

地域地盤環境研究所 正会員 田村恵, 本郷隆夫, 福田光治,  
 正会員 長屋淳一  
 道路公団 正会員 松山裕幸

### 1.はじめに

埋設管の鉛直土圧の推定には、一般に Marston&Spangler の式<sup>1)</sup>が用いられている。しかし、この式によって鉛直土圧軽減工法等を積極的に評価するためには、なお基礎的研究の蓄積が必要と考えられる。このため概略的な鉛直土圧係数を(：緩衝材に作用する土圧/全土被り圧)求めるため簡易推定式を提案した。この式の適用にあたっては土の変形係数が必要になるが、本論文では既存資料によって土質分類と変形係数の関係を推定し、推定された変形係数を用いて土圧軽減工法の有効性を分析した結果を示した。

### 2.簡易推定式の提案

鉛直土圧係数の軽減化を目指して図-1 に示すようにボックスカルバート直上に EPS 等緩衝材が敷設される。この条件下での鉛直土圧係数は、式(1)で概略的に推定することができる<sup>2)</sup>。

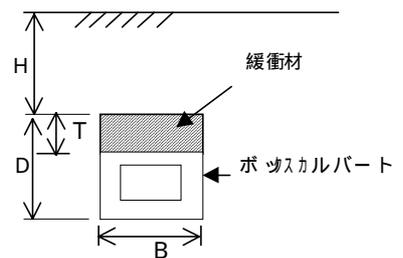


図-1 ボックスカルバートと緩衝材

$$\alpha = \left( \frac{1}{m_{vs}} + 2G \frac{D}{B} \right) / \left( \frac{1}{m_{ve}} + 2G \frac{m_{ve}}{m_{vs}} \cdot \frac{T}{B} - 2G \frac{D}{B} \right) \quad (1)$$

ここに、 $\alpha$ ：鉛直土圧係数、 $T$ ：緩衝材の厚さ、 $B$ ：ボックスカルバートの幅、 $D$ ：ボックスカルバートと緩衝材の合計厚、 $G$ ：盛土材のせん断弾性係数、 $m_{ve}$ 、 $m_{vs}$ ：緩衝材と土の体積圧縮係数である。

### 3.簡易推定式の適用例

式(1)でもわかるように、鉛直土圧係数を推定するためには幾何学的因子と土や緩衝材の変形係数が必要になる。このため既存土質分類表を整理して、土の概略的な変形係数を求めるための一手法を提案する。土の変形係数は土質によって分布範囲があり、道路関係等では統一分類法を基礎にして Cassagrade の整理<sup>3)</sup>や道路局の方法<sup>4)</sup>が示されている。そこで実務的な条件を考慮して本研究では地盤反力係数を用いて変形係数やせん断弾性係数を求めた。経験的には CBR や地盤係数から弾性係数を求める概略的な方法として式群(2)が提案<sup>5),6)</sup>されているので、これら

の式を用いてせん断弾性係数  $G$ 、体積圧縮係数  $m_v$  を表-1 のように推定した。

$$\left[ \begin{array}{l} \text{地山・上部路体材} \quad E=2000 \times \text{設計 CBR} \qquad \text{路床材} \quad E=4000 \times \text{設計 CBR} \\ k_{75} = \frac{E \times 10^{-3}}{1.18 \times 0.375} \qquad k_{75} = \left( \frac{1}{4} \text{CBR} + 1 \right) \times 9.8 \qquad k_{30} = \frac{E \times 10^{-3}}{1.18 \times 0.15} \\ G = \frac{E}{2(1+\nu)}, m_v = \frac{1}{E}, m_v = \frac{Cc}{(1+e_0)P}, \lambda = 0.434 Cc \end{array} \right. \quad (2)$$

ここに、 $k$ ：MN/m<sup>3</sup>、 $E$ ：kN/m<sup>2</sup>である。

### 4.簡易推定式と Marston&Spangler の鉛直土圧係数の比較

Marston&Spangler の式における「粘着力のない粒状材料に対する最大値」と「粘土に対する通常最大値」の両極端例を取りあげて簡易推定式の結果と比較する。両極端な土に対して土質分類では GW, CH が対応するものと考えられる。また緩衝材として D30 の EPS (発砲スチロール) を対象とする。その体積圧縮係数は、 $\log p - \log p_v$  の線形性が得られる。鉛直土圧係数、CBR、土質分類、EPS、カルバート

