

粘性ダンパーを利用した浮体式構造物（浮体橋）の地震時における減衰効果

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○小嶋 竜智

中電技術コンサルタント(株) 正会員 日下 理

中電技術コンサルタント(株) 正会員 石丸 勝

1. はじめに

一般に構造物の地震応答特性は、その固有周期が短いほど、力が大きく、変位は小さい。逆に固有周期が長くなるほど、力は小さくなり、変位が大きくなる傾向にある。浮体式橋梁は、質量が大きく、係留ばねが相対的に柔らかいことから、長い固有周期を持つため、地震時の変位応答量が使用性の面で課題となる場合がある。

本文は、地震時における浮体式橋梁の変位応答特性と、長周期構造物へ粘性ダンパーを利用した場合の減衰効果の一例について述べたものである。

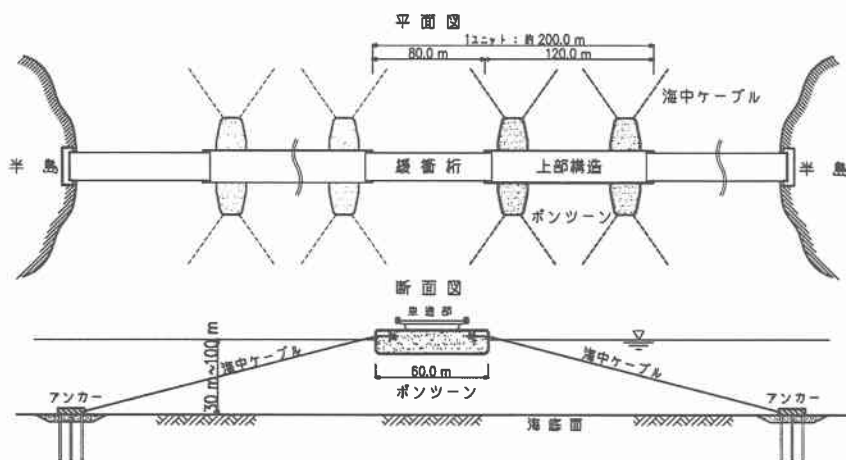


図-1 浮体式橋梁の概念図

表-1 想定構造の基本諸元

項目	基本諸元
上部構造	11ユニット:200m,鋼箱桁
ポントーン	160m×20m×5m,乾舷 2m,RCH
係留	1ケーブル:PWS187,防舷材 2500H
全体質量	169,000kN
付加質量	142,000kN(Surge)
造波減衰	16.6%(Surge)
固有周期	110.5sec(Surge)

2. 浮体式橋梁の諸元及び解析方法

浮体式橋梁の地震時の変位特性については、地震応答解析により考察する。想定する浮体式橋梁の概念図を図-1に示す。上部構造は2箇の浮力体に剛接合され、浮力体は係留材により海底に固定される構造を想定した。係留材はケーブルと防舷材を直列に繋ぐ機構を想定した。表-1に想定する構造の基本諸元を示す。

解析は、直接積分による方法とした。モデル化は、はり一質点系による弾性材モデルを基本とし、係留材については、ケーブルのカテナリー特性、防舷材の定反力域を考慮し非線形ばねでモデル化を行った。なお、想定構造の Surge(橋軸方向)の固有周期は 10.5sec である。

また、浮体式構の減衰効果に寄与する流体力は、3次元領域分割法により求め、浮体式橋梁の固有周期に対応する係数を解析モデルに反映した。図-2に造波減衰係数を示す。

入力地震波は、道路橋示方書に示されるレベル2地震動相当とし、対象が長周期構造物であるため、長周期成分の卓越するプレート境界型のタイプIを用いた。ただし、周波数成分は、示方書で対象としている0.2Hz以上とした。図-3に入力地震波形を示す。

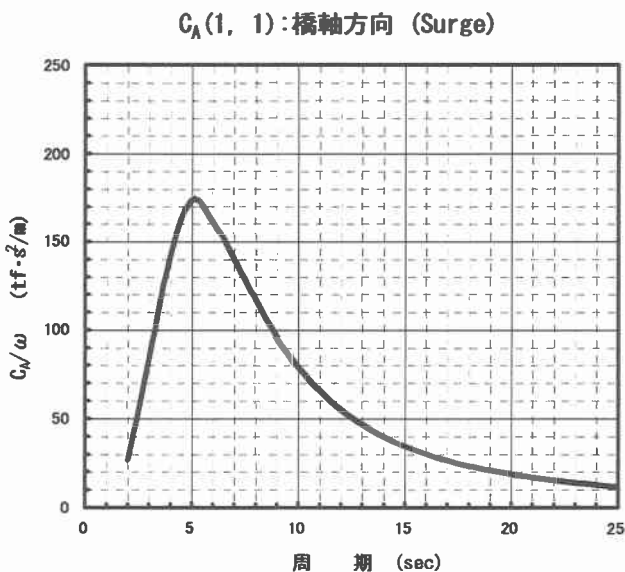


図-2 造波減衰係数 (surge)

3. 浮体式橋梁の地震時における変位応答特性

地震応答解析結果を図-4,5に示す。図は浮体式構造の Surge に入力を行ったケースの応答を示す。図からも判るように、浮体式橋梁のような長周期構造物は、入力地震波の最大加速度が 438gal であるのに対して、加速度応答は 41gal であり、免震性が高い。一方、変位応答については 117cm であり、陸上構造物に比べれば、ゆっくり、大きく振動する特性がある。

