

(Ⅱ - 7) 越流水膜の低周波振動現象における背部閉空間内の圧力特性

建設省土木研究所 正員 ○菅原崇之

建設省土木研究所 正員 柏井条介

建設省土木研究所 正員 安達孝実

1. はじめに

ダムや堰において、特定の放流時に越流水膜の振動現象・低周波空気振動現象が発生することがある。この現象は従来から研究が進められてきており、水膜背部の閉空間と水膜との共鳴モデルや閉空間圧力と大気圧との圧力差モデルが提案されているが未だ現象を十分説明し得るに至っていないのが現状である。

本研究は、低周波音圧レベルに卓越した周波数成分が確認される場合を対象に、これらモデルで変動が仮定され、現象解明のために必要な水膜背部閉空間内の圧力特性について検討をしたものである。

2. 実験装置および実験方法

実験で使用した模型の概要を図-1に示す。模型は総落下高2.87m、越流幅3.90mの越流型模型であり、ゲートを想定して刃型堰を45°の起立角で固定するとともに、両側には側壁を設置して越流水膜背部に閉空間を形成させ、微差圧計により、閉空間内部の圧力測定を行った。データは、1測点当たり0.02秒間隔で500回収録した結果を分析した。対象とした越流水深 h_o は音圧レベルで25Hz付近の周波数成分が卓越する $h_o=4.5\sim h_o=7.5$ cmの範囲である¹⁾。 h_o がこの範囲の時、落下高140～200cm付近から水膜上に明瞭な屈曲波形が確認され、音圧レベルは $h_o=6.5$ cmにおいてピークを生じている。

3. 水膜背部閉空間の圧力特性

3-1. 平均圧力特性

背部壁面上での圧力の鉛直分布を図-2に示す。図より、落下高200～220cmまでは下方ほど、空間内部圧力が低減すること、及びこれより下方では増大することが分かる。この傾向は h_o が小さいほど顕著である。水膜は落下に伴い割裂し、水膜背面と前面が通気されるが、その領域は、 h_o が小さいほど上方に達し通気断面が大きくなる。以上の空間内部圧力分布には、このような水膜の割裂の影響が存在するものと思われる。また、200～220cmより下方で圧力が高くなるのは、水膜落下に伴って連行された空気の下流水面と衝突して生じる回流によるものと思われる。

図-3に、側部壁面上での圧力分布例を示す。図は、音圧レベルが最大を示した $h_o=6.5$ cmのものであるが、圧力の変化は

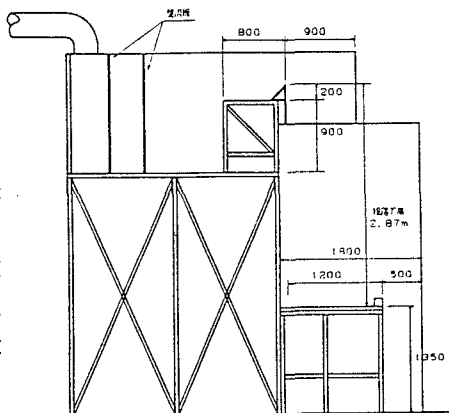


図-1 越流水膜模型実験装置

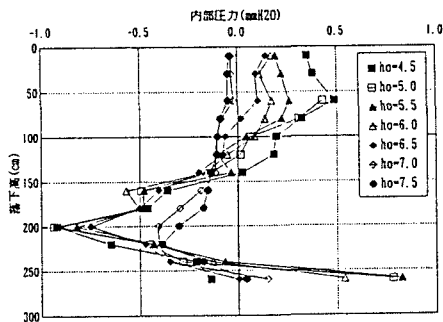


図-2 閉空間上流端壁面上の平均圧力分布

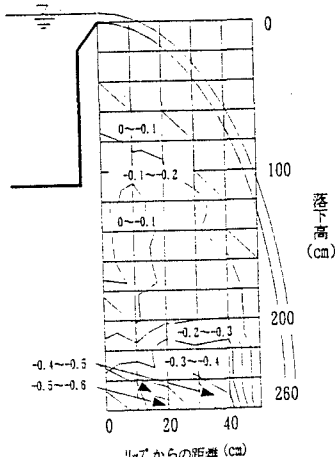


図-3 側部壁面上の圧力分布例($h_o=6.5$ cm)

