

センターランプ式トンネルの三次元地震時挙動における三次元効果について（その2）

首都高速道路(株) 正会員 波津久 毅彦, 土橋 浩
 鹿島建設(株) 正会員 大保 直人, 山田 岳峰, 伊丹 洋人, 森口 敏美
 東京工業大学 正会員 市村 強
 東京大学 正会員 堀 宗朗

1. まえがき

首都高速中央環状線山手トンネルのセンターランプ式トンネルを対象に、筆者らは大規模三次元地震応答解析を実施し、ランプトンネルの地震時三次元挙動に係わる検討している^{1)~3)}。既報²⁾では、トンネル軸直角方向にレベル1地震動を入力した際に、分合流部断面とランプトンネル単独断面の二断面对して、三次元モデルと二次元モデルの応答を比較し、ランプトンネルの地震時挙動における三次元モデルの効果（三次元解析で定量評価が必要とされる挙動）について考察した。本報では、レベル2地震動を入力した場合のセンターランプ式トンネルの地震時三次元挙動に対して、同様な比較を行い、三次元効果について検討する。

2. 三次元地震応答解析

センターランプ式トンネルの大規模三次元モデルを図-1に示す。ランプトンネルの地震時挙動を効果的かつ効率的に評価するため、実際の地盤～構造物系を簡素化したモデルとしている。同モデルを用いて様々な設計用地震動を入力した三次元地震応答解析を実施し、図-2に示す解析結果を得ている。なお、解析は等価剛性を用いた擬似非線形三次元動的 FEM 解析で、解析精度を保証する上限値は 4Hz とし³⁾モデル化した。同図は、トンネル軸直角方向にレベル1地震動(L1-B-2地震波)とレベル2地震動(T1-B-2地震波)を入力した場合の表層地盤の相対変位が最大になる時のトンネルの応答変位を示した。レベル1地震時に比べ、レベル2地震時は応答が大きく、特にランプトンネルの変形モードが複雑になることが分かる。本報では、レベル2地震動の応答について二次元解析と比較し、三次元効果を分析、考察する。

3. 二次元地震応答解析との比較

ランプトンネルの構造がトンネル軸方向に変化する5断面を選定し、二次元解析と三次元解析を比較した。選定した断面のモデル寸法、境界条件、解析定数などの解析条件は、二次元解析及び三次元解析とも同一とした。表-1に選定した断面の位置を示す。

ランプトンネル躯体の隅角部の応答変位の比較を図-3に示す。隅角部の応答変位は、断面(a)～断面(b)のランプトンネルが深い部分でほぼ一致するが、トンネルが浅くなる断面(c)～断面(d)では一致しない。特に表層地盤での断面(d)と断面(e)で差異が顕著になる。例えば、断面(e)における正側最大の変位を比較すると、二次元解析の15.3cmに対し三次元解析は20.4cmとなり、二次元解析は三次元解析の約25%過小評価となっている。同様に、断面(d)において比較すると、約11%過大評価となっている。一方、負側の最大変位を比較すると、断面(e)では二次元解析の-18.6cmに対し三次元解析は-16.3cmとなり、二次元解析は三次元解析の約14%過大評価となる。しかし、断面(d)では約5%程度の過小評価となり、二次元解析と三次元解析との大小関係は反転している。また、応答変位の発生時間(位相)も二次元解析は三次元解析と異なっている。

ここで、自由地盤の応答が最大となる $t=3.46$ 秒の時点の断面(d)における二次元解析と三次元解析のランプトンネルの変形状況を図-4に示す。応答変位の時刻歴から類推されるように、ランプトンネルの応答変位は二次元と三次元で異なっているが、断面の変形モードは相似していることが分かる。当該断面についてランプトンネルの上下床版間の層間変位を比較した結果を図-5に示す。ランプトンネルの層間変位は、応答変位

