

I-531

沈埋トンネルの地震応答に及ぼす
可撓性継手剛性の非線形性の影響

バシフィック・コンサルタンツ	○正員	山本	一敏
建設省土木研究所	正員	川島	一彦
建設省土木研究所	正員	大日方	尚巳
建設省土木研究所	正員	加納	尚史

1 まえがき

沈埋トンネルでは地盤の不等沈下や温度変化による応力を逃がすと同時に地震時に発生する応力の低減を計る目的で可撓性継手を設けられることが多く、この場合、沈埋トンネルの耐震性は可撓性継手の剛性に大きく依存している。現在までの沈埋トンネルの耐震計算は可撓性継手を線形バネに置き換えて実施されているが、現実の可撓性継手の剛性は強い非線形性を有すると考えられるものが多い。ここでは、可撓性継手の剛性が圧縮と引張で変化する場合の影響に着目し、地震応答解析により検討した結果を報告する。なお、解析は沈埋トンネルの耐震上、支配的な影響を与える軸力について行った。

2 解析条件および検討ケース

解析対象とした沈埋トンネルは図1に示すように、換気塔間を幅37.4m、高さ8.8m、長さ115mの鉄筋コンクリート製のエレメント9函を可撓性継手で結合した構造である。地震応答解析においては沈埋トンネルおよび陸上トンネルを併せた1325mの区間を対象としたが、ここでは沈埋トンネル区間のみの結果を示す。入地地震動は東京湾L2を用い、減衰定数は0.1とした。

可撓性継手の剛性は図2に示すように引張側と圧縮側で変化するものとし、圧縮側の剛性と引張側の剛性の比($\alpha = K_c / K_T$, K_c : 圧縮側剛性, K_T : 引張側剛性)が1および10の場合について検討を行う。解析においては引張側の剛性($1.3 \times 10^8 \text{ t/m}$)を固定し圧縮側の剛性を変化させた。また、可撓性継手の剛性が図2のように圧縮側のある変位(以下、線形限界変位 δ_0 と呼ぶ)で変化するものとし、 δ_0 を0.5, 1.0, 2.0cmの各ケースについて検討をした。

3 沈埋トンネルの地震応答に及ぼす可撓性継手剛性の非線形性の影響について

図3に $\delta_0=0$ の場合の沈埋トンネルに生じる軸力および可撓性継手の相対変位をそれぞれ引張と圧縮に分けて示す。図中には比較のため、引張側および圧縮側の剛性をそれぞれ引張及び圧縮の両方に用いた線形解析結果も示す。これらによれば、圧縮側の軸力は引張側の軸力を上回り、また、圧縮側の可撓性継手の相対変位は引張側を下回っている。また、実用上重要な応答値レベルの高い地点で非線形解析の結果と線形解析結果を比較すると、非線形解析によりもとめた圧縮側及び引張側の軸力は、それぞれ圧縮及び引張側の剛性を用いた線形解析の結果とよく一致している。可撓性継手の相対変位についても同様のことが言える。

図4に δ_0 が変化した場合の圧縮側及び引張側の軸力を示す。これらの図から、引張側の軸力は δ_0 が変化してもほとんど影響を受けないが、圧縮側の軸力は δ_0 の増加に伴って大きく減少している事がわかる。同様に、引張側の可撓性継手の相対変位は δ_0 が変化してもほとんど影響を受けないが、圧縮側の相対変位は δ_0 の増加に伴って大きく増加している。図5は図4に示した主な地点における圧縮軸力及び圧縮側の可撓性継手の相対変位と δ_0 の関係を示したものである。この図には次のような手順で δ_0 と圧縮軸力及び圧縮側の可撓性継手の相対変位の関係を近似した結果も示す。1)可撓性継手の圧縮及び引張側の剛性を用いた線形解析を行い、この結果得られる着目点の圧縮軸力をそれぞれ N_c , N_t 、また着目点近くの圧縮側の可撓性継手の相対変位をそれぞれ δ_c , δ_t とする。2) δ_0 と圧縮軸力 N の関係は $(0, N_c)$, (δ_t, N_t) , (∞, N_t) により、 δ_0 と圧縮側の相対変位の関係は $(0, \delta_c)$, (δ_t, δ_t) , (∞, δ_t) によって求める。図5を見ると以上のようにして近似した圧縮軸力および圧縮側の可撓性継手の相対変位は非線形解析結果と良く対応していることがわかり、任意の δ_0 に対する圧縮側の応答値についてもこのようにして近似できる。

4 まとめ

可撓性継手の剛性が圧縮側と引張側で変化することに着目して検討をした結果、可撓性継手の非線形性が沈埋トンネルの地震応答に及ぼす影響は大きいこと、また、これらの応答値は実用上、線形解析によって近似的に求めることが出来ることをそれぞれ示した。

