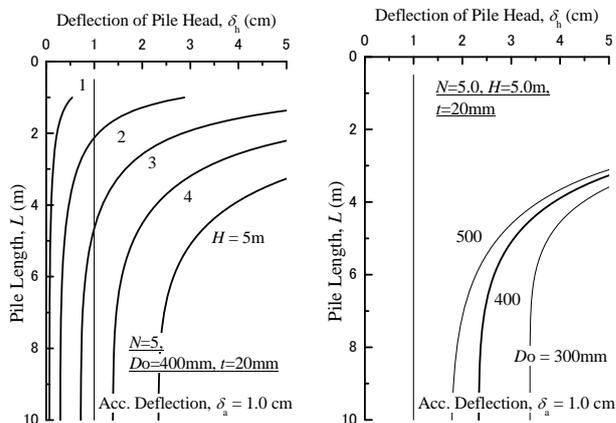


図2 杭長と杭頭変位の関係; 左)擁壁高さ, 右)杭寸法

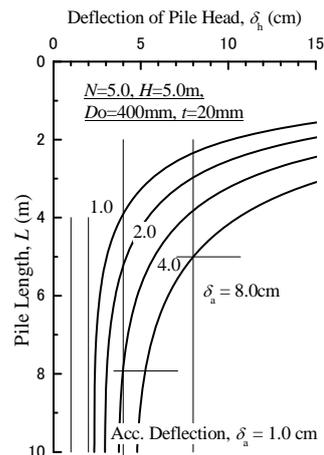


図3 杭長と杭頭変位の関係; 許容変位

表2 許容変位を  $10\text{cm}$  時の必要杭長と応力比

外径  $Do$  (mm) = 300 / 400 / 500 ; 肉厚  $t$  (mm) = 20 ;  $N = 5$

壁高 $H$ (m)	許容杭頭変位 $\delta_a=1.0\text{cm}$			曲げ圧縮応力動員率 $\sigma/\sigma_a$		
	必要杭長 $L$ (m)					
5	5.05	4.54	4.31	1.171	0.602	0.365
4	3.23	3.04	2.91	0.572	0.296	0.180
3	1.95	1.86	1.78	0.231	0.120	0.073
2	0.99	0.94	0.91	0.065	0.034	0.021
1	0.32	0.30	0.30	0.008	0.004	0.002