

沈埋函継手の種類の違いによる地震時の断面力照査

早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 田中 寛久
早稲田大学大学院理工学研究科 フェロー 清宮 理

まえがき 兵庫県南部地震を契機に沈埋函の断面力を低減しレベル2の地震動に対応するため、接合部で変形吸収の大きな柔継手が求められる。そこで沈埋トンネルを対象にポートアイランド波を入射し、多質点系モデルによる動的地震応答計算を実施し、4種類の沈埋函継手による各継手の軸力の時刻歴と最大軸力、モーメントの時刻歴と最大モーメント、及び相対変位を求める。それらをもとに継手の効果について述べる。

1. 地盤条件 沈埋トンネル周囲の地盤状況を図1に示す(沈埋トンネルの全長は990mで、このうち520mが沈埋部である)。表層地盤は軟弱な粘土層で、ポートアイランド側で-70m以深、第6突堤側で-53m以深は洪積層である。この洪積層を地震波を入力する工学基盤面とした。表層地盤での微小振幅ひずみ時の一次せん断振動の固有周期は、ポートアイランド側で1.1~1.9sec、航路部で0.9sec、第6突堤側で1.2secである。

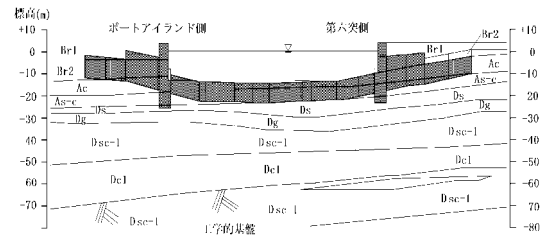


図-1 トンネル周辺の地盤

2. 解析対象トンネルのモデル化 地震応答計算のモデルの概要を図2に示す。表層地盤を質点に、沈埋函をはり部材に置換した。モデル化は沈埋トンネル部、換気塔部及び陸上トンネル部について行い、表層地盤を沈埋トンネル軸線方向に52個に分割し、それぞれを1質点に置換した。質点同士(K2パネ)、質点と工学的基盤(K3パネ)、質点とはり部材(K1パネ)はパネで連結した。またK2とK3パネにはダンパーを並列に配置した。多質点系モデルにモデル化した沈埋トンネルを図3に示す。

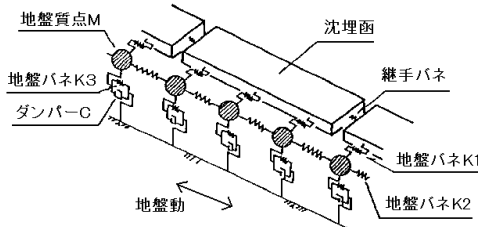


図2 地震応答計算のモデル

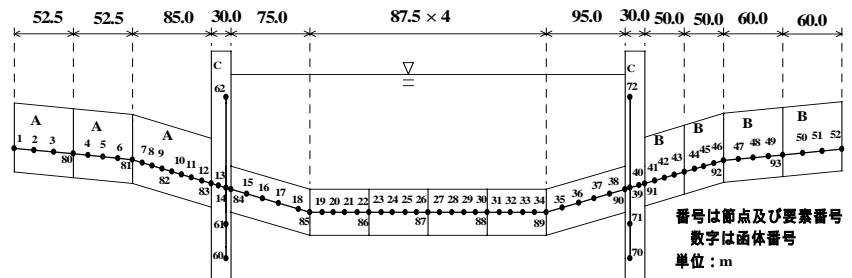


図-3 沈埋トンネルの解析モデル

3. 解析に用いた継手の特徴

- **剛結合継手**：沈埋函本体と同程度の強度を保有する継手で、剛結合は構造が簡単な上、止水性も確実である。ただし、地震、周辺地盤の不等沈下、温度変化などに対して追従性が小さく、函体に大きな断面力を発生させることになる。このため、地盤状況が良く地震活動が少ない場合に採用される。
- **PC ゴムガスケット継手**：図4に示すように圧縮抵抗部材としてゴムガスケット、引張抵抗部材としてPCケーブルを用いる。またせん断力には水平・鉛直せん断キーで抵抗する。万一の漏水には二次止水ゴムで抵抗することができる。今回の解析において用いたPCケーブルの種類はF270Tであり、ゴムガスケットは全てジーナ型の止水ゴム(GINA 190 148 50)である。
- **ベローズ管継手**：従来のゴムガスケットやPCケーブルが担ってきた断面力の伝達機能、止水機能を鋼製のベローズによって担う構造である(図5参照)。強度、水密製を気中で確認できるため、継手部の信頼性が高い。函体同士は簡便な施工用継手によって水圧圧接し剛結する。今回の解析において用いたベローズ継手の鋼種はSM490Yであり、板厚は14mmとした。
- **クラウンシール継手**：沈埋トンネルの継手部には、大きな変位・伸縮量を吸収する性能を有することが

キーワード：沈埋トンネル、多質点系パネモデル、レベル2の地震動、柔継手、ピン構造

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館16F-01 TEL&FAX：03-5286-3852

要求されるため、従来のGINA型ゴムガスケットを用いた継手や鋼製ベローズ継手では、対応できないケースが生じている。そこで、ゴムも持つ伸縮性と止水性が良いという特性を生かしつつ、より大きな変位・伸縮量に対しても追従できるクラウンシール継手（Crown Seal Joint）を新たに考案・開発している（図 6 参照）。今回の解析において用いたクラウンシール継手の硬度は70度と硬い材質である。