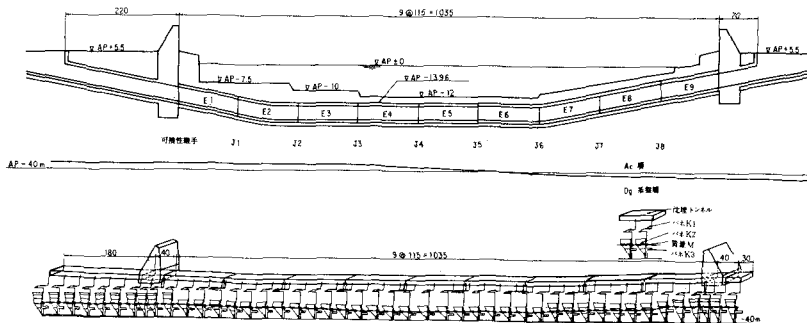


図1 解析モデル図

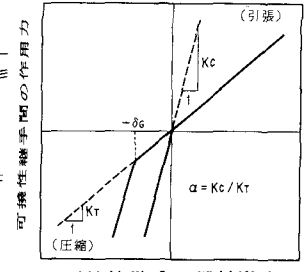


図2 解析で仮定した
可撓性継手の剛性

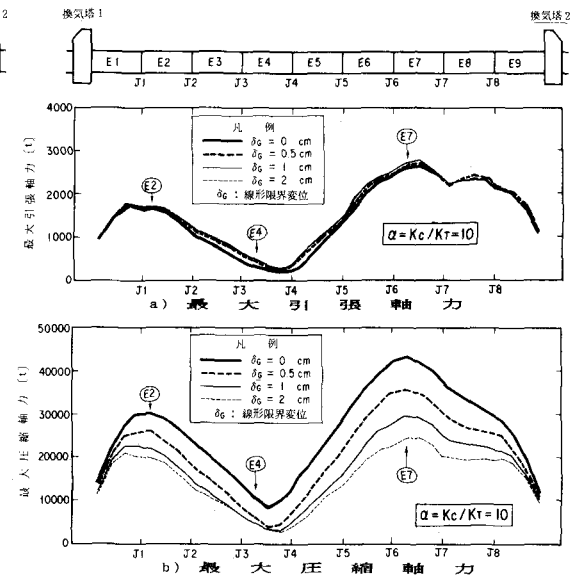
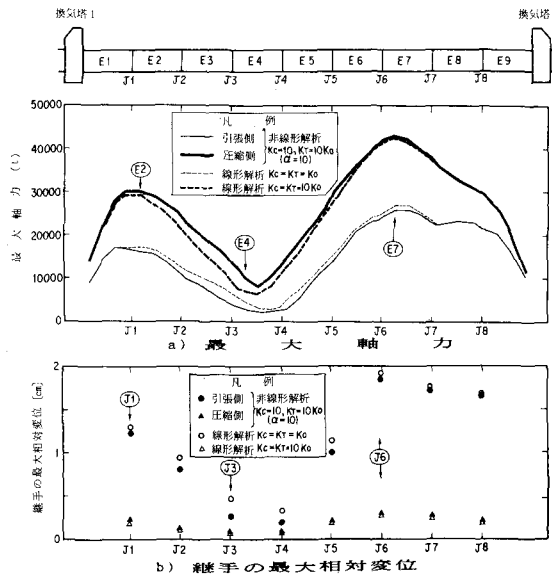


図4 $\delta_g = 0$ の場合の最大軸力
および継手の相対変位

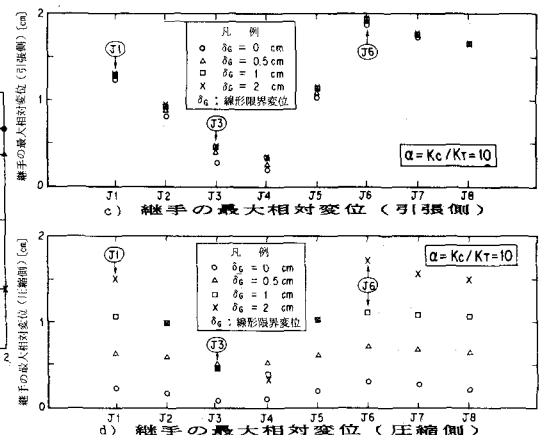
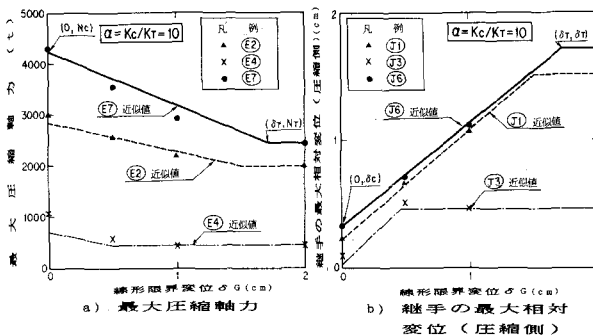


図5 δ_g と圧縮軸力および圧縮側の
可撓性継手の相対変位の関係

図4 δ_g が変化した場合の最大
軸力および継手の相対変位