# 係留ドルフィンのプッシュオーバー試験

海洋開発研究領域　深海技術研究グループ　＊國分健太郎
海洋空間利用研究グループ　加藤俊司
財団法人日本造船技術センター　岡村秀夫
新日本製鐵株式会社　鳥井正志

## １．まえがき

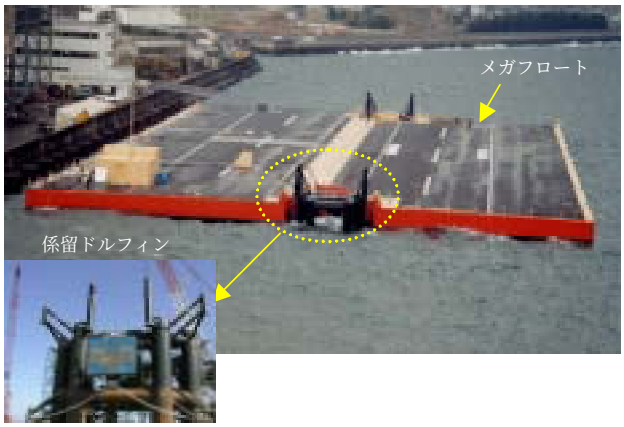
平成 13 ～ 14 年度にかけて実施されたメガフロート情報基地機能実証実験は、メガフロートを情報バックアップセンターとして使用するために必要となる利用技術について、国土交通省、総務省及び経済産業省が連携して研究開発を行った国家プロジェクトであり、当研究所は国土交通省からの委託を受けて、メガフロート及び係留ドルフィンの挙動予測及び疲労被害度予測からなる、長期健全性予測診断システムの研究開発を行った。

写真－１に使用されたメガフロート及び係留ドルフィンを示す。ここで係留ドルフィンとは、浮体であるメガフロートが漂流しないように、水平方向の位置を保持するために海底に打ち込まれている杭のことであり、潮位変化によるメガフロートの上下変化は拘束しない。図－１に係留ドルフィンの概念図を示す。

この係留ドルフィンの倒れ難さを表す指標を地盤反力係数と言い、設計値は設置前の地盤のボーリングサンプルから算出される。係留ドルフィンの疲労被害度予測プログラムは、この地盤反力係数の設計値を用いて計算した疲労特性データを用いて、係留ドルフィンの疲労被害度の予測を行っている。

しかし、この地盤反力係数の設計値の実際の検証は、係留ドルフィンの設置後、係留ドルフィンが倒れる方向に大きな外力を作用させて係留ドルフィンを変形させる必要があるため、危険性、煩雑性及び経済性などの理由により行われたことがない。

したがって今回、メガフロート情報基地機能実証実験の撤去時に、解体前の係留ドルフィンで実際に塑性域まで押して壊す試験（プッシュオーバー試験）を実施し、地盤反力係数の設計値を検証するとともに、係留ドルフィンの疲労特性データの修正及び疲労被害度予測プログラムの改良を行った。




写真－１　実証実験用浮体及び係留装置

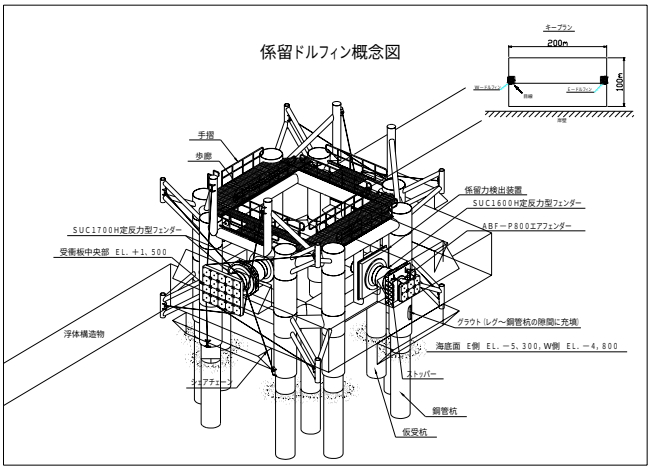
## ２．試験方法

係留ドルフィンの一つを鉛直な面で二分割し、ジャッキを用いて分割面を離隔するように水平に載荷して、構造部材の一部が塑性変形するまで強制変位を与え、この時の荷重と構造変形の関係を把握した。

