

I-463 TSDによる斜張橋・塔の制振効果

本州四国連絡橋公団 山岸一彦、西本 聡 日立造船○植田利夫、中垣亮二
ニチゾウテック 有馬健次、小林義和

1. まえがき Tuned Sloshing Damper(TSD)に関して、これまで直方体タンクTSDの単体性能実験からスロッシング現象の特性、減衰の評価法および減衰性能増大法、また、TSD搭載塔構造模型実験から制振効果の推定法を検討し、長大橋の塔等の耐風対策として適用の可能性に目途がついた。⁽¹⁾ 本文では、生口橋(斜張橋)の塔独立時にTSDを実用化し、自由減衰振動実験により確認した制振効果について述べる。

2. 塔本体およびTSDの諸元 生口橋は中央径間(470m)が鋼桁、両側径間(150m)がPC桁の複合斜張橋である。鋼製塔は図1に示すように高さが約120mで、塔独立時の面外曲げ一次振動モードの振動数は0.255Hzで、塔頂換算重量は497tfである。縮尺1/65の空力弾性模型を用いた一様気流中の風洞試験結果では、構造減衰(対数減衰率)を0.01と仮定すると、約9m/sの橋軸直角方向の風により塔頂で約40cmの渦励振が発生すると予測され、構造減衰を大きくするとほぼ反比例的に振幅が減少することが確認されている。PC桁と鋼桁は主塔支持部近傍で接合されるが、その間詰めコンクリートの硬化時に上記振動が発生することは好ましくなく、極力振幅を小さくすることが要求された。そこで、塔頂部で約1/20、接合部近傍の塔水平梁部で1mm程度の振動に抑制すること、すなわち、TSD設置時のみかけの構造減衰を約0.20に改善することを目指した。

図2に示すように、TSDのタンクは長さ5m×幅0.8m×高さ1.3mで、流体抵抗増大用に十字柱3本(閉塞比率30%)を最大5断面に設置できる構造としている。このTSDを図1に示すように塔頂足場に2台設置し、自由減衰振動実験を行い、充水量および十字柱の設置断面数を調整して、スロッシング周波数および減衰性能をtuningするものとした。

3. 自由減衰振動実験結果 塔頂から張り渡したワイヤロープをエンドレスウインチにて引き込み約10cmの初期変位を与え、ワイヤロープを急解放させて自由減衰振動実験を行った。タンク内を空水状態にしたTSDなしの自由減衰振動波形の一例を図3(a)に示す。

70~30mmの振幅範囲で塔自身の構造減衰は0.013(振動数0.249Hz, 換算重量501tf)である。つぎに、タンク内に充水してTSD付の実験を行った。

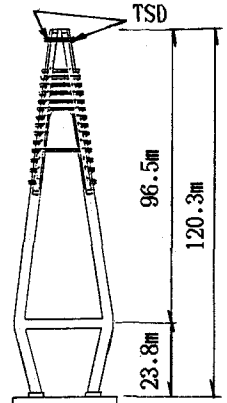


図1 塔概略図

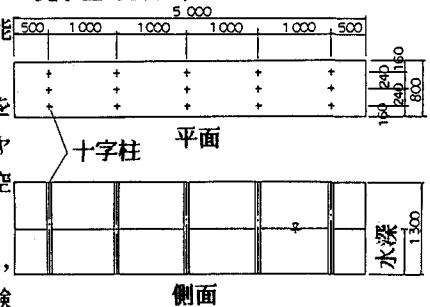


図2 TSD概略図

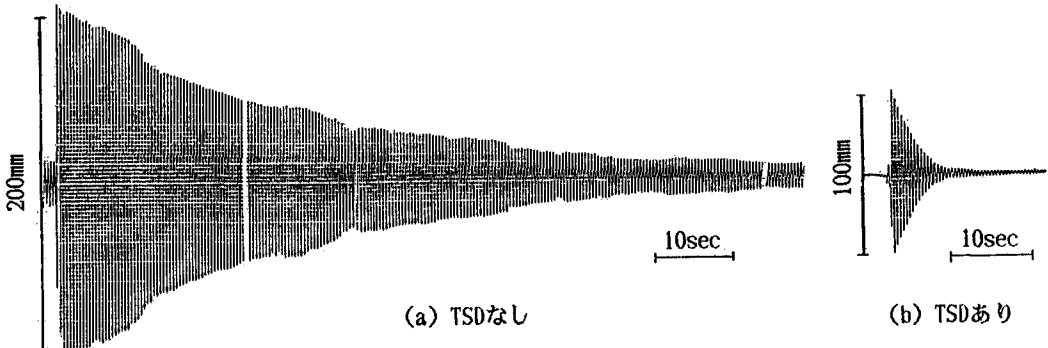


図3 自由減衰振動波形(TSDなし,TSDあり)