キーワード 大規模, 三次元, 地震応答解析, ランプトンネル, 三次元効果

連絡先 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-6-2 首都高速道路(株)東京建設局 波津久毅彦 TEL03-5320-1665

と同様に、二次元解析と三次元解析とでは、ピーク値及び発生時間とも一致していない。

4. あとがき

レベル1地震動を対象とした既報²⁾の検討結果と同様に、レベル2地震動でも二次元解析と三次元解析でトンネルの応答値が異なることが分かった。今後、発生応力や断面力レベルでさらに検討を実施し、三次元効果がトンネルの設計諸量に及ぼす影響を確認する予定である。

参考文献

- 1) 市村強, 土橋浩, 落合栄司, 山田岳峰, 伊丹洋人, 大保直人, 森口敏美, 堀宗朗, センターランプ式トンネルを対象とした三次元地震時挙動の検討概要と解析手法の開発, 第42回地盤工学研究発表会, pp.1615-1616, 2007年。
- 2) 波津久毅彦, 土橋浩, 大保直人, 山田岳峰, 伊丹洋人, 森口敏美, 市村強, 山木洋平, 堀宗朗, センターランプ式トンネルの三次元地震時挙動における三次元効果, 第61回土木学会年次学術講演会, 2007年。
- 3) 波津久毅彦, 土橋浩, 大保直人, 森口敏美, 山田岳峰, 伊丹洋人, 市村強, 堀宗朗: センターランプ式トンネルを対象とした三次元地震時挙動の評価—様々な入力地震動に対するトンネルの応答評価—, 第43回地盤工学研究発表会, 2008年(投稿中)。

表-1 断面位置

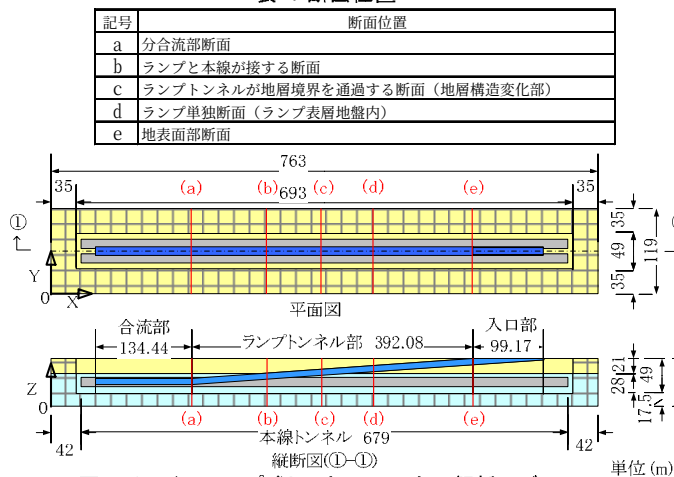


図-1 センターランプ式トンネルの三次元解析モデル

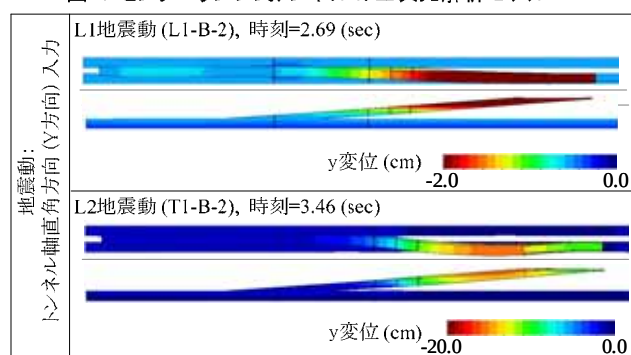


図-2 三次元地震応答解析結果

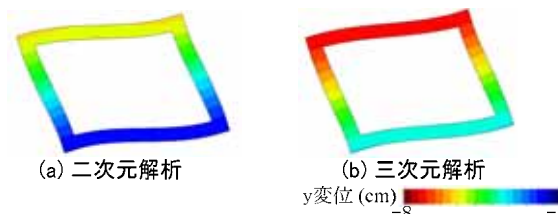


図-4 自由地盤第1層相対変位最大時におけるトンネル変形状況の比較 (ランプ単独断面、時刻=3.46 sec)

