

III-B 219 バットレス改良地盤の遠心水平載荷実験

清水建設技術研究所 正会員 内山 伸
同 正会員 桂 豊

1. はじめに

根切り山留め工事において、掘削側地盤をバットレス型に地盤改良すれば、受働抵抗の増加により山留め壁や地盤の変形は抑制される¹⁾。実際のバットレス改良体の変形計測から、改良形状による変形抑制の相違をFEM2次元解析で検討してきた²⁾³⁾。しかし、原位置計測の技術的な難しさや再現性の無さから、バットレス型改良体の形状効果など変形抑制メカニズムは未だ明確ではない。そこで今回、遠心場で改良部材を挿入した砂地盤の水平載荷実験を行い、改良体間隔を変化させて改良地盤の変形量と水平増分応力を測定した。その結果、改良地盤への遠心模型実験の適用性を明らかにできたので報告する。

2. 実験および検討方法

図-1はバットレス改良体の利用例である。このような低改良率（10～15%程度）の山留め変形実測値は、改良長 H 、改良幅 B 、改良深さ L をパラメータとする平面解析と断面解析によって変形抑制効果を表現できる³⁾。

今回は、一定改良長 H のもと、間隔 B を変化させてバットレス型改良効果の比較を行った。

図-2は模型土槽の概要および挿入部材と土圧計の配置図である。曲げ変形を無視できる剛性をもつアルミ載荷板で、剛体土槽を仕切り、バットレス改良体を模したアルミ部材（厚さ1cm、縦25cm、横10cm）を取り付けた。厚さ30cmの砂地盤は、豊浦標準砂を用い、空中落下法で作製した。地盤の密度は、約 1.58g/cm^3 （相対密度約80%）であった。載荷板および砂地盤と土槽側壁間の摩擦低減には、メンブレンゴムとシリコンオイルを用いた。

水平土圧の測定は、小型土圧計（ $5,10\text{kgf/cm}^2$ 用）⁴⁾を用いて、バットレス部材端部と隣接アルミ部材の中間部で行った。載荷板の変形は四隅のレーザー変位計、荷重は水平ジャッキ（容量2t）のロードセルで測定した。

実験は、バットレス部材の間隔（枚数）を10cm（5枚）、15cm（3枚）、25cm（2枚）とする3ケースと、比較のために砂地盤のみの1ケース、合計4ケースである。実験手順は、①載荷板を水平ジャッキで固定し、遠心加速度を約38Gまで増加させる。②遠心加速度を38Gに保った状態で水平載荷を行う。載荷速度は 0.5mm/min とした。

図-3はFEM平面解析モデル図である。地盤と改良体を線形弾性体、山留め壁を梁要素とし、外力は等分布荷重とした。

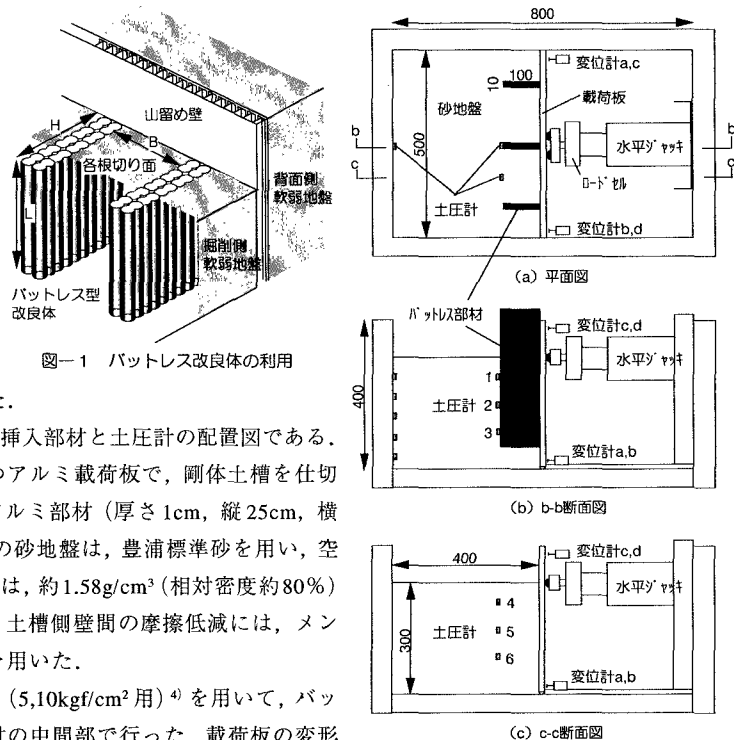


図-1 バットレス改良体の利用

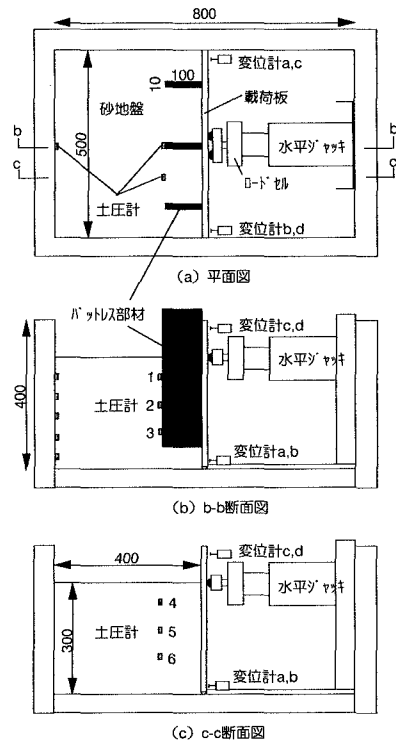


図-2 模型土槽の概要（数値単位mm）

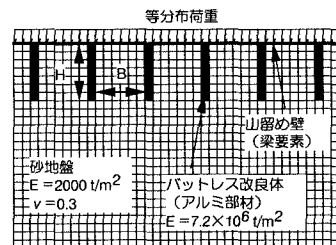


図-3 平面解析モデル

3. 実験結果と考察

図一4は載荷板の変形と水平荷重の関係である。いずれも1G場の値に換算した。パットレス部材の増加により載荷板の変形が減少している。荷重増分に対する変形増分は、歪みレベルが大きくなるほど増加している。

