

Ⅲ-665

航空機荷重によるトンネル挙動の解析

運輸省第二港湾建設局 正会員 塩見 雅樹
同 上 正会員 佐々木義昭
同 上 酒瀬川親浩
日本ソールドエンジニアリング(株) 正会員○ 蘭 康則

1. はじめに

滑走路下に埋設された管路には航空機の運行に伴い巨大な荷重が繰り返し作用する。この荷重条件下の管路挙動の実態を把握すべく、東京国際空港沖合展開事業の一環である排水シールドトンネル工事において挙動観測を行った。本報告は、この観測結果をもとに数値解析を行い、航空機荷重とトンネル挙動の関係を検討したものである。

2. 観測結果

観測の対象である排水シールドトンネルは図-1に示すように、現B滑走路下を約8mの土被りで直角に横断するものである。その構造は平板型RCセグメントを使用した桁高185mm、外径D=3170mmの一次工工のみの双設トンネルである。観測は先行トンネルにおいて行い、航空機の種類位置を考慮し滑走路中央直下、中央から6m離れ

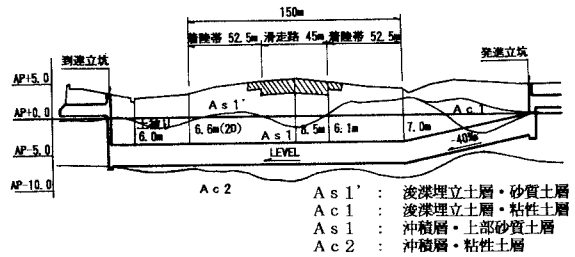


図-1 トンネルの概要

表-1 観測結果

航空機分類	航空機重量	断面変形量(平均)	サンプル数
大型機(B747等)	272t	0.092mm	11件
中型機(B767等)	152	0.054	23
小型機(B737等)	50	0.013	3

および12m離れの3か所を観測断面として航空機通過時のトンネル内空変位を測定した。この観測により37件のデータが得られている¹⁾。航空機通過

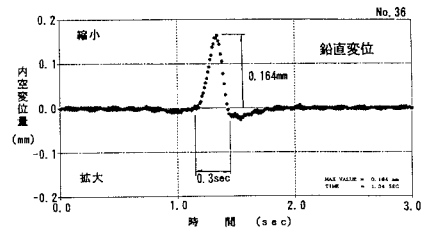


図-2 断面変形の発生状況

過時のトンネルの断面変形は約0.3秒間の瞬時に生じており、その状況を図-2に示した。また、発生する断面変形量の最大値について整理した結果を表-1に示した。さらに3か所の観測断面での測定値より、航空機荷重の影響範囲は滑走路中央より16m程度、分散角度では約62度との結果が得られている。

3. 解析

(1) 3次元FEM解析

航空機荷重が載荷されたトンネルの状態を確認するために3次元FEMを用いて解析を行った。モデルは図-3に示すものを使用し、荷重は実際の航空機荷重を表現するために集中荷重72tfを2か所に載荷した。この荷重および載荷位置は観測件数の最も多い中型機の脚重量および脚位置を使用している。またトンネルは桁高185mmの円筒としてモデル化した。その他の諸定数は図-4に示すものを使用した。解析の結果、トンネルの断面変形量について整理したものが表-2である。

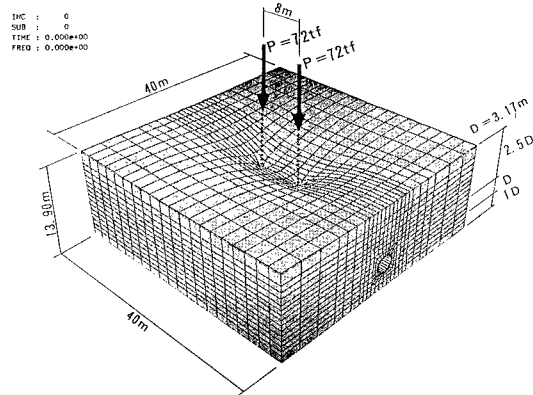


図-3 FEM解析モデル

観測値に比較してはほぼ同程度のものが得られた。また図-5はトンネル断面変形量と荷重位置との離れの関係を整理したものであるが、概ね観測結果を表現できていると考えられる。これら解析結果は観測値をやや上回る傾向にあるが、これはモデルの境界条件等が影響し