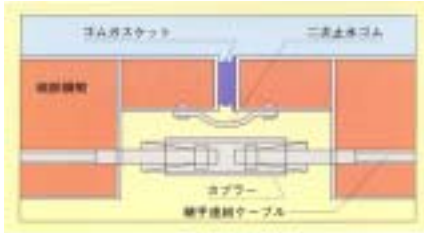


図 4 柔継手の概要図



図 5 ベローズ継手断面図

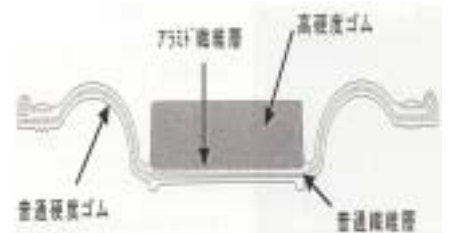


図 6 クラウンシール継手

4. 解析結果と考察

ポートアイランド波を入射し、4種類の沈埋函継手による軸力の時刻歴と最大軸力、モーメントの時刻歴と最大モーメント、相対変位を示す。各継手での軸力の時刻歴波形の振動周期は似ており、ポートアイランド波の最大の加速度679(gal)を観測した時刻4.51(sec)付近でどの波形振幅も最大値となっている。最大軸力に関しては、剛結合継手>PC-ゴムガスケット継手>ベローズ管継手>クラウンシール継手の順で最大軸力が小さくなっている。この結果から、PC-ゴムガスケット継手及びベローズ管継手のばね構造としての特性とクラウンシール継手のピン構造の特性が出ている（図 7、図 8 参照）。

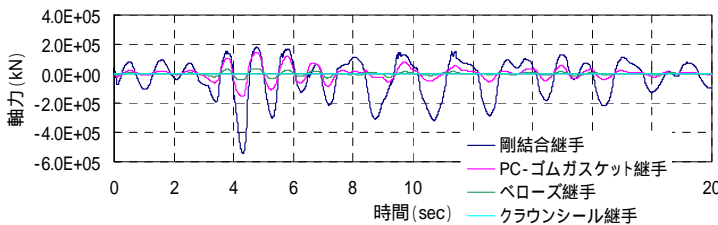


図 7 軸力の時刻歴（要素番号 84）

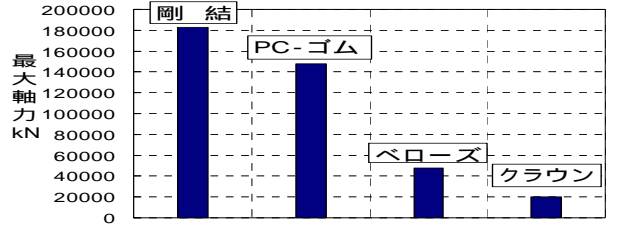


図 8 各継手の最大軸力

モーメントについても PC-ゴムガスケット継手、ベローズ継手そしてクラウンシール継手と比べると、剛結合継手の発生曲げモーメントが一番大きな値であり、柔継手の効果が出ている。クラウンシール継手の場合はモーメントは、他の2種類の柔継手に比べても相当小さい値で、ピン構造の効果が顕著に出ている。

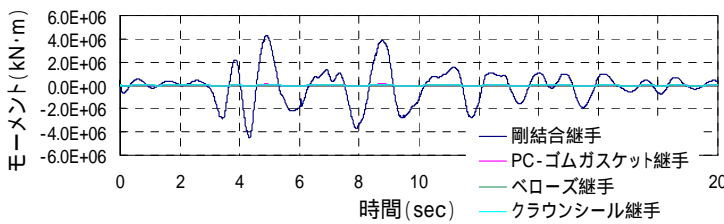


図 9 モーメントの時刻歴（要素番号 84）

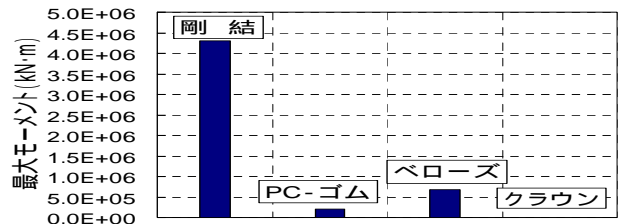


図 10 各継手の最大モーメント

相対変位は軸方向のバネ定数を大きくした継手、つまり継手を硬くなると相対変位は小さくなった。継手を柔継手にする事により発生する断面力は低減させる事が出来るが、継手部での相対変位は大きくなる事が分かる（図 11 参照）。

5. まとめ

各種提案された柔継手により沈埋函の断面力を剛継手と比較して大幅に低減できることが分かった。しかし、継手部での相対変位が大きくなりこの変位を吸収する機構が必要となる。また、クラウンシール継手のように非常に剛性の小さな柔継手を採用する事により、函体自体の設計で常時の荷重で鋼材量が設定できる。

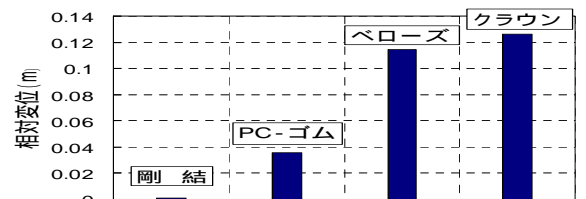


図 11 各継手の相対変位

参考文献 [1]清宮 理:沈埋トンネル耐震継手の効果, 第2回免震制震コロキウム, 1999.12 [2]清宮 理, 他:波形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, pp.793~800, Vol.45, 1999.3