

スリット型制震版を設置した直杭式栈橋の制震効果に関する研究

運輸施設整備事業団
運輸省港湾技術研究所
(財)沿岸開発技術研究センター
五洋建設株式会社

正会員 中原知洋
正会員 上野達生
正会員 北澤荘介
正会員 三藤正明

1. はじめに

直杭式栈橋の耐震性能を向上させる技術として、スリット型制震版を取り付けた直杭式栈橋に関する模型振動実験と地震応答解析を行い、その耐震性能を検討した。動水圧の増加を抑えながら、より一層の減衰増大効果を図れる新たな制震版の構造を検討した。本報告では、模型振動実験および地震応答解析の結果に基づき、スリット型制震版の付加質量抑制効果と減衰増大効果について説明する。

2. 模型振動実験の概要

図-1 に実験模型の断面を示す。模型スケール $\lambda=1/8$ (模型/実物) で作製した栈橋模型を大型水中振動装置を使用して加振を行った。上部工は質量、杭は曲げ剛性 EI に関して相似則を満足させ、栈橋模型の1次の固有周期が時間の相似則を満足するようにした。

図-2 に使用した制震版の形状を図示する。制震版は、ブレースで剛性を高めて長さを92cm で一定に保ち、スリットの有孔率(スリットの制震版浸水部の面積に対する比)を、スリット無し、25%、50%と3段階に変化させた。

まず、スウィープ波加振による共振実験を実施し、栈橋模型の固有振動数と振動特性を把握した。つぎに、正弦波および不規則波を使用して様々な周期特性の波に対する制震効果を検討した。さらに、入力加速度の最大値を段階的に大きくして地震動レベルに応じた制震効果の検討を併せて行った。

3. 地震応答解析の概要

模型振動実験で確認された制震効果を検討するために、2次元の有限要素解析に基づく地震応答解析を実施した。制震版と水の相互作用は、減衰項と質量項で考慮した。構造系全体の減衰を減衰定数 h で評価し、解析が実験結果に最も近づく減衰定数 h を逆算して求め、減衰の増加(制震効果)を減衰定数 h の大きさで評価した。動水圧による付加質量の増加は固有振動数の比から算定した値を質量項に付加した。なお、上部工と杭は梁要素でモデル化した。

4. 模型振動実験および地震応答解析の結果と考察

a) スリット型制震版の付加質量の抑制効果

図-3 に制震版を床版幅に固定し、有孔率をスリット無し、25%、50%と変化させた場合の共振曲線を示す。有孔率が大きくなるほど固有

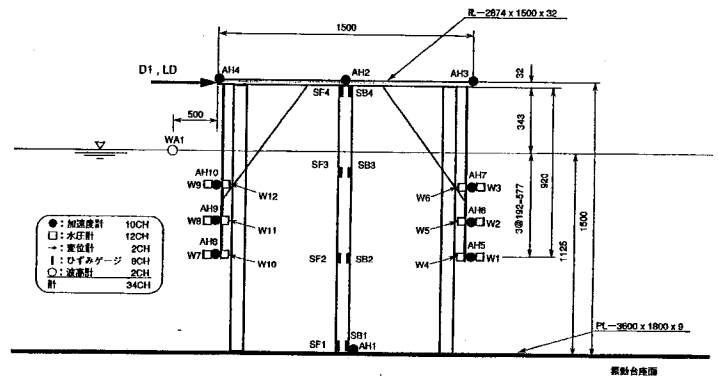


図-1 模型標準断面(制震版間隔床版幅)

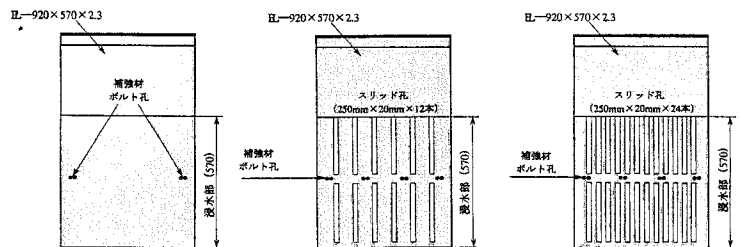


図-2 制震版の形状(左からスリット無し、25%、50%)

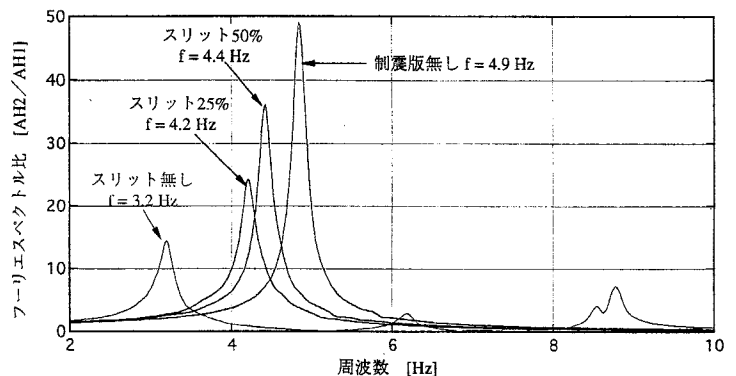


図-3 共振曲線(制震版無し、スリット無し、25%、50%)

振動数は制震版無しのそれに近づく傾向にあり、スリット型制震版の付加質量の抑制効果を確認できた。しかし、付加質量の抑制効果とともに上部工の加速度応答倍率の増加が認められた。

