

研究成果報告書

研究課題名	固定堰及びため池等の洪水吐における水膜振動・騒音低減工法の開発
研究開発組合代表者名	ライト工業株式会社

1. 研究目的

堰からの越流が落下流となる場合、越流水脈が水膜振動する。この水膜の振動は、低い周波数帯の音（低周波音）が卓越する。

近年、市街化が進み、頭首工や農業用水路の周辺が生活空間になってきている。このため、農業用水路等の近隣住民から、低周波音に対する苦情が寄せられ、社会問題となってきている。

水膜振動が低周波音を発生することは、古くから知られており、多くの研究がなされている。その結果、水膜振動はケルビン・ヘルムホルツの不安定現象が水膜下の空洞等と相互に関連して発生するとして理解されている。しかし、水膜振動による発生する低周波音とその対策については、十分な検討がなされていない。このため、低周波騒音を低減する水膜振動の抑制工法の開発が望まれている。

本研究は、堰やゲートで低周波音の発生要因となる水膜振動の発生メカニズムを解明するとともに、低減工法の開発および装置の設計指針の作成を目的とした。

2. 研究内容

(1) 水膜振動の発生に関する研究

堰やゲートからの落下流により発生する低周波音の特性調査を行った。

①越流水深と騒音レベルの関係

越流水深と騒音レベル（特に低周波騒音レベル）の関係を調査し、騒音レベルが卓越する水深を把握し、低周波音の抑制対象とする水量を設定。

②落下流により形成される水膜振動の分類

落下流の鉛直方向の音圧レベルの分布や膜の波形を分析し、水膜振動を分類した。

③低周波音と水膜振動の関係

低周波音と水膜振動の関係を調査し、低周波音の発生要因を明らかにする。

(2) 水膜振動の低減工法の研究開発

低周波音の低減効果が得られる対策工の開発および効果の検証。

(3) 装置設置方法の開発

騒音低減装置の構造、既存ゲートへの設置方法等の設計指針を作成。

(4) 現地試験

現状で落下流による低周波音の発生があり、かつ対策工の設置が可能な堰を選定し、現地試験による対策工の効果検証。

3. 目標とする成果

3. 1 目標とする成果

落下流による発生する低周波音の特性として①越流水深と低周波音の関係、②低周波音と水膜振動の関係を整理し、③水膜振動の分類を行い、従来技術で解決できない越流水深の低い条件で発生する低周波音の抑制が可能となる④対策工の開発を行い、⑤対策工の設計指針を作成する。

3. 2 従来技術との比較

従来の低周波音の防止対策は、堰の天端に突起（以下、スポイラと称す。）を設置し、越流水を天端で分断することで越流水膜の背面（堰と膜）が閉空間とならないようにする方法が用いられている。しかし、スポイラによる越流水の分断を行っても、水膜は形成されるため、水膜の振動が抑制されない。また、堰の越流機能に影響を与えるため、堰上流の水位上昇を誘発する。

本研究で開発した対策工は、越流水膜を分断し、膜背面を開放することではなく、一つは水膜の位相差に着目したもの、一つは水膜を水の束とした落下流に変化させる方法である。また、堰の下流面

に設置する対策であるため、既設の堰に設置した場合でも越流機能に影響を与えないメリットがある。

4. 研究成果

4. 1 研究成果概要（目標とする成果との検証等）

(1) 水膜振動の発生に関する研究

- ・低周波音圧レベルは、越流水深（流入エネルギー）に比例せず、低い越流水深時に卓越した音圧レベルとなることが明らかになった。また、周波数毎にみると3つの傾向に分類できると予測できた。落下流を側面からみた場合、水膜の振動傾向も3つのパターンで構成されていると考えられた。
- ・低周波音と水膜振動を調査した結果、図-1に示すように卓越する周波数がいずれも22.3Hzと44.6Hz(図中○)と一致することが明らかになった。
- ・従来の対策工であるスポイラを設置した場合、写真-1に示すように落下流の下流端の振動は抑制されないこと、図-2に示すように卓越した低周波音圧レベルは消去できないことが確認できた。

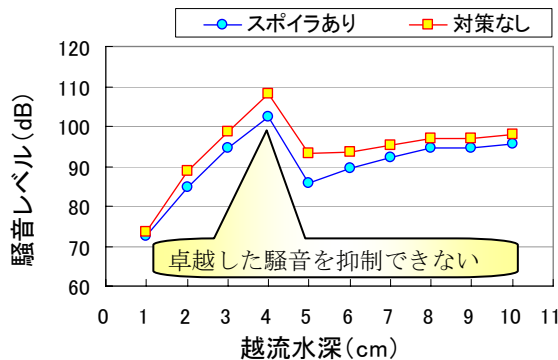


図-2 越流水深と音圧レベルの関係

(2) 水膜振動の低減工法の研究開発

水膜振動の低減工法として以下の2タイプの工法を開発した。

① 樋型（図-3 参照）

スポイラのように越流水深を堰天端で分断し、水膜による閉空間を開放することに着眼するものではなく、落下流が水の束となり、水の膜自身が形成されないようにする装置である。以下に特徴を示す。

- ・形状は、樋の型を有す。
- ・スポイラと違い、堰の天端の下流面に設ける。
- ・支配断面の下流に設けるため越流機能に影響がない。
- ・設置基数を任意に設定できる。
- ・既存の堰に後付で設置が可能である。

図-4に示すように樋型の樋幅を25 cm間隔とした場合、堰の越流水深が2 cm以上では、10dB以上の低周波音の低減効果がある。特に、低周波音が卓越する越流水深2~4 cmにおいては、20~30dBの低減効果が確保できた。

② 傾斜板（図-5 参照）

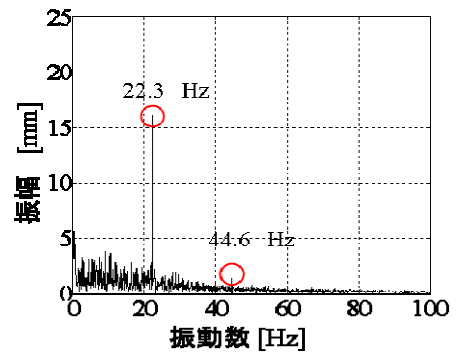
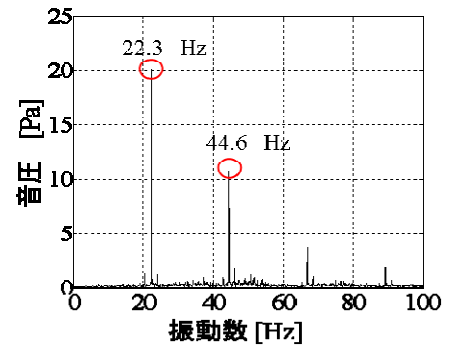


図-1 音圧と水膜の変位

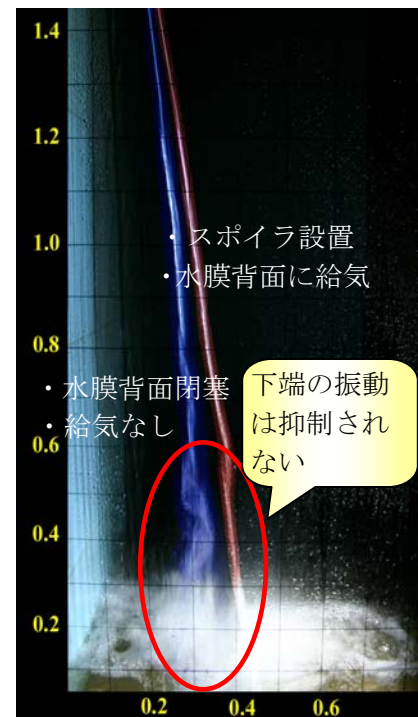


写真-1 水膜の形状

水膜の振動を落下点近傍に横断方向に傾斜板を設置することで、水膜の位相差により振動を抑制する装置である。
以下に特徴を示す。

- ・形状は、傾斜した板である。
- ・スポイラと違い、堰の下流面に設ける。
- ・堰下流の落下点に設けるため、堰の越流機能に影響を与えない。
- ・既存の堰に後付で設置が可能である。

