開削トンネルの地震時終局状態に関する解析的検討

阪神高速道路株式会社 正会員 ○篠原 聖二 堀江 佳平 西岡 勉 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 大竹 省吾 井上 陽介

1. 目的

阪神高速道路の開削トンネルについては、耐震設計指針¹⁾に基づき、レベル2地震動に対して限定された損 傷にとどめることを目標としている.一方、トンネル直下に存在する断層が破壊した場合、レベル2地震動の 強度を上回る地震動が発生する可能性があることがわかっている²⁾.阪神高速道路では、こういったこれまで の想定を上回る地震動に対しても、少なくとも構造物が崩壊しないという耐震性能を満足するように設計を行 う方針である.

本文は、開削トンネルが少なくとも崩壊しないという耐震性能に対応する照査方法を規定することを目的とし、終局状態に至るメカニズムについて解析的に検討を行った事例について述べる.

2. 開削トンネル全体系が終局状態に至る損傷過程の検討

開削トンネル全体系を対象に、プッシュオーバー解析を実施 し、損傷過程について検討した.対象構造を図-1 に示す.プ ッシュオーバー解析は、耐震設計指針¹⁾に準じ、応答震度法(図 -2)により行った.また、開削トンネルの鉛直部材(側壁・中 壁)については、P-δ効果を考慮したケースも実施し、その 影響についても検討した.

図-3 に、P-δ効果の有無による震度とトンネル層間変形角 の関係を示す.なお、縦軸は水平震度であり地表面の加速度を 980gal で除して算出している.同図に示すように、P-δ効果 の有無に関わらず、層間変形角の増加に従い水平抵抗も増加し ている.これは、トンネル全体系の剛性が低下しても、周辺が 地盤に拘束されていることに起因すると考えられる.また、P -δ効果を考慮した方が、同じ水平震度でも層間変形角が大き くなっている.ただし、最初の部材の終局時までは大差はなく、 部材を終局変位内にとどめておく限り、P-δ効果の影響は少 ないことがわかる.

3. 中壁の支持機能に関する検討

次に,地盤に唯一拘束されていない鉛直部材である中壁と底 版の接合部(図-1参照)を対象に,2次元FEMモデルを用 いた繰り返し載荷解析を実施した.解析プログラムは,鉄筋降





キーワード 開削トンネル,終局状態,プッシュオーバー解析,P-δ効果,弾塑性FEM,中壁 連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4-1-3 阪神高速道路株式会社 TEL06-6252-8121 伏後の圧縮側コンクリートの軟化や、これに伴う部 材の沈下の照査が可能なRC構造用2次元非線形 FEM プログラム(解析コード:WCOMD)を用いた.解 析モデルを図-4に示す.中壁は、曲げモーメントが 反転する中壁高の1/2までを、底版は常時断面力分 布において曲げモーメントが反転する位置までモデ ル化した.要素分割は鉄筋位置が概ね要素中心とな るように配慮し、鉄筋は鉄筋が存在する位置の要素 に対して、鉄筋比として設定した.荷重条件につい ては、中壁天端、底版の側方から常時の断面力を与 え、中壁天端に正負交番の強制変位を与えた.強制 変位については、全体系検討時における中壁降伏時 の変位δyの正数倍の変位を、図-5に示すように、 3サイクルずつ漸増載荷し、17δyまで載荷した.

図-6に中壁天端の沈下量の進展状況を示す.また, 代表ステップにおける損傷状況と変位図を,図-7と 図-8にそれぞれ示す.ここで,図-7中の重度な損傷 は,要素のひずみがコンクリートの応力-ひずみ関係 における最大圧縮応力時の1.5倍発生時,軽微な損 傷は,鉄筋降伏相当の引張ひずみ(0.1%)発生時と定 義している.図-6,図-7より,9δyまでは内部のコ ンクリートに一部重度な損傷がみられるものの,中 壁天端の沈下は生じていないことがわかる.一方, 11δyになり,層間変形角が0.02rad(=1/50)程度ま で増加すると,重度な損傷が内部のコンクリートに まで進展し,急激に沈下量が増加していることがわ かる.

以上より,層間変形角が 1/50 程度以内であれば, 中壁は支持機能を有していると考えられる.

4. まとめ

本検討では,開削トンネルの終局状態に関する解 析的な検討を行った.得られた主な知見を以下に示 す.

・開削トンネル全体系を対象としたプッシュオーバー解析の結果,部材を終局変位内にとどめておく限り, P-δ効果の影響は少ないことがわかった.



・中壁-底版接合部に着目した2次元FEMモデルによる繰り返し載荷解析を実施した結果,層間変形角が 1/50程度以内であれば,中壁は支持機能を有していることがわかった.

参考文献

1)阪神高速道路株式会社:開削トンネル耐震設計指針-横断方向の耐震設計-,2006.5.

2) 篠原聖二,西岡勉:最大級シナリオ地震動に対する地中構造物の耐震安全性検討,第11回地震時保有耐力 法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集,pp.149-156,2008.1.