そこで、スリット型制震版の設計上の効果を付加質量の増加による負の効果と減衰の増加による正の効果を考慮し、杭頭部の曲げモーメントで評価した。表-1 に有孔率に応じた杭頭部の曲げモーメントの最大値と制震版無し（通常栈橋）に対する比を示す。スリット率 25% の場合に杭頭部の曲げモーメントは約 0.55 まで低減し、スリット無し（通常栈橋）の低減率（0.76）より大きい。

b) スリット型制震版の減衰増大効果

図-4 に地震応答解析より算定した減衰定数 h の値とスリット率の関係を示す。スリット率 25% の減衰の大きさは約 $h=10\%$ 程度であり、スリット型制震版に減衰増大効果があることが分かった。図-5 に実験結果と解析結果を重ねて図示する。両者の値はほぼ等しいことから、解析手法と解析モデルは妥当であり、算定した減衰定数 h の信頼性は高いものと考えられる。

c) 不規則波に対する制震効果

図-6 に不規則波を入力した場合に実験で計測された波形を示す。スリット型制震版を設置した栈橋模型の応答値は、制震版無しの応答と比べて大きく低減することから、不規則波に対するスリット型制震版の効果を確認できた。なお、制震効果の増大とともに波高(WA1)が高くなることから、造波減衰が制震効果の主要因の一つであることが明らかになった。

6. まとめと今後の課題

スリット型制震版を設置することで、直杭式栈橋模型は上部工の応答加速や応答変位および杭頭部の曲げモーメントが低減し、制震効果が確認できた。今後は、地盤の減衰特性を考慮した実構造物の減数定数を検討する予定である。なお、波圧などの地震力以外の荷重に対する対策を講じる必要がある。基本的には内海などの静穏域に配置し、スリット化ならびに水面以上の空洞化により波圧に対処できれば、充分に実用化が図れる技術と考えられる。

本研究は、運輸施設整備事業団の運輸分野における基礎的研究制度に基づいて行ったものである。

表-1 杭頭部のモーメントの最大値の比較

制震版の形状	杭頭部曲げモーメント(kgf・cm)	杭頭部曲げモーメント低減率(制震版無しに対する比)
制震版無し	3570	1
スリット無し	2720	0.76
スリット 25%	1970	0.55
スリット 50%	2630	0.73

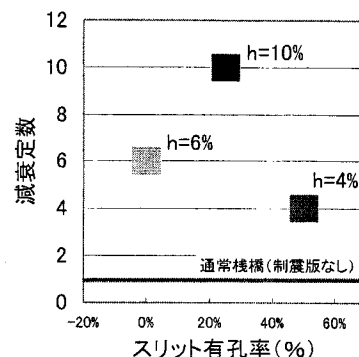


図-4 減衰定数 h とスリット率の関係

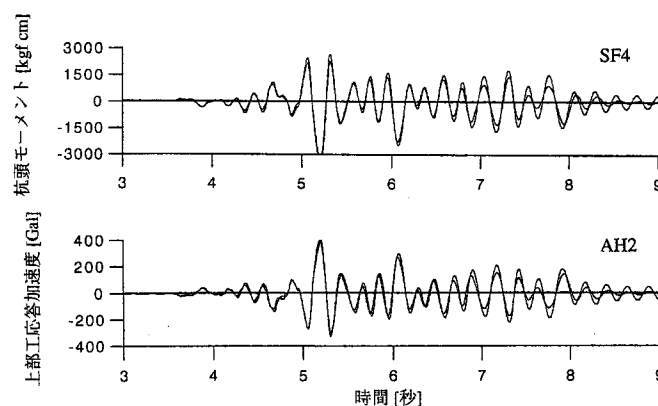


図-5 解析結果と実験結果の比較
(八戸波 350Gal 加振)

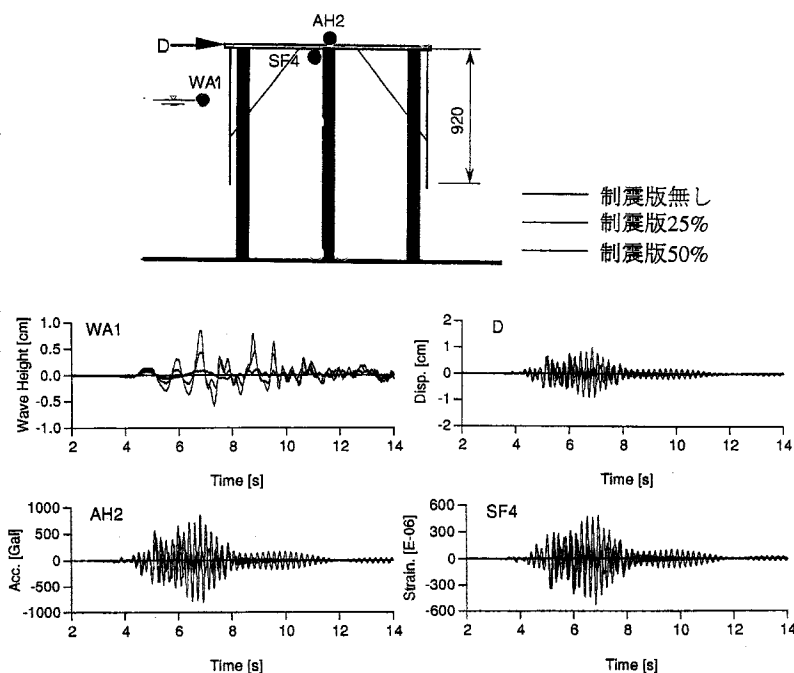


図-6 スリット型制震版の不規則波に対する制震効果（八戸波 350Gal 加振）