図-6 に示すように傾斜板の高低差を落下高さの 30%（落下高 2.0m、高低差 60 cm）とした場合、卓越する越流水深 2 cm～5 cmでの低周波音を約 10～20dB の低減効果が確保できた。

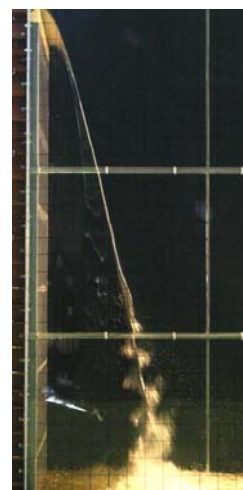


写真-2 振動状況

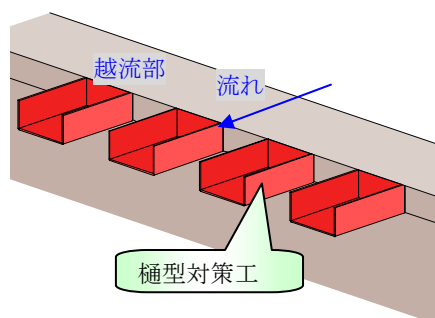


図-3 樋型の形状

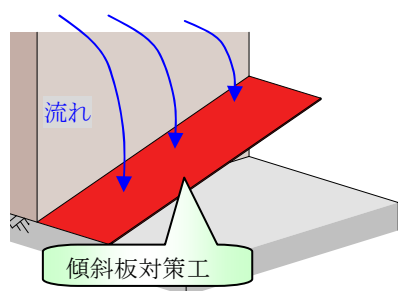


図-5 傾斜板の形状

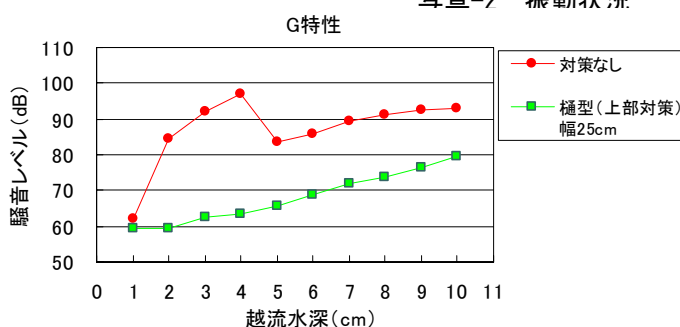


図-4 樋型の越流水深と低周波騒音レベルの関係

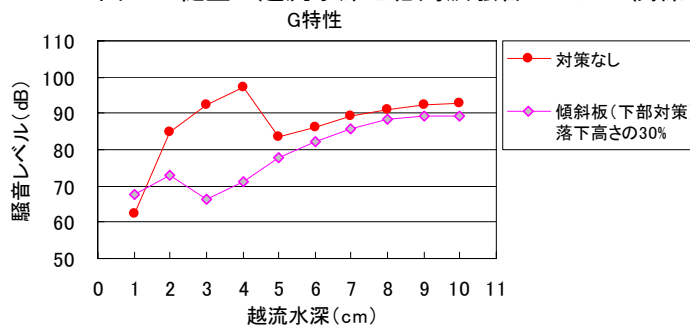


図-6 傾斜板の越流水深と低周波騒音レベルの関係

(3) 設計指針

- ①樋型 ・形状諸元：樋型；幅 0.25m；深さ 0.1m、長さ 0.3m
 ・設置位置：堰天端の下流面 ・設置間隔：0.25m ・素材：鉄製 ・設置方法：溶接
- ②傾斜板 ・形状諸元：傾斜した板；長さ 0.6m；幅 1.75m（1ユニット）
 傾斜板高さ：高い方を低い方までの落下高さの 30%とする。
 傾斜の高い方：側壁から 0.1m；低い方：側壁から 0.15m短くする。
 ・設置位置：堰下流面の床板近傍 ・設置間隔：幅 2.0mを基準に堰幅に合わせ設置。
 ・素材：鉄製；表面ゴム製とする。 ・設置方法：溶接

4. 2 実験施設における概要、結果、課題等

(1) 実験概要

- ①実験施設は、幅 0.9m、高さ 3.5～0.5mまで可変となる模型と②幅が約 1.8m、高さ 2.0mの模型の 2 基である。

②水膜振動の発生に関する研究

(写真-2 参照)

水膜振動の発生に関する実験は、上記①の実験水路を用い、越流水深、落下高さの二つをパラメータとして、低周波音圧レベルと水膜の振動を調査した。



写真-3 樋型の流



写真-4 傾斜板の流況

③水膜振動の低減工法の研究開発

水膜振動の低減工法として樋型 (写真-3) と傾斜板 (写真-4) を対象に低周波音圧レベルの低減効果を指標とした検討により最適な形状諸元選定を行った。

(2) 結果

①水膜振動の発生に関する研究

図-7 に示すように、低周波音の発生要因は水膜の振動であり、水膜振動は3つの振動で構成され、越流水深が低い時に卓越する振動は、その中の床板近傍の振動であると判断できたことより、対策は、越流水深が低い場合を対象とした。

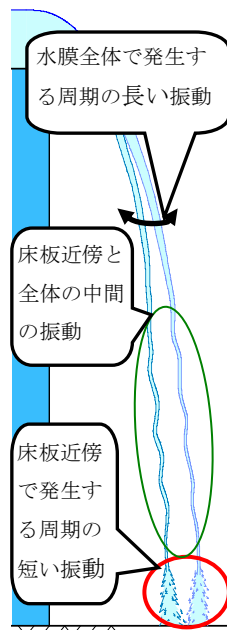


図-7 水膜の形状

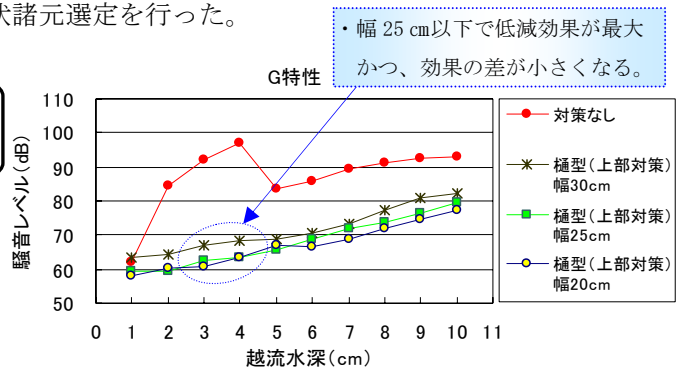


図-8 樋型の諸元と騒音レベルの関係

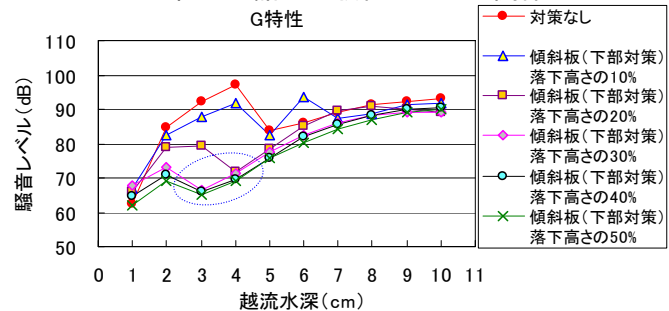


図-9 傾斜板の諸元と騒音レベルの関係

②水膜振動の低減工法の研究開発

- ・樋型は、落下水脈の軌道より、長さを設定し、樋の幅を指標とした実験を行った。結果、低周波音の低減効果と施工性等より、図-8 に示す効果の変局点となる幅 0.25m が最適値とした。
- ・傾斜板は、落下水脈の軌道より、長さを設定し、傾斜角度を指標とした実験を行った。結果、図-9 に示す効果の変局点となる落下高さの 30% 時を最適値とした。

