

III-214

土中に埋設された梁に作用する鉛直土圧に関する解析的検討

日本鋼管(株)中央研究所 正員 ○関 口 宏 二  
 日本鋼管(株)中央研究所 正員 大 石 博  
 日本鋼管 鋼 構造建設部 正員 若 菜 弘 之

1. はじめに

土中に埋設された梁に作用する鉛直土圧を精度良く推定することは、工学的に重要な課題の一つであり、類似の問題に関して種々の検討がなされている。<sup>1)~4)</sup>しかし、 $H/B$ （ここに、 $H$ ：梁の埋設深さ、 $B$ ：梁の幅）が大きい場合に関する検討はほとんどされていないのが実情である。本報告は、この問題に関して弾塑性有限要素法により検討を行った結果について述べるものである。

2. 解析手法および解析モデル

用いた解析プログラムは、日本鋼管で開発した“有限要素法による土の非線形挙動解析プログラム”である。土はMohr-Coulombの破壊基準に従う弾塑性体として扱い、数値解析手法としては、粘塑性のアルゴリズム<sup>5)</sup>を採用している。

図1に解析モデルの概念図を示す。層Ⅰに初期応力を与えた後に、梁に対応する要素を固定した状態で、層Ⅱに自重を加える。梁に作用する鉛直土圧は、梁要素の直上の土要素の鉛直方向応力より知ることができる。なお、梁要素と周辺地盤との接触面には、ジョイント要素を配している。

表1に解析モデルを、表2に計算に用いたパラメータを示す。表2において、 $\gamma$  は土の単位重量を示す。

3. 解析結果

(1) 層Ⅰの土のヤング係数の影響

Model-2を用いて、層Ⅱのヤング係数は500 t/m<sup>2</sup>としたまま、層Ⅰのヤング係数を500~4000 t/m<sup>2</sup>と変化させて計算を行った。解析結果を図2に示す。なお、同図中の土圧割増係数は、梁に作用する鉛直土圧と $\gamma H$ との比である。図2より、層Ⅰのヤング係数が大きいほど、梁と周辺地盤との相対的沈下量 $\Delta S$ は小さく、また土圧割増係数も小さくなっている。すなわち、層Ⅰを十分締め固めておけば、土圧割増係数は小さくなる、ということができよう。

図2の結果より、層Ⅰと層Ⅱのヤング係数が等しい場合に最も土圧割増係数が大きいので、以後の解析では、層Ⅰ、層Ⅱのヤ

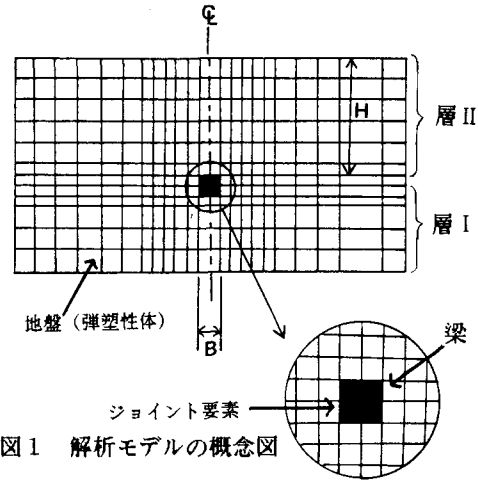


図1 解析モデルの概念図

表1 解析モデル

| Model   | 土被りH(m) | 部材幅B(m) | H/B  |
|---------|---------|---------|------|
| Model-1 | 2       | 1       | 2    |
| Model-2 | 5       | 1       | 5    |
| Model-3 | 10      | 1       | 10   |
| Model-4 | 2       | 0.3     | 6.67 |
| Model-5 | 5       | 0.3     | 16.7 |
| Model-6 | 10      | 0.3     | 33.3 |

表2 計算に用いたパラメータ

| H/B  | $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数(t/m <sup>2</sup> ) | ポアソン比   | 内部摩擦角(°) |
|------|------------------------------|--------------------------|---------|----------|
| 2~33 | 1.0                          | 500~4000                 | 0.3~0.4 | 20~30    |

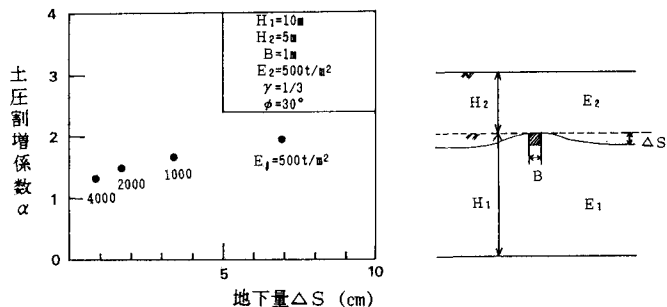


図2 沈下量 $\Delta S$ と土圧割増係数 $\alpha$ の関係 (Model-2)

ング係数は、同一の  $500 \text{ t/m}^2$  を用いている。なお、層Ⅰ、層Ⅱとも同一のヤング係数を用いた場合、土圧割増係数はヤング係数の値にほとんど影響されないことが、別途計算により、確認されている。なお、本計算で用いたヤング係数の値は、次式<sup>6)</sup>において、 $N$ 値2～4に相当する。

$$E = 390 + 45 N \quad (\text{t/m}^2) \cdots (1)$$

## (2) 土のポアソン比の影響

Model-2を用いて、ポアソン比を、0.3, 0.333, 0.4 と3通りの計算を行ったが、土圧割増係数の値は、それぞれ 1.97, 1.94, 1.85 となり、ポアソン比の影響は小さいことが明らかとなった。

