

## 車両荷重を受ける地下構造物の二次元有限要素法解析

早稲田大学

学生会員 ○香西 達朗

早稲田大学

フェロー

清宮 理

国土交通省

正会員

中道 正人

関西空港用地造成(株)

正会員

田端 竹千穂

**1. はじめに** 現在の地下構造物の設計法は静的解析に基づいた線形弾性理論を用いており、車両、航空機等が走行する際の動的な影響を直接的に考慮していない。そこで、本研究では動的車両荷重による地下構造物(共同溝)での応力やひずみの応答を、重ダンプトラック(46tDT)の載荷試験(写真-1)を行って調べた。また動的および静的の有限要素法解析を行い計測との比較を行った結果について報告する。

**2. 共同溝の概要** 関西空港内に設置した共同溝は鉄筋コンクリート製で高さ3.6m、幅7.8mである。また、周辺地盤は岩ずりによる埋め戻し土である。周辺地盤の平均的なヤング係数は $E=2,161\sim 29,700\text{kN/m}^2$ 、 $N$ 値は10程度である。地表面はアスファルト舗装されており、共同溝の土かぶり厚は1.8mである。共同溝の壁内の鉄筋にひずみ測定用のゲージを取り付けた。この配置状況を図-1に示す。本共同溝には将来的に航空機荷重が作用するが、試験段階として重ダンプトラック(46tDT)コマツHD465-7(タイヤの数：前輪2個、後輪4個)をこの共同溝のアンダーパスの直角方向に、10km/h程度で走行させ移動荷重の影響を調べた。表-1に重ダンプトラックの空荷と砂利を積載した時の載荷軸重の実測値を示す。

**3. 解析モデル** 有限要素法解析(解析ソフトSOLVIA)を用いて地盤・共同溝を線形モデルとして扱う。要素モデルはPLANE要素およびSPRING要素を使用する。また、共同溝と地盤の材料特性は表-2の値を用い、モデル化の解析範囲は幅7.8m、高さ5.4mとする。総要素数は3814個である。境界条件は、側面・底面のSPRING要素節点をすべての方向において固定とする。ばね定数は道路橋示方書に示される式から求めた。地盤モデルの上面に荷重を載せるとき、荷重は節点に載ったときのみ作用し、節点間(要素の上)に載っても作用しない。そこで、タイヤの接地面積をもとに、タイヤにかかる載荷軸荷重をそのタイヤが地盤モデルに載る接点の数だけ等しい大きさの集中荷重に分け、輪荷重の離散化を行った。荷重は表-1に示す載荷軸重実測値を用い、輪荷重の離散化の概念を図-2に示す。この荷重を地表面上の水平方向に移動させた場合(動的)と共同溝上部に静置した場合(静的)の解析を行う。動的解析はNewMark- $\beta$ 法で行い計算間隔は0.018秒とした。



写真-1 46tDT載荷試験状況

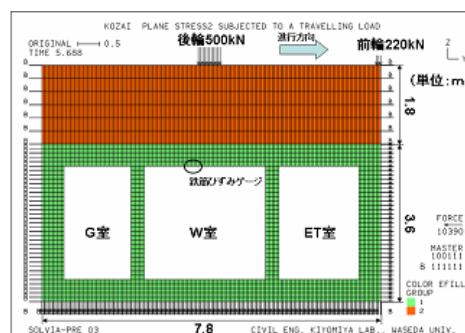


図-1 鉄筋ひずみゲージの位置

表-1 載荷軸重実測値

|          | 46tDT   |         |
|----------|---------|---------|
|          | 空荷      | 積載      |
| 前輪荷重(kN) | 200     | 270     |
| 後輪荷重(kN) | 220     | 500     |
| 総荷重(kN)  | 420     | 770     |
| 接地面積(mm) | 400×650 | 500×650 |

