

(I-26) セグメント工法による沈埋トンネルの地震応答計算

早稲田大学理工学部 学生会員 植益 啓一郎

早稲田大学理工学部 フェロー 清宮 理

早稲田大学理工学部 学生会員 河野 博通

鹿島建設株式会社 正会員 太鼓地 敏夫

1. まえがき

現在PCセグメント工法による沈埋トンネルが行われている。PCセグメント工法は、橋梁ではすでに多数の実績のある工法である。この工法を沈埋トンネルに適用する。トンネル軸方向に長さ5mのセグメントをPCケーブルにて連続させる。セグメント工法による沈埋トンネルは、工期の縮減と建設現場を小さくできる。トンネルを柔構造とすることにより本体および継手部発生する断面力を地震時に低減できる。今回、セグメント工法の沈埋トンネルの、地震応答解析を行いPCセグメント工法の地震時の挙動の評価を行う。

2. 計算モデルと解析条件

応答計算の対象トンネルの概要を図1に示す。トンネルの全長は、1600mであり、この内沈埋区間は1000mである。沈埋部は7函で構成され、沈埋函一函の全長は110m、高さ8.5m、幅35.2mである。沈埋部の両端は換気所と接続しており、換気所と隣接する沈埋函は柔継手により連結されている。図2にセグメント工法による沈埋函の概要を示す。沈埋函一函は全長5mからなるセグメント20個で構成される。セグメント同士はアンボンドケーブルで連結されている。PC導入量としてレベル1の地震動に対してセグメント間が開かないこと、レベル2の地震動に対しては目地が開くものの止水ゴムの性能以内とし地震後は閉じることを目標としている。セグメント間には、せん断力を伝達するほどと止水性を確保するゴム材が設けられている。また沈埋函同士には、連結用の剛継手が設けられている。図3に計算モデルの概要を示す。周辺地盤を質点、ばね、ダンパーで、沈埋函を梁で置換する。また連結する剛継手をばねで置換する。このように梁モデルを有する多質点系にモデル化する「沈埋トンネル地震応答計算プログラム」を用いて地震応答解析を行う。図3にレベル2地震動とした入力地震波を示す。入力波形は兵庫県南部地震時のポートアイランドの-82mで観測された加速度波形であり最大加速度は-679gal、ステップ数は2000、ステップ間隔は0.01秒である。今回解析方向はトンネル軸方向(X軸方向)とする。表層地盤の質点の数は、76個、梁部材の数も76個である。PCセグメント工法による沈埋函は沈埋部の図中の左100mのみとした。トンネル軸方向における材料の非線形性を考慮し、図5に示すように軸力と変位の関係を用いた。P1はコンクリートのみ引張強度(ひび割れ発生時)でありP2は鋼材のみの引張強度(鋼材降伏時)である。またPCセグメント工法は、細かく分割することで、地震時に函体を柔構造とすることにより地震時に発生する断面力を低減する。このため今回函体の等価剛性を考慮した。今回どのような等価剛性を用いると断面力が低下するか調べるため、軸方向剛性を初期剛性の1/2および3/4にした。表層地盤の材料非線形性は、地盤応答計算プログラムSHAKEを用い、各質点位置の表層地盤の等価な剛性と平均的な減衰係数を計算し、ばね定数と減衰定数とそれぞれ求めた。

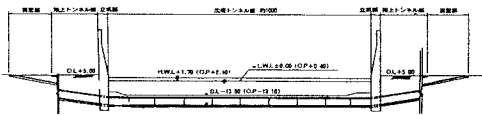


図1: 沈埋トンネルの概要

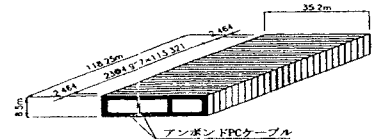


図2 セグメント概略

キーワード: PCセグメント工法, 多質点系モデル, 地震応答計算, 沈埋トンネル

連絡先: 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館 16F-01 TEL&FAX03-5286-3852