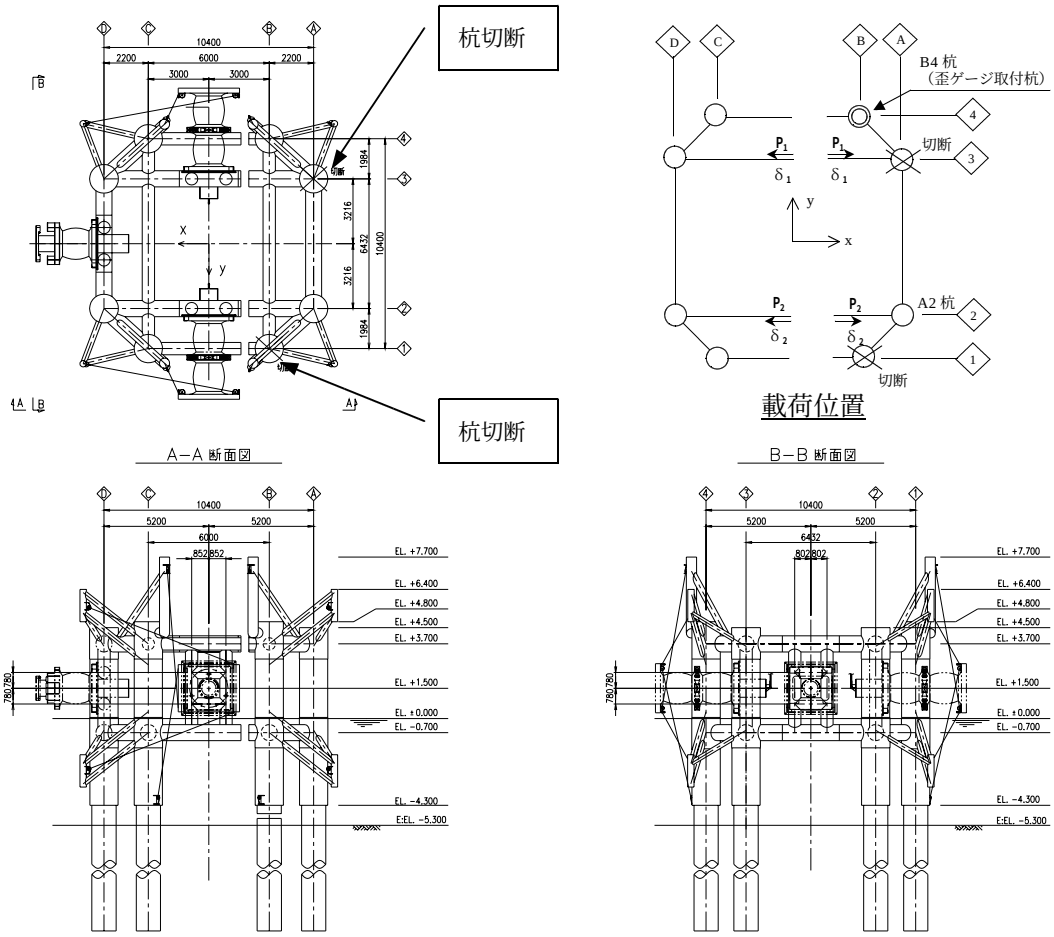
一方、構造の数値モデルによる弾塑性解析を実施し、試験結果と比較することで数値解析精度を検証するとともに、実物の鋼製ジャケット式ドルフィン構造の靭性評価を行った。

なお、分割した係留ドルフィンを試験時に積極的に塑性化させるため、図－２に示すように２本の杭を水中部で切断して弱体化させた。

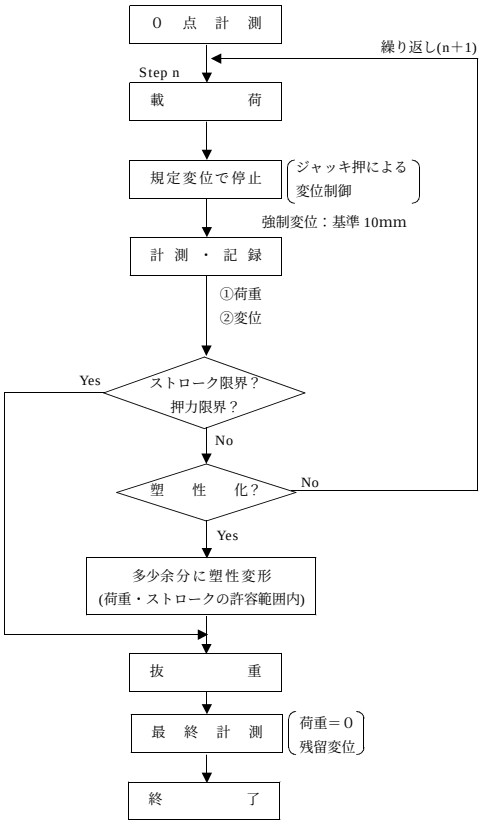
プッシュオーバー試験は図－３に示すフローで実施した。載荷は各ジャッキのストロークを一定とする変位制御とし、１ステップ 10mm を基準に昇荷した。




