

## 土留め掘削幅がヒーピングに与える影響とその評価法について

東電設計(株) 正会員 金子俊輔  
 東京電力(株) 非会員 片岡正信  
 東京電力(株) 正会員 内藤幸弘

### 1. はじめに

開削による現場打ちボックスカルバート工事では、通常、躯体構築の作業用スペースとして躯体外側に余掘りを設けているが、この余掘りをほぼゼロにし、掘削幅の縮小化を図るゼロスペース工法が開発されている<sup>1)</sup>。掘削幅の縮小化は、掘削土量の減少に関連した費用を低減できるが<sup>1)</sup>、著者らは、他にもヒーピング対策費の低減につながる可能性があると考えている。掘削幅の縮小化によりヒーピングに対する安定性が向上することで、必要であった底盤改良が不要になったり、改良厚が薄くなるなどの効果が期待できる。そこで、ゼロスペース工法によるヒーピング対策費の低減効果を示すための第一歩として、掘削幅の縮小化がヒーピングに対する安定性の向上につながることを実験で確認し、掘削幅縮小化の効果を精度よく評価できるヒーピング検討法について検討した。

### 2. ヒーピングを模擬した遠心模型実験

掘削幅の縮小化がヒーピングに対する安定性の向上につながることを確認するため、掘削幅をパラメータにした遠心模型実験を実施した（掘削深さは一定）。ヒーピングは、予め掘削した図-1の土留めモデルを遠心装置に搭載した後に、遠心加速度  $G$  を一定速度で上げていき、地盤の単位体積重量  $\gamma$  を増加させることで模擬した。実験条件およびヒーピング現象の再現性については、文献 2) に記している。

実験結果を図-2 に示す。同図は、掘削幅  $B$  を掘削深さ  $H$  で無次元化した  $B/H$  とヒーピング破壊時の遠心加速度  $G$  との関係を示しているが、 $B/H$  が小さくなるにしたがってヒーピング破壊時の遠心加速度が大きくなる傾向が現れている。これは、掘削幅  $B$  が小さくなるほどヒーピング破壊を発生させるための地盤の単位体積重量が大きくなることを示しており、ヒーピングに対する安定性が増すことを意味している。

### 3. 掘削幅の影響を考慮したヒーピング検討法

掘削幅縮小化の効果を精度良く評価できる方法を検討するため、数種の方法で遠心模型実験のシミュレートを行った。掘削幅の効果を考慮できる主な既往ヒーピング検討法には、Terzaghi-Peck の方法、Tschebotarioff の方法、Bjerrum-Eide の方法があるが、シミュレートには、それらに加え、破壊問題を扱いやすい剛塑性有限要素法<sup>3)</sup>を用いた。実験と解析との対比結果を図-2 中に示す。同図によると、剛塑性有限要素法による解析結果が実験結果を比較的良く再現しているように見える。剛塑性有限要素法と実験結果とが比較的よく整合した要因は種々考えられるが、最も大きな要因は、他の検討法で考慮できない土留め根入れ長をモデル化できたことであると考えている。

$B/H=0.86$  のケースにおけるヒーピング破壊時の実験と剛塑性有限要素法で得られる変位ベクトル（解析は変位速度ベクトル）と水平、鉛直変位コンター（解析は変位速度コンター）の対比結果を図-3 に示す。解析の変位速度ベクトルは、実験結果を再現し、地盤が土留め壁下を回り込む傾向を表している。また、解析の水平変位速度コンターについても、実験結果を再現し、土留め壁下に水平変位の大きい領域が発生する傾向をよく表している。解析の鉛直変位速度コンターについては、土留め壁背面に差が見られるものの、実験結果を再現し、掘削底面に鉛直変位の大きい領域が発生する傾向を表している。その他、ひずみ速度に関しても同様な対比を実施しているが、剛塑性有限要素法による解析結果は、遠心模型実験結果とほぼ整合する傾向にある。

### 4. おわりに

本報では、掘削幅をパラメータにした遠心模型実験により、掘削幅の縮小化がヒーピングに対する安定性の向上につながることを示した。また、遠心模型実験のシミュレートにより、掘削幅縮小化の効果を精度良く再現できるヒーピング検討法としては、剛塑性有限要素法による方法が有効であることを示した。今後は、剛塑性有限

キーワード：ヒーピング，土留め掘削，遠心模型実験，剛塑性有限要素法，ゼロスペース工法

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 東電設計(株) TEL 03-4464-5372, FAX 03-4464-5390

要素法を適用し、ゼロスペース工法と従来工法の掘削幅の差が、どの程度ヒールピンギ対策費の低減に寄与できるかを具体的に示したいと考えている。

<謝辞>

遠心模型実験の実施にあたっては、東京工業大学 日下部治教授と井澤淳助手に、剛塑性有限要素法の実施にあたっては、京都大学 田村武教授に御指導を頂きました。ここに、深く謝意を表します。

<参考文献>

- 1)井口昌之,山崎剛,日下部治:開削工事における路上掘削幅縮小技術「ゼロスペース工法」,土木建設技術シンポジウム 2002 論文集,土木学会, pp.61-68, 2002.5.
- 2)岩淵洋子,井澤 淳,日部治,内藤幸弘,金子俊輔,永谷英基:土留め掘削幅の縮小化がヒーピングに与える影響について,土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003.
- 3) Tamura, T., Kobayashi, S. and Sumi, T.: Limit analysis of soil structure by rigid plastic finite element method, Soils and Foundations, Vol.24, No.1, pp.34-42, 1984.

