

圧力管曲部軽量スラスト防護工法の増加水平抵抗力の算定 Evaluation of Lateral Resistance of Lightweight Thrust Restraint for Pipe Bend

○澤田豊*・河端俊典**・毛利栄征***・内田一徳**

Yutaka SAWADA, Toshinori KAWABATA, Yoshiyuki MOHRI and Kazunori UCHIDA

1. はじめに

圧力管曲部には内圧と曲がり角度に応じてスラスト力が作用する。著者らはジオグリッドならびにアンカープレートに用いた耐震性の高いスラスト対策工法を考案し、水平載荷模型実験および数値解析から、その有効性ならびに抵抗メカニズムを明らかにした。本論では、当提案工法による増加抵抗力をジオグリッドの伸びを考慮して、算定を行った。さらに、φ300の試験管路を用いた実大規模実験の結果と比較を行い、提案式の予測精度について検討を行った。

2. 増加抵抗力の算定式の誘導

当提案工法により発生する増加抵抗力は、Fig.1に示すように、ジオグリッドと地盤との摩擦抵抗およびアンカープレートに作用する受働土圧である。曲管の水平移動に伴い、ジオグリッドは曲管側から順次引抜かれ、ジオグリッド後端部が引抜かれた後、アンカープレートに受働土圧が作用すると仮定する。

①ジオグリッドの引抜け段階

ジオグリッドの引抜き側先端部の引張力を T とし、引張ひずみが発生する範囲を L とする。先端部から x の位置における、微小長さ dx のジオグリッドに関して、次式が成り立つ。

$$\varepsilon(x) = \frac{t(x)}{E} = \frac{ds(x)}{dx} \quad (1)$$

ただし、 $\varepsilon(x)$ は引張ひずみ、 $t(x)$ は単位幅当たりの張力、 E は単位幅当たりの引張剛性、 $ds(x)$ は伸び量である。また、ジオグリッドと地盤との摩擦応力を考慮し、 $t(x)$ と T の関係は、次式となる。

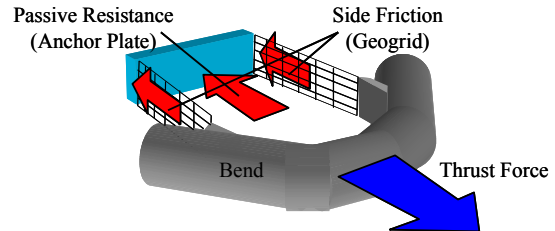


Fig.1 提案したスラスト防護工法
Proposed method for thrust restraint

$$t(x) \cdot W = T' - 2 \cdot K_0 \cdot \gamma_t \cdot H' \cdot \tan \delta \cdot x \cdot W \quad (2)$$

ここで、 W はジオグリッドの幅、 K_0 はヤーキーの静止摩擦係数、 γ_t は地盤の単位体積重量、 H' はジオグリッドの中心までの深さ、 δ はジオグリッドと地盤との摩擦角である。式(2)を式(1)に代入することにより $ds(x)$ は、

$$ds(x) = \left(\frac{T'}{E \cdot W} - \frac{2 \cdot K_0 \cdot \gamma_t \cdot H' \cdot \mu \cdot x}{E} \right) dx \quad (3)$$

と表される。さらに、先端での引抜き量 Y は式(3)の区間(0, L')における総和であるから、式(3)を積分して、

$$Y = \int_0^{L'} ds(x) = \frac{T' \cdot L'}{E \cdot W} - \frac{K_0 \cdot \gamma_t \cdot H' \cdot \mu \cdot L'^2}{E} \quad (4)$$

ここで、 $t(L')=0$ であることを考慮すれば、左右両側でのジオグリッドの引抜き抵抗力 T は、

$$T = 4 \cdot W \cdot \sqrt{Y \cdot K_0 \cdot \gamma_t \cdot H' \cdot \mu \cdot E} \quad (5)$$

と表される。また、ジオグリッドの引抜きが完了する変位 Y は次式で示される。

$$Y' = \frac{K_0 \cdot \gamma_t \cdot H' \cdot \mu \cdot L^2}{E} \quad (6)$$

ここで、 L はジオグリッドの長さである。

②引抜き完了後の段階 ($Y \geq Y'$)

曲管の変位量 Y が Y' より大きい場合、アンカープレートに受働土圧が作用する。 Y' 後の曲

*神戸大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Kobe University, **神戸大学農学部 Faculty of Agriculture, Kobe University, ***農業工学研究所, National Research Institute for Rural Engineering, キーワード: パイプライン・水平抵抗・ジオシンセティックス