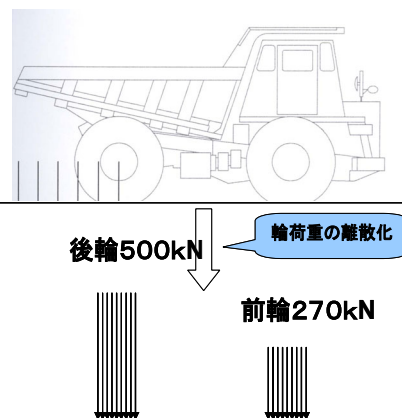


図-2 車両荷重の離散化

表-2 共同溝、地盤の材料特性

|     | ヤング係数 $E(\text{N/m}^2)$ | ポアソン比 $\nu$ | 密度 $d(\text{kg/m}^3)$ |
|-----|-------------------------|-------------|-----------------------|
| 共同溝 | $3.5 \times 10^{10}$    | 0.2         | 2500                  |
| 地盤  | $1.4 \times 10^8$       | 0.49        | 2000                  |

キーワード 輪荷重、共同溝、現地計測、有限要素法解析、空港施設

連絡先

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 社会環境工学科 清宮研究室 TEL03-5286-3582

**4. 解析結果** 後輪が上床板中央に載ったときの地盤と共同溝の変位の状況を図-3に示す。また、中央の上床板の軸ひずみ  $\varepsilon_{yy}$  の値の動的・静的解析比較を図-4に示す。動的・静的とではほとんど違いが見られなかった。構造物の振動の影響が殆どない事、荷重速度が遅い事が原因と考えられる。上床板上(W室上側)の鉄筋ひずみゲージにおける  $\varepsilon_{yy}$  測定値と解析値の時刻歴を図-5に示す。トラックが共同溝から離れた箇所にあるとき圧縮域にあるがトラックが、上部に来たとき測定値が  $10.2\mu$ 、解析値が程度の  $14.3\mu$  の最大引張ひずみが発生している。両者のひずみの波形がほぼ同じ形になった。この解析モデルから求めた速度と最大ひずみの関係を図-6に示す。10km/h~100km/hまでは速度にほぼ比例して最大ひずみは大きくなった。今回の設定条件で従来の設計法で計算される鉄筋ひずみの最大値は  $85\mu$  であり現地観測値と比較すると従来の設計法がかなり安全側の設定となっている。衝撃係数、荷重分散の状況、走行速度などを考慮して合理的な設計法の検討が考えられる。