## (3) $H/B$ および土の内部摩擦角の影響

土のヤング係数を  $500 \text{ t/m}^2$ 、ポアソン比を0.333、内部摩擦角を  $20^\circ$ 、 $30^\circ$  として、表1の6種のモデルについて計12ケースの解析を行った。 $H/B$ と土圧割増係数の関係を図3に示す。同図より、本解析による土圧割増係数は、 $H/B$ が5以上の範囲ではほぼ一定となっていることがわかる。このように土圧割増係数が内部摩擦角に依存したある上限値を持つ理由は、土を弾塑性体として扱っているために、土の要素において応力の再配分が行なわれているからであると考えられる。詳細は講演時に譲るが、土圧割増係数 $\alpha$ の上限値は、内部摩擦角 $\phi$ と側方土圧係数 $K$ を用いて次式で表わせる。

$$\alpha = (1 + \sin \phi) K / (1 - \sin \phi) \cdots (2)$$

ここで側方土圧係数は、梁の直上の土要素における水平土圧と $\gamma H$ との比であり、あまりばらつきの少ない値(0.6～0.85)となっている。

なお、図4、図5に、変形図、主応力図、破壊領域図の一例を示す。

## 4. 既存の基準との比較

図3には、文献1)2)における土圧割増係数の値も示してある。道路土工指針の値は、本解析( $\phi = 20^\circ$ )の値とよく一致している。Marston-Spanglerの式<sup>1)</sup>(完全突出型)は、 $H/B$ が5以上では非常に大きくなるのが特徴である。

5. 参考文献…1)日本港湾協会：ジャケット式鋼製護岸設計指針(案), 昭52.3, 2)日本道路協会：道路土工の指針, 1977, 3)久楽他：軟弱地盤上のカルバートに作用する土圧, 土と基礎, 32-6, 1984.6, pp.13-19. 4) Leshchinsky, D.S, etc., Can. Geotech. J., 19, 1982, pp.345-359., 5) Zienkiewicz, O.C., etc. Int. J. Num. Meth. Eng. Vol.8, 1974, 6) 土質工学会編：土質調査試験結果の解釈と適用例, 昭54.8, p.55.

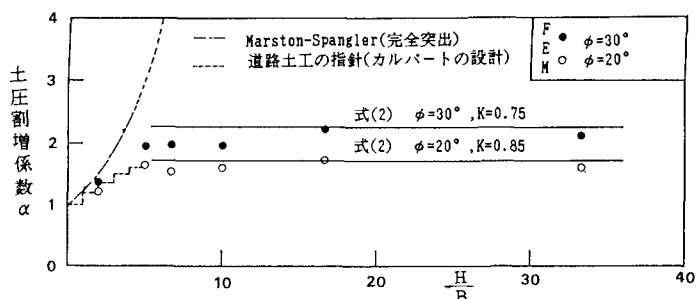


図3 土圧割増係数と $H/B$ の関係 ( $E=500 \text{ t/m}^2$ ,  $\nu=0.333$ )

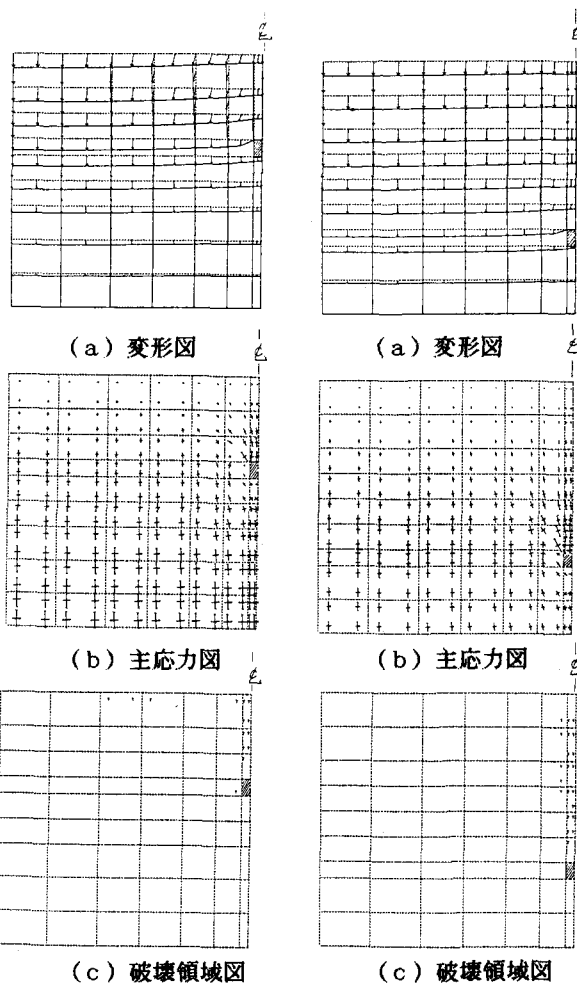


図4 Model-2

図5 Model-3