

III-11 段切り基礎の大型模型載荷実験（第一報）

日本道路公団 技術部	正員	前田良刀
住友建設㈱技術研究所	正員	上原精治 三上 博
宇都宮大学 工学部	正員	日下部 治

1. まえがき

近年、高速道路の建設対象地の主体が急峻な山岳地となっており、橋梁基礎を斜面上に建設する機会が増加している。しかしながら、斜面を対象とした橋梁基礎（直接基礎）の支持力評価に関する設計、実務的な面からの研究は、これまであまり多く実施されていない現状にある。さらに現実に施工されている直接基礎は、掘削土量を減じる等の施工上の考慮から、フーチングを斜面傾斜に沿って段差をつけたいわゆる「段切り基礎」の形式が採用されることが多い。この種の基礎についての過去の研究事例はほとんど無く、また設計手法についても確立されたものは無い。今回、ここで報告するものは、現場での大型模型載荷実験に関するものである。現場実験は本稿執筆直前に完了し、現在データ分析を進めており、詳細なデータに基づく報告は、今後の機会に発表したいと考えているが、今回の報告では、実験概要及び破壊形状、極限荷重に関する一考察を発表するものとする。

2. 試験内容

(1) 地盤状況 実験は熊本県人吉市内の九州自動車道路線内の切土工事区間で実施された。実験地の地盤は二次（水成）堆積しらすと呼ばれる土質が厚く分布する、かなり均質な自然地盤である。当現場の実験位置で採取した試料の土質試験結果は概ね表-1の範囲であった。また、事前のボーリング調査から、試験体各位置での標準貫入試験によるN値は、 $N=15\sim 20$ 程度であった。

(2) 供試体形状 供試体は、フーチングの断面形状を段差の幅及び高さについて変化させたケースを主体とし、特別なケースとして、段差部を置換コンクリートとしたケース及び斜面の法肩から、フーチングまでの前面余裕幅を設けたケースを含めて、都合8形状の断面で実施した（表-2参照）。

試験の実施にあたっては、試験区間内での地盤条件の位置的な変化を考えて、同一のケースを重複させて実施したものを含め14供試体の試験を行った。

模型基礎の平面寸法は全ての供試体ともフーチング幅 $B=60\text{cm}$ に対して、長さ $L=600\text{cm}$ 、 $L/B=10$ としており、ほぼ二次元の帯基礎とみなせる形状とした。また、供試体の斜面形状も各供試体共通であり、高さ $H=2.4\text{m}$ 、斜面勾配 $\beta=45^\circ$ とし、供試体端部は、破壊状況の観察を容易とするため直立面とした。

(3) 載荷方法及び計測項目 載荷装置は、載荷梁及び反力用アースアンカーを用い、加力は油圧ジャッキ（ $100\text{tf} \times 4$ 台）により行った。試験の方法は荷重制御の多サイクル方式とした。

計測は、図-1に示すような各種の計測装置を実験供試体に設置し、破壊に至るまでの挙動を記録した。供試体の変形、すべり面の発生状況などを、地表面変位計、すべり面計、地中内マーカ等で観測を行い、フーチング底面での垂直及びせん断応力の状況を、フーチング内に埋設した二方向ロードセルで観測した。

これらの測定で得られたデータについては、今後の機会に発表する予定である。

3. 実験結果

現場での載荷実験の結果は、概略、段切りの段差高が大きくなるに従って、極限支持力が低下する傾向がみられ、また、すべり面も浅い形状となることが確認された。

図-2は、下段フーチング幅比 $n=0.3$ （ $nB=18\text{cm}$ ）の形状の一連の実験ケースについて、横軸に、フーチング段差高比 m を、縦軸に極限支持力 q_u を取り、各実験値をプロットしたものである。同図からフ

