

I-532

覆工の軸剛性の非線形性を考慮したシールドトンネルの動的応答解析

建設省土木研究所 正員○加納 尚史

同 上 正員 川島 一彦

同 上 正員 大日方尚巳

大成建設(株) 正員 志波由紀夫

1. まえがき

本文は、田村らによって提案された沈埋トンネルの動的解析手法を基本に、シールドトンネル覆工の軸剛性の非線形性をモデル化できる動的解析手法を開発し、これを用いて大口径シールドトンネルの地震応答特性について検討した結果を報告するものである。

2. 解析条件及び解析対象モデル

シールドトンネル覆工はセグメント・リング継手系から成る不連続な構造であり、トンネル軸方向の剛性は非線形性を持つため、覆工の軸剛性を、圧縮についてはセグメント、引張についてはセグメント及びリング継手から、それぞれ評価することとした。この覆工の荷重～変位関係と同一の関係を持つ梁の剛性を等価剛性と定義して、覆工数リング分を、等価剛性を有する一様連続な梁に置換して動的応答解析を行った。

図1に解析対象としたシールドトンネルの周辺地盤および軸線位置を示す。シールドトンネルは、外径が13.4m、覆工の厚さが60cmあり、リング長は1.5mである。またリング継手は継手金具及び継ぎボルトから成り、継手部に62本配置されている。この覆工を等価剛性を持つ梁に置換して梁要素の等価剛性を設定する。梁は地盤断面の間隔(25リング相当、37.5m)毎に、全79要素に分割することとした。

解析ケースとしては覆工剛性の非線形性を考慮する場合としない場合の差異、及び、リング継手剛性を継ぎボルトと継手金具板それぞれから求めた場合の応答の差異に着目して、下記の5ケースとした(図2参照)。

- 1) ケース1-1: 継ぎボルトの剛性をリング継手の剛性と考えて、セグメント及びリング継手の等価剛性を評価した非線形解析
- 2) ケース1-2: ケース1-1のうち、継ぎボルトの一次引張剛性を用いた線形解析
- 3) ケース1-3: ケース1-1のうち、セグメントの圧縮剛性を用いた線形解析
- 4) ケース2-1: 継手金具板の剛性をリング継手の剛性と考えて、セグメント及びリング継手の等価剛性を評価した非線形解析
- 5) ケース2-2: ケース2-1のうち、継手金具板の一次引張剛性を用いた線形解析

入力地震動としては、東京湾横断道路トンネル用に提案されている動的解析用入力地震動L2を用いた。

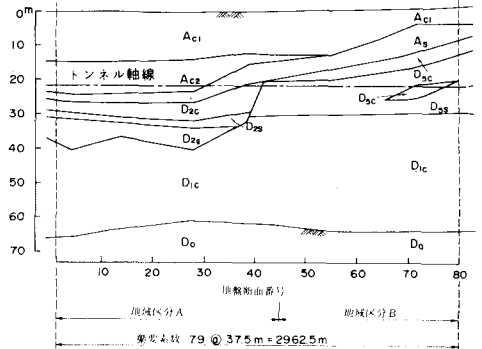


図1 解析対象とした地盤断面

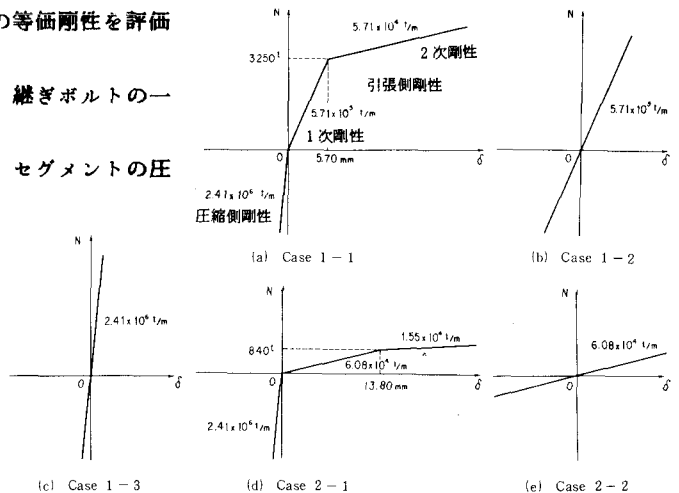


図2 各解析ケースで用いた梁要素の等価軸剛性
(セグメント剛性+継手剛性、計25リング分)

