

アーチカルバートの鉛直支持力に関する検討

(株)西松建設 正会員 ○川内啓輔

京都大学 正会員 木村亮, 岸田潔

(財)地域 地盤 環境研究所 フェロー 足立紀尚

1.はじめに 埋設施工後、カルバートが安定であるためには、基礎が上載荷重に耐え得る鉛直支持力を発揮せねばならず、基礎の支持力を正確に評価することは重要である。埋戻し式トンネルであるカルバートでは、一般の建築物の基礎とは異なり覆工側方の盛土地盤が存在しているため、それを考慮して支持力を評価する必要がある。また、構造物を安定させるためアウトフーチングあるいはインバートが設置されるが、この場合支持力に対してどの程度の効果が得られるのかを把握しておく必要がある。そこで本研究では、模型実験により盛土地盤および基礎構造形式が、カルバートの基礎の鉛直支持力に与える影響の把握を試みた。

2. 模型実験概要 図-1に本実験で想定するアーチカルバートを示す。同図に示すとおり、基礎の構造形式が、フーチングタイプでアウトフーチングが存在しないものをType-1、アウトフーチングが存在するものをType-2、インバートタイプをType-3とし、いずれのタイプについても、覆工幅 $D = 240$ mm, 覆工坑内の路面高さ 40 mm, 覆工高さ 160 mmのアーチカルバートを想定する。これら3種類のアーチカルバートの基礎構造は図-2に示すとおり、載荷板と仕切り板により、Type-1, 2については片方の脚部、Type-3については両脚部をモデル化した。

地盤材料には、砂質土を想定した直径 1.6, 3.0 mmのアルミ棒を重量比 3:2 で混合したもの(単位体積重量 $\gamma = 21$ kN/m³, 内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$, 粘着力 $c = 0$ kN/m²)を用いた¹⁾。

実験装置を図-3に示す。装置中央部には中間フレームが設けられている。この中間フレームには、ジャッキおよび仕切り板が取り付けられており、仕切り板によって、ジャッキの両外側の地盤高の調整が可能である。ジャッキの先端にはロードセル、載荷板には接触式変位計が取り付けられており、載荷板に作用する鉛直荷重、鉛直変位を計測できる。また、地盤内の变形挙動について検討するため、地盤内にターゲットを挿入し、画像解析によって実験各時点におけるターゲットの座標を求めた。

実験手順は、所定の土被り比(H/D)まで地盤を作成した後、載荷板を沈下させて、所定の沈下量において計測を行う。

実験は、3種類の基礎構造形式に対して、土被り比 $H/D = -0.5, 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ として計 18 パターン行った。

3. 実験結果 図-4, 図-5に支持力と土被り比の関係、支持圧と土被り比の関係を示す。支持力とは、沈下量 20 mmまでに計測された鉛直荷重の最大値であり、支持圧とは、支持力を載荷幅で除した値である。なお、図-4の図中には、根入れ効果を考慮した支持力公式²⁾による算定値を示している。各基礎形式において、破線は、根入れ深さ D_f を坑内路面高(40

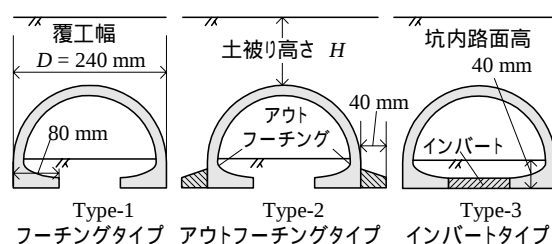


図-1 想定するアーチカルバート

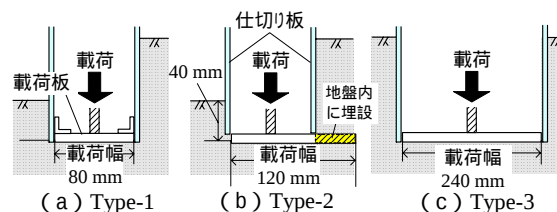


図-2 モデル化された覆工脚部

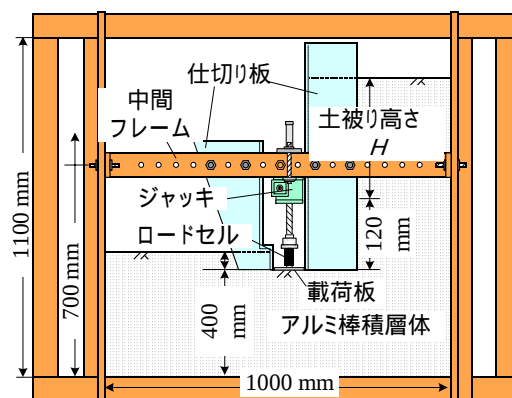


図-3 実験装置

キーワード：鉛直支持力、基礎地盤、アーチカルバート

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-753-5106

mm), 一点鎖線は, 土被り高さ H とした場合の値である. 支持力公式による算定に用いた係数は, $N_c = 30.14$, $N_\gamma = 18.10$, $N_q = 15.67$ である.

