

III-462 開削工事の現場計測データの整理・分析

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 垂水 尚志

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 瀧内 義男

○(株)トーニチコンサルタント 正会員 村上 義和

1. まえがき

開削工事にもなう地盤の変形は、各現場で施工時に数多く計測されている。この様なデータをランダムに収集し、掘削と地盤の変形について関係を見出すべく整理・分析を試みた。この結果、杉本¹⁾が提案している掘削係数と、地表面沈下および土留変形量の関係を整理し、根入れ部の剛性と地盤の挙動の関係をまとめたところ、両者は良い対応を示した。

2. 計測データ

計測データは表-1に示す47件について行った。データは地盤種別、土留形式、切梁のプレロード導入、掘削にもなう地盤改良などさまざまな要因を含んでいる。収集したデータの殆どが土留めの変形量のみ記載されていて、地表面沈下のデータを多量に得ることが出来なかった。近接施工では周辺の構造物への影響を考慮して地盤改良やプレロード工法を行い、地盤の変形を制御している工事が多かった。データ整理の結果、地盤改良もプレロード工法も行っていない現場では、土留変形量や地表面沈下は掘削深にともない大きくなる。地盤改良やプレロード工法を行った工事では、個々の現場では上記の現象が見られるが、全データをまとめてプロットするとばらつきが大きく、掘削深さと地盤の変形量の相関関係は見られなかった(図-1)。

表-1 工事現場データ一覧表

整理番号	主な地盤種別	平均N値	最終掘削深さ(m)	土留壁形式	支保工形式	段数	土留変形量(cm)	地表面沈下量(cm)
1	粘性土	10~50	33.2	R C 連壁			2.5	
2	粘性土	3	38.25	R C 連壁			7.4	
3	粘性土	3	20.8	鋼管矢板	H 鋼	6	7.5	
4	シルト	3	15	鋼管矢板	H 鋼	4		
5	互層	10~50	50	R C 連壁	H 鋼	5-6	1.8	
6	シルト	5	23-26	R C 連壁	H 鋼		6	
7	互層	5	12.4	R C 連壁	H 鋼			
8	シルト	4	11.85	R C 連壁	H 鋼	4	8.3	
9	互層	30~50	8	R C 連壁			6	
10	砂質土	2~10	4.91	鋼矢板	なし			2.3
11	互層	10~50	19	柱列式	H 鋼、スラブ	1.1	8.9	
12	互層	0~10	23.44	R C 連壁	H 鋼	8	1.9	
13	シルト	2	27.6	R C 連壁	切梁、アースアンカー	4.6	8	
14	互層	3	22	鋼管矢板	R C	5	12.3	
15	シルト	C=4tf/m ²	20	R C 連壁	H 鋼	4	2	
16	互層	2~50	29.5	R C 連壁	H 鋼	6	4.1	
17	互層	2~30	18	S M W	H 鋼	3	4.2	
18	互層	10	8.8	S M W	H 鋼	2	1.9	
19	互層	2~40	5.4	S M W	H 鋼	1	1.4	
20	互層	5	10.52	P C 連壁	H 鋼	2-3	3	
21	砂質土	10	9.86	S M W	アースアンカー、切梁	1.2	2	
22	粘性土	5	14	鋼管矢板		5	5.9	
23	互層	5	20.5	柱列式	H 鋼	5	12.7	
24	砂質土	2~20	8.61	S M W	H 鋼	1		
25	互層	10~50	22.15	S M W	H 鋼	5	6	
26	砂質土	5	9.05	S M W	H 鋼	2	2.7	1.9
27	砂れき	2~50	20.5	S M W	アースアンカー	4	1.5	
28	砂質土	0~20	10.4	S M W	H 鋼	2	4.9	
29	砂質土	2~50	12.5	S M W		4	0.5	
30	シルト	2	34	R C 連壁			2.5	
31	砂質土	0~30	16.3	R C 連壁	H 鋼、アースアンカー		1	
32	粘性土	軟弱	10.6	鋼矢板	H 鋼	3	8	
33	互層	0~10	10.7	S M W	H 鋼	2	4.2	3.2
34	互層	3~20	13.2	鋼矢板	H 鋼	4	1.3	
35	互層	0~20	30.8	R C 連壁	H 鋼、スラブ	6	10.5	
36	粘性土	5	47.6	柱列式	本体、H 鋼	7.9	1.4	
37	シルト	0~20	27.6	R C 連壁	H 鋼	7	10	
38	土丹	50	25.7	R C 連壁	H 鋼	8	0.8	
39	粘性土	4	15.1	柱列式	H 鋼	7		6
40	シルト	3	13.75	柱列式	H 鋼	2	12	8
41	粘性土	1	7.1	R C 連壁	H 鋼	3	6.3	1.5
42	シルト	5	14.15	R C 連壁	H 鋼	3	1.8	1.6
43	互層	2	7.1	鋼矢板	H 鋼	3	1.9	1.9
44	粘性土	0~15	21.6	R C 連壁	本体スラブ		3	3
45	互層	0~15	21.3	R C 連壁	H 鋼	7	8	8
46	砂質土	10	19.7	R C 連壁	H 鋼	5	2.3	2.3
47	砂質土	10	19.7	R C 連壁	H 鋼	5	1.4	2.3