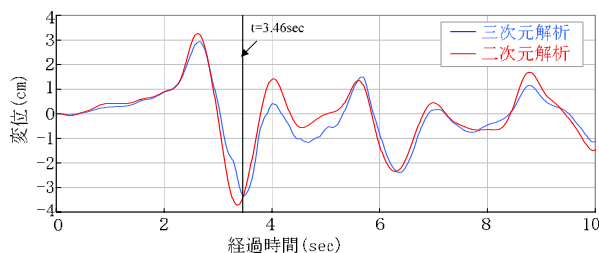
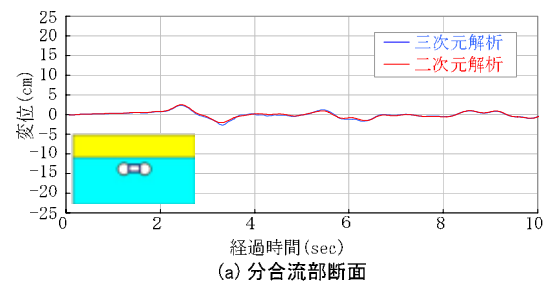
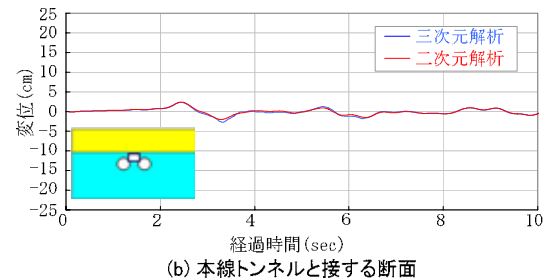


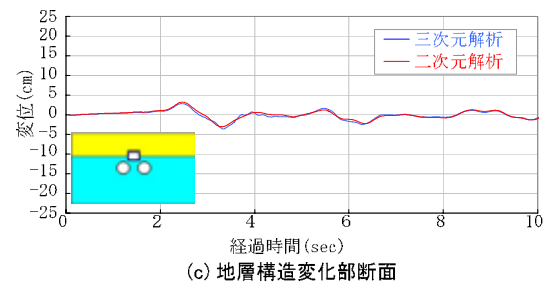
図-5 ランプトンネル上下床版間の層間変位の比較(ランプ単独断面)



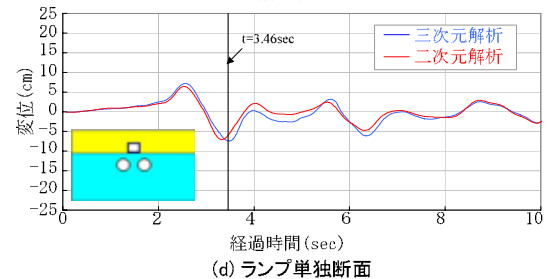
(a) 分合流部断面



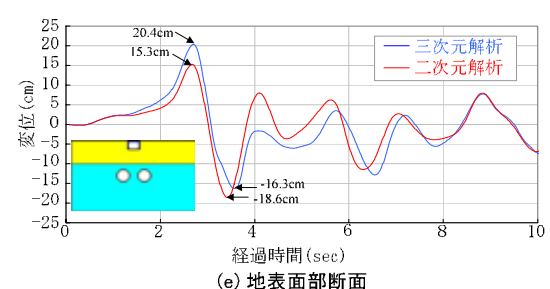
(b) 本線トンネルと接する断面



(c) 地層構造変化部断面



(d) ランプ単独断面



(e) 地表面部断面

図-3 ランプトンネル躯体の隅角部の応答変位