

建設省土木研究所 正会員 栗林 栄一
建設省土木研究所 正会員 川島 一彦
鹿 島 建 設 正会員 蔵岩 和夫

まえがき

構造物の耐震設計では、部材各部を与えられた荷重条件のもとで設計するだけでなく、構造物が全体として、どの様な耐力および変形性能を有しているかを検討することが重要であらう。このような観点から、コンクリートの圧潰、引張亀裂、鉄筋の引張および圧縮塑性化、鉄筋とコンクリートの間のボンド（付着）応力度の減少を考慮した、鉄筋コンクリート構造物の非線形解析法を用いて、地中構造物（水底トンネル）の横断面方向の耐力および変形性能を検討したので、その結果について報告する。

対象構造物および解析方法の概要

解析の対象としたのは、幅37.4 m、高さ8.95 mの鉄筋コンクリート方式の矩形水底トンネルの横断面であり、海面下約30 mの比較的軟質な沖積層中に設置されているとした。この構造物の横断面を図-1に示すように、4辺形要素としてのコンクリート、線材要素としての鉄筋、および両者を結ぶボンド要素によってモデル化した。モデル化に用いた各構成要素の力学的特性は、図-2、3、4に示すように仮定し、鉄筋、コンクリートの強度およびボンドの付着強度は既往の実験の事例等の結果を参考にして定めた。

地震力のモデル化

常時の状態において、構造物に作用する荷重は、自重、水圧、および土圧と考えられる。地震時に構造物の周辺地盤が振動し始めると、構造物には常時に作用していた荷重に加えて、周辺地盤の変形の一部が伝えられ始める。今地震時における水圧の増減、構造物および上載土に生じる慣性力の影響がともに小さいと仮定でき、かつ常時の荷重と地震時の地盤の変形によって、構造物に作用する荷重が互いに独立であると仮定すれば、地震時に構造物に作用する全荷重は、上記の荷重の和として近似することが出来る。地震時に表層近くの地盤に生じる変形には、セン断振動の影響が大きいとされている。従ってこの場合には地盤の条件および入力地震動が与えられれば、地盤の変形を推定することが出来るが、ここでは計算を簡単にする目的から、図-5に示すように、地盤の相対的な変形を、構造物底面で零、構造物上面で最大となる逆三角形状に分布すると仮定した。地震時の地盤の変形は度からスタートし、構造物が最終耐力を迎えるまで、連続して一方方向に漸増させることとした。

計算結果

地盤が右側に変位した場合の構造物側面に作用する地震時水平力（15 cm奥行きあたり）と、横断面の代表的な点（側壁中央点および上端）における変位の関係は図-6のように求められた。また構造物が最終耐力を迎えた時のコンクリートに生じた引張亀裂の様子を図-7に示す。

おそひ

(1) 構造物に作用する常時の荷重は一定に保持し、周辺地盤の地震時のセン断変形に比例した静的な力に置き換えて地震力を構造物側面に作用させて、耐力および変形性能を解析した結果、構造物の最終耐力およびその時の上下床板間の相対変位は2.7 (トン/15 cm奥行き)、および7 cmとなった。別途実施した地震応答解析によれば、基盤における入力地震動を150ガル程度とした場合に地盤に生じる上下床板間の相対変位はおおむね1 cmと推定されるため、本水底トンネルの横断面は周辺地盤の運動に追従する変形性能を備えているといえる。

(2) 構造物横断面は、コンクリートの引張亀裂およびボンドの塑性化と破壊によって剛性の減少をきたし、側壁下部部での引張鉄筋が塑性化するに及んで最終耐力に達した。なおコンクリートの圧潰は生じなかった。