(3) 課題

本発明の低周波騒音抑制対策工法は、農業用水路等の小規模な水路を対象とし、堰の落差も低落差 (3.0m 以下) を対象とするもので、大規模な水路や河川、また高落差の堰には適さない。

流量は、平常時に発生する低周波音を対象とするもので、出水時の騒音は対象としない。

浮遊ゴミの流下が多い場合、浮遊ゴミの付着が懸念されるため、メンテナンスが必要となる。

4. 3 実証試験工事 (現場適用) の概要、結果、課題等

(1) 実証試験の概要

試験は、現在、低周波音の発生がみられ、周辺住民から苦情が寄せられている福島県喜多方市

の諏訪頭首工（図-10 参照）の土砂吐ゲートとした。水理条件は、越流水深 2～7 cm を水理条件として、A 特性値、G 特性値を調査した。対策工は、樋型と傾斜板の 2 種類とした。傾斜板は、1 ユニット（堰幅 2.0m に対し 1.75m の板、両側に隙間あり）のみ設置し、効果を調査した。

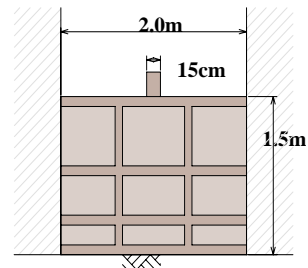


図-10 土砂吐ゲート

（2）結果（現地の流況を写真-5～7 に示す。）

現況では、図-11 に示すように越流水深 4 cm で低周波音（G 特性値）がピーク値を示し、約 95dB となる。これに対し、樋型を設置した場合、70dB 程度まで騒音レベルが低減し、約 20dB の低減効果を得た。傾斜板についても越流水深 4 cm 以下では、10～15dB の低減効果を得られることが確認でき、堰幅が延長した場合、ユニット数を増やすことで対応可能と判断した。

（3）課題

傾斜板は、堰の下流水深が上昇し、水没した場合、効果がなくなるため、設置する場合、堰

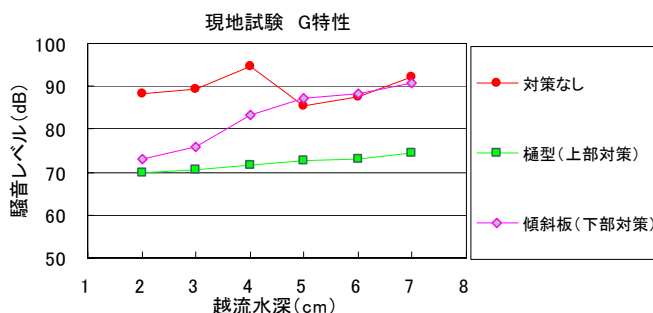


図-11 越流水深と騒音レベルの関係

下流の水深を予測して、設置高さを設定する必要がある。

4. 4 普及活動状況等

平成 21 年 12 月より全国の農政局で広報活動を実施している。

5. 今後の課題

- ・低減工法の特許取得。
- ・広報活動の実施、農業土木学会、土木学会等への論文提出。
- ・本工法設置箇所でのモニタリングの実施。

6. 試験研究機関（農工研、大学等）総括者による意見評価等

項目	評価結果	備考
研究計画の効率性・妥当性	A	
目標の達成度	A	
研究成果の普及可能性	B	対策を必要とする施設がある程度限られるため B 評価とした
研究成果の出来栄	A	
総合コメント	定性的ではあるが、水膜振動と低周波音発生の関係が明らかにされ、それに応じた対策工が提案されたことは、学術的かつ実用的に評価できる。	

7. 研究総括者による自己評価

項目	評価結果	備考
計画の効率性・妥当性	A	
目標の達成度	A	
研究成果の普及可能性	B	全ての施設に適用可能でないため B とした
研究成果の出来栄	A	
総合コメント	低周波騒音の対策工を提案し、効果が確認された。	



写真-5 現況の流



写真-6 樋型の流



写真-7 傾斜板の流

固定堰及びため池等の洪水吐における水膜振動・騒音低減工法の開発 資料集

1. 落下流による低周波音について

本研究で対象とする落下流により発生が予測される低周波音の特性について以下に述べる。

(1) 低周波音

一般に人が聞くことのできる音の周波数範囲は、20Hz～20kHz であり、周波数 20Hz 以下の音波を超低周波音としており、100Hz 以下の可聴音と超低周波音を含めた周波数範囲の音を低周波音としている。

(2) A 特性、G 特性、FLAT 特性

騒音計では、通常、音の大きさを表す物理量ある音圧レベルを計測する。しかし、人間の耳の聴感特性は周波数や音圧レベルの違いで変化する。このため、周波数帯毎に人の感じやすさで重み付けを行ったものが、騒音レベルとなる。

A 特性とは、可聴音域における人の聴覚補正特性である。1,000Hz を中心周波数とし、周波数毎に重み付けを行い、聴覚的な音の大きさを表現するものである。通常、騒音レベルを評価するときに用いられる。

G 特性とは、人の感じることのできない 1～20Hz の超低周波音を含めた、低周波音域についての音の大きさを表現するものである。

FLAT 特性は音圧レベルそのものである。

(3) 落下流による低周波音の現状と課題

低周波音は、ダム・堰の落下流の他、送風機、ジェットエンジン等で発生している。

この低周波音による問題点としては、戸、建具のがたつきといった物的苦情と、眠れない、頭痛、耳鳴りなど心理的、生理的苦情がある。

これに対し、発生原因ごとの対策方法が国土交通省より提示されている。この中でダム・堰についてみると、流水の落下時に発生する水膜振動が低周波の主たる発生要因としており、対策としては、スポイラ等により水膜を分断し、流水背面の圧力を開放する方策等が提案、実施され効果を上げている。

しかし、小規模な堰については、スポイラの設置が無い場合や設置したにもかかわらず、低周波音の発生が問題となっている堰がみられ、落下流の低周波音発生メカニズムの解明および対策が急務となっている。

(4) 落下流音に対する人の反応

落下流音を①快／不快、②静か／うるさい、③圧迫感有り／圧迫感なしの 3 種類の形容詞対で評価すると、越流水深の違いによって、水音の選好性が大きく変わるという研究成果が得られている。

快適と感じる音は、A 特性及び G 特性ともにほぼ 70dB より小さい値であること。一方、やや不快と感じる音は、G 特性が 80dB 以上であるという結果を得ている。

音圧レベルよりも水膜振動が発生している場合、うるささと圧迫感の両者を感じるという結果を得ている。逆に水膜振動が抑制された場合の条件を満たしている場合、静かさおよび圧迫感なしとの結果を得ている。

