

II-432 矩形水槽ダンパー(TLD)によるプラットフォームの振動制御に関する基礎的研究

東京コンサルタンツ(株)正会員○小村辰彦 金沢大学工学部 正会員 石田 啓
日本ビーマスコンクリート(株) 宮川将弘 三井海上 関 徹

1. 緒言 海洋構造物の設計施工に際し、波による振動問題への対策が要求されていることは言うまでもない。著者らは、既に四脚柱プラットフォームの振動特性と波力の相殺点を利用した共振制御について考究したが^{1), 2)}、さらに、ダンパーシステムを利用した振動制御が考えられる。本研究では、波動場における対波制御用矩形水槽ダンパー付プラットフォームの振動制御効果に関する基礎的研究として、矩形水槽ダンパー(TLD)を設置した四脚柱プラットフォームを、大気中で自由振動させ、プラットフォームの振動とTLD内の液体のスロッシング振動の相互干渉について考察し、さらに、TLDの設置によるプラットフォームの振動抑制の程度について検討する。

2. 固有振動数の算定 図1の矩形水槽内の液体のスロッシング振動を矩形閉塞浅水域における2次元運動であると想定し、微小振幅波理論を用いて線形的な1次近似式を導くことにより、矩形水槽内のスロッシングの1次固有振動数 f_s は次式で与えられる。

$$f_s = \sqrt{(\pi g/a) \cdot \tanh(\pi h/a)} / 2\pi \quad \dots (1)$$

ここに、 a は水槽の長さであり、 h は水槽内の液体の深さである。また、プラットフォームの1次固有振動数 f_p については、1自由度系にモデル化し、運動方程式を解くことにより、次式のように与えられる。

$$f_p = (\lambda_1 / 2\pi) \sqrt{EI/m} \quad \dots (2)$$

ここに、 λ_1 は1次の固有値、 EI は脚柱の曲げ剛性係数、 m はデッキ質量である。

3. 実験 図2に模型実験に用いたプラットフォームを示すが、脚柱は直径2cm、長さ81cm、剛性係数 EI が約11000kgfcm²で、17.5kgfのデッキ鋼板上に矩形水槽(TLD)が設置される。TLDは図1に示すように、Type1($a=23$ cm, $b=25$ cm)、Type2($a=40$ cm, $b=30$ cm)およびType3($a=65$ cm, $b=20$ cm)の3種類を用い、TLD内の水深 h を変えることにより、プラットフォームの固有振動数とスロッシング振動数を調節した。実験はデッキ端Cに初期変位1cmを与え、自由振動をさせながら、デッキ端Bでレーザー変位計を用いて、デッキの変位を測定し、同時にTLDのF部に設置された波高計により水面変動を測定した。

4. 結果 図3、図4および図5は、Type1、Type2およびType3のTLDを設置した場合のプラットフォームの振動とTLD内の水のスロッシング振動の相互干渉を示す。図の左縦軸はTLD内の水面変動スペクトルの最大値 $\hat{S}_{\eta\eta}^*$ 、TLD設置時の振動変位のスペクトルの最大値 $\hat{S}_{\xi\xi}^*$ およびTLD非設置時の振動変位のスペクトルの最大値 $\hat{S}_{\xi\xi}$ であり、右縦軸は $\hat{S}_{\xi\xi}^* / \hat{S}_{\xi\xi}$ を $\hat{S}_{\xi\xi}^*$ で除したスペクトル比 $\hat{S}_{\xi\xi}^* / \hat{S}_{\xi\xi}$ である。横軸はプラットフォームの固有振動数をスロッシング振動数で除した振動数比 $\gamma (=f_p/f_s)$ とTLD内の水の質量をデッキの全質量で除した質量比 μ である。図中、■は $\hat{S}_{\eta\eta}^*$ 、●は $\hat{S}_{\xi\xi}^*$ 、▲は $\hat{S}_{\xi\xi}$ 、○は $\hat{S}_{\xi\xi}^* / \hat{S}_{\xi\xi}$ である。ここに、TLD設置時とTLD非設置時の全デッキ質量は等しく、両プラットフォームの固有振動数 f_p は一致する。いずれの場合も、 $\hat{S}_{\xi\xi}^*$ は常に $\hat{S}_{\xi\xi}$ より小さい値を示し、特に図3と図4に示されるプラットフォームの固有振動数 f_p とスロッシング振動数 f_s が一致する $\gamma=1$ 付近で、 $\hat{S}_{\xi\xi}^*$ および $\hat{S}_{\xi\xi}^* / \hat{S}_{\xi\xi}$ が極小であるが、 μ が小さいType1のTLDを用いた方が $\hat{S}_{\xi\xi}^* / \hat{S}_{\xi\xi}$ は小さくなる。図7は図1の $\gamma=1.034$ の場合のスペクトルで、点線がTLD内の水面変動 $\hat{S}_{\eta\eta}^*$ 、実線がTLD設置時の振動変位 $\hat{S}_{\xi\xi}^*$ 、一点鎖線がTLD非設置時の振動変位 $\hat{S}_{\xi\xi}$ の最大値が $\hat{S}_{\xi\xi}^*$ の最大値より1オーダー小さくなる。また図8はこの場合の結果を時間変化の観点から見たもので、 η^* はTLD内の水面変動、 ξ^* はTLD設置時の振動変位、 ξ はTLD非設置時の振動変位であるが、TLDの設置によりプラットフォームの振動が抑制されることが分かる。

