

京都大学 学生員 〇川内啓輔
 京都大学 フェロー 足立紀尚
 京都大学 正会員 木村亮, 岸田潔

1. はじめに 一般に、ボックスカルバートは剛な構造物であり、カルバートに作用する鉛直土圧は、カルバート直上の地盤と周辺の地盤の間に相対沈下差が生じるため土被り荷重以上となる。一方、アーチカルバートは軸力による支持特性を有しているため、覆工厚の薄くする事が可能であり、外力に対して一定の変形を許すため、剛性ボックスカルバートに比べ、鉛直土圧は軽減されると考えられている。本研究では、カルバートに作用する鉛直土圧に関する検討を行うため、0 ヒンジアーチ、2 ヒンジアーチ、3 ヒンジアーチおよび剛性ボックスの4種類の覆工模型を用いて、カルバート模型実験を実施した。本稿では、覆工鉛直荷重および覆工の変位についての実験結果を示し、考察を加える。

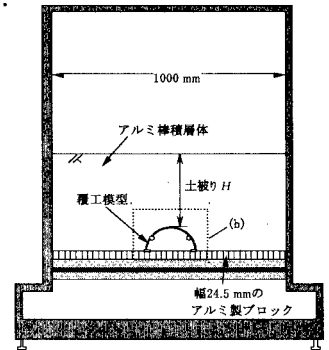
2. 実験概要 **2.1 地盤材料** 砂質土の2次元モデルを想定して、地盤材料には長さ50 mm、直径1.6 mmおよび3.0 mmの2種類のアルミ棒を、重量比3:2で混合したもの（単位体積重量 $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$ ，内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$ ，粘着力 $c = 0 \text{ kN/m}^2$ ）を用いた¹⁾。

2.2 実験装置 実験装置²⁾の概要を図-1に示す。この装置の底面は幅24.5 mmのアルミ製のブロックで構成されており、各ブロックの底面に取付けたロードセルにより、覆工脚部および覆工周辺地山に作用する鉛直荷重を計測できる。

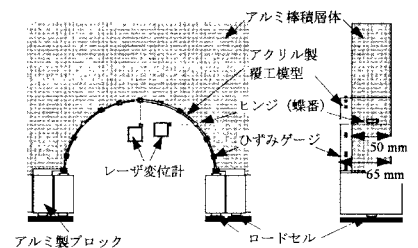
2.3 覆工模型 図-2に本実験で扱う覆工模型の種類を示す。覆工模型として、3種類のアーチカルバート模型および剛性ボックスカルバート模型を用いる。Type-A, B, Cはそれぞれ0, 2, 3 ヒンジアーチカルバートであり、Type-Dは剛性ボックスカルバートである。アーチカルバート模型はアクリル製（弾性係数 $E = 2.5 \times 10^3 \text{ MPa}$ ）で、奥行き65 mm，幅 $D = 200 \text{ mm}$ ，厚さ2 mmの半円筒形状であり、ヒンジ部分は真鍮製の蝶番でモデル化している。また、レーザ変位計により、覆工天端の鉛直変位および肩部の水平変位を計測する。剛性ボックスカルバート模型はアクリル製（弾性係数 $E = 2.5 \times 10^3 \text{ MPa}$ ）で、奥行き65 mm，幅 $D = 200 \text{ mm}$ ，高さ100 mmとして、内部に空洞のないアクリルブロック（剛性カルバート模型）を用いる。

2.4 実験手順 アルミ棒の積み上げは、埋め戻しを模擬している。覆工模型を設置した後、アルミ棒を積み上げる。5 cm積み上げるごとに、荷重と覆工の変位を計測し、覆工天端から80 cmまでアルミ棒積層体を積み上げた後、実験を終了する。

3. 実験結果 土被り比と鉛直土圧係数 α の関係および鉛直土圧係数 α と覆工の種類を図-3に示す。鉛直土圧係数 α は、覆工鉛直荷重を土被り荷重で除した値であり、覆工鉛直



(a) 全体図



【正面図】

【側面図】

(b) 模型周辺の詳細図

図-1 実験装置

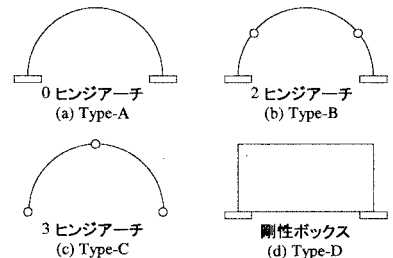


図-2 覆工の種類

荷重は、覆工脚部で計測された鉛直土圧の和とする。土被り荷重は、地盤の奥行きを B として、 $\gamma B \times D \times H$ によって求めた理論値である。