2. 検討方法

(1) 検討実験時の諸条件

実験時の計測、整理及び水理条件は、以下に示すものとした。

- 計測機器 : 可聴音 : 精密騒音計 (リオン NA27)
低周波音: 低周波騒音計 (リオン NA18A)
- 計測位置 : 高さ: 床板から 1.2m 地点を基本とする。(図-2.1 参照)
位置: 堰下流 1.0m 地点
- 計測時間 : 60 秒/1 回
- 対象周波数: 1Hz～125000Hz
- 水理条件 : 越流水深: 2cm～10cm (1cm ピッチ)
下流水深: フリー
- 解析方法 : 周波数分析: 1/3 オクターブバンドレベル
音圧レベル; A 特性値; G 特性値

(2) 実験装置

本検討では、防音室に設置した二つの施設で室内実験による検討を行った。

- 防音室 : 吸音材グラスウールの室内
- 実験水路: ①落差 2.0m、幅 1.77m の堰 (図-2.1 参照)
②落差 0.5～3.5m、幅 0.5m の堰 (図-2.2 参照)

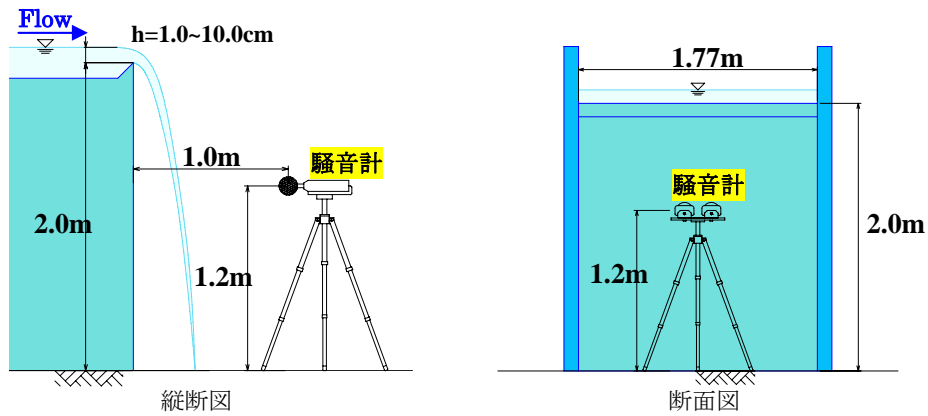


図-2.1 ①の堰の形状と計測位置

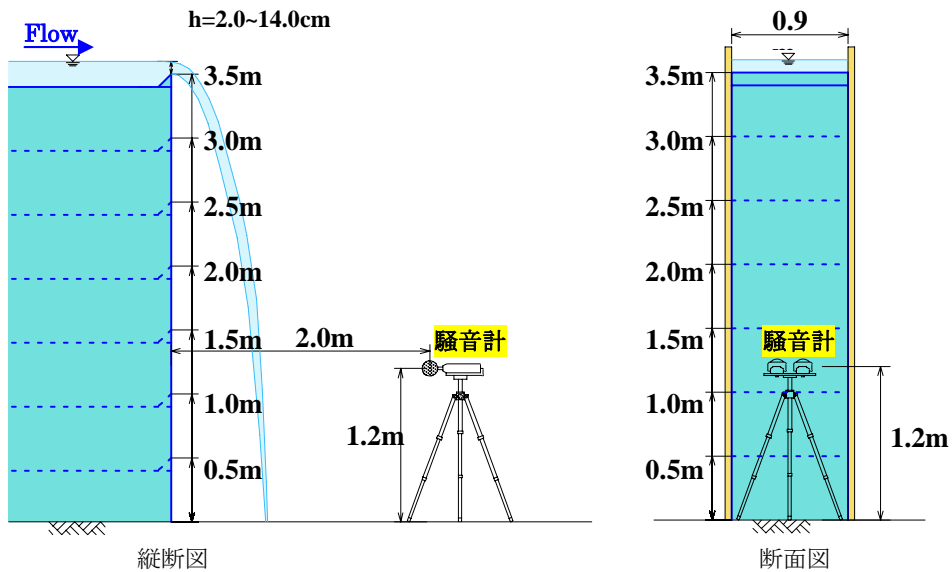


図-2.2 ②の堰の形状

3. 対策工の考え方と形状

対策工として①上部対策工と②下部対策工の2タイプについて検討を行った。
対策工の基本形状と考え方を以下に示す。

①上部対策工

上部対策工は、図-3.1に示すように堰の天端、下流側に桶型の突起を設けるものである。

機能は、桶型は、落下時に発生する水膜を分断し、水束とすることで振動発生を防止するものである。

②下部対策工

下部対策工は、図-3.2に示すように堰下流側の床板近傍に斜めの傾斜板を堰に接着して設けるものである。

落下水の落下距離を横断方向に変化させることにより、落下地点での水膜の波形に位相差が生じる。これにより、発生圧力を相殺し、圧力の変動を抑制できると考えたものである。

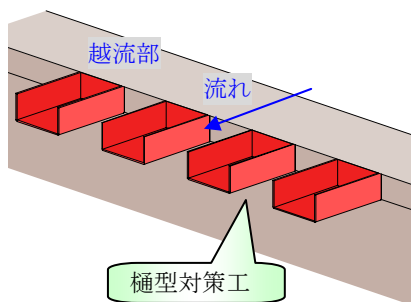


図-3.1 桶型の形状

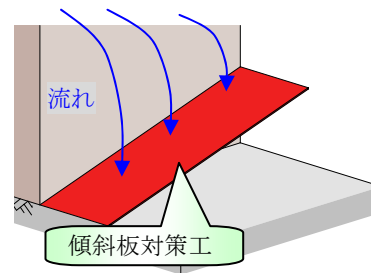


図-3.2 傾斜板の形状

4. 現地の現状調査

水路に設けられた堰からの落下流による騒音苦情がある以下の地点で騒音調査を行った。
結果、図-4.1～4.3 (1/3 オクターブバンドレベル) に示すように現状で低周波音 (80Hz 以下) の発生が確認できた。

(1) 埼玉県葛西用水路の事例

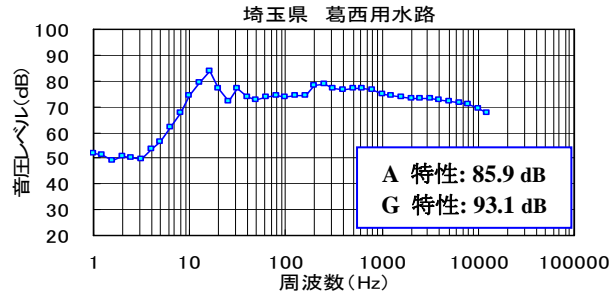


図-4.1 葛西用水路の堰天端、橋脚上の音圧

(2) 長野県梓川幹線

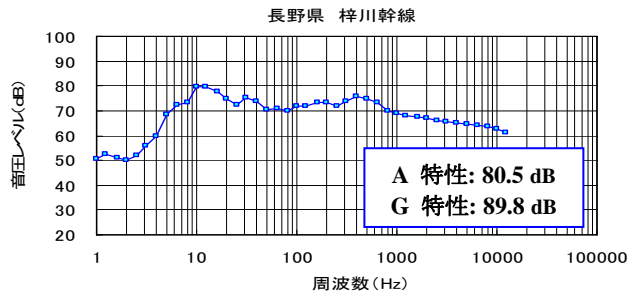


図-4.2 梓川幹線の堰横の路上での音圧

(3) 福島県姥堂川頭首工

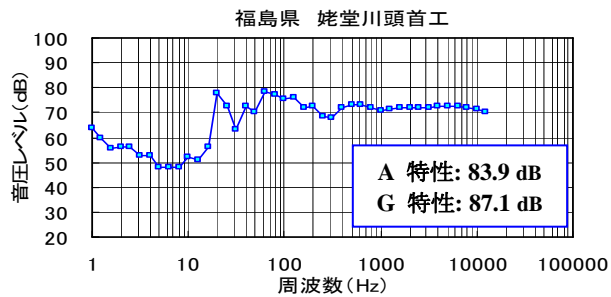


図-4.3 姥堂川頭首工の土砂吐ゲート下流 1.0m地点の音圧

5. 水膜振動発生に関する研究

(1) 落花高さを変化させた場合の越流水深と低周波音の関係

堰の高さを 0.5m～3.5mまで 0.5mピッチで変化させ、越流水深は、2cm～14cmまで 1 cmピッチで変化させ、音圧レベルを調査した。結果、図-5.1 に示す。