5. 結語 TLDを用いることによりプラットフォームの振動変位を容易に抑制することが可能であるが、特にプラットフォームの固有振動数とTLD内の水のスロッシング振動数を一致させた場合、より高い抑制効果が得られることを実証した。しかし、最も効果的な抑制を期待する場合、最適となるTLDの質量比 μ を検討する必要がある。今後、本研究結果を基に最適なTLDが設計できるようTLD付プラットフォームの振動変位の理論解の誘導を行い、さらに波動場においてTLDによるプラットフォームの振動抑制効果を解明する。最後に、本研究を行うに際し、助力を賜った斉藤武久君(金沢大院)に厚く感謝を表する。

<参考文献>

- 1) 石田 啓, 黒崎和保, 小村辰彦: 海洋プラットフォームの共振抑制に関する研究, 海岸工学論文集(1990)
- 2) 小村辰彦, 石田 啓, 七沢正人: 不規則波による海洋プラットフォームの振動と共振の抑制, 土木学会第45回年講(1990)

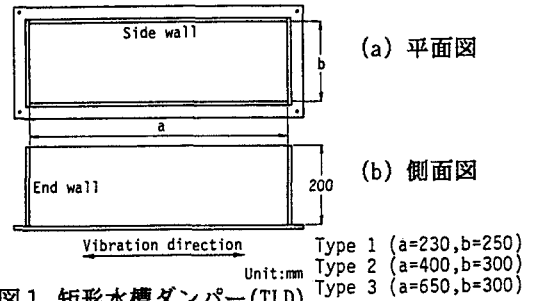


図1 矩形水槽ダンパー(TLD)

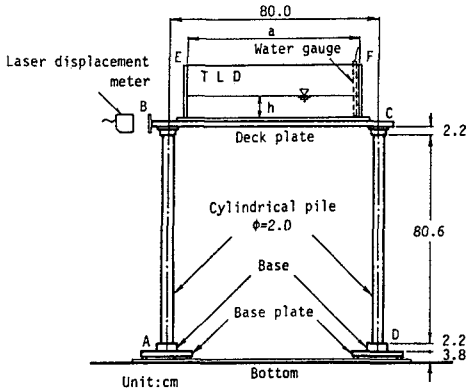


図2 TLD付プラットフォーム模型図

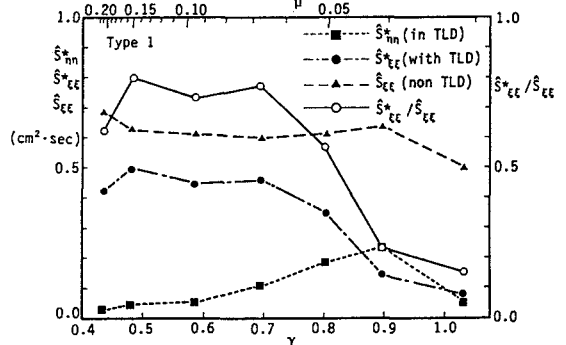


図3 プラットフォームの振動とスラッシング振動(Type1)

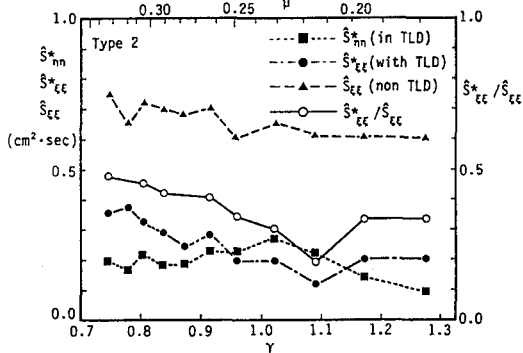


図4 プラットフォームの振動とスラッシング振動(Type2)

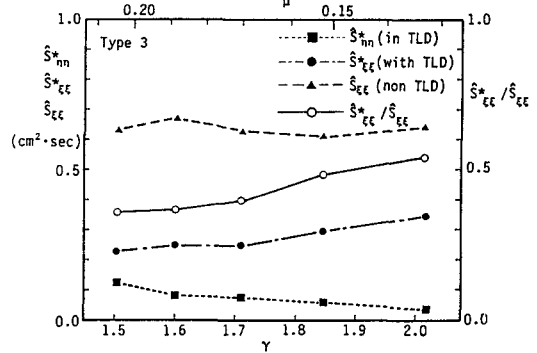


図5 プラットフォームの振動とスラッシング振動(Type3)

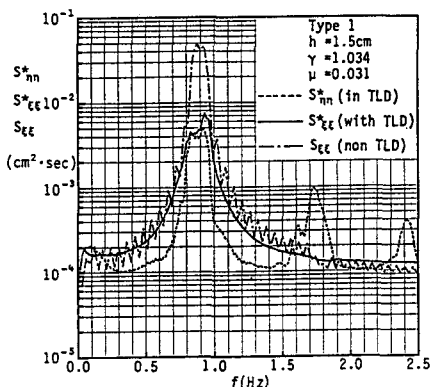


図6 振動変位のスペクトル

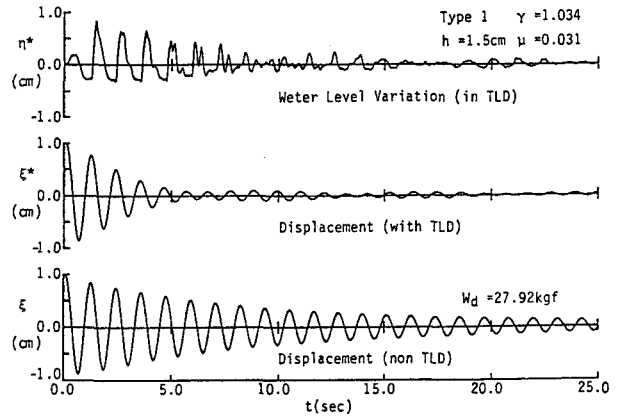


図7 振動変位の時間変化