3.解析結果

地震時に発生するトンネル軸力について考察する。セグメント工法によらない沈埋トンネルとセグメント工法を一部に用いた沈埋トンネルでの比較を図 8 に示す。従来型のセグメント工法によらない場合、沈埋部の軸引張力は約 40000tf でほぼ一定であり、換気所の個所で柔継手のため軸力が大きく小さくなっている。セグメント工法部では等価剛性を低下させるに従い軸力引張りが低下した。すなわち剛性を 3/4 にしたとき約 24000tf で 1/2 にしたときは約 16000tf となった。またセグメント部の存在が他の沈埋函や陸上トンネル部の断面力に及ぼす影響は小さく、セグメント部のみに限定されることが分かった。またこのときセグメント間の相対変位（目地部での目開き量）はいずれの計算ケースでも 0.30・0.37mm と小さい値であった。止水ゴムの性能としてこの目開き量に対して止水できるものを選定すればよいことになる。この性能の目地材料は既製品でもあり特にこの工法のために大容量の止水ゴムを開発する必要はないと考える。

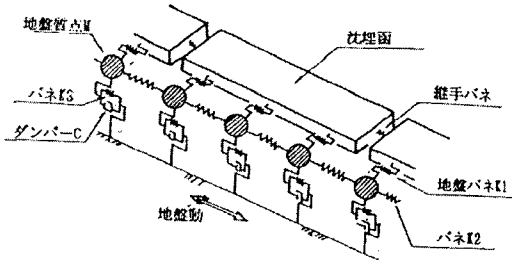


図 3 計算モデル

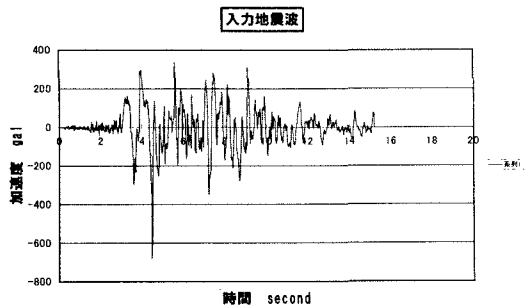


図 4 入力地震

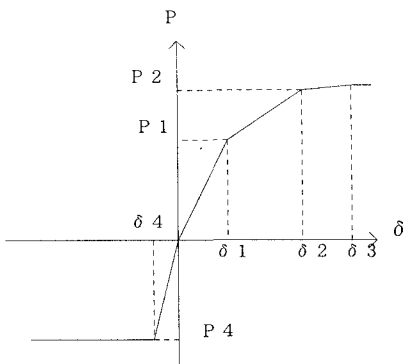


図 5 軸力と変位の関係

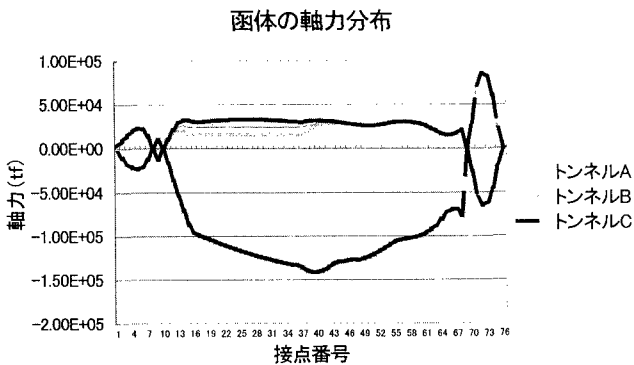


図 6 函体の軸力分布図

今回目地部の開きは、沈埋間全体でセグメント間で集中して生じることは少なく、ほぼ同程度の開き量で分散される結果となった。ただしセグメント部の端部に在来形の柔継手を設けるとごく近傍のセグメント間のみに大きな変位が生じていた。このため換気所との取り付け部では注意が必要である。今後曲げ方向の計算、具体的な PC 導入量、目地部での力学特性について検討を進めたい。

4.結論

今回の地震応答計算により、セグメント工法により沈埋函の断面力がかなり減少することが分かった。またセグメント間の目地の開きも 0.4mm 弱と小さく在来の止水目地材に対応できることが判明した。

参考文献：清宮理，他：波方鋼板を用いた沈埋トンネルの柔継手の効果，構造工学論文集 Vol.45A,1999.3