表-1 土質と変形係数

統一 分類 法	AASHTO	概略的 粒度 評価径 $d_c$ (mm)	Casagrande 道路及び滑走路				推定値 $E$ ( $\text{N/m}^2$ )				概略値		
			C 値		K		C 値から 求めた値		K から 求めた値		E	G	Mv
			上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	( $\text{MN/m}^2$ )	( $\text{MN/m}^2$ )	( $\text{m}^2/\text{MN}$ )
GW	-3	1		50		81.3		9.8E+04		1.3E+03	98.0	37.8	1.0E-02
GC	-1	0.1		40		81.3		7.8E+04		1.3E+03	78.4	30.2	1.3E-02
GP	-3	1	60	25		81.3	1.2E+05	4.9E+04		1.3E+03	49.0	18.8	2.0E-02
GF	-2	0.01		20	81.3	53.9		3.9E+04	1.3E+03	8.7E+02	13.2	5.1	7.6E-02
SW	-3	0.1	60	20	81.3	53.9	1.2E+05	3.9E+04	1.3E+03	8.7E+02	13.2	5.1	7.6E-02
SC	-1	0.01	60	20	81.3	53.9	1.2E+05	3.9E+04	1.3E+03	8.7E+02	13.2	5.1	7.6E-02
SP	-3	0.01	30	10	81.3	53.9	5.9E+04	2.0E+04	1.3E+03	8.7E+02	13.2	5.1	7.6E-02
SF	-2	0.001	30	8	81.3	53.9	5.9E+04	1.6E+04	1.3E+03	8.7E+02	13.2	5.1	7.6E-02
	-4	0.001	25	6	81.3	53.9	4.9E+04	1.2E+04	1.3E+03	8.7E+02	13.2	5.1	7.6E-02
C	-4, 6, 7	0.0001	15	4	81.3	53.9	2.9E+04	7.8E+03	1.3E+03	8.7E+02	13.2	5.1	7.6E-02
O	-4, 7	0.0001	8	3	53.9	27.4	1.6E+04	5.9E+03	8.7E+02	4.4E+02	8.7	3.3	1.1E-01
H	-5	0.001	7		53.9	27.4	1.4E+04		8.7E+02	4.4E+02	8.7	3.3	1.1E-01
CH	-6, 7	0.0001	6		27.4	13.7	1.2E+04		4.4E+02	2.2E+02	4.4	1.7	2.2E-01
OH	-7, 8	0.0001	4		27.4	13.7	7.8E+03		4.4E+02	2.2E+02	4.4	1.7	2.2E-01

られるひずみ 5~60%の圧縮ひずみ範囲に着目し、 $m_{VE} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}^2 / \text{KN}$  とする。Marston&Spangler の土圧論ではこうした埋設管の変形特性を容易に組み入れることができないので、突出型と溝型の土圧の両極端の土圧が求められることになる。図-2 は 2 つの土質に対する鉛直土圧係数を示している。図より鉛直土圧係数は土被厚によって異なり、突出型の場合土被厚さ比が大きくなれば、鉛直土圧係数の増加は急激に大きくなる。溝型の場合、鉛直土圧係数は  $< 1$  であり、土被厚さに比例するように小さくなっている。しかし、粘性土についても  $< 1$  になり、土性の影響は現れない。

図-3 は EPS をカルバート上に敷設した時の鉛直土圧係数を示したものである。式 1)では、土被厚さは $m_{vs}$  に関係することになるが、ここでは表-1 の値を使用した。図より、EPS の厚さが厚くなれば鉛直土圧係数は小さくなることを示している。また土の種類や圧縮材の厚さによって鉛直土圧係数は異なり、粘性土では鉛直土圧係数は EPS(D30)を用いたとしても  $> 1$  になることを示している。

5. 結論

鉛直土圧軽減工法やフレキシブルな埋設管の鉛直土圧を求めるためには、盛土や構造物の変形特性を含む必要がある。こうした状態を極限釣合で誘導された Marston&Spangler の式では、突出型と溝型の中間段階の評価を行うことは困難であり、上記の目的に対して対応することは容易にできない。一方本論文で提案した式は変形係数を含む柔軟な構造になっている。このため突出型から溝型への移行過程も示し得ることを明らかにした。また土質に対して示された CBR や地盤係数等から変形係数を与える方法を示し、有効な情報が得られることがわかった。

参考文献) 1) 松尾稔, 富永眞生: 土圧, 鹿島出版会, pp.112-124, 1975, 2) 田村恵他: EPS 工法による鉛直土圧軽減の簡易推定法提案, 第 4 回地盤工学会, 研究発表会(投稿中), 3) 赤井浩一: 土質力学, 朝倉書店, pp.22-23, 1990, 4) WES, Office of the Chief Engineers(1953): Unified Soil Classification System, Technical Memorandum, No.3-357, (三木五三郎他: 土の工学的分類とその利用, 鹿島出版会, pp.124-125, 1979), 5) 日本道路公団: 設計要領 第一集土工・舗装排水・造園, p.66, 1994, 6) 土質工学会編: 土質工学ハンドブック 1982 年版, 土質工学会, pp.860-861, 1982

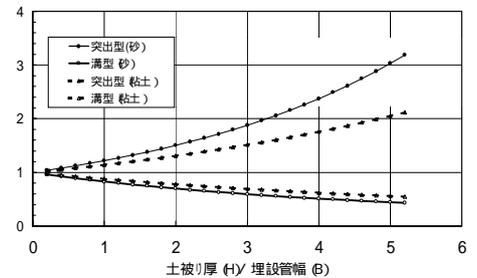


図-2 Marston&Spanglerの鉛直土圧

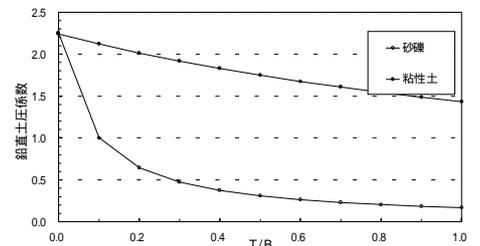


図-3 土質変形係数と鉛直土圧係数