

斜面上橋梁基礎の安定解析

名古屋大学

正員

川本 朋万

日本道路公団

〃

今村 浩三

〃

〃

〇上 野建昭

1. まえがき

ハ4代エンジニアリング・ビル

〃

鷲見 五郎

山地部の道路建設では急峻な斜面上に橋梁基礎を設計しなければならない場合がよく遭遇する。この場合、斜面上構造物の基礎の安定性といかに算定し、斜面と基礎との間のジョルダー中をいかに足めるかが設計上問題となる点である。橋梁延長と短縮し、かつ基礎掘削量を減らすという意味でジョルダー中を低減することは経済性に関して合目的となるが、安定性を損うことに通じると、一定性のある事実は経験的に知るところである。しかし、このような条件のもとでは基礎の安定性はこうであるといった定量的なものは従来あまり研究されておらず、基礎の支持力は一般に地質により長期短期における許容支持力を与えているにすぎない。実際の設計に当っては担当技術者の経験的判断にまかされているのが実情である。そこで、実際の設計例を検討して単純種々のモデルケースに対して有限要素法により弾性応力解析を行ない、新たに定義した安全率によってその安定性を判定し、実際の設計に際しての定量的な判断の目安を得ようとした。

2. 解析方法の概要

基礎の安定性に関する条件としては、

- (a) 基礎反力や自重などの荷重の大きさ、その作用位置や方向
- (b) 地山の固有強度
- (c) 基礎の斜面高さや傾斜角度などの外部形状
- (d) 層構造などの内部形状
- (e) 間隙水や沈流水の作用

などがあげられるが、ここでは、地山の強度が低く、層構造が地山強度と決定しない場合、または、地山強度は大きいがいささかフラックがは少ない地山と想定して基礎は疑似等方等質であると仮定し、平面のすみ状態で解析した。

基礎の形状および載荷位置は、図-1に示すように斜面の傾斜角を θ 、ジョルダー幅と載荷幅との関係で $\alpha \cdot B$ として与え、それらの値をそれぞれ、 $45^\circ, 60^\circ, 65^\circ, \alpha = 2.0, 4.0, 6.0$ とした場合について計算した。載荷々重は、基礎の反力分布とし、基礎と基礎底面の結合は無視した。荷重の生ずる場合に対して応力解析を可能とするために、単位荷重のパターンロードとし、重ね合わせの原理によって任意の実荷重に対する任意点の応力を求めた。

3. 安全率の考え方

基礎の安定性については、スベリ面の仮定による全体的な破壊に対して定義される安全率と、作用応力に対する終局応力の比で与えられる局所的な破壊に対して定義される安全率との二通りの概念がある。ここでは局部安全率と全体安全率との関係を次のように考えた。

(局部安全率)

基礎の破壊包絡線は、Mohr-Coulomb理論を用い、局部安全率を次のように定義した。

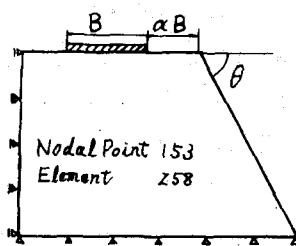


図-1 解析モデル

$$SP = c / \tau_{max} \quad \text{--- (2) 式}$$

SP: 局部安全率, $\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$, σ_1, σ_2 : 主応力

次に、(2)式を定義された応力による局部安全率と作用荷重との関係を調べてみる。基礎の上部では自重応力は大きくないので、その影響を無視して考えると、基礎内の応力は荷重に対して1次

式関係となるから、荷重がそのパターンを変えないで、その大きさがn倍となると、主応力もn倍となる。図-2に示すように、荷重がn倍後の安全率SP'は、実際の基礎では内部摩擦角 ϕ に対し、 $\sin \phi = 0.5 \sim 0.7$ ぐらいの範囲の値を有することと、基礎近傍の不安定領域では自由表面に近く、 $\sigma_1 \gg \sigma_2$ となることを考慮すると次式のようになる。

$$SP' = \frac{SP}{n} + \frac{n-1}{n} \times (0.25 \sim 0.42) \quad \text{--- (2) 式}$$

今、 $SP = 1.5$ とすると $SP = 1.0$ となるのに必要な荷重は $n \div 2.0$ となるから、局部安全率を $SP = 1.5$ と定めることは、作用荷重に対して約2倍の安全率を意味すると考えられる。

(全体安全率)

破壊に対する全体安全率は、潜在的破壊面上の各部の局部安全率の算術平均で定義した。潜在的破壊面は各要素に対しモールの応力円より破壊面の角度と作図して求め、これを連続する方向について得らる。これらの潜在的破壊面は、図-3のように $4R/2 + \phi/2$ で交叉する曲面群となる。それらの潜在的破壊面に対して平均安全率を求め、そのうち最小となるものを全体安全率と定義する。式で表わせば、次のようになる。

$$(St) = (St)_i \rightarrow \min = \left(\frac{A_1 \cdot SP_1 + A_2 \cdot SP_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots} \right)_{\min} \quad \text{--- (3) 式}$$

St: 全体安全率, SP_i : 局部安全率, A_i : SP_i の局部安全率の面積

4. 解析結果

図-4は、解析結果の一例として全体安全率 $St = 1.5$ 、斜面の傾斜角 $\theta = 45^\circ$ 、全水平力と全垂直力との比 $H/V = 0.4$ とした場合、許容支持力 Q とショルダー巾 α との関係と、種々の基礎の強度特性に対して表わしたものである。ショルダー巾が小さくなるに従い、 H/V の値が大きくなるに従い、 θ の値が大きくなるに従い許容支持力は減少することがわかり、結果は直感的に判断される傾向と全く一致した。安全率の値をいくつとするかは、さらに検討を要するが、斜面上に橋梁基礎を設計する場合に必要な工学的判断の目安としてこのような平均的な考えの全体安全率を利用できると思う。

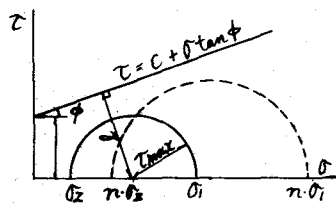


図-2 破壊包絡線と応力円

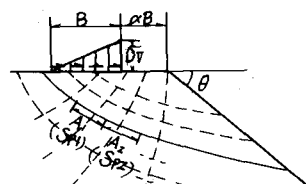


図-3 破壊面と全体安全率

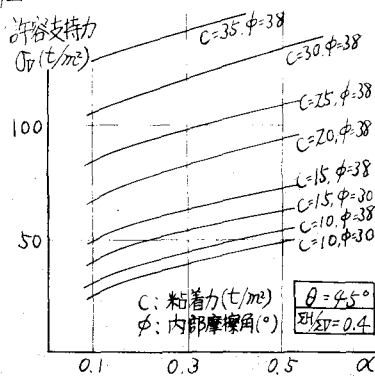


図-4 ショルダー巾と許容支持力の関係