I－B408

制震版付桟橋模型の三次元振動解析

日本科学技術研修所　正会員　小堤　治
運輸省港湾技術研究所　正会員　上部達生
五洋建設株式会社　正会員　三藤正明
日本科学技術研修所　羽原琢智
運輸施設整備事業団　正会員　中原知洋

1．はじめに

運輸省港湾技術研究所にて実施された水中振動台による制震版付桟橋模型の振動実験[1]では，制震版の効果として床版の応答加速度が低減する等の現象が確認されている．これらの現象の理解と制震版の設計に資する目的で，実験に対応する解析を実施した．桟橋模型の概要を図-1に示す．この桟橋模型は実物長を1/8に縮小したもので，杭には短管，床版には鉄板，制震版には補強材付の鉄板が使用されている．また，制震版の上端は床版に溶接されている．なお，実験の方が先行していて，ここでの解析対象構造は最新の構造とは多少異なる．

2．解析方法

解析には運輸省港湾技術研究所で開発された，有限要素法に基づく，流体-構造物連成系の三次元振動解析機能を備えたプログラムNONL3Dを使用した．流体は動水圧波動を伝播する媒体として扱われ，今回の解析では流体は非圧縮性とし，流体表面の波の影響も考慮しなかった．

桟橋杭は三次元はり要素でモデル化し，これに対する水の影響は理論的に概算した付加質量で考慮した．床版と制震版は板曲げ要素でモデル化した．なお，制震版には補強材が付加されているのでモデル化に当たっては板厚を平均厚にし，この板厚で曲げ剛性が等価になるようにヤング係数を調整した．プールに満たされた水は流体要素でモデル化し制震版との連成を考慮した．

解析は，制震版を取り付けていない場合と取り付けた場合の両者について，固有値解析と加振応答解析を実施した．

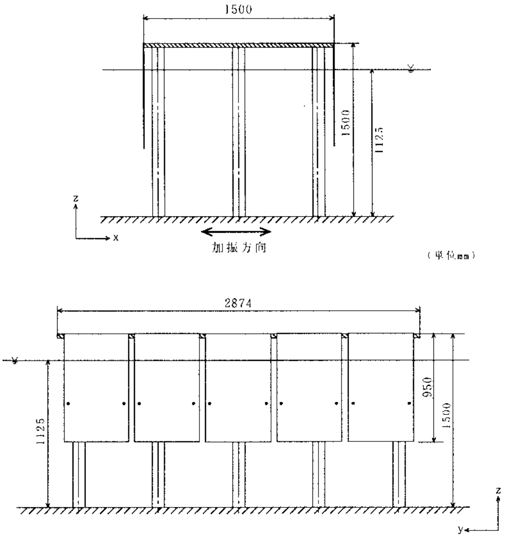

図-1　制震版付桟橋模型の概要

表-1　固有値の比較　()内は刺激係数

ケース		A	B
構造		制震版なし	制震版あり
固有値	実験値	4.84Hz	4.77Hz
	解析値	5.40Hz(0.542)	5.26Hz(0.531)

3．解析結果

固有値解析結果を表-1および図-2に示す．固有振動数は制震版の無い場合とある場合の両者について，実験結果と概ね整合している．特に，実験では制震版を付けると固有振動数が若干低下するが，解析でも同様の傾向が見られる．

キーワード：振動制御，桟橋，応答解析，有限要素法，模型試験
連絡先　：㈱日本科学技術研修所（渋谷区千駄ヶ谷5-10-9　TEL 03-5379-5591 FAX 03-5379-1981）

実験結果である加振後の自由振動中の振幅の減少傾向から減衰定数を見積もると，制震版がある場合の減衰定数は無い場合より大きい(表-2)．加振応答解析ではこれらの減衰定数を使用した．

加振応答解析のケースと床版の最大応答加速度を表-2に，床版の加速度時刻歴を図-3に示す．これらの図表では実験結果も示しているが，解析値は実験値に概ね一致している．特に実験では，制震版を付けると床版の応答加速度が大幅に低減するが，解析値も同様の傾向を示した．