- ・低周波音圧レベルは、越流水深 (流入エネルギー) に比例せず、低い越流水深時に卓越した音圧レベルとなる。
- ・堰高が高くなると音圧が卓越する越流水深が高くなる。

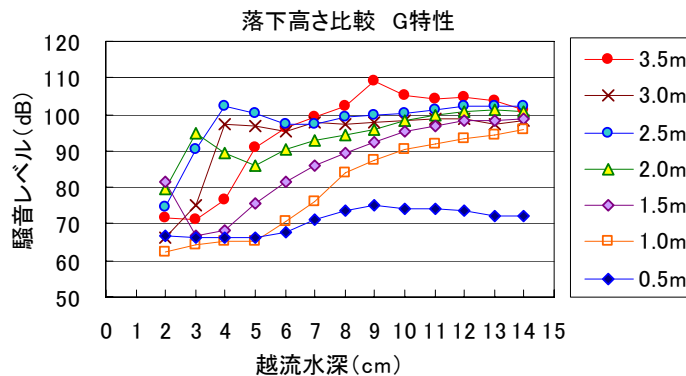


図-5.1 堰高を変化させた場合の越流水深と騒音レベル (G 特性値)

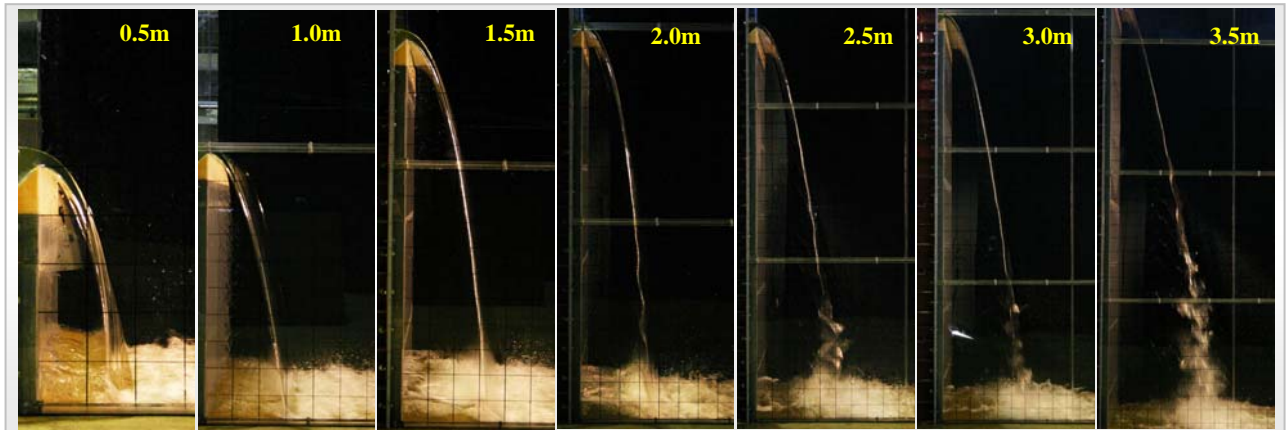


写真-5.1 堰高を変化させた場合の越流水深 4.0cm の流況

(2) 落下流により形成される水膜振動の分類

落下流の鉛直方向の音圧レベルの分布や膜の波形を分析し、水膜振動を分類した。

①低周波音の発生要因

落下水の発生音圧と高速カメラを用い水膜の振動を調査した。結果、図-5.2、5.3に示すように水膜の卓越振動数が22.3Hzとなり、音圧の卓越振動数も22.3Hzと二者が合致することがわかる。これより、低周波音の発生要因が水膜の振動であると証明できた。

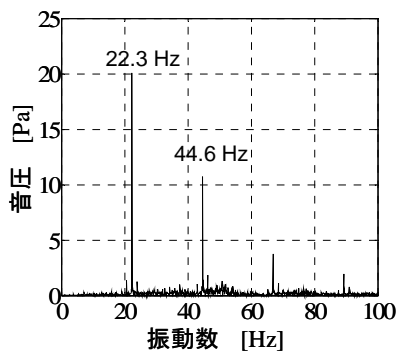


図-5.2 周波数と音圧レベルの関係

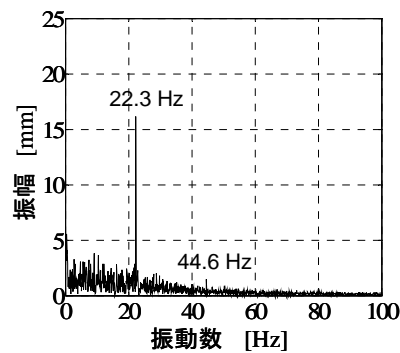


図-5.3 水膜の振動周波数

②各周波数での越流水深と音圧レベルの関係

水膜振動を構成する周波数はどの程度 (Hz) であるのか、また、水膜振動とは一つ要因で構成されていると考えられるのかどうか不明である。つまり、全ての周波数帯が上記傾向 (4cm でピーク値を示す) を示すのではなく、周波数毎に別の傾向を示し、その合計として、上記結果を得ているものと考え、周波数別に越流水深と騒音レベルの関係性を調査した。

結果、図-5.4に示すように3cmでピークを示す周波数帯と4cmでピーク値を示す周波数帯、ピークを示さず流入エネルギーに比例する周波数帯に分類できることがわかった。

これより、水膜振動は、10~80Hzが卓越する現象で、10~25Hzの振動と40~80Hzの振動の発生要因は異なるのではないかと予測できた。

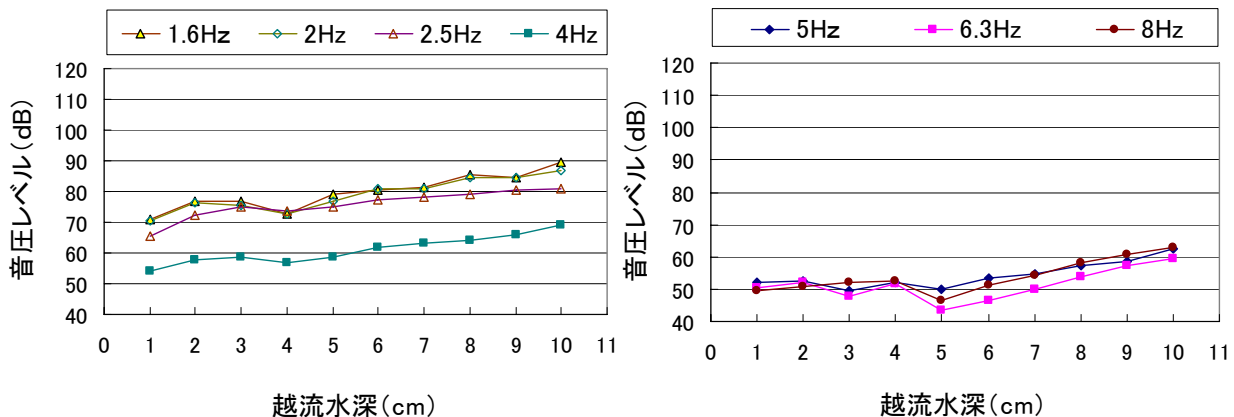


図-5.4 (1) 越流水深と音圧レベルの関係 (周波数の形状分類)