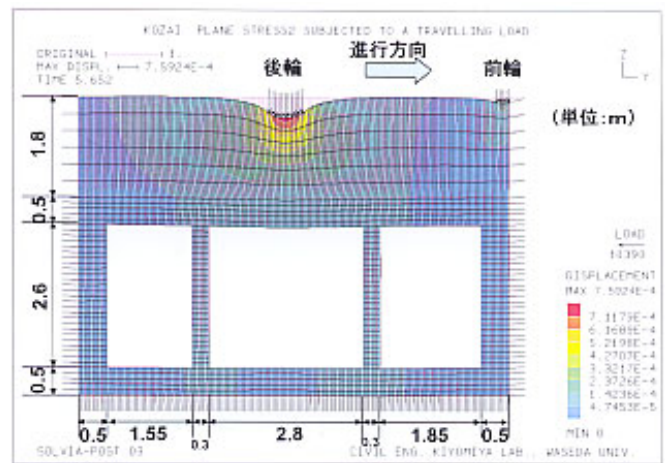


図-3 解析モデルと変位の状況

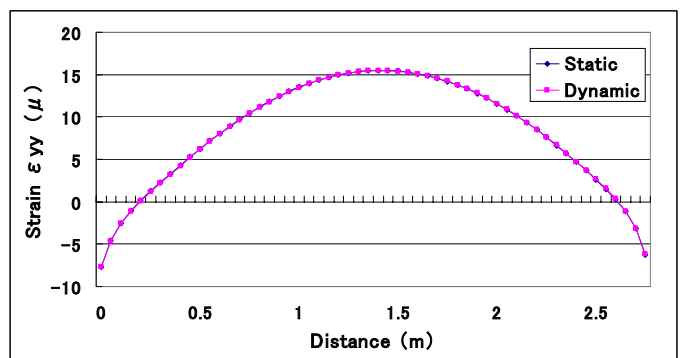


図-4 中央の上床板の  $\varepsilon_{yy}$  値の動的・静的解析比較

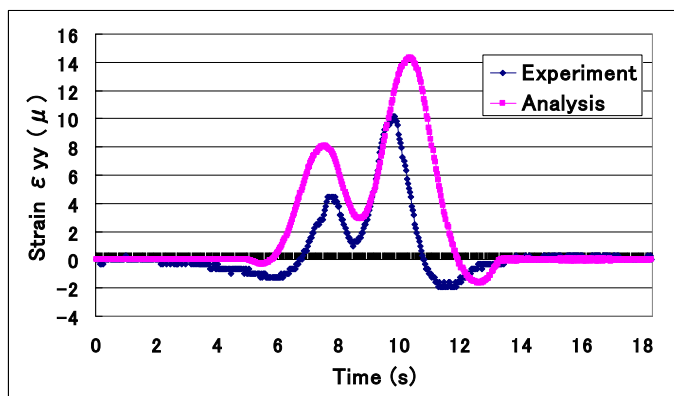


図-5 上床板中央鉄筋ひずみゲージにおける  $\varepsilon_{yy}$  測定値と解析値の時刻歴比較

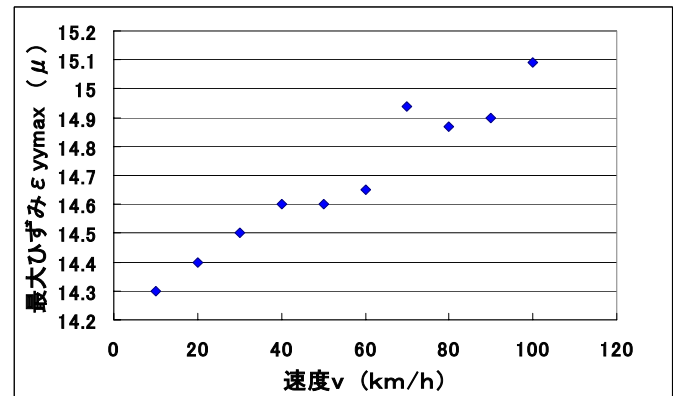


図-6 速度と最大ひずみの関係

**5. 結論** 本研究は、航空機(車両)荷重を受ける地下構造物の挙動を解明するための基礎的な解析である。現地測定と有限要素法の結果より、以下の結論が得られた。

- ①46tDT を 10km/h で走行したとき、共同溝に発生する最大ひずみ量は  $15\mu$  程度と小さい値であった。コンクリートのひび割れの発生や鉛直変位はほとんど見られなかった。今回の条件ではトラックを静止した静的条件と走行させた動的の応答の違いはなかった。
- ②共同溝の各箇所での解析結果と測定結果のひずみの時刻歴を比較すると、ピーク時の値は多少異なっていたが、波形は良く類似していた。
- ③速度と最大ひずみの関係より、共同溝への危険速度、舗装面の凹凸などから考慮される衝撃係数を設定するまでにはいたらなかった。

**6. 参考文献** 1) 清宮 理: 構造設計概論, 技報堂出版, 2003. 12, 2) 鹿島建設土木設計本部編: 改訂版 基礎構造物/地中構造物, 鹿島出版会, 1998. 7, 3) 社団法人 日本道路協会: 道路橋示方書 (I 共通編・III コンクリート橋編)・同解説, 2002. 3, 4) 社団法人 日本道路協会: 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説, 2002. 3, 5) 財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター: 空港排水施設・地下道・共同溝設計要領, 2006. 8.