

## 直接基礎の底面形状の違いによる地震時抵抗特性に関する実験的研究

中央大学 学生会員 ○上野 瞭子 中央大学 正会員 西岡 英俊

### 1. はじめに

地震大国である我が国では、直接基礎を設計する際の決定要因が、常時の鉛直荷重に対する鉛直支持力の照査ではなく、地震時に作用する回転モーメントおよび水平力に対する地盤抵抗特性の照査となることが多い。直接基礎の地震時の地盤抵抗を増加させるには、フーチングの幅を広げるか根入れを深くすることが一般的であるが、フーチング拡幅には用地の制約を受けるほか、根入れを深くするには土留め工を用いた掘削が必要となりコスト増となる。そこで、安価な耐震性向上策として、土留め工を必要としない法面勾配で基礎底面を掘削して、三角形の根入れ部を構築する方法を考案した。本研究ではこの方法が、耐震性向上に有効であるかを、乾燥砂地盤上の直接基礎模型に対する単調水平載荷試験により検討した。以下にその結果を報告する。

### 2. 単調水平載荷試験

#### 2. 1 模型地盤および直接基礎模型

模型地盤は、乾燥豊浦砂を用いて、図-1に示す幅 1000mm，奥行 198mm の土槽（内寸）の中に多重ふるいを使用して、相対密度が 70%～80%となるように深さ 330mm で作成した。

実験に使用した直接基礎模型の地上部分は、幅 100mm，高さ 100mm，奥行 195mm（質量約 1kg）の直方体の木製ブロックの上に質量約 1.7kg，厚さ約 6mm の鉄板を複数枚載せた構造とした。

直接基礎模型の底面形状は図-1に示すような「フラット」と

「三角形」の 2 種類で、いずれも基礎幅  $B$  は 100mm である。「フラット」模型は、木製ブロックの底面に紙やすりを貼り付けて模型地盤上に設置した。一方、底面形状が「三角形」の模型は、幅 100mm，高さ 50mm の二等辺三角形の根入れ部を設けた。この三角形の根入れ部の構築方法については、実施工では土留め材を用いずに掘削してコンクリートを打設することを想定しているが、乾燥地盤上では実施工の再現が困難であることや実験の再現性確保の観点から、本実験では斜めの土留め板を用いて三角形の根入れ部を構築した。具体的な構築方法は以下のとおりである。①作成した模型地盤に、45 度に固定したガイドに沿って片側から土留め板（厚さ 1mm）を根入れ部下端（深さ 50mm）まで差し込む。②模型の幅に合わせて反対側からもガイドを利用して斜めの土留め板を根入れ部下端まで差し込む。③土留め板上部の砂を吸い出す。④外側に紙やすりを貼った鉄板を斜めの土留め板の上に置き、三角形の木製ブロックを介して鉄板から地上部の木製ブロック底面までを接着剤で一体化する。⑤斜めの土留め板をゆっくりと引き抜いて完成とする。

#### 2. 2 載荷実験方法及び計測方法

試験方法は、地震時慣性力を模擬した単調水平載荷試験とした。具体的な載荷方法は、模型側面にワイヤーを取り付けて水平方向に張り、滑車を介してワイヤーの先端に取り付けた籠に錘を入れる方法とした。水平変位の変化量を確認しながら段階的に載荷を行い、変化量が大きくなるにつれて載荷する錘を徐々に小さくすることで、転倒直前の荷重の計測精度を高めた。

計測は、水平変位を測定するために模型側面に、レーザー変位計を設置して水平変位を計測した。水平変位の計測位置は、直接基礎模型の載荷高さ付近とした。

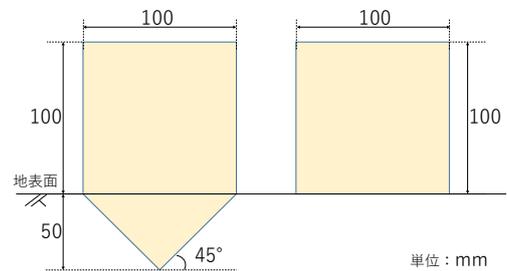


図-1 実験模型の寸法

### 2. 3 実験ケース

実験ケースは、水平載荷高さ  $h$  と地上部分の模型重量  $V$  を変えた 4 種類で、それぞれに異なる底面形状の模型を使用し、計 6 ケース行った。具体的には、水平載荷高さを  $h=50\text{mm}$  に、模型重量を  $V=94\text{N}$  (鉄板 5 枚),  $161\text{N}$  (鉄板 9 枚),  $294\text{N}$  (鉄板 17 枚) に変えて行った実験に加え、同様の模型を用いてそれぞれの模型の重心高さ付近で載荷を行う合計 12 回の実験を行った。具体的な載荷高さは、 $V=94\text{N}$  の場合  $h=112\text{mm}$ ,  $V=161\text{N}$  の場合  $h=124\text{mm}$ ,  $V=294\text{N}$  の場合  $h=148\text{mm}$  である。