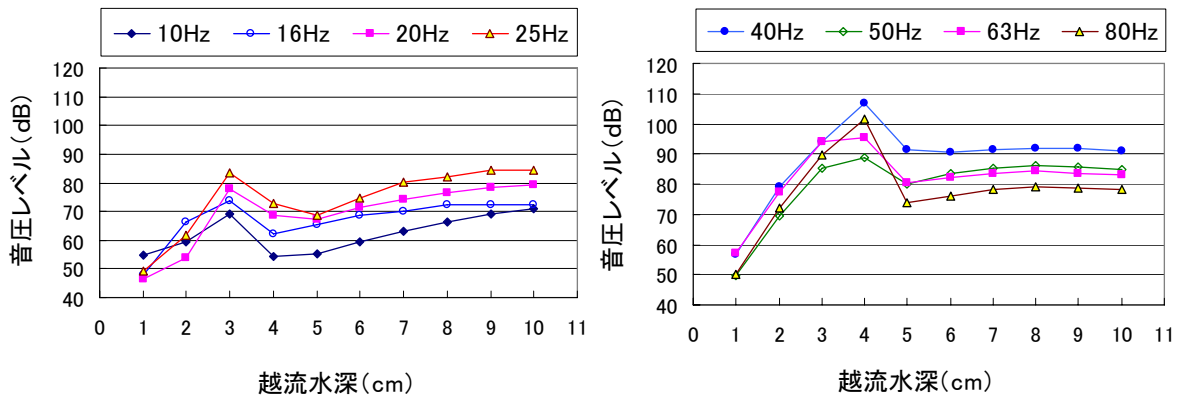


図-5.4 (2) 越流水深と音圧レベルの関係 (周波数の形状分類)

②音源位置の調査結果

水膜振動は、10～80Hz が卓越する現象で、10～25Hz の振動と 40～80Hz の振動の発生要因は異なるのではないかと予測したが、発生要因が異なれば、音の発生位置も周波数により異なると考えられる。そこで、最も水膜振動が顕著であると予測できた越流水深 4 cm 時を対象に鉛直方向の音圧を調査した。結果、図-5.5 に示すように、鉛直方向で周波数毎に以下の傾向を示すことが確認できた。

- ・4Hz 以下は、鉛直方向での音圧の差が小さく、膜全体から音が発生している。
- ・5～8Hz では、床板近傍において明らかに音圧レベルが高くなることより、音源点が床板近傍と考えられた。
- ・10～25Hz の範囲も床板近傍において音圧レベルが高くなるが、5～8Hz ほど顕著ではない。
- ・40～80Hz については、床板上 0.5～1.0m の範囲内の音圧レベルが高くなる傾向を示す。

これより、周波数帯によりピークを示す位置が異なることより、水膜の振動が複数の形態で構成されていると予測できた。

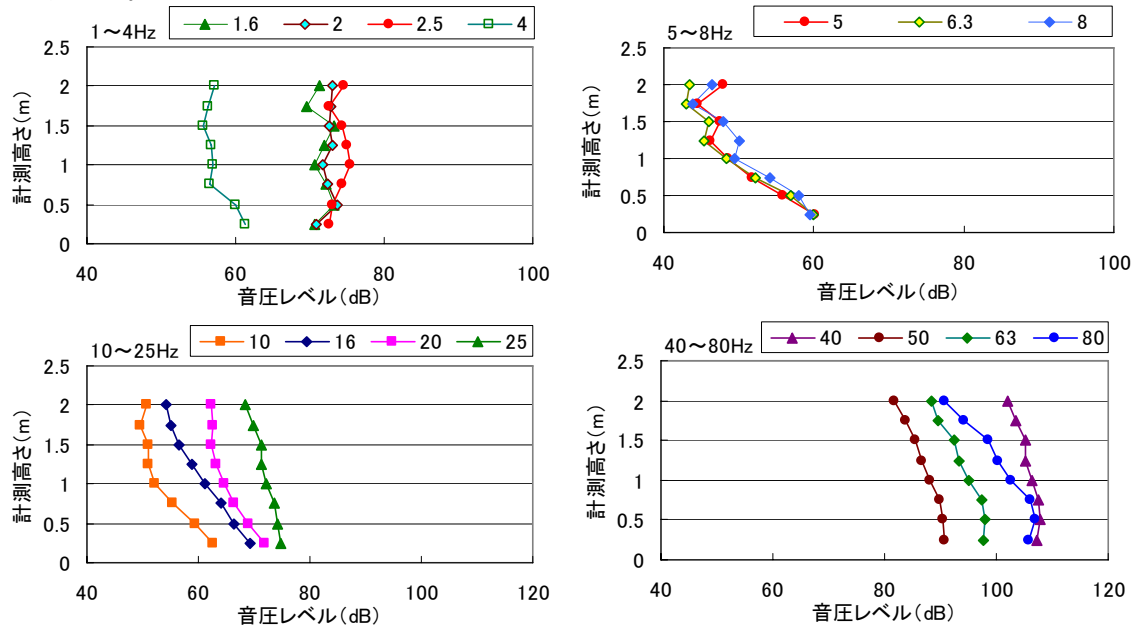


図-5.5 音圧レベルの水膜に沿った鉛直分布 (周波数で分類)

③落下流の水膜の形状と分類

水膜振動の発生要因は、落下水膜背面が閉空間となり、大気圧との差が生じるとされている。従って、対策としては、スポイラを設置し、水膜を部分的に分断する方法が一般的にとられている。しかし、現地においてスポイラを設置しても、低周波音の発生を抑制できないケースがみられる。

ここでは、水膜背面が閉空間となる (対策をしない場合) とスポイラを設置して、水膜背面を開放した場合の 2 タイプを対象に横方向の水膜の形状を調査した。つまり、水膜の発生要因が一つであれば、スポイラを設置した場合、落下水の振動がなくなることになるが、要因が複数ある場合は、消滅する振動と残留する振動があると考えた。結果、以下のことが明確になった。(図-5.6 参照)

- ・水膜の振動は、大きく①長周期の水膜全体の振動と②水膜の下方の振動、③床板近傍の周期の短い振動の 3 つにより構成されている様子が伺えた。

- ・スポイラが無い場合に比べ、スポイラを設置し、水背面を開放した場合、図-5.6 に示すように①水膜全体長周期の振動が抑制され、外側に広がる傾向を示す。
 - ・水膜の下端での振動は、抑制されず、振動が残る。
- ここで、スポイラの有無での騒音レベルを比較したものを図-5.7 に示し、越流水深 4cm 時の周波数特性の比較を図-5.8 に、代表として、20Hz と 63Hz の比較を図-5.9 に示す。これより、以下のことが確認できた。
- ・スポイラを設置し、水膜背面に給気した場合、越流水深に対し、騒音レベルは 2cm~10cm までほぼ均等に低下する傾向を示し、4cm で卓越した騒音レベルは消去できない。
 - ・スポイラによる低減効果がある周波数は約 40Hz 以下であり、63Hz 以上ではスポイラの効果が少ない。つまり、給気による抑制できる振動は、40 Hz 以下であると同時に水膜全体の振動数は 40Hz 以下と判断でき、水膜下面の振動数は、40Hz 以上と考えられた。