ある振動モードの固有角振動数がω，刺激係数がβ，減衰定数がhである時，その系を角振動数ωの正弦波で基盤加振した場合の定常状態での加速度応答倍率αは次式で与えられる．

$$\alpha = (1 + \beta^2 \phi_j^2 / 4h^2)^{0.5}$$

ここに，ϕ_jは固有ベクトルの第j自由度成分を表す．上式によれば，β，ϕ_j，hが応答倍率に影響を与える．ケースAとBについて，固有値解析結果を参照して床版上でのαを算定すると，それぞれ32倍と14倍になり，ケースBの倍率は大幅に減少する．減衰定数hの増加の応答倍率低下への寄与の度合いを見るために，ケースBで減衰定数のみケースAと同じにすると，応答倍率は29倍となり，ほとんど低下しない．従って，検討対象構造については，床版の応答の低下は，主に減衰定数の増加による．

4．まとめ

解析結果は概ね実験結果を説明した．制震版を取り付けた場合，実験と同様に固有振動数は若干低下し，床版の応答加速度は小さくなった．

実験では制震版を取り付けると自由振動中の減衰が大きくなり，解析ではこれから算定される減衰定数を使用した．制震版を付けた場合の床版の加速度低減にはこの減衰定数の増大が主に寄与しているが，これは本解析では考慮しなかった現象（造波抵抗など）による可能性があり，今後の解析的な検討が必要である．

なお，本研究の一部は運輸施設整備事業団の「運輸分野における基礎的研究推進制度」の一環として行われたものである．

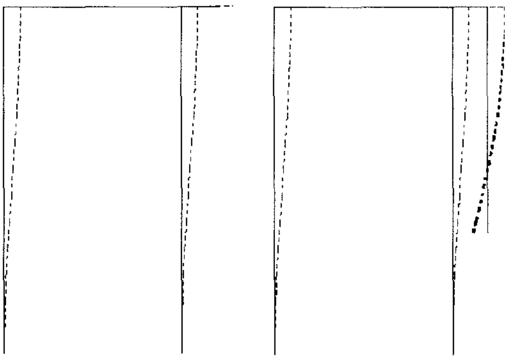

図-2　固有振動モード(左ケースA,右ケースB)

表-2　加振応答解析のケースと床版の最大応答加速度

ケース		A	B
構造		制震版なし	制震版あり
減衰定数*1		0.016	0.033
加振周波数*2		5.40Hz	5.26Hz
加振加速度		80.gal	100.gal
加振時間		20周期	10周期
応答値	実験値	2140.gal	1140.gal
	解析値	2020.gal	1190.gal

*1加振実験より推定した値
*2固有値解析から求めた固有振動数

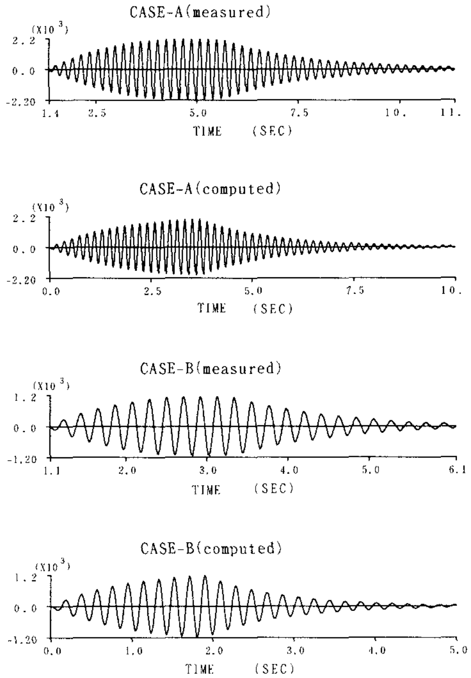

図-3　床版の加速度時刻歴
（ケースA実験，解析，ケースB実験，解析）

【参考文献】1)中原知洋他：直杭式桟橋の制震効果に関する模型振動実験について，土木学会第54回年次学術講演会概要集，1999（投稿中）