

海中ケーブルとゴム防舷材の複合方式で係留した浮体橋の地震時挙動

中電技術コンサルタント(株) フェロー会員 ○日下 理
 鳥取大学工学部 フェロー会員 上田 茂
 中電技術コンサルタント(株) 正会員 小嶋竜智

1. はじめに

浮体橋は、軟弱地盤や埋立直後で大きな地盤沈下が予想される場合に優れた特性を発揮する。浮体橋など浮体構造物の係留方式には、海中ケーブル、海中チェーン、ゴム防舷材などが単独で用いられてきたが、浮体橋に求められる移動量抑制、地震または暴風時などの異常時における安全性向上の観点から新しい係留方式が求められている。

本研究は、海中ケーブルとゴム防舷材による複合型の係留方式を提案し、この方式で係留した浮体橋の地震時の応答特性について検討したものである。

2. 想定した浮体橋の諸元

本研究で対象とする浮体橋¹⁾は、分離ポンツーン形式による長大浮体橋の1ユニットで、上部構造は2函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た構造である。基本諸元を表-1に示す。

浮体構造物の係留に実績の多いチェーンによる係留、海中ケーブルによる係留、および本研究で提案する複合係留方式の3形式で係留したときの地震応答特性の相違を比較検討する。

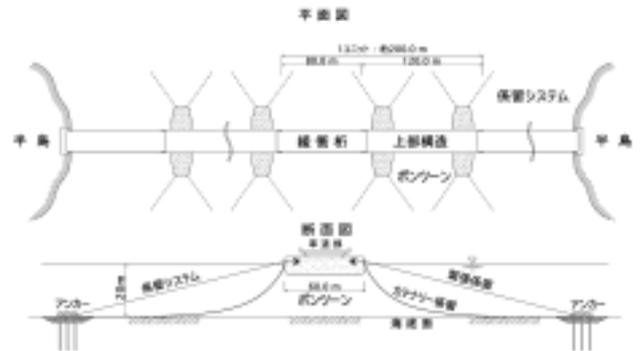


表-1 基本諸元

項目	基本諸元
上部構造	1ユニット・200m, 鋼箱桁
ポンツーン	60m×20m×5m, 乾舷 2m
全体質量	69,000kN

3. 係留方法の特徴

浮体橋を係留する方式のうち、海中ケーブル、海中チェーン、複合方式の特徴を表-2に示す。この表の中の複合方式とは、海中ケーブルとゴム防舷材を直列に配置する図-2のようなシステムを想定している。これらの荷重と変位の関係を図-3に示す。

表-2 係留方法の特徴

項目	海中ケーブル	海中チェーン	複合方式
潮位・変動に対して	サグが小さいので対応が難しい。	サグが大きいため対応容易。	防舷材の変形性能を利用するので対応容易。
地盤沈下に対して	サグが小さいので対応が難しい。	サグが大きいため対応容易。	防舷材の変形性能を利用するので対応容易。
水平方向の拘束性	非常に良い。	3案の中では変位が最も大きい。	3案の中では中間の特性を持つ。
異常時の荷重に対して	単独での強度は強いが、変形性能が小さい。	サグによる変形性能が大きいので対応容易。	防舷材の変形性能を利用するので対応容易。

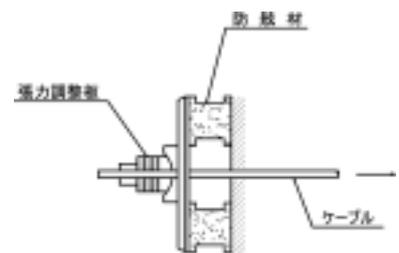


図-2 複合係留方式の一例

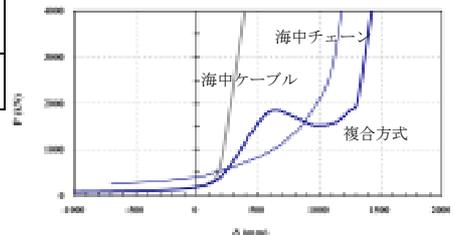


図-3 係留システムの荷重と変位の関係

4. 係留方法の相違による浮体橋地震時挙動の比較

4.1 入力地震波の特性

浮体橋の固有周期は長く(6s~10s)なることが多いので、今回の解析には、長周期成分を含む図-4の地震波を用いた。

キーワード 浮体橋, 係留, 地震動, ケーブル, 防舷材

連絡先 〒734-8510 広島県広島市南区出汐 2-3-30 中電技術コンサルタント(株) 建設技術本部 TEL 082-256-3347

この波は、図-5 に示すように 0.8s~10s の成分を多く含んでいる。

4.2 海中ケーブル係留の場合

海中ケーブル係留の場合、水平方向の拘束性が非常に高いので、浮体橋の水平加速度を抑制するには適しており、米国の Lacey V. Marrow 橋はこの方式で係留されている。しかし、この方式では、ケーブル長を大きくしないと変形性能が小さいので、図-6 に示す事例のように地震時に大きな張力が発生することがある。今回は、ケーブル長 92.2m の事例である。