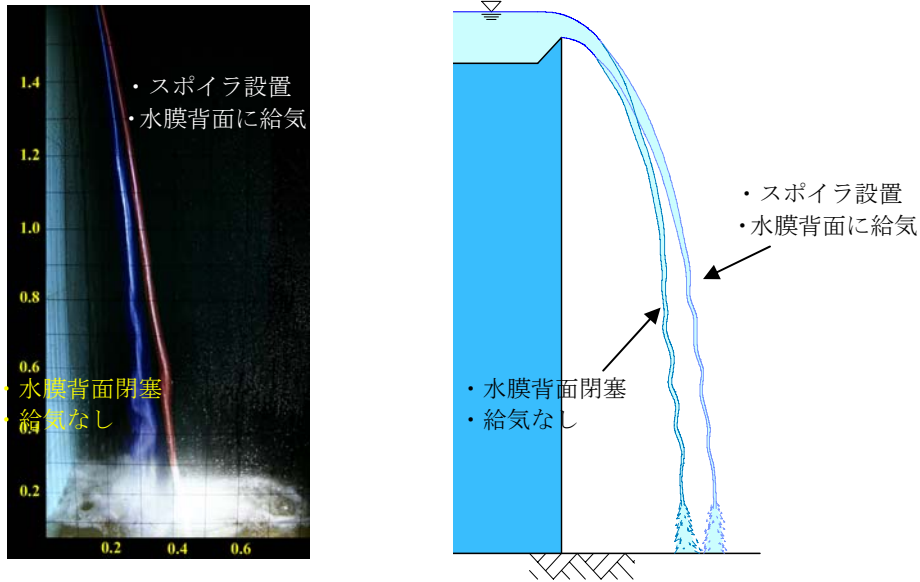


図-5.6 水膜の形状

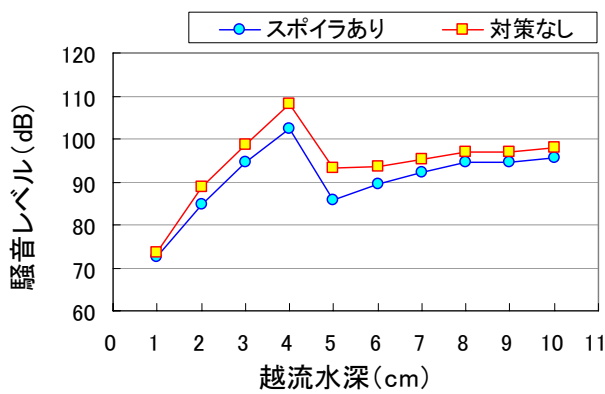


図-5.7 越流水深と音圧レベルの関係

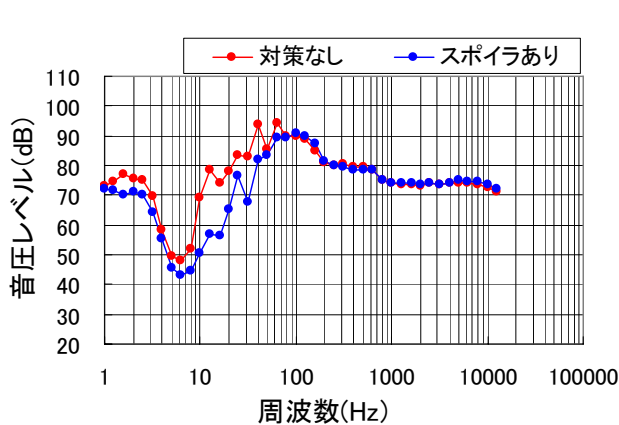
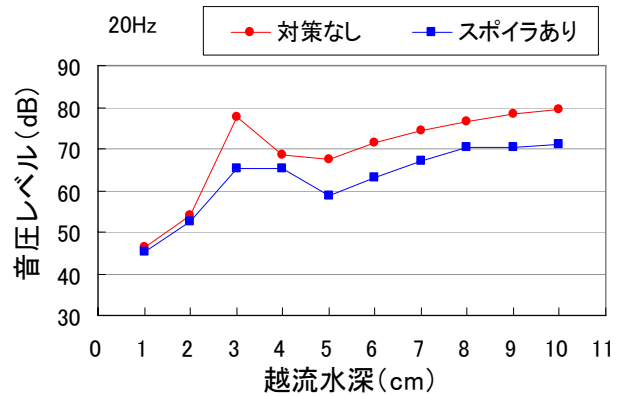


図-5.8 越流水深と騒音レベルの関係

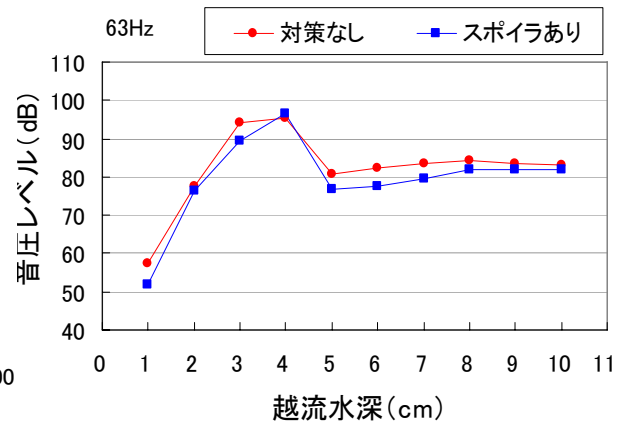


図-5.9 越流水深と音圧レベルの関係 (周波数別)

④まとめ：水膜振動の発生要因

これより、水膜振動は、二つ以上の発生要因で構成されており、発生位置と周波数は以下であると予測できた。

- ・水膜全体の振動は、10～40Hz で、水膜背面が閉空間となるため発生する。
- ・音源点は、床板近傍となる。
- ・水膜下方の振動は、40～80Hz 程度であり、床板上 50～100cm が音源となる。
- ・水膜下端での振動があり、周波数は上記に比べ高い。

以上より、水膜振動による低周波音の発生要因は、①従来から想定される水膜背面の圧力差により発生する水膜全体の振動と②水膜下面と③落下点近傍の振動の3つと考えられ、その発生要因は別のものであるため、スポイラ等の一つの対策のみでは、解決できなかったのではないかと考えられた。

具体的に想定すると、低い越流水深でピークを示す周波数帯の音の発生要因は、②、③の水膜下面と落下点近傍の振動が支配的であり、越流水深に比例する周波数帯の発生要因は、落下点の破裂音と①水膜全体の振動に起因する。また、①水膜全体の振動は、従来から想定される水膜背面の圧力差により発生するものであり、②③は、膜の形成により発生すると予測できた。