図一5はパットレス部材端部の水平増分応力である。載荷板の回転が直接部材に伝わり、荷重の増加に伴い応力が上昇している。同様に応力増分が顕著となるのは、歪み量が大きい浅い位置であった。

図一6は、同じ実験の、隣接するパットレス部材間の土中の水平増分応力である。パットレス部材の応力負担によって、土圧は全深度で低減されている。図一5、6から換算荷重が30t程度を越えると応力の増加勾配が変化する傾向が見受けられる。これは図一3での最大の曲率位置（換算荷重；30～40t、変形；5cm程度）ともほぼ一致しており、歪みの増加による水平方向地盤剛性の低下と判断できる。

図一7は、パットレス部材の改良間隔と改良長の比（B/H）と、部材挿入による載荷板の変形量低減の関係を示した。実験値は同一荷重レベルで算出した。図中には、弾性FEM平面解析値も示した。実験値、解析値ともにパットレス間隔が広がるにしたがって、変形量は大きくなっている。実験では、 $B/H \geq 2.5$ の範囲では変形抑制効果がほとんど発揮されなくなるが、逆に $B/H \leq 1.0$ では、実験値の変形比は解析値より小さくなる傾向が予測される。この理由として、①部材間隔が狭く（改良率が増加）なると、部材底面の地盤反力が卓越するが、平面解析では反映されない。②部材間隔が広がる（改良率が減少）と土槽壁面摩擦が卓越し、部材による変形抑制効果が相対的に小さくなる、などが考えられる。

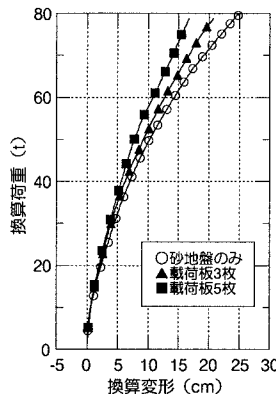
図一8はパットレス部材端部と部材間土中の水平増分応力の比である。実験値はB/Hごとの最大応力比と最小応力比を示した。実験値はばらつきがあるが、全体にはほぼ解析値と対応している。なお、ばらつきの理由としては、土圧センサー部分の突出による過度の応力集中などが考えられる。

4. 結論

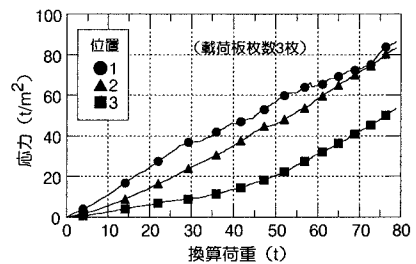
- (1) 遠心模型実験によって、パットレス部材間隔の違いによる変形抑制効果の相違を表現できる。
- (2) FEM平面解析によって、パットレス部材間隔の違いによる変形抑制効果を定量的に表現できる。模型実験では、改良面積が大きくなると底面部の地盤反力が発揮されるので、解析値は安全側の値となる。

参考文献

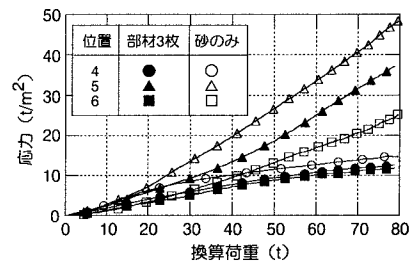
- 1) 加藤, 内山, 桂: 鉄道高架に近接した沖積粘性土の掘削工事, 基礎工, Vol.24, No.3, 1996, pp.95-101
- 2) 内山, 桂: 深層混合処理工法による複合山留め (その1 現場計測と計測結果), 第31回地盤工学研究発表会, 1996
- 3) 内山, 桂: 深層混合処理工法による複合山留め (その2 改良地盤の評価), 第31回地盤工学研究発表会, 1996
- 4) 桂, 内山: 砂地盤中の水平応力 (遠心力場での応力値校正), 第30回土質工学研究発表会, 1995



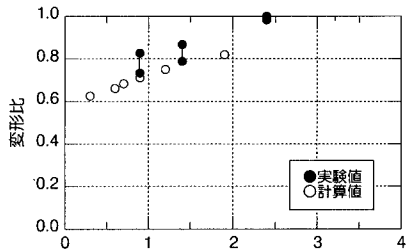
図一4 荷重と載荷板変形の関係



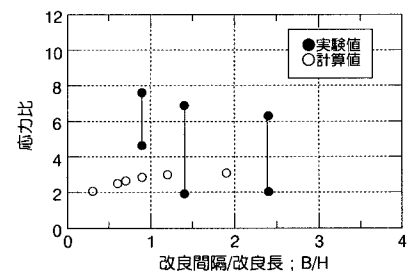
図一5 パットレス部材端部の増分応力



図一6 土中の増分応力



図一7 改良形状と変形比の関係



図一8 改良形状と応力比の関係