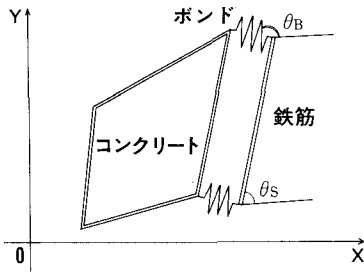


図1. 鉄筋、コンクリート、付着のモデル化

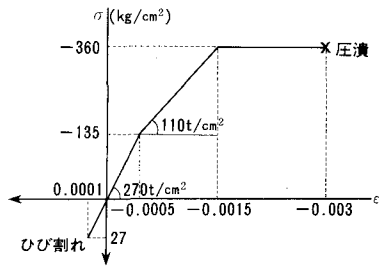


図2 コンクリートの応力-ひずみ曲線

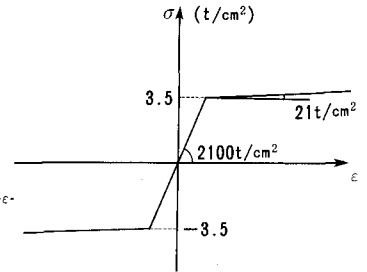


図3. 鉄筋の応力-ひずみ曲線

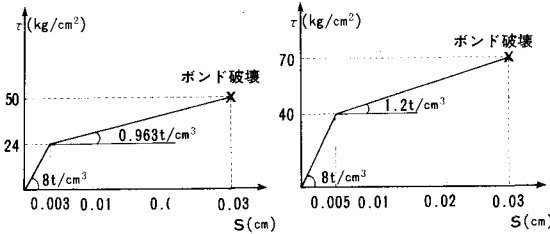


図4. ボンドの付着力、すべり量曲線

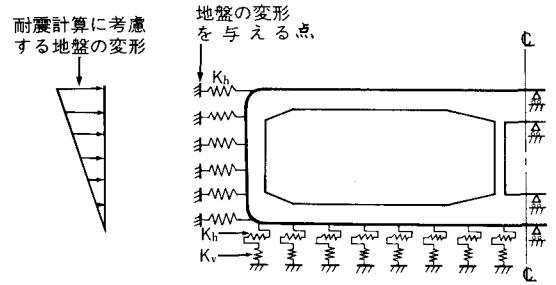


図-5 地盤の地震時せん断変形による地下構造物の応力解析モデル

参考文献

- (1) 武藤 清 他
「鉄筋コンクリート部材の弾塑性解析」
関東地震50周年記念地震工学シンポジウム
- (2) 森田 司郎 他
「繰り返し荷重下における鉄筋とコンクリートの間の付着特性に関する研究」
建築学会論文報告集 550.3
- (3) 森田 司郎 他
「大径異形鉄筋D-51の付着試験」
建築学会論文報告集 551.10
- (4) 武藤 清 他
「有限要素法による鉄筋コンクリート部材の3次元弾塑性解析」
建築学会論文報告集 551.11
- (5) 泉林, 川島, 柴田, 宮田
「応答変位法による地中構造物横断面の耐震設計法及び最終耐力に関する研究」
土木研究所資料 1253号 5.52.4.

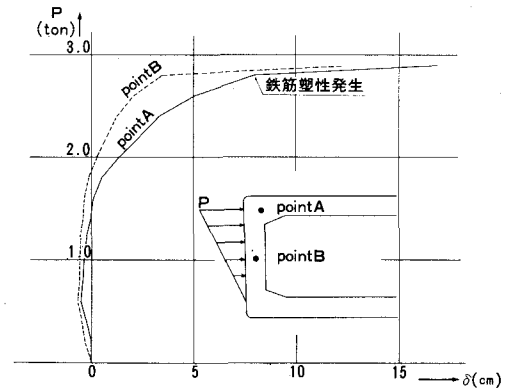


図-6 構造物 側面に作用させ荷重と変位の関係

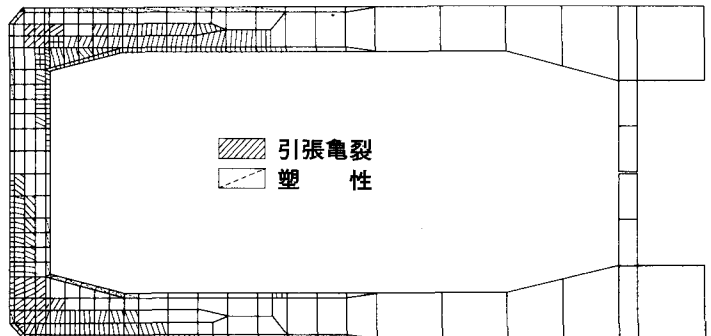


図-7. 最終耐力を迎えに時のコンクリート引張亀裂状態図