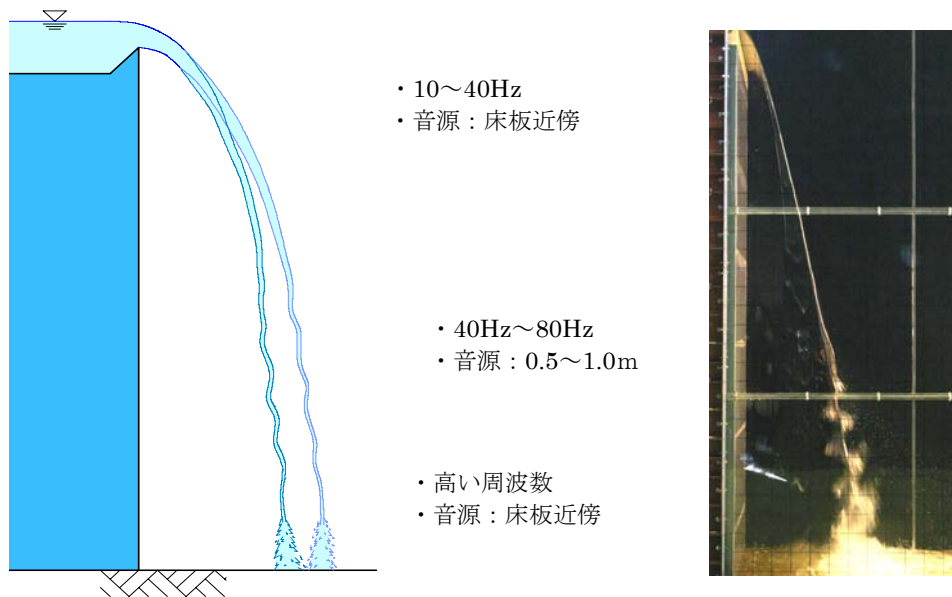


図-5.10 水膜振動の分類と発生周波数

6. 対策工の検討

(1) 樋型の検討結果

①樋型の基本諸元

- ・側壁高さ：10 cm ；対象の越流水深 10 cm が横越流しないで、確実に流下できる高さとした。
- ・縦断長：30 cm ；隔壁の天端より 10 cm 下のラインで、越流水深 10 cm が到達し、かつ落下流が水路流になる長さとした。
- ・対策工の幅と設置間隔：一定 ；いずれも最終的に落下流が形成されるため、水膜が発生しにくい落下流の幅は、対策工の有無にかかわらず一定であると考えた。

②樋型の検討ケースの設定

樋型の検討は、縦断方向長さを 0.3m、鉛直方向の高さを 0.1m に固定し、樋の幅と設置間隔をパラメータとして、最適な設置間隔について検討した。なお、樋の幅と設置間隔は、形成される水膜の幅が水膜振動を支配するため、同一とした。

樋型対策工の設置状況を図-6.1 に示す。

③検討結果

3 タイプの効果可聴音騒音レベル (A 特性値) と低周波騒音レベル (G 特性値) と越流水深 4cm でのパワースペクトルで比較をしたものが、図-6.2、図-6.3、図-6.4 である。これより、以下の結果を得た。

- ・可聴音 (A 特性値) は、図-6.2 に示すように樋型対策工設置による効果はない。
- ・低周波音 (G 特性値) は、図-6.3 に示すように樋型対策工の設置により、越流水深 2 cm 以上では、10dB 以上の騒音低減効果があることがわかる。
- ・特に、対策なしの場合に低周波音が卓越する越流水深 2～4 cm においては、樋型対策工により 20～30dB の低減効果があることがわかる。
- ・対策工の幅 (設置間隔) について越流水深 2～4 cm で比較すると、幅が 30 cm と 25 cm では、約 4dB 程度の差がみられるが、25 cm と 20 cm では、差がみられないことがわかる。

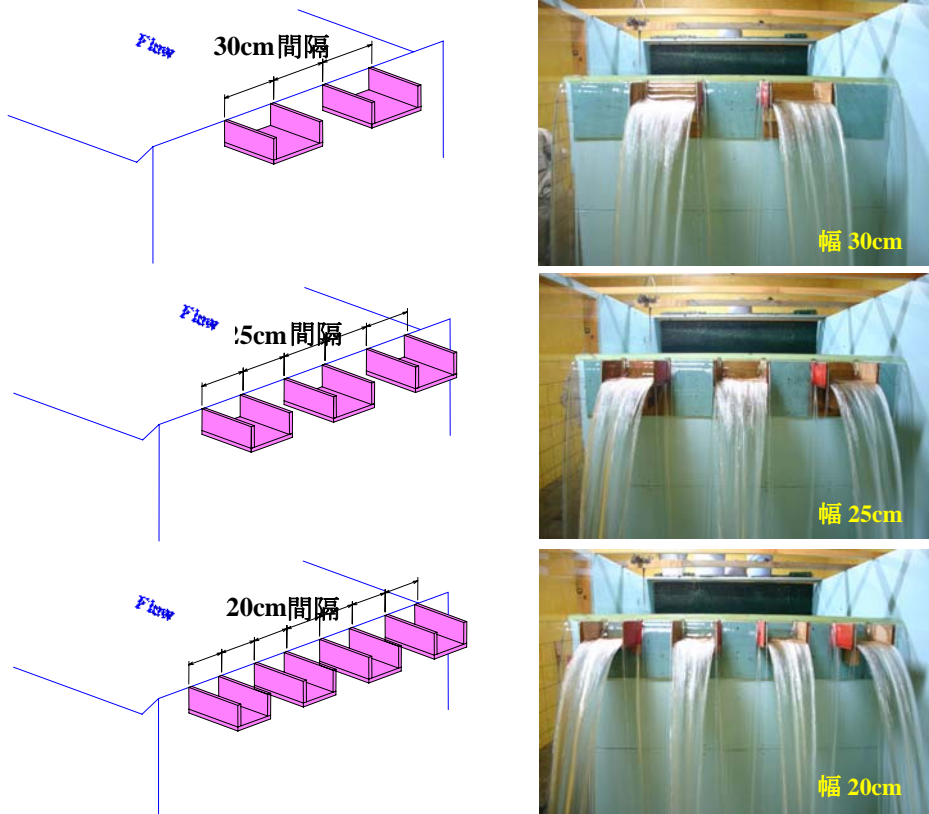


図-6.1 樋型の検討ケース

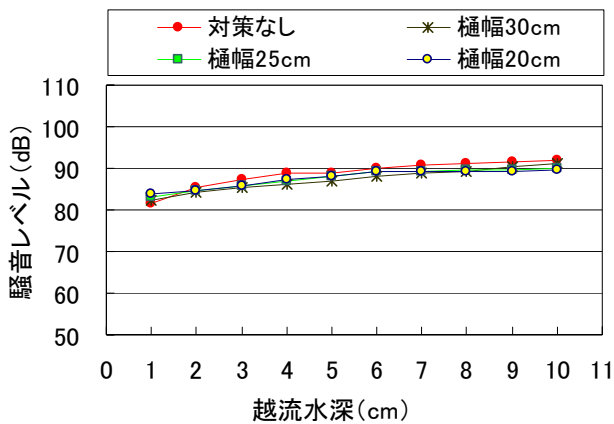


図-6.2 A 特性値の比較

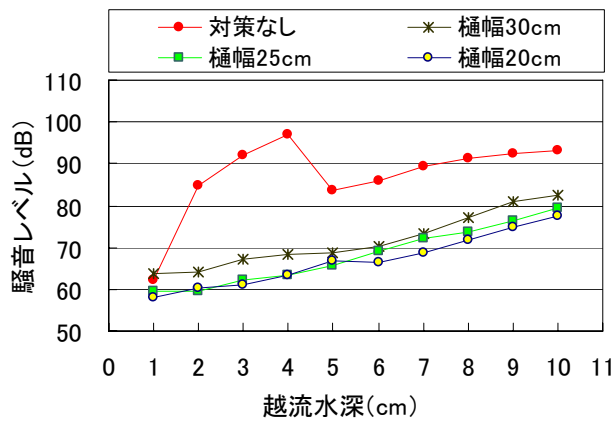


図-6.3 G 特性値の比較