図-4, 図-5 より, Type-1, 2 の場合では, 土被り比の増加に伴って, 基礎の支持力は 1.4 ~ 1.6 倍程度大きくなるが, 土被り比が 0.5 以上では土被り比による基礎の支持力の大きな変化はみられない. 一方, Type-3 の場合では, 支持力, 支持圧ともに土被り比の増加に値もなって大きくなる. 基礎構造形式によって比較すると, Type-1 に比べ, Type-2 では支持力は大きくなるが, 支持圧は低下するといえる. これは, 基礎の一部を地盤内に埋設することで, 基礎底面より基礎地盤に作用する鉛直荷重が局所的に大きくなり, 偏心するためであると考えられる. また, Type-1, 2 と比較して, 土被り比 0.0 以上の場合, Type-3 では支持力および支持圧ともかなり大きな値を示す. つぎに, 算定値と実験値を比較すると, Type-1, 2 について, 土被り比 0.0 以上, つまり坑内側と盛土側の地盤高が異なる場合, D_f を坑内路面高で一定とした場合の算定値が実験値に近い値を示す. 一方, Type-3 の場合, 土被り比に伴う支持力の増加を表現できていることから, 実験値を D_f で土被り高さとした場合の算定値が実験値に近いといえる.

図-6 に, 土被り比 2.0, 沈下量 10 mm 時における基礎直下の地盤内部の変位分布図を, 基礎構造形式ごとに示す. 同図より, Type-1, 2 の場合, 坑内側の地盤に変形が卓越しており盛土側にはほとんど変形が生じていない. 一方, Type-3 の場合, 地盤内の変位分布はほぼ左右対称となっており, 基礎直下の地盤が三角形くさびを形成し, 基礎とほぼ同じ変位量で沈下していることがわかる. 以上より, Type-1, 2 の場合では, 坑内側の地盤の変形が卓越していることから, 盛土側の地盤に比べ, 坑内側の地盤は覆工に作用する鉛直荷重に対する抵抗力が弱く, 支持力は坑内路面高に大きく依存する. 従って, 土被り比が 0.5 以上では支持力の増加はみられない. 一方, Type-3 については, インバートの存在によって坑内の地盤は覆工直下の基礎地盤より直接干渉を受けないため, 土被り比の増加に伴い基礎の支持力は増加する.

4. まとめ 本研究より, 基礎構造形式がフーチングタイプの場合, 土被り比が 0.5 以下では, 盛土高さの増加に伴う基礎の支持力の増加はみられるが, 土被り比が 0.5 以上の場合では, 坑内側の地盤の変形が卓越するため, 支持力の増加はみられない. インバートタイプの場合では, 土被り比の増加に伴い支持力は増加する. したがって, 設計において根入れ深さを坑内路面高として支持力を算定すると, インバートタイプにおいては, 支持力を過少に見積もっていると考えられる.

参考文献 1) 足立ら: アルミ棒積層体を用いた降下床実験とその解析に関する研究, 第 23 回土質工学研究発表会講演集, pp.1891-1894, 1988.

2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 下部構造編, 2002.

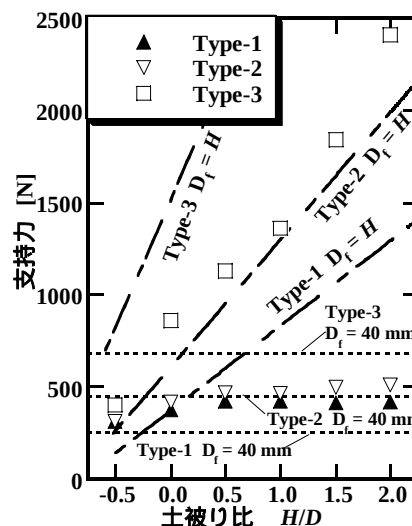


図-4 支持力と土被り比の関係

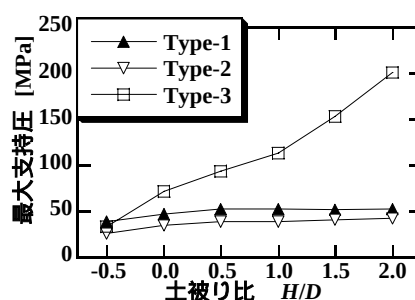
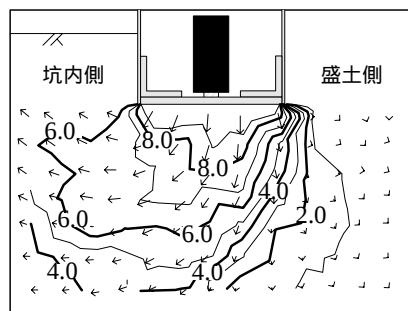
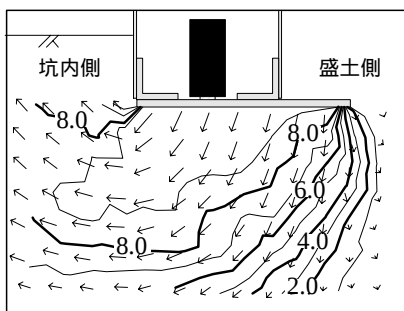


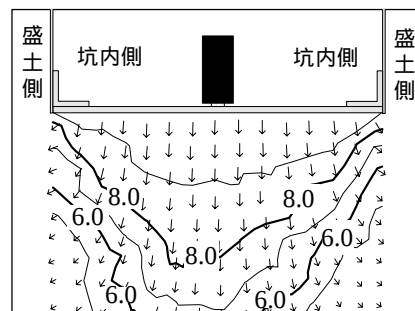
図-5 支持圧と土被り比の関係



(a) Type-1



(b) Type-2



(c) Type-3

図-6 地盤内の変位分布 ($\delta = 10$ mm 時)