管変位量 $Y-Y'$ とジオグリッドの伸び量 Y_g およびアンカープレートの変位量 Y_a は、変位の適合性より、

$$Y - Y' = Y_g + Y_a \quad (7)$$

となる。また、ジオグリッドの張力 T_g とその伸び量 Y_g はフックの法則より、次式で表される。

$$T_g = E \cdot D \cdot Y_g / L \quad (8)$$

一方、アンカープレートに作用する受働抵抗 T_a は、プレートの変位量 Y_a の平方根に比例することが過去の研究結果²⁾から明らかとなっていることから、式(9)で示すように放物線関数で近似する。

$$T_a = a \cdot \sqrt{Y_a} \quad (9)$$

$$2 \cdot T_g = T_a \quad (10)$$

と表すことができる。すなわち、式(5)および式(7)~(10)を用いれば、増加抵抗力 T と曲管の水平変位量 Y の関係式は式(11)で示される。

$$T = 4 \cdot W \cdot \sqrt{Y' \cdot K_0 \cdot \gamma_t \cdot H' \cdot \mu \cdot E + a \cdot \left(\frac{-\varphi + \sqrt{\varphi^2 + 16 \cdot (Y - Y')}}{4} \right)} \quad (11)$$

$$a = \frac{R_{\max}}{\sqrt{X_{\max}}}, \varphi = \frac{a \cdot L}{E \cdot W}, Y' = \frac{K_0 \cdot \gamma_t \cdot H' \cdot \mu \cdot L^2}{E}$$

なお、最大増加抵抗力 R_{\max} とその発生変位 X_{\max} の算出方法は文献(2)を参照して頂きたい。

3. 実大規模実験との比較

本研究で提案した増加抵抗力算定式の予測精度を検討するため、 $\phi 300$ の管路を用いて行った実大規模実験の結果と比較を行った。実規模実験の詳細に関しては文献(3)を参照して頂きたい。

増加抵抗力の算定は3つのケースについて行い、算定に用いた主なパラメータをTable 1に示す。管径、土被りならびにジオグリッドの寸法は実験条件に合わせ、土の単位重量は実験中に行った密度試験結果の平均値とした。

Fig.2 に実験および解析から得られた増加抵抗力と変位の関係を示す。Fig.2 から増加抵

Table 1 解析に用いたパラメータ

Parameters in analysis						
	D (m)	H (m)	L (m)	γ_t (kN/m ³)	ϕ	E (kN/m)
Case_A	0.318	0.6	0.498	16.8	38.2	1874.7
Case_B	0.318	0.6	0.498	16.4	32.2	788.8
Case_C	0.318	0.6	0.830	17.1	38.2	2250.3

抗力は曲管の変位に伴い大きくなり、その大きさは、引張剛性の小さなジオグリッドを使用した Case-B で最も小さいことがわかる。また、Case-A と Case-C を比較すると、長いジオグリッドを使用した Case-C の増加抵抗力のほうが僅かに大きいことがわかる。当提案式で計算された増加抵抗力-変位関係は Case-A および Case-C で若干の過小評価、Case-B では僅かに過大評価していることがわかる。しかしながら、15mm という大きな変位領域まで比較的精度良く実験結果を評価できていると判断できる。

参考文献

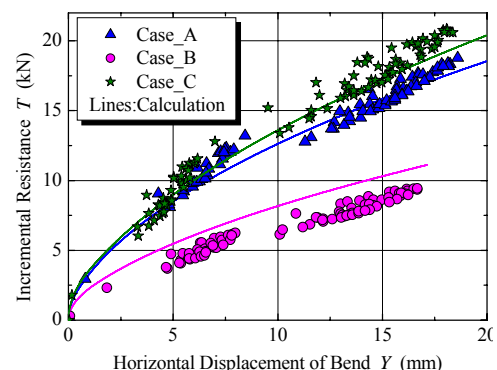


Fig.2 曲管変位と増加抵抗力の関係
Relationship between horizontal displacement and increment resistance

- 1) 今泉ほか: 埋め込まれた HDPE ジオメンブレンの引抜き抵抗挙動の評価, 土木学会論文集, No.511/III-30, pp.155-162, 1995.
- 2) 澤田ほか: ジオグリッドを用いた圧力管スラスト防護工法の増加抵抗力算定手法, ジオシンセティック学会論文集, IGS, Vol.21, pp97-104, 2006.
- 3) 澤田ほか: 圧力管曲部軽量スラスト防護工法の内圧負荷実験, 平成 19 年度農業土木学会大会講演要旨集, 2007. (投稿中)