

構造特性の異なる火力発電所水路構造物に与える耐震性能の影響

東北電力(株) 正会員 内海 博 池田 努 木村雅道
(株)東北開発コンサルタント 正会員 大高 学 正会員 佐藤雅一

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、各種耐震設計基準類の改訂が行われ、レベル2地震動を考慮した2段階設計法および構造物の重要度に応じて求められる耐震性能(各部材ごとの損傷レベル)を設定する性能規定型設計法が耐震設計法の基本理念となり、火力発電所土木構造物についても重要度が高いと判断される構造物へのレベル2地震動に対する照査が必要となった¹⁾。このための設計実務をスムーズに行うためには、耐震性能といった構造系全体の機能の目標値を満足するという概念的なものだけでなく、全体を構成する各部材に関する損傷レベルの検討が重要となる。

本稿は以上の背景を踏まえ、火力発電所水路構造物への2段階設計法の検討に資するため、開渠型と暗渠型の構造特性の異なる2つの構造物について、実務に供される簡便な解析方法を用いて、目標とする耐震性能を指標としたケーススタディを実施し、それぞれの構造形式に与える耐震性能の影響について比較検討を行ったものである。

2. 検討の概要

比較検討の対象とした構造物は、構造形式の違いを明確にするために、側壁の構造が片持ち部材である開渠型と両端固定部材である暗渠型の水路構造物とした。開渠型及び暗渠型の形状寸法を、図-1、図-2に示す。

検討を行う地震動は、従来から設計に用いられてきた地表面加速度0.2G程度のレベル1地震動に加え、レベル2地震動を考慮するものとした。レベル2地震動は、対象地点近傍の地震の活動度、活断層の情報等を考慮して、基盤面(GL-68m、砂礫層)最大加速度を413Galに設定し、既往地震波形を振幅調整した時刻歴波形を用いて地盤の地震応答解析(逐次積分法:有効応力解析)を実施し、構造物に静的な荷重として与えることとした。

解析手法は現行の設計基準¹⁾に基づき、開渠型では震度法、暗渠型では応答変位法によるものとした。

ケーススタディは、耐震性能の影響を把握する他、

構造部材の力学特性モデル(線形・非線形)の違いによる傾向についても把握することとし、表-1に示す5ケースについて検討を行った。

なお、部材の非線形性については、曲げモーメントMと曲率 κ の関係を用いるものとし、テトラリニアモデル²⁾により表すものとした。

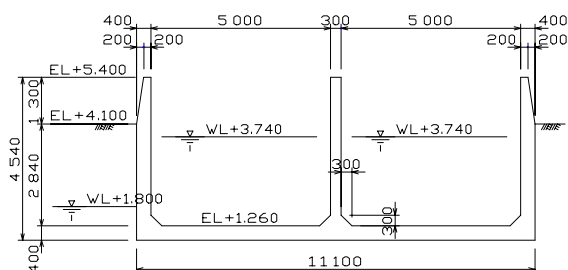


図-1 開渠型形状寸法

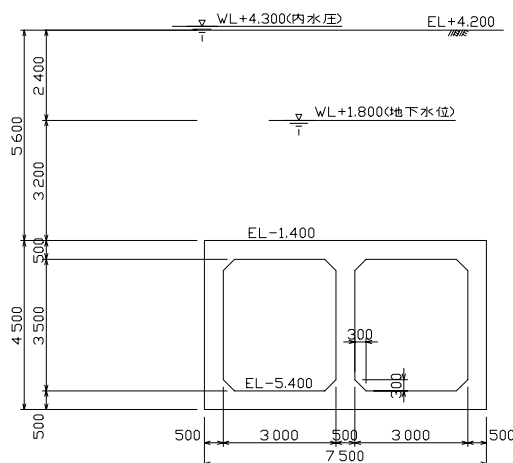


図-2 暗渠型形状寸法

表-1 検討ケース

ケース	設計地震動	安全性照査方法	力学特性モデル	耐震性能	損傷レベル
1	レベル1	許容応力度設計法	線形	-	-
2	レベル2	限界状態設計法	線形	耐震性能1	損傷レベル1
3			線形	耐震性能2	損傷レベル2
4			非線形		
5			非線形	耐震性能3	損傷レベル2 (中壁のみ損傷レベル3)

キーワード：レベル2地震動、火力発電所水路構造物、構造特性、耐震性能(損傷レベル)、部材線形・非線形

連絡先：〒980-0804 仙台市青葉区大町2-15-33(大町電力ビル新館) TEL 022-225-5791 FAX 022-225-5921

3. 検討結果

図 - 3, 4 は, 開渠型と暗渠型の鉄筋量の比率 (各ケースの鉄筋量 / ケース 1 の鉄筋量) を示したものである。すなわち, 従来から行われてきたレベル 1 地震動における鉄筋量に対し, 各ケースの鉄筋量の比率を求めたものである。また, ケース 4 とケース 5 については, ケース 4 の中壁軸方向鉄筋量に対するケース 5 の中壁軸方向鉄筋量の比率も併せて示している。