たものと考えられる。なお、この時にトンネルに作用している地中鉛直応力は滑走路直下のトンネル天端で約 0.8tf/m^2 であった。

（2）梁ばねモデルによる解析

梁ばねモデルを用いて観測値（トンネル断面の変形量）の表現を試みた。解析モデルは図-6に示すものとし、鉛直荷重を変化させて観測値と整合する値を検討した。側方荷重の $Ph1$ は鉛直荷重に設計と同じ側方土圧係数を乗じた値とし、荷重分散を考慮して深度方向に減衰する荷重形状とした。荷重の減衰は設計で 사용되는航空機荷重による鉛直方向地中応力の減衰勾配を用いた。その他の条件は表-3に示すものを用いている。なお曲げ剛性有効率 η はトンネル径およびセグメント分割数を考慮して $\eta=0.8$ とした。この結果、鉛直荷重は $P_v=0.2\text{tf/m}^2$ との結果が得られた。 $\eta=1.0$ とした場合には $P_v=0.3\text{tf/m}^2$ となる。この荷重値はFEM解析での値に比較して3～4割程度の値である。

4. まとめ

航空機荷重によるトンネルの挙動は3次元FEMを用いることによって概ね表現できたと考えられる。しかしこの様な問題を考える度に3次元FEM解析を実施することは決して最善の方法とはいえない。梁ばねモデルを用いるのが最も適当と思われるが、今回の解析では、上載荷重を実際の作用荷重の3～4割程度に低減しなければならない結果であった。この原因の一つとして、トンネルの梁としての変形拘束の効果が梁ばねモデルに含まれていないことが考えられる。今後はこの影響を梁ばねモデルでどのように表現するかを検討してゆく必要がある。

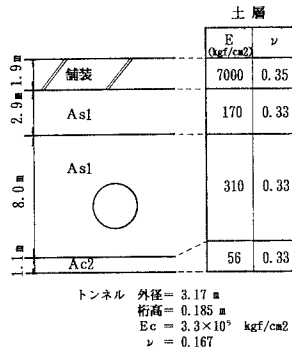


図-4 FEM解析条件

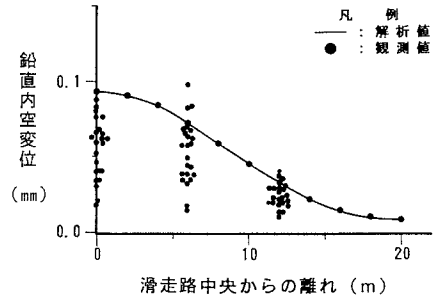


図-5 解析結果と観測値の比較

表-2 FEM解析結果

位置	内空変位 (mm)	
	解析値	計測値
滑走路中央	0.094	0.054
6 m 離れ	0.073	0.054
12 m 離れ	0.033	0.024

表-3 梁ばねモデル解析条件

解析条件
- トンネル $D=1.495 \text{ m}$ $E=3.3 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ $I=5.28 \times 10^4 \text{ m}^4$ $\Lambda=0.185 \text{ m}^2$ - 側方土圧係数 $\lambda=0.55$ - 地盤反力係数 $k=0.5 \text{ kgf/cm}^3$

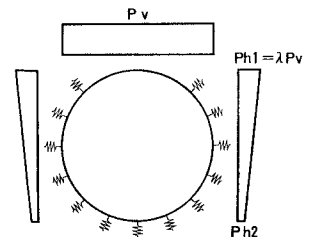


図-6 解析モデル

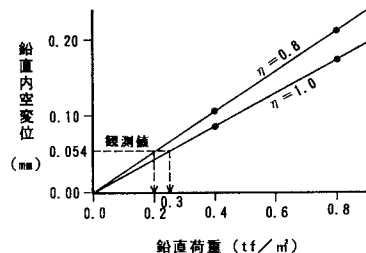


図-7 解析結果

参考文献 1) 飛行機荷重によるトンネルの挙動について、酒瀬川親浩・塩見雅樹ら。

第22回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、1995年 3月