

V-381 アスファルト舗装を介して載荷される矩形管の力学的挙動

茨城大学大学院 学生会員 三井雅一
 茨城大学 正会員 福沢公夫
 茨城大学 正会員 沼尾達弥

1. まえがき

矩形管（遠心力締固めボックスカルバート）は、道路面と矩形管上部を同一とする設置方法のほかに管を道路舗装表層の下に設置する場合がある（道路横断時）。この場合、矩形管上部の舗装の存在により載荷荷重が分散され、直接載荷する条件より管への影響は緩和される。本研究では、まず、多くの設計指針において 45° とされているアスファルト舗装中での応力分散角度 ϕ を計測し、3次元有限要素法（FEM）解析を行った。次に、矩形管上部にアスファルトを設置し輪荷重載荷試験を行い、実際の力学的挙動を計測し、3次元FEM解析にて矩形管の挙動を表現できることを示した。

2. アスファルトの応力分散

(1) 実験方法および結果

27×27×5cmのアスファルトを用い、載荷面積、載荷速度、および載荷持続時間を変化させるときの載荷試験を行った。載荷最大応力は、連続した載荷試験によるアスファルトへの影響を考慮し20tの輪荷重を想定し 8kgf/cm^2 とした。応力分散状態を計測するためにアスファルトの下に圧力測定フィルムを設置した。そのフィルムの発色から分散範囲を測定し応力分散角度 ϕ を求めた。その応力分散角度の定義を図-1に示す。なお、アスファルトの下には矩形管を模擬して管と配合が同一なコンクリートを置き計測を行った。同時に試験ではFEM解析で用いるヤング率を求めるため全面載荷を行い、鉛直方向の圧縮変化を計測した。その結果、アスファルトのヤング率は $5.28 \times 10^4 \text{kgf/cm}^2$ となった。

(2) 解析詳細および実験値との比較

解析には3次元FEM弾性解析を行った。解析モデルを図-2に示す。解析では、応力 8kgf/cm^2 を与え、感圧紙の測定下限値が 2kgf/cm^2 であることから、その値のでている部分までを応力分散の生じている範囲と定めた。表-1に実験と解析で得た平均分散角度 ϕ を示す。また、載荷面積が $15 \times 15\text{cm}$ の場合の実測、解析の比較図を図-3に示す。表-1で分かるように $20 \times 20\text{cm}$ の載荷以外の実験、解析ともに 65° 前後の値をとっている。 $20 \times 20\text{cm}$ の実験がうまく値をとれなかった詳細については割愛する。

(3) 考察

本研究で扱った載荷要因では、分散角度にはそれほど変化は見られなかった。これは、言い換えれば分散は載荷要因にはそれほど影響がない。以上のことより、アスファルト舗装は、現在設計をする上で広く用いられている分散角度 45° より実際は大きく、地下埋設構造物にとって、より応力の集中度が大きく、厳しいことが分かる。

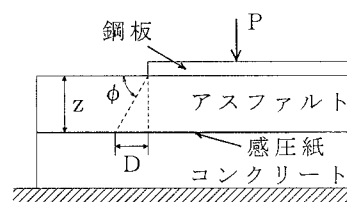


図-1 応力分散角度

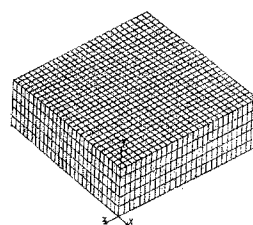


図-2 解析モデル

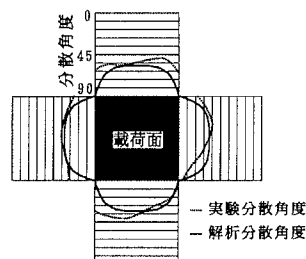


図-3 応力分散角度比較図

表-1 分散角度比較

(単位: deg)

載荷面積 (cm, cm^2)	平均分散角度 ϕ	
	実験	解析
20×20, 400	78.04	61.34
15×15, 225	59.18	63.49
10×10, 100	61.46	67.52