十字柱の設置状態を3本5断面(図3参照)として、水深を59.5~84.5cm(5cmピッチ)に変化させた結果、みかけの構造減衰は図4に示すようになり、水深79.5cmの場合が最も効果的で、0.18~0.19である。このときの減衰波形を図3(b)に示す。図3(a)のTSDなしの場合に比べて急速に減衰していることがわかる。

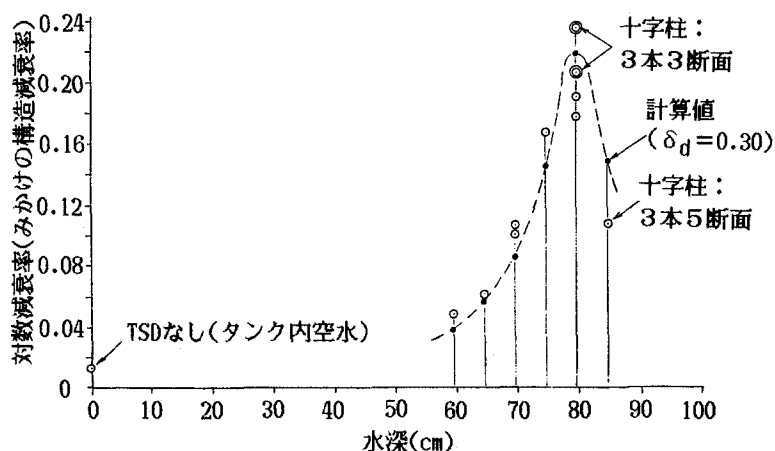


図4 水深とみかけの構造減衰の関係

また、塔変位と波高の関係は図5のとおりで、振動方向と波高の変化は 90° の位相差が認められ、スロッシングは振動を抑制する作用をしていることは明らかで、TMDの挙動と類似している。⁽²⁾⁽³⁾ なお、水深79.5cmで十字柱を3本3断面とした方がみかけの構造減衰が0.21~0.23と大きい。したがって、この状態を最終設定状態とした。

以上の結果から、水深79.5cmの場合にほぼ最適周波数(0.246Hz)および減衰性能($\delta_d=0.30$)にtuningされていると考えられる。図4における計算値は、水深が変化しときの動液重量・スロッシング周波数を考慮して、TMDと同様の考え方で算定したもので、実験結果とほぼ対応していることがわかる。

これらの結果から、TSDはTMDと同様な働きをすることが確認された。

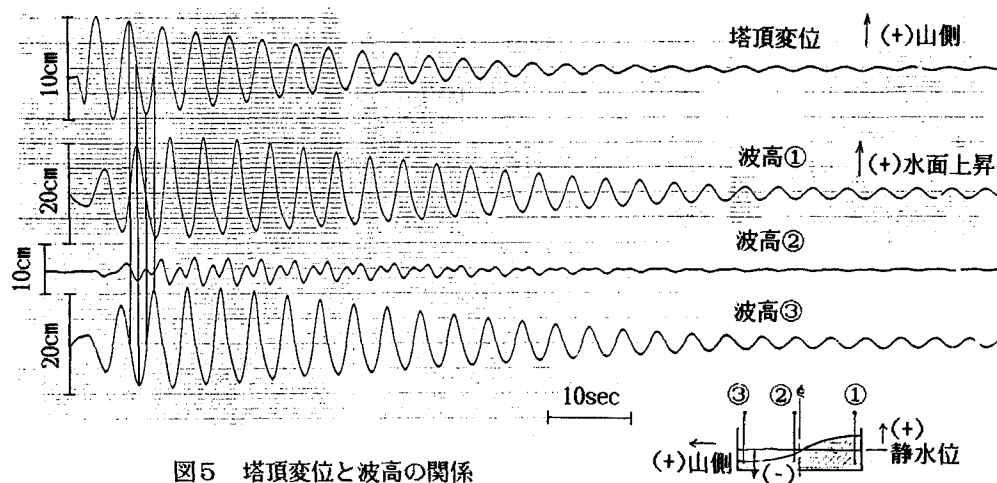


図5 塔頂変位と波高の関係

4. あとがき 以上、長大橋の主塔構造に初めて採用された大規模タンクのTSDの性能実験を行い、比較的大きな振幅でのスロッシングのスムーズな動き、スロッシング周波数のtuningの容易さ、十字柱の設置効果などを確認することができた。なお、風洞試験は生口橋塔工事JV、また、TSDの製作・据付・性能確認実験は生口橋上部工架設工事JVの業務として実施された。各JVの関係者に紙上を借りて感謝の意を表します。

〔参考文献〕 (1) 中垣、植田、有馬、加道：Tuned Sloshing Damperの振動特性と制振効果、土木学会第44回年次学術講演会、平成元年10月 (2) 波多野、仁山、大崎、久保、植田、加道：TMDによる斜張橋・塔の制振効果、日本風工学会誌第41号、平成元年10月 (3) 川人、辻、加納、津村：名港西大橋の塔の動吸振器方式耐風制振装置、第8回風工学シンポジウム論文集、1984年12月