図－１　係留ドルフィンの概念図




図－２　係留ドルフィンの載荷方法




図－３　プッシュオーバー試験フロー

## ３．試験結果

弾塑性骨組み解析ソフト（CAP）により、係留ドルフィンの二分割骨組みモデルのプッシュオーバー解析を行い、結果を計測結果と比較することで、杭の降伏応力や地盤反力係数など、解析で用いたパラメータについて検証を行った。

その結果、実際の地盤反力係数は設計値の 2.2 倍の 11660kN ／ $m^3$ であり、水平方向の力に対して想定よりも係留ドルフィンが倒れ難い地盤であったことが判明した。

また、水中で切断した杭の切断面がジャッキストローク 270mm で再び接触したとの報告があったため、解析も同様にジャッキストローク 270mm で杭同士が接触したものとして行った。

図－４に、載荷荷重とジャッキストロークに関する解析結果と実験結果の比較を示す。ここで、線は解析結果を、点は実験結果をそれぞれ示している。ジャッキストロークが 270mm 近辺で曲線の傾きが変化しているのが、杭同士の接触の影響を示している。

解析結果と実験結果は良い一致を示しており、実物の鋼製ジャケット式ドルフィン構造の反力特性を確認するとともに、強度及び変形に関する解析結果の有効性を確認することができた。

## ４．データの修正及びプログラムの改良

図－５に、実際の地盤反力係数を用いて計算し直した係留ドルフィンの鋼管格点部の疲労特性データ（荷重ケース毎の許容繰り返し回数）をプロットした疲労曲線（S-N曲線）の一例を示す。

この図から、任意の繰り返し荷重に対する許容繰り返し回数は、実際には設計値の数倍大きく、設計は安全側の見積であったことが分かる。このことは、係留ドルフィンのその他の各鋼管格点部で言うことができる。

これらの修正された疲労曲線を用いて係留ドルフィンの疲労被害度予測プログラムを改良し、予測精度の向上を図った。

## ５．まとめ

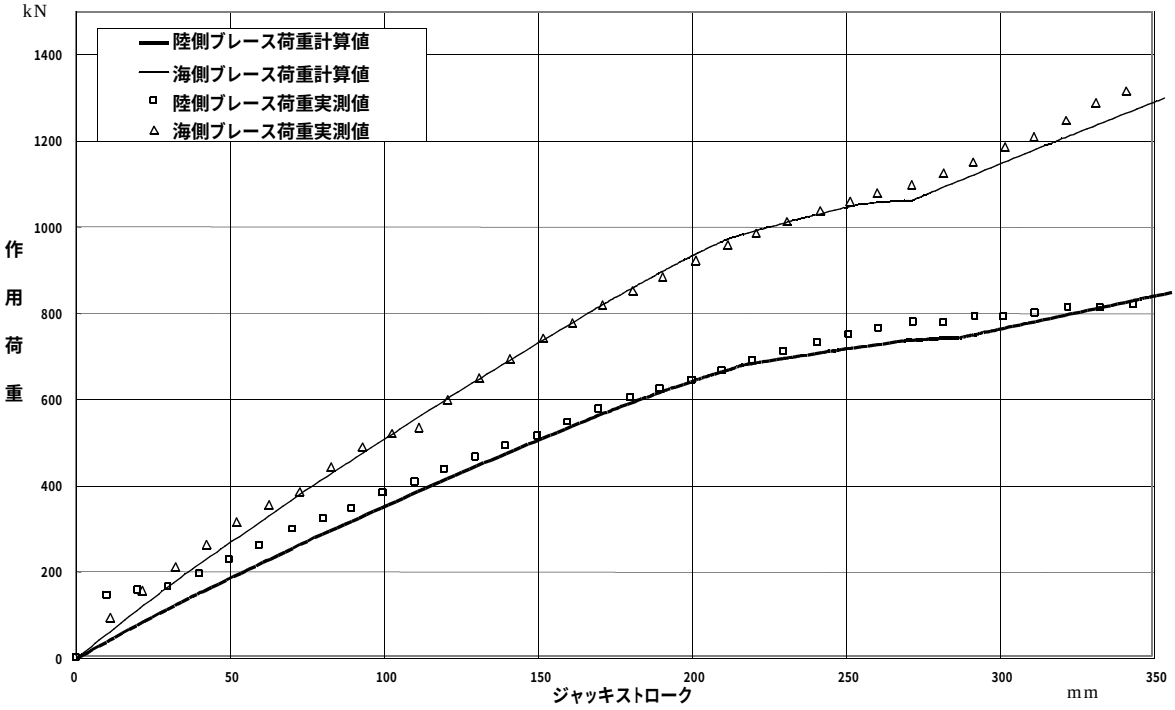
メガフロート情報基地機能実証実験の一環として、係留ドルフィンに水平に載荷して塑性域まで変形させるプッシュオーバー試験を実施した。