3. アスファルトを施した矩形管の挙動

(1) 試験方法

内径60cmの矩形管を用い、アスファルトは厚さ5cm、10cmを用い、さらに、その2枚を重ねることにより15cmを表現した。そのほか、直接管に載荷する場合も行い4通りのアスファルト厚の試験を行った。載荷方法は図-4に示す。載荷は自動車荷重、T-25の後輪片輪を考慮し10tとした。また、測定は管内外面のひずみ、管内径の鉛直方向の寸法変化を計測した。アスファルトの底面に接する部分のひずみゲージの保護のため、薄いモルタル層を施した。ひずみゲージ、変位計の配置を図-5に示す。

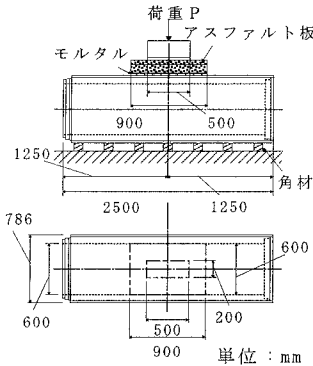


図-4 載荷方法

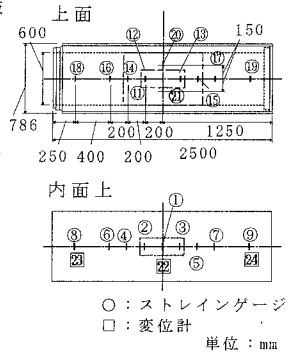


図-5 各測定器の配置

(2) 解析方法

解析には前章で用いた3次元有限要素法解析を使用した。解析モデルは、アスファルトの厚さを試験に合わせ0、5、10、そして15cmのものを作成した。また、載荷位置が管の中央部であることと管が管軸方向に対して対象構造であることから解析モデルは図-6のような1/4のカットモデルを採用した。カットした面の連続性を考慮し切断した面は、垂直方向のみ固定とする拘束条件を設定した。これまでの研究に基づき、ヤング係数を小さく定義した土層要素を管の下に設置した。解析で与えたアスファルトのヤング係数は前節の試験で得たものを使用した。

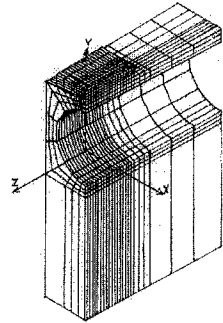


図-6 解析モデル

(3) 実験・解析結果の比較及び考察

図-7に、アスファルト厚5cm、15cmに実験結果と解析結果との比較図を示す。この図は、管の中央の管軸直角方向の内外面のひずみを表している。図-8は、アスファルト厚が変化するときの管への影響を示す図である。図-7から実験値と解析値はよく一致していることが分かる。この傾向は、ほかの計測点についても同様であり、解析は実際の挙動を十分表現しているといえる。また、図-8からアスファルト厚が厚くなるにつれひずみが小さくなる、つまり管への影響が緩和されることが表現できている。

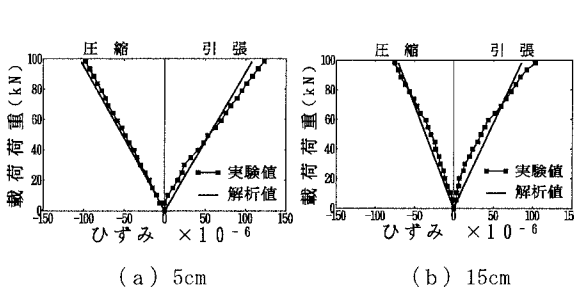


図-7 実験と解析の比較

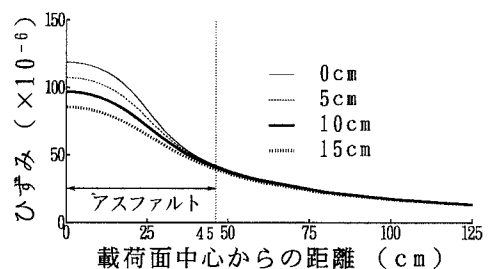


図-8 アスファルト厚による比較（解析）

4. 結論

(1) 応力分散の状態を表現する応力分散角度は、これまで設計において45°とされてきたがアスファルト舗装においては約65°になることが分かった。

(2) FEM解析において、アスファルトの応力分散を表現できることを明らかにした。

(3) アスファルト厚により管の応力緩和される挙動を確認でき、FEM解析においても表現できた。