### 3. 結果

図-2 に水平載荷高さ  $h=50\text{mm}$  のケースの、図-3 に  $h \equiv$  重心高さで載荷を行った荷重変位関係を示す。いずれも荷重変位関係は滑らかに非線形化し、最終的には転倒に至った。

これらの結果を比較するため、直接基礎底面が浮上がり始める時点(基礎底面に作用する回転モーメントが  $BV/6$  となる時点)の水平変位と倒壊する直前の最大水平変位と最大水平力を表-1 にまとめて示す。また、表-1 中には各項目の三角形底面とすることによる変化率も示している。載荷高さが低い場合 ( $h=50\text{mm}$ ) において、底面を三角形形状とすることでいずれも最大水平変位と最大水平力が増加しており、模型重量によらず耐震性向上効果が確認できる。

その一方、載荷高さが高い場合 ( $h \equiv$  重心高さ) には、三角形底面はむしろ逆効果であることがわかった。また、底面形状により、構造物が転倒に至るまでの過程に違いがみられた。フラット底面については、構造物が浮き上がり始めるまでの初期の水平変位が小さく、その後早い段階で転倒するという特徴がある。一方、三角形底面については、構造物が浮き上がり始めるまでに大きな水平変位が生じるが、浮き上がり始めてもすぐには転倒しない粘り強い特徴があることがわかった。

表-1 実験結果の比較

模型重量* V[N]	載荷高さ h[mm]	底面形状	浮上がり始めの水平変位 $\delta$ ( $H=BV/6h$ )[mm]		最大水平変位 $\delta_{max}$ [mm]		最大水平力 Hmax[N]	
93.88 (鉄板5枚)	50	フラット	0.45	293%	1.79	365%	45.08	118%
		三角形	1.32		6.53		53.41	
160.52 (鉄板9枚)	50	フラット	0.48	96%	2.38	448%	80.85	168%
		三角形	0.46		10.66		135.73	
293.80 (鉄板17枚)	50	フラット	0.61	221%	2.75	285%	148.96	109%
		三角形	1.35		7.83		162.68	
93.88 (鉄板5枚)	112	フラット	1.32	286%	2.90	168%	34.30	94%
		三角形	3.78		4.87		32.34	
160.52 (鉄板9枚)	124	フラット	1.21	229%	2.97	157%	64.19	89%
		三角形	2.77		4.65		57.33	
293.80 (鉄板17枚)	148	フラット	0.18	611%	4.30	95%	66.64	75%
		三角形	1.10		4.09		49.98	

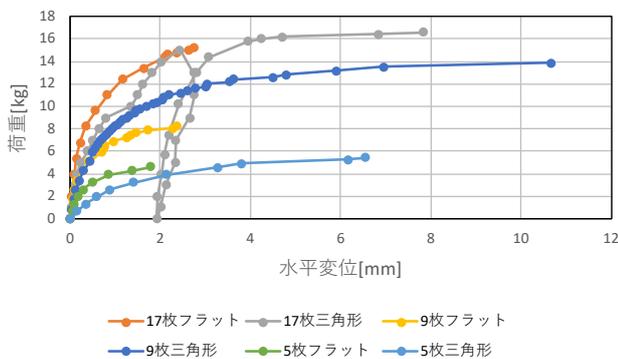


図-2 水平荷重-水平変位関係 (載荷高さ  $h=50\text{mm}$ )

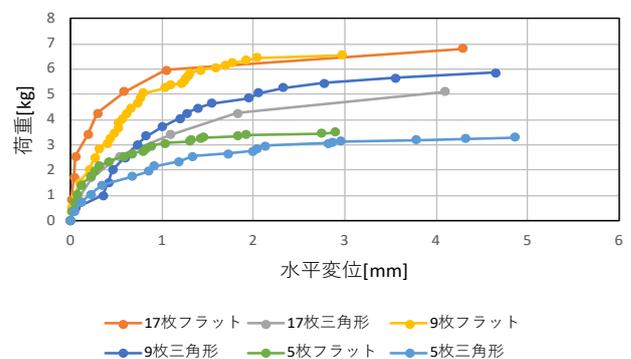


図-3 水平荷重-水平変位関係 (載荷高さ  $h \equiv$  重心高さ)

### 4. まとめ

本研究では、直接基礎の底面形状の違いが地震時抵抗特性に与える影響を、構造物の重量、水平載荷高さに着目して検討した。地震時の現象で考えると、水平力の作用高さが低い構造物(例えば小規模な土留め擁壁等)であれば、直接基礎底面を三角形形状とすることで、小規模地震の発生時には振幅が大きくなる可能性があるものの、想定外の巨大地震の発生時には構造物が転倒しにくくなるという耐震性向上効果が期待できる可能性がある。今後はこれらの改良効果が生じたメカニズムを明らかにするとともに、効果が期待できる範囲を明確にしていきたい。