図-6は、浮体式橋梁の固有周期と変位応答の関係を示している。この図は、固有周期を変化させた場合の変位応答に与える影響をまとめたものである。この図から判断すると、浮体式構造は、固有周期帯の設定に応じて、変位応答を調整することが可能と考えられる。しかし、周期 10sec 付近では、100cm オーダーであるため、橋梁としての使用性からすると、さらに変位を低減する必要がある。

4. 粘性ダンパーによる減衰効果

変位応答の低減方法として、粘性ダンパーを用いた場合の減衰効果の一例を示す。粘性ダンパーは、陸上橋梁に用いられる市販のもので、シリンダーに充填されたオイルがオリフィスを通過する時に抵抗力が生じる機構を想定した。

図-7は、粘性ダンパーの減衰効果を示したものである。図は、粘性ダンパーの減衰係数による変位応答の低減効果が判るよう、応答解析結果を減衰定数をパラメータとしてまとめたものである。この図から判断すると、粘性ダンパーを設置をすることで、変位応答の低減効果が期待出来る。

さらにこの図から判断すると、一般的な吊橋の伸縮量が 70cm 程度であることから、減衰係数 $C=150\text{tf}\cdot\text{s}/\text{cm}$ 程度であれば、十分、道路橋としての使用性にも耐えうる構造となると考えられる。

5. おわりに

- 浮体式橋梁は、係留材により設定される固有周期帯に応じて、変位を低減出来ることが判った。
- 浮体式橋梁は長い固有周期を持つため、変位が大きくなる傾向にあるが、粘性ダンパーを用いることで、使用性に十分耐えうる構造となることが判った。
- 今後、固有周期帯の設定と粘性ダンパーの組み合わせにより、さらに使用性の優れる構造について検討する必要があると考える。

【参考文献】1)日下理,石丸勝,小鴨竜智:長い固有周期を持つ浮体式橋梁(浮体橋)の免震性に関する一考察,土木学会中国支部研究発表会概要集,pp71-72,2001.6. 2)永田修一他:3次元領域分割法による流体力計算の精度:海洋工学論文集,第 41 巻,pp851-855.1994

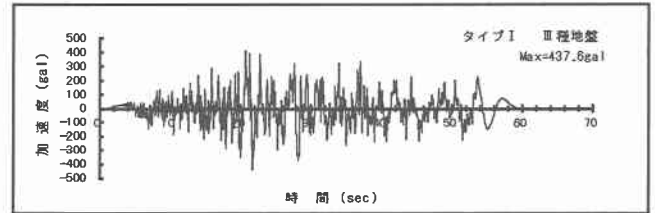


図-3 入力地震波 (道示 タイプ I)

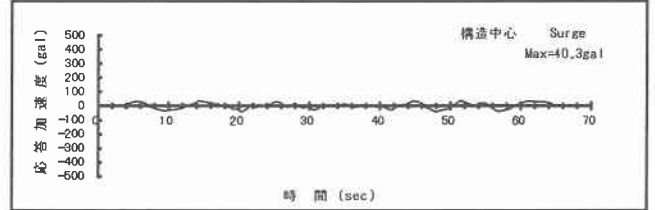


図-4 加速度応答時刻歴 (surge)

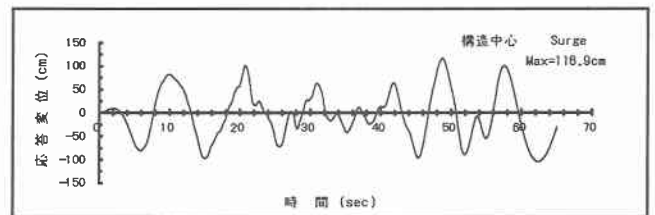


図-5 変位応答時刻歴 (surge)

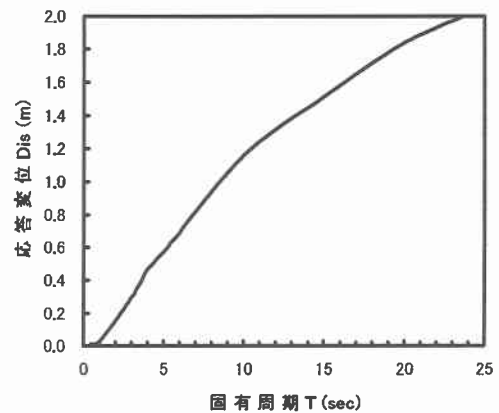


図-6 固有周期と変位応答の関係

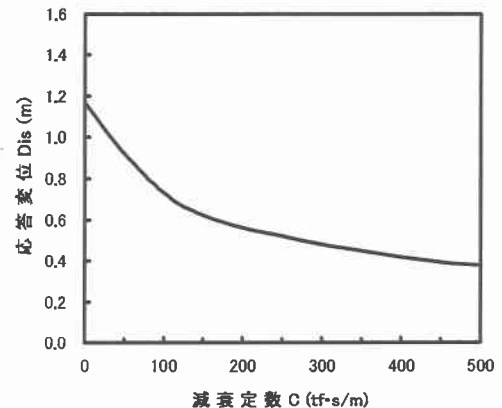


図-7 ダンパー減衰係数と変位応答の関係