図-3 より、アーチタイプの場合 (Type-A,B,C) , 土被り比の増加に伴い α は増加するが、ある程度増加すると減少し、1.0 に近づく。一方、ボックスタイプ (Type-D) の場合、土被り比の増加に伴い α は増加し、ほぼ一定となり、アーチタイプのそれと比較して大きくなる。

鉛直土圧係数 α の覆工の種類による比較を図-4 に示す。図-4 より、土被り比 0.0, 2.0 における α について、アーチタイプとボックスタイプに明確な差異はみられないが、土被り比 4.0 における α については、アーチタイプの方が、ボックスタイプよりも 10%~20% 程度小さくなる。また、3 種類のアーチタイプを比較すると、Type-A, Type-B の場合と比べて、Type-C の場合では α は小さくなる。

ここで、土被り比と覆工天端の鉛直変位の関係を図-5 に示す。なお、変位は図中の矢印で示す方向を正とする。

ボックスタイプはアーチタイプに比べて覆工の剛性が極めて大きく、図-5 に示すように覆工頂版部の鉛直下方への変位は生じない。さらに、土被りの増加に伴って周辺地盤は鉛直方向に圧縮される。これらのことよりボックスタイプでは、覆工に対して周辺地盤が鉛直下方へと変位するため、覆工直上の地山は鉛直下方へとせん断応力を受け、結果として覆工への鉛直荷重がアーチタイプのそれより大きくなると考えられる。また、アーチタイプについて、図-5 に示すように、Type-C は、Type-A, Type-B と比較して覆工が鉛直方向に大きく変位する。このため、覆工直上の地山と周辺地盤との相対沈下差が小さくなり、覆工直上の地山が受けるせん断応力が小さくなる。このため、Type-A, Type-B の場合に比べ、Type-C の場合では、覆工への鉛直土圧が小さくなると考えられる。

4. まとめ カルバートに作用する鉛直土圧は、土被り荷重よりも大きくなるが、たわみ性アーチカルバートに作用する鉛直土圧は、覆工に変形を許すことによって周辺地盤から受けるせん断応力を緩和し、剛性ボックスカルバートのそれよりも小さくなる。また、0, 2 ヒンジアーチに比べ、3 ヒンジアーチは覆工の変形が大きく、覆工作用する鉛直土圧は、0, 2 ヒンジアーチのそれよりも小さくなる。

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) 足立ら：落とし戸実験における土圧分布，第 29 回土質工学研究発表会講演集，pp.1989-1992，1994。

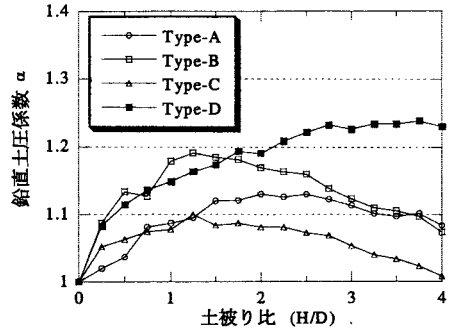


図-3 土被り比と鉛直土圧係数 α の関係

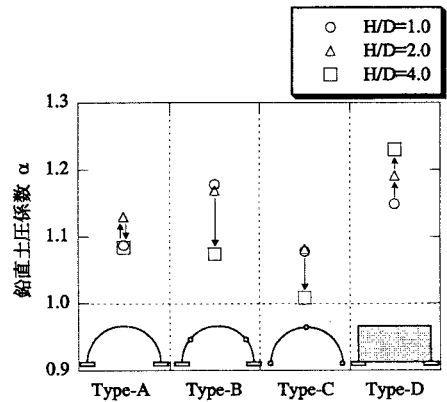


図-4 覆工の種類による比較

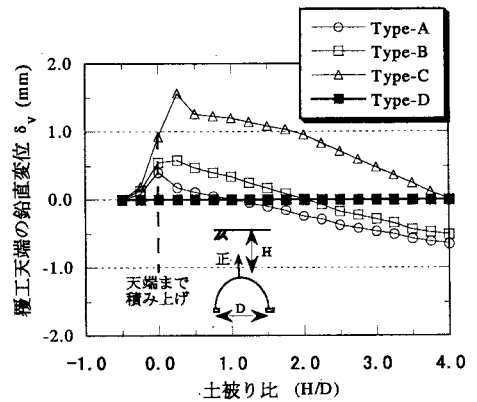


図-5 覆工天端の鉛直変位の推移