鉛直方向において顕著であり、水平方向については水膜近傍の値が若干低い値を示す程度であり変化がないことが分かる。このような傾向は他の h_o においても同様である。

3-2. 圧力変動特性

閉空間内部の圧力変動状況例を図-4に示す。図より圧力は、1~2秒程度の周期で大きく変動し、これに小さな周期の変動成分が乗っていることがわかる。即ち圧力変動としては数Hz程度の主要変動に音圧レベルで大きい値を示す25Hz成分が付加されているものと推察され、このことは、スペクトル分析により確認されている。25Hzの周波数は水膜表面に現れる屈曲波形の波長から計算される周波数とほぼ一致することが確認されており、水膜は全体的な振動とこのような屈曲による振動が複雑に共存して振動しているものと推察される。

図-5に、圧力の標準偏差の鉛直分布を示す。図より、圧力変動量は落下高が大きいほど大きくなること、また、 $h_o=7.0\text{cm}$ 以上で急激に小さくなることが分かる。 $h_o=7.0\text{cm}$ で現象が急激に変化する状況は、図-2の平均圧力でも確認され、音圧レベルのピークの発生との関係が大きいものと推察される。

図-6に、周波数25Hz成分のスペクトル値と落下高の関係を示す。図より、25Hz成分が $h_o=6.5\text{cm}$ 付近でピークを示すことが確認される。また、スペクトル値は全体に下方ほど大きい傾向を示すが、 $h_o=6.5\text{cm}$ では上方での値も比較的大きく、空間全体として25Hzで振動していることが分かる。

5. おわりに

実験により、低周波振動発生時の水膜背面空間の圧力特性を把握した。今回示した鉛直分は全て模型におけるものであり、今後は幅方向での変化を把握の上、振動モデルを開発していく方針である。

参考文献

- 1) 安達・高須・河合：越流水膜に生じる低周波振動の発生機構に関する実験的考察，第49回年次学術講演会講演概要集第2部，1994

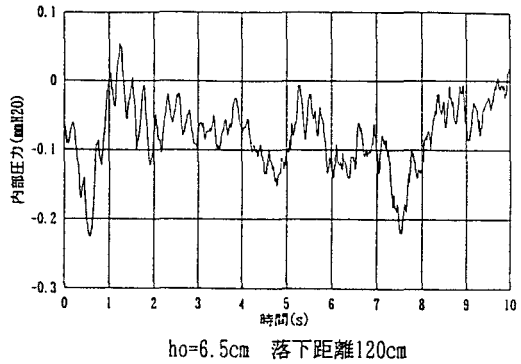


図-4 閉空間内圧力変動例(背部壁面上)

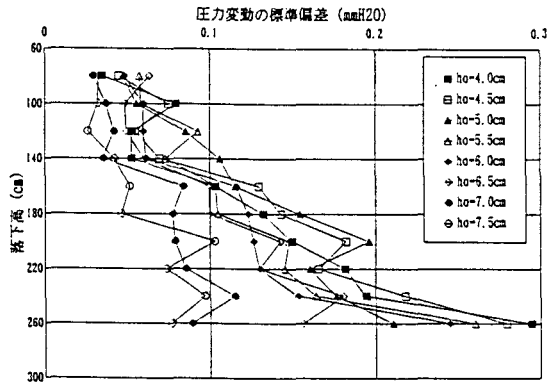


図-5 圧力の標準偏差と落下高の関係
(背部壁面)

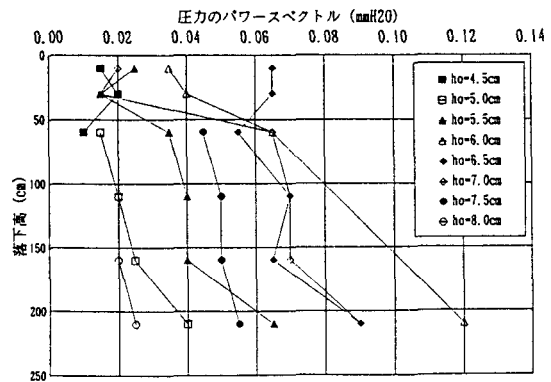


図-6 圧力変動の25Hz成分のパワースペクトル
と落下高の関係(背部壁面)