ーチングの段差が大きくなるにつれて極限支持力が減少していく様子がわかる。

今回の現場実験から段切り基礎の破壊メカニズムは、図-3に示すような形式が現実によく合うものと考えられる。

ここでフーチング後端からのすべり線が $\pi/4 + \phi/2$ の角度をもつものとして、図-3に示すようにフーチングがB'と見掛け上小さくなったフラットな基礎を仮定し、これより支持力の減少の程度を求めてみる。なお、筆者らのこれまでの研究では、斜面上の直接基礎に於いて仮に土質常数が確定したものとすれば上界値⁹⁾、塑性論による簡易解、数値解析としてのRBSM、塑性論の厳密解であるKötter式の支持力はほとんど一致する⁴⁾。そこで仮想のフラットなフーチング幅を見出すことがより実務的に有用であり、今回換算基礎幅B'として下式で示すものを取り上げた。

$$B' = B(1 - m \cot(45 + \phi/2))$$

なお、ここで斜面角 45° の場合には支持力係数 N_r がほぼ0であることから、今回の実験ではフーチング幅と支持力は一次比例する。したがって、フラットな場合の基礎の極限支持力、 $q_u(a) = 53.5 \text{ tf/m}$ を基準とすると段差フーチングの極限支持力は下式で表される。

$$q_u(b) = q_u(a) \cdot B'/B$$

この関係を示したものが図-3中の実線である。簡略式ながら、実験結果を比較的良く表現しているものと考えられ、「段切り」の影響を基礎幅の減少効果という面からとらえることが可能であることを示しているものと思われる。

4. まとめ

本実験から、段切り基礎の支持力について以下のような点が明らかとなった。

- (1) 段切り基礎の段差高が大きくなるにしたがって、フラットな基礎に比べ支持力は低下する傾向にある。
- (2) 段差高による支持力の低下の比率は、基礎幅の見掛け上の減少という考えによって、比較的良く表すことができる。

最後に今回の実験の実施にあたり、御指導、御協力をいただきました日本道路公団福岡建設局及び入吉工事事務所の方々、諸先生方に謝意を表します。

参考文献

- 1) 日下部 治：「斜面上直接基礎の支持力評価に関する計算」土と基礎 1985.2
- 2) (財) 高速道路調査会：基礎工に関する調査研究報告書 1987.2

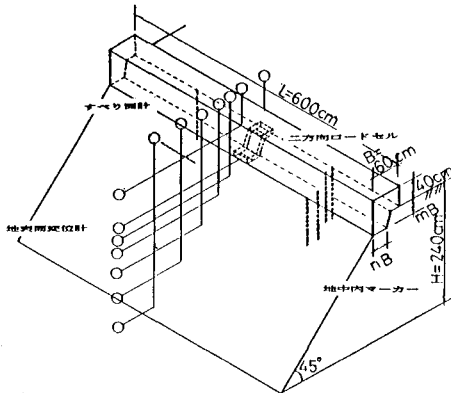


図-1 実験概略図

表-1 実験地盤の土性値（平均値）

物理特性	均等係数 U_c	28.3
	土粒子の比重 G_s	2.53
	含水比 W_n	19.2 %
	湿潤密度 ρ_t	1.42 g/cm^3
力学特性	(三軸圧縮試験UU)	
	粘着力 C	0.20 kgf/cm^2
	せん断抵抗角 ϕ	35.6°

表-2 フーチング形状

TYPE	n	m	備考
A	1	0	2ケース
B-1	0.3	0	2ケース
B-2	0.3	0.3	2ケース
B-3	0.3	0.5	2ケース
B-4	0.5	1.0	2ケース
C	段差2段		2ケース
B-2	0.3	0.5	前フーチング部置換コンクリート
B-4	0.5	0.5	法肩からの離れ $\alpha=0.5B$

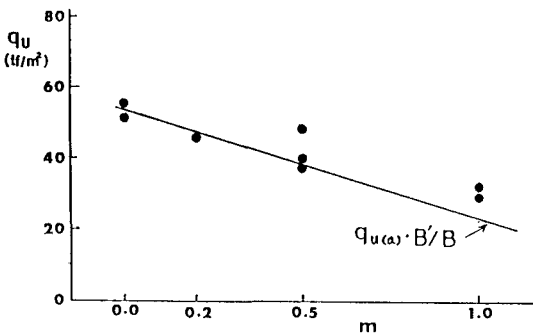


図-2 段差高の支持力への影響

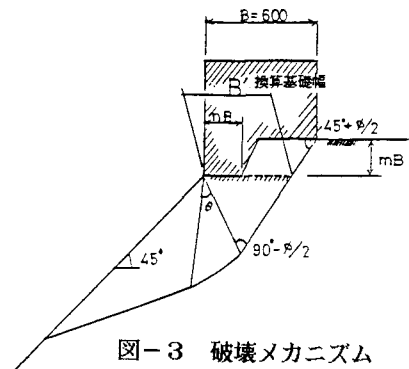


図-3 破壊メカニズム