3. 覆工軸剛性の非線形性が応答値に及ぼす影響

応答解析により得られた各要素の最大軸圧縮力及び最大軸引張力の分布をそれぞれ図3、図4に示す。これより以下のことが指摘される。

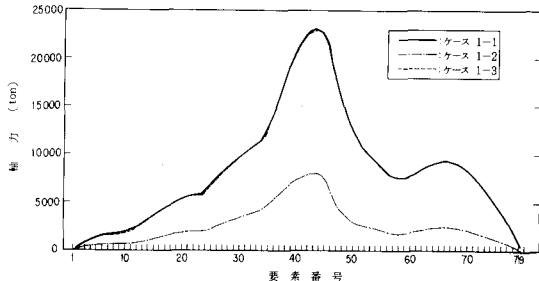
1) 覆工軸剛性が圧縮・引張で異なるため、応答値も圧縮・引張で異なる。図3(a)と図4(a)を比較すると、ケース1-1では軸引張力が軸圧縮力の1/3~1/4となり、軸剛性における引張・圧縮の一次剛性比0.236($5.71 \times 10^5 / 2.41 \times 10^6$)に概ね対応する。ただし、引張剛性が二次引張剛性に入ると、引張・圧縮力の差はより大きくなる。このことは、非線形解析であるケース2-1についても同様である。

2) 図3(a), (b)より、非線形解析と圧縮剛性を用いた線形解析による軸圧縮力を比較すると、両者はほぼ一致している。軸引張力についても図4(a), (b)から非線形解析結果と一次引張剛性を用いた線形解析結果はよく一致していると言えるが、引張剛性の変曲点を越えて二次引張剛性の範囲に入ると、非線形解析の軸引張力は線形解析の軸引張力を下廻る。

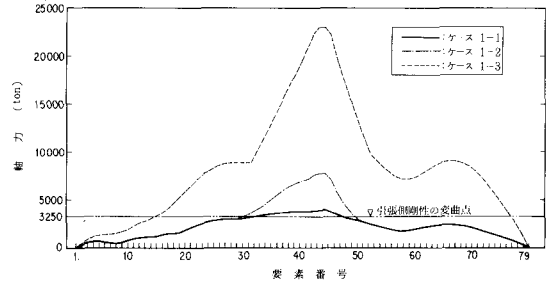
3) 図4(c)より、継手金具板の引張剛性を考慮したケース2-1は、継ぎボルトの引張剛性を考慮したケース1-1に比べ、軸引張力は約1/4になり、リング継手の引張剛性の評価が重要となることを示している。

4. まとめ

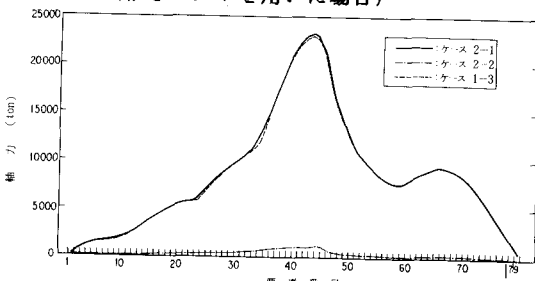
シールドトンネル覆工の剛性の非線形性を考慮した動的特性を検討した。今後は二次覆工を考慮したシールドトンネルの剛性の評価等を検討する必要がある。



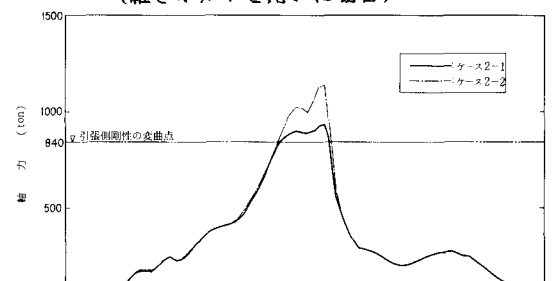
(a) 非線形解析及び線形解析による応答の比較
(継ぎボルトを用いた場合)



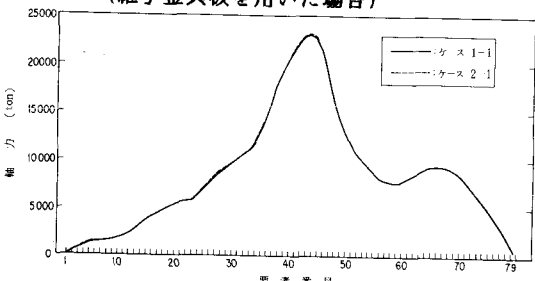
(a) 非線形解析及び線形解析による応答の比較
(継ぎボルトを用いた場合)



(b) 非線形解析及び線形解析による応答の比較
(継手金具板を用いた場合)

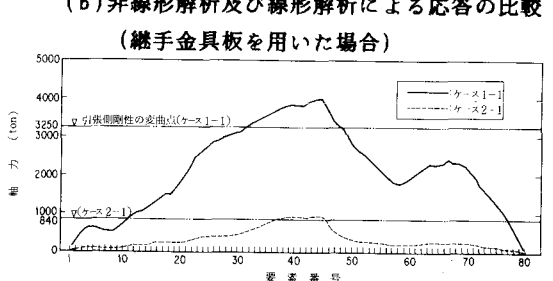


(b) 非線形解析及び線形解析による応答の比較
(継手金具板を用いた場合)



(c) 継ぎボルト及び継手金具板の応答の比較

図3 最大軸圧縮力の分布



(c) 継ぎボルト及び継手金具板の応答の比較

図4 最大軸引張力の分布