その結果、実際の地盤反力係数は設計値の 2.2 倍であり、水平方向の力に対して想定よりも係留ドルフィンが倒れ難い地盤だったことが判明した。

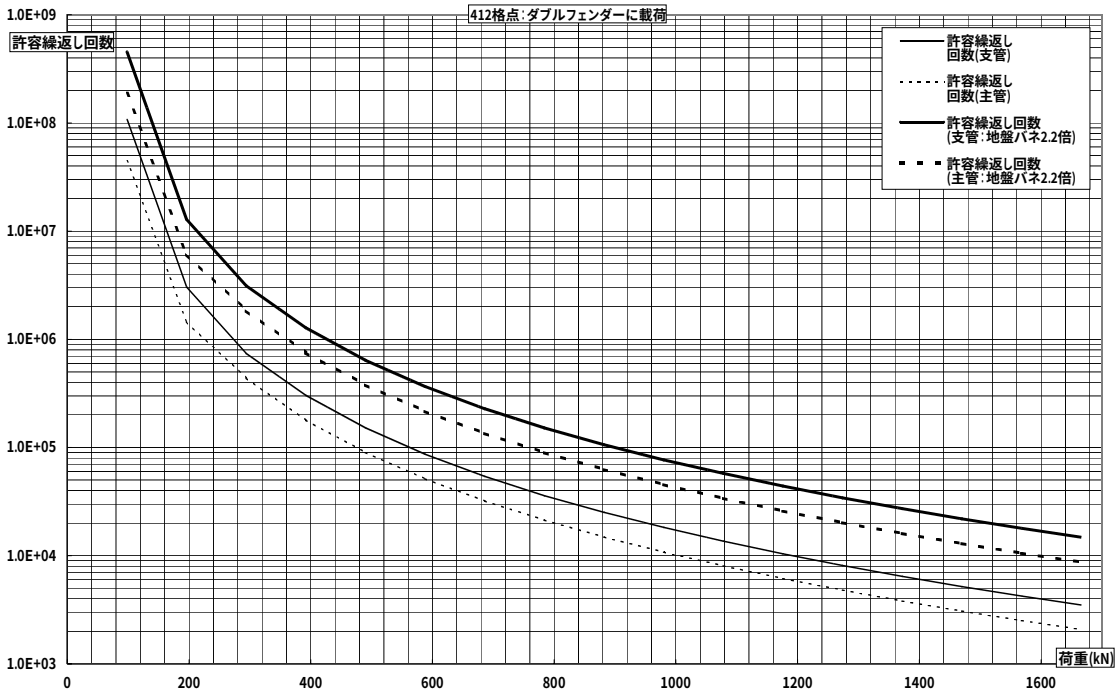
また、載荷荷重とジャッキストロークの関係について、試験結果と弾塑性骨組み解析ソフトによる数値解析結果を比較したところ、両者は良く一致し、係留ドルフィンの反力特性を確認するとともに、強度及び変形に関する解析結果の有効性を確認することができた。

また、実際の地盤反力係数を用いて係留ドルフィンの鋼管格点部の疲労特性データを求め直したところ、繰り返し荷重に対する許容繰り返し回数は実際には設計値の数倍大きく、設計は安全側の見積であったことが判明した。

また、これらの修正された疲労曲線を用いて係留ドルフィンの疲労被害度予測プログラムを改良し、予測精度の向上を図った。




図－４　荷重と変位の関係




図－５　鋼管格点部の疲労曲線