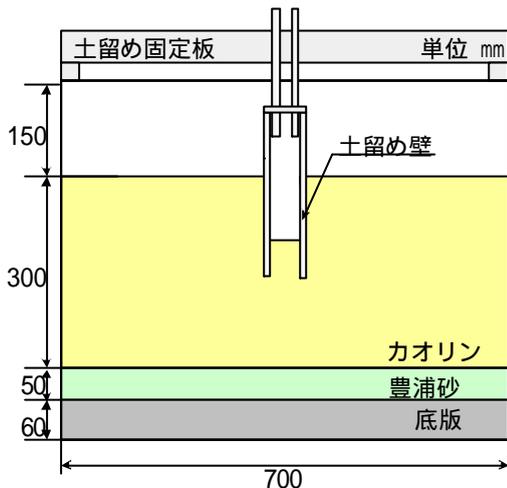


図-1 土留め掘削模型

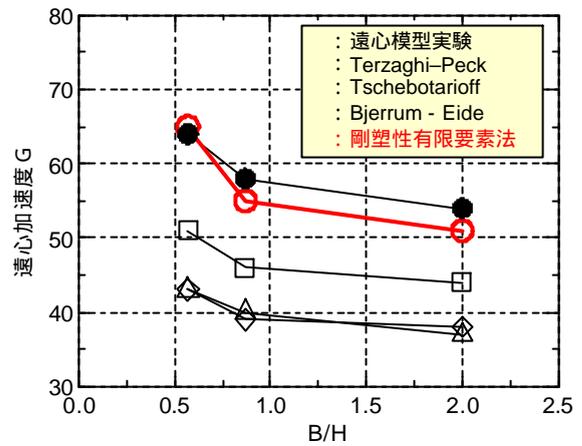


図-2 G ~ B/H 関係

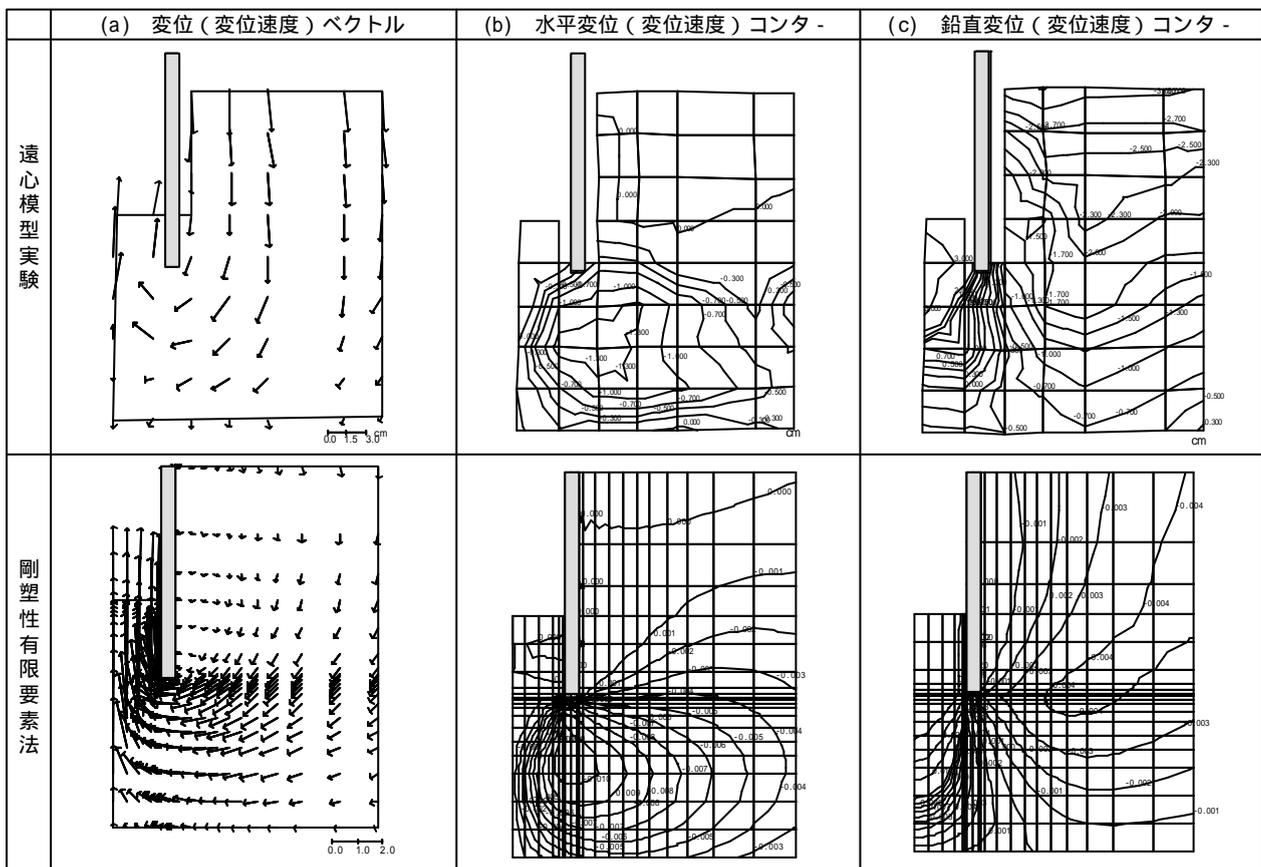


図-3 遠心模型実験結果と剛塑性有限要素法の解析結果との対比