

海水管ダクトの地震時フラジリティ評価法高度化のための高加速度加振試験

電中研 正会員 ○酒井 俊朗、 電中研 正会員 酒井 理哉、 東電設計 正会員 渡部 龍正

1. 目的・概要

原子力発電所の屋外重要土木構造物である海水管ダクトの地震に対するフラジリティ評価では、ボックスカルバート躯体の層間変形角を限界値とする評価体系で規定されているが、実際のフラジリティは、内包する海水管がバウンダリとして冷却水を通水する機能を限界と規定すべきである。このため、海水管ダクト（土木）フラジリティと配管（機器）フラジリティの両面からの高度化研究を行い、従来考慮できていない構造物と機器の連成によるフラジリティ評価法を構築する。本論では、まずボックスカルバート加振試験について概要を報告する。

2. フラジリティ評価方法

海水管ダクトのフラジリティ評価は、振動台加振試験により限界状態を把握するとともに、数値解析による評価手法の精度を確認することで高度化を図る。まず、加振試験のパラメータとしては、ボックスカルバート躯体単体および躯体内部に配管支持構造を内包するケースを実施する。躯体単体のケースでは、躯体の内空保持の限界を把握することで現実的な土木フラジリティを確認し、躯体内部に配管支持構造を内包するケースは、配管支持機能の限界を把握することで機器の現実的フラジリティデータを得る。これらの試験結果より海水管ダクトの通水機能の限界が確認可能になる。さらに、実験の再現解析より数値解析の精度を確認し、実機の体系での地震応答解析を行うことで、海水管ダクトの現実的フラジリティを評価する。

3. 加振試験方法

電中研に導入した最大加速度 20G で加振試験可能な共振振動台（図 1）を用いて、ボックスカルバート試験体の加振試験を行った。試験体は、振動台に搭載可能な実機海水管ダクトの 1/2～1/3 程度のスケールのボックスカルバート模型を製作した。試験に用いたボックスカルバート試験体の配筋図は図 2 に示す通りであり、表 1 に示すように曲げ耐力に対しせん断耐力が 2 倍以上にすることで曲げ破壊先行型の配筋で設計した。配管支持構造部分は、図 3 に示すような形状で、31×31×1.6mm の角型鋼管を用いて製作した。配管部分は慣性力による荷重を作用させる目的で、重さ 277kg の鉄柱を支持構造内部に配置し、カルバート頂版からナイロワイヤーで吊って取り付けた。ボックスカルバート試験体は、図 4 に示すように、共振振動台上にボルトで強固に固定し、頂版の上には地震による慣性力を作用させるための重錘を取り付けた。重錘重量は表 2 に示す通りである。なお、加振試験当日のコンクリート強度は同表に記載した通



図 1 共振振動台

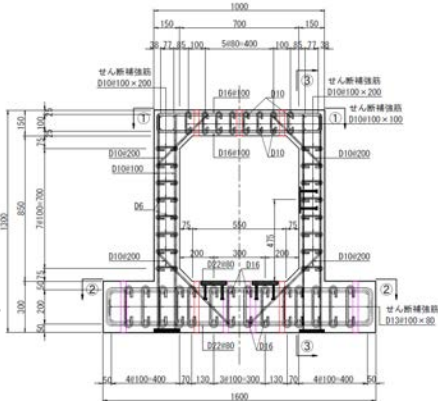


図 2 配筋図

表 1 試験体設計諸元

コンクリート強度	24 MPa
鉄筋	SD295
曲げ耐力 V_{mu}	150 kN
せん断耐力 V_c+V_{sd}	362 kN
曲げせん断耐力比	2.41

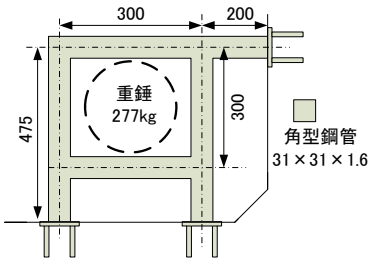


図 3 配管支持構造



図 4 試験体取り付け状況

キーワード 屋外重要土木構造物，ボックスカルバート，海水管ダクト，フラジリティ評価

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1 6 4 6 （一財）電力中央研究所 TEL 070-6568-9670

りである。

4. 試験結果

(1) Case 1

加振は3回行い、最終的には鉄筋の低サイクル疲労破断で終了した。1回目加振は、4G まで加速度を上げたところ、鉄筋降伏し曲げ変形モードとなり、試験体の固有振動数が低下して、加速度の入力ができなくなったため終了した。2回目加振は、できる範囲まで上げて加振しようとしたが、大型振動台のリミッター (2.5G) で途中中断した。3回目加振は、大型振動台のリミッター手前の 2G で加振を続け、応答変位がふらついてきたため、加振終了した。試験後に試験体下端のひび割れ箇所を見たところ、鉄筋が何本か破断しているところが分った (図 6、表 3)。層間変形角は最大で 1.6% 程度であった。