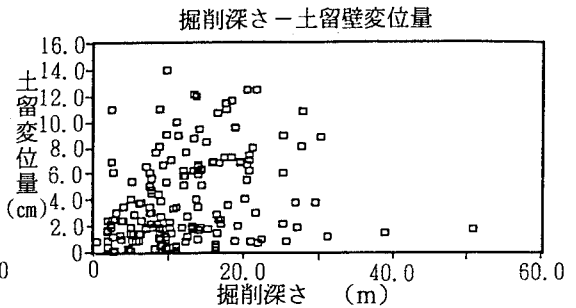
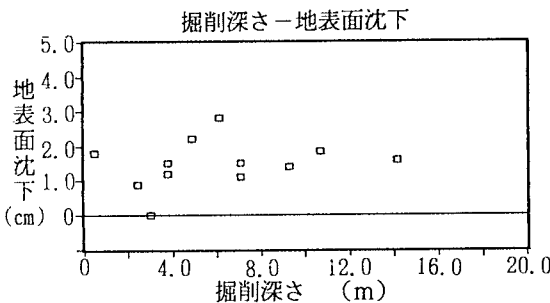


図-1 掘削深さと地盤変位の関係

3. 計測データの分析

掘削深さと地盤の変形量の関係ではばらつきが大きかったが、次に杉本¹⁾が提案している掘削係数と地盤の変形との関係についてまとめる。掘削係数は下記の式（1）に示す通りである。

$$\text{掘削係数} \quad \alpha_c = \frac{B \cdot H}{\beta_D \cdot D} \quad (\text{m}^2) \quad \text{-----} \quad (1)$$

ここで、Bは掘削幅、Hは最大掘削深さ、Dは根入長である。 β_D は式（2）で表されるパラメーターであり、根入れ係数と呼称している。

$$\text{根入れ係数} \quad \beta_D = \frac{\tilde{E}_s}{E \cdot I} \quad (\text{m}^{-1}) \quad \text{-----} \quad (2)$$

ここで、EとIは土留壁材料の弾性係数と断面二次モーメント、 $\tilde{E}_s$ は根入れ部地盤の土の変形係数の平均値である。式（1）の分母は弾性支承ばりとしての長杭と短杭の概念を土留壁の根入長に利用したもので、これは半無限長杭（杭頭自由）の第1不動点深さ $L_0 = \pi/2\beta$ ($\beta = E_s/4EI$) に対する根入長Dの比としてもよいが、パラメーターとして取扱う都合上、 β の代わりに式（2）の β_D を用いて、 $\beta_D \cdot D$ とした。式（2）の分子は掘削規模を表している。

掘削係数と地盤の変形の関係を図-2にプロットした。この結果から、掘削係数と地表面沈下および土留変形量は非常に良い相関関係にあると言える。

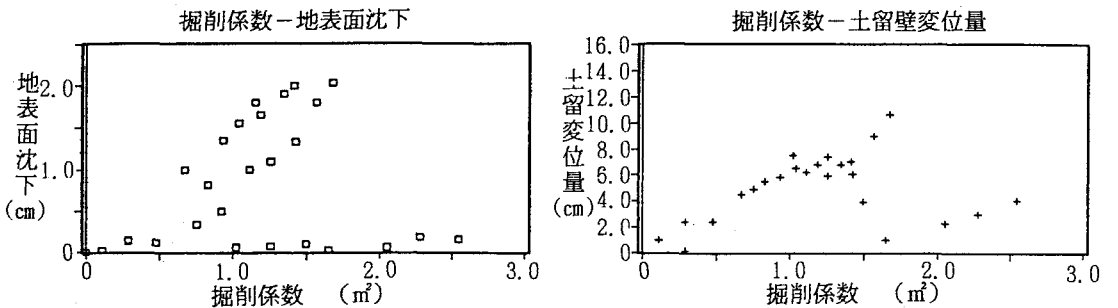


図-2 掘削係数と地盤変位の関係

結果を見ると、掘削係数が大きくなるにつれて地表面沈下や土留の変形量も大きくなっている。これは、図-1と違い、根入れ部の地盤の変形特性や土留めの剛性を考慮しているからであろう。一定の掘削幅・掘削深さ・根入れ長のもとでは、掘削係数 α_c は根入れ係数 β_D に左右される。つまり根入れ部の地盤の変形係数が大きくなると β_D も大きくなり、したがって α_c は小さくなる。その結果、地表面沈下や土留の変形も小さくなる。このように掘削時の地盤の変形は、掘削規模や掘削の地盤特性だけでなく根入れ部の地盤の変形特性も影響している。

4. あとがき

開削工事において、掘削にともなう地盤の変形は一般的に掘削深さが深いほど変形量も大きくなる。しかし、規模が同じいくつかの現場計測結果を比較してもその変形量はまちまちである。つまり、開削時の地表面沈下や土留の変形に影響する主要因は、掘削規模だけでなく、土留の剛性や根入れ部地盤の変形特性も含まれる。この様なことを考慮して提案された杉本の掘削係数は掘削にともなう地盤の変形特性をよく表現していることが理解できた。今後さらにデータの充実をはかり、掘削にともなう地盤の変形をある程度予測できる予測式を提案したい。

（参考文献）

1) 杉本隆男：開削工事に伴う地表面最大沈下量の予測に関する研究

土木学会論文集，1986年 9月