まず, ケース 3 (線形解析) とケース 4 (非線形解析) を比較すると, 開渠型では両ケースの鉄筋量にほとんど変化がみられない (約 2% の減少) のに対し, 暗渠型では鉄筋量の減少傾向が顕著 (約 37% の減少) に表れる。このように構造形式の違いにより, 非線形性の影響の度合いが大きく異なるのは, 以下の理由によるものと推察される。

水路構造物のようなラーメン構造物の非線形解析では, 一般にラーメン隅角部において塑性ヒンジが発生する。塑性ヒンジの発生箇所には, 過度の変形を抑制するためにせん断補強筋を配置するが, 各部材へのモーメントの再分配により, せん断補強筋の増加以上に軸方向主鉄筋が減少し, 全体として線形解析の場合よりも少ない配筋で済むことになる。したがって, 暗渠型のように側壁が両端固定部材の構造形式の場合には, モーメントの再分配が円滑に行われ, 前述の傾向が顕著に表れる (図 - 6) が, 開渠型のような構造形式の場合には, モーメントの再分配が暗渠型のように円滑には行われず (図 - 5), 軸方向主鉄筋が暗渠型ほど減少しなかったものと推察される。また, 今回の解析では, 地盤解析と構造物の解析を分離しており, 塑性ヒンジ発生後における周辺地盤の構造物への影響を表現する上での解析上の制約も影響しているものと考えられる。

次に, ケース 4 (損傷レベル 2) とケース 5 (損傷レベル 2 : 中壁のみ損傷レベル 3) を比較する。中壁について, 暗渠型の場合には, 軸方向主鉄筋量が約 37% 減少するのに対し, 開渠型の場合, 約 20% の減少に留まる結果となった。この傾向も, 前述と同様に, 片持ち部材と両端固定部材という構造形式の違いに起因すると考えられる。

4. まとめ

構造特性の違いにより, 耐震性能および部材非線形が構造物に与える影響が大きく異なることが確認された。

今後は, 地盤 - 構造物系の連成解析等により, 塑性ヒンジ発生後の外力の評価を適切にかつ簡易的におこなう手法など, より合理的で実務的な耐震設計法について検討を行っていく必要があると考える。

参考文献

- 1) 日本電気協会: 火力発電所の耐震設計規程 JEAC 3605-1999, 平成 12 年 3 月。
- 2) 土木学会: 「開削トンネルの耐震設計」トンネルライブラリー第 9 号, 1998.10。

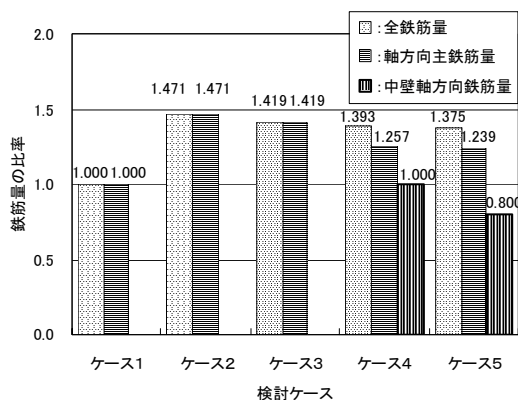


図 - 3 開渠型の鉄筋量の比率

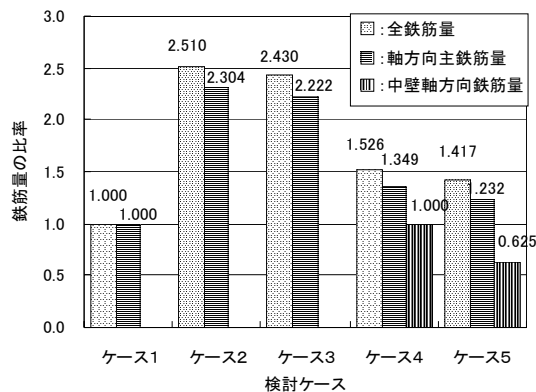


図 - 4 暗渠型の鉄筋量の比率

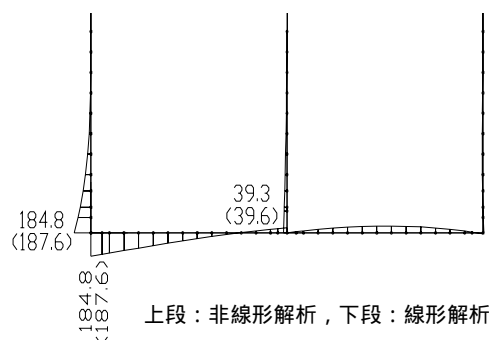


図 - 5 開渠型曲げモーメントの比較(ケース 4)

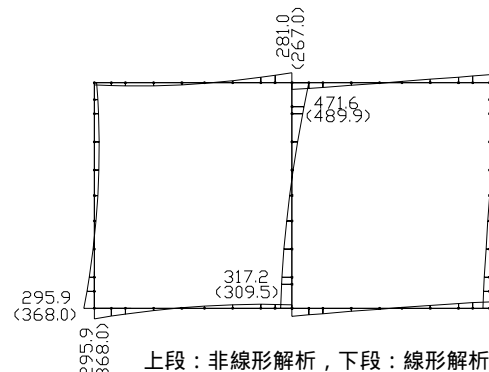


図 - 6 暗渠型曲げモーメントの比較(ケース 4)