4.3 海中チェーン係留の場合

浮体橋では水平方向の拘束性をある程度高くしないと、風・波によって橋軸直角方向の変位が大きくなる場合や使用性の閾値（水平加速度 0.6m/s^2 程度）を越える場合がある。このため、海中チェーン係留の場合、中立の状態において、チェーンの初期張力を大きくしなければならない。このような状態で地震を受けると、図-7 に示す事例のように地震時に大きな張力が発生することがある。

4.4 海中ケーブルとゴム防舷材の複合係留方式の場合

上述 2 例のような問題点を解消するものとして、図-2 に示す複合方式の場合を検討する。

(1) 海中ケーブル単体の海中における振動特性

図-8 は海中ケーブル単体の固有値解析の結果である。振動モードの固有周期 2.352s, 1.157s, 1.152s…は、浮体橋の固有周期の約 9s からかなり離れているので、共振する可能性は少ない。従って、以下の解析では、ケーブルは線形ばね部材として取り扱った。

(2) 地震応答特性

複合方式の場合の地震応答解析結果を図-9 に示す。荷重と変位の関係を模式図的に示すと、図-10 のようになり、常時や暴風時は初期剛性の固い範囲で使用し、地震時には防舷材の定反力部（変位 500~1100mm の範囲）で地震エネルギーを吸収するものである。

5. おわりに

浮体橋の場合、常時の使用性を向上するために、左右揺れの加速度を抑制することが求められる。複合方式の係留は、常時には固く係留し、地震時には防舷材の変形性を活用するので、浮体橋の使用性・安全性を向上することに有効であることを示した。

参考文献 1) 福田功, 上田茂, 白石悟, 中野則夫, 日下理, 平尾壽雄: 海中ケーブルで係留された浮体橋の波浪中動揺特性, 海洋開発論文集, Vol. 21, pp. 1095-1100, 2005.

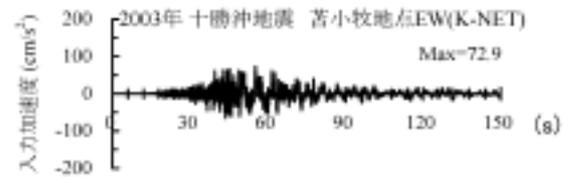


図-4 解析に使用した地震波

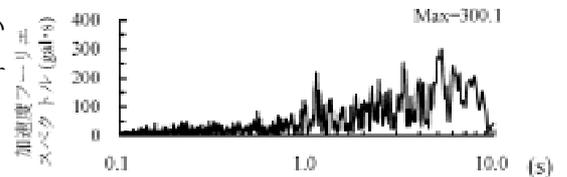


図-5 フーリエスペクトル

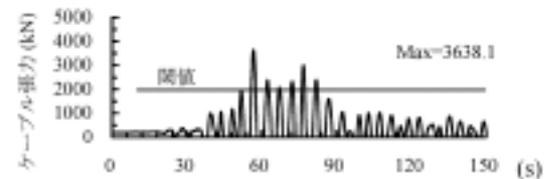


図-6 ケーブル張力

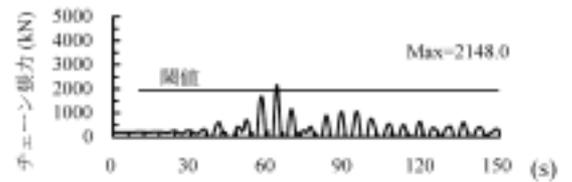


図-7 チェーン張力

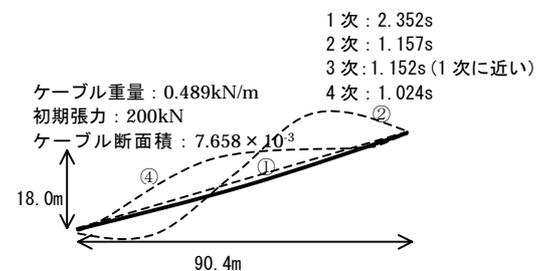


図-8 海中ケーブル単体の固有値解析

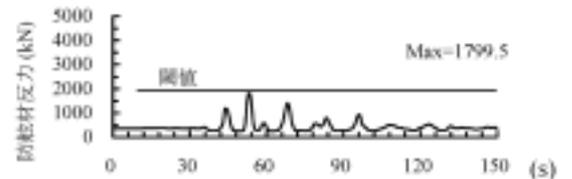


図-9 防舷材の反力

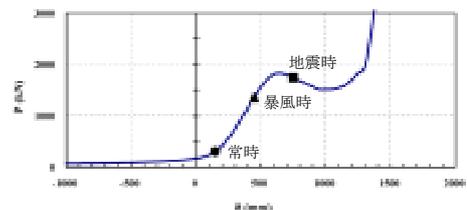


図-10 複合方式の荷重と変位の関係