(2) Case2

加振は3回行い、最終的には鉄筋の低サイクル疲労破断で終了した。1回目加振は、6G まで加速度を上げたところ、サポートが破断したため終了した。サポートは、加振開始後 9 秒程度で破断した。2回目加振は、できる範囲まで上げて加振しようとしたが、サポート重錘をカルバート内空に残したため、ワイヤーが切れて危険なため終了した。3回目加振は、サポートの重錘を撤去して、カルバートに損傷が生じるまで加振し、鉄筋破断したため終了した。層間変形角は最大で 2% 程度であった。Case2 は鉄筋が全部破断した (表 3)。重錘 (1t) が軽い影響で、頂版の浮き上がり量が大きく、ひずみの発生が大きかったものと思われる。

表 2 試験条件

Case1	Case2
カルバート単体	配管支持構造有り
重錘 2t	重錘 1t
材齢 81 日	材齢 89 日
32.8 MPa	33.4 MPa

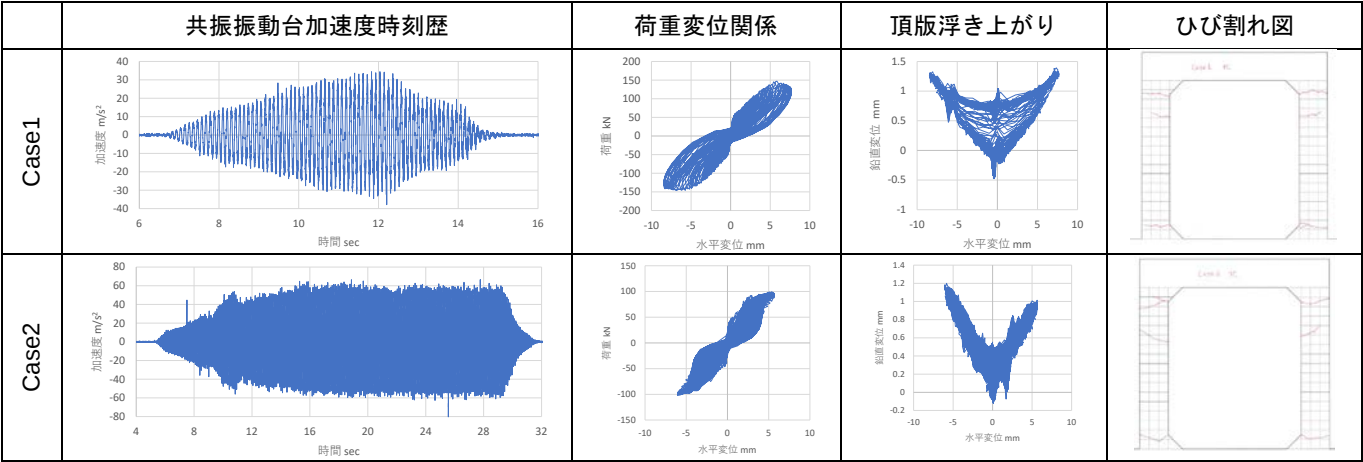


図 5 代表的計測結果

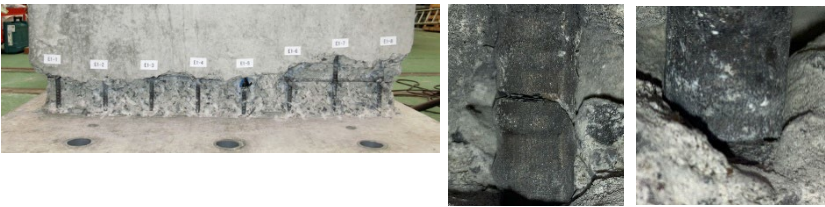


図 6 試験後の鉄筋破断状況

5. まとめ

海水管ダクトの地震に対するフラジリティ評価法高度化のため、ボックスカルバートの加振試験を行った。ボックスカルバートの高加速度加振試験では、側壁の曲げ変形による損傷が生じ、最終的には鉄筋の低サイクル疲労による破損の結果が得られた。配管支持構造の剛性が弱く、所期の目的のボックスカルバートと配管支持構造の連成による損傷データを得ることができなかったため、追加実験を行う予定である。

表 3 鉄筋破断状況

	Case1	Case2
部位	下端外側	下端外側
破断本数	9 本	16 本 (全数)