

## 車両荷重を受ける空港内地下通路の三次元有限要素法解析

早稲田大学	学生会員	綱川 悠
早稲田大学	フェロー	清宮 理
国土交通省	正会員	中道 正人
関西国際空港(株)	正会員	瀬口 均

**1.はじめに** 現在の地下構造物の構造設計法は二次元静的解析に基づいた線形弾性理論を用いており、輪荷重は地盤内に45度分散させた等分布荷重に置換している。よって車両、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。より合理的な設計を行うためには構造物の三次元挙動と荷重の分散性状を把握する必要がある。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値と既往設計法との比較を行った結果について報告する。



写真-1 46tDT載荷試験状況

**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。

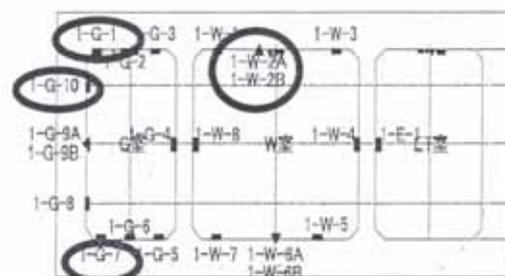


図-1 鉄筋ひずみゲージの位置

**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。まず解析モデル1について、要素モデルSOLID要素を使用する。解析モデル2について、要素モデルはSOLID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の値を用いて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10956個と14810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、荷重は要素の面外当分布荷重として作用させた。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-法で行い計算間隔は0.1080秒とした。

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

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	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

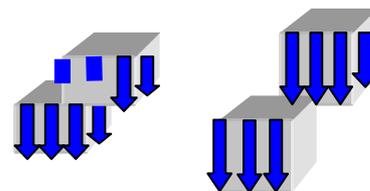


図-2 車両荷重の離散化

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 早稲田大学創造理工学研究科清宮研究室 TEL03-5286-3582

**4. 解析結果** 図5に既往の設計法との比較を示す．既往の設計法は奥行き1mに換算された40kN/mの等分布荷重で4.2mの分布幅である．中央は，等分布荷重が重なり80kN/mとなっている．一方有限要素法分散は，集中荷重的に作用し，中央部分は設計値より低い値になっている．中央の上床板の軸ひずみ  $yy$  の値の動的・静的の解析比較および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～40km/hまでは速度の影響はほとんど見られなかった．構造物の振動の影響が殆どない事，荷重速度が遅い事と舗装版が現状では平滑である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  $yy$  測定値と解析値の時刻歴を図7に示す．

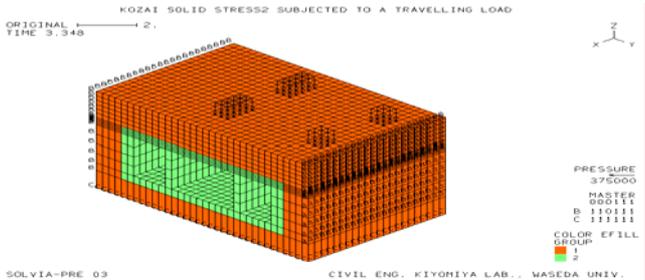


図 - 3 解析モデル1



図 - 4 解析モデル2

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8.2 $\mu$ ，解析値が7.8 $\mu$ の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．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．また航空機はLA-0で1基の輪荷重は1873kNであり将来航空機が走行しても大きなひずみは発生しないと予想された．

衝撃係数，荷重分散の状況，走行速度，舗装面の状況などを考慮して面の状況などを考慮して合理的な設計法の検討が考えられる．

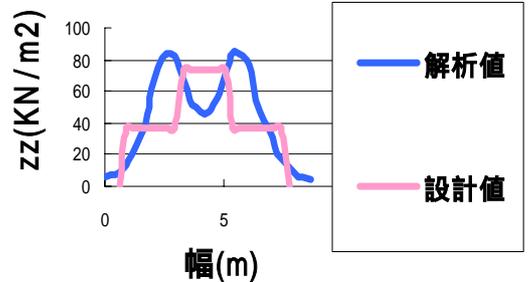


図 - 5 後輪の荷重形(断面)

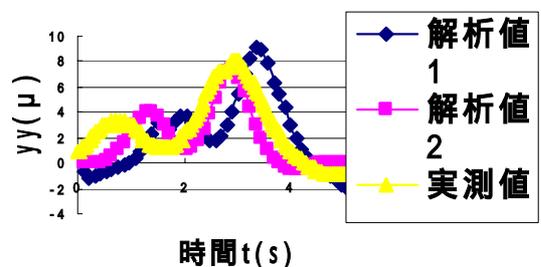
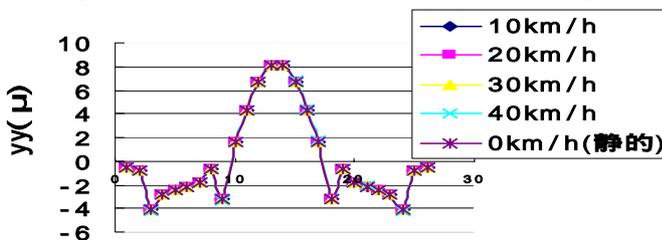


図 - 6 中央の上床板の軸ひずみ  $yy$  の値の動的・静的の解析比較      図 - 7  $yy$  の測定値と解析値の比較

**5. 結論** 本研究は，航空機（車両）荷重を受ける空港内の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．現地測定と三次元有限要素法の結果より，以下の結論が得られた．

輪荷重の1.8mの深度での地盤内の分散は，有限要素法ではあまり分散せず集中荷重的であった．

46tDT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10 $\mu$ 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．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．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ひずみの応答の大きな違いはなかった．また10-40km/h走行によるひずみの値の増加は有限要素法解析では見られなかった．

**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) 土木学会第63回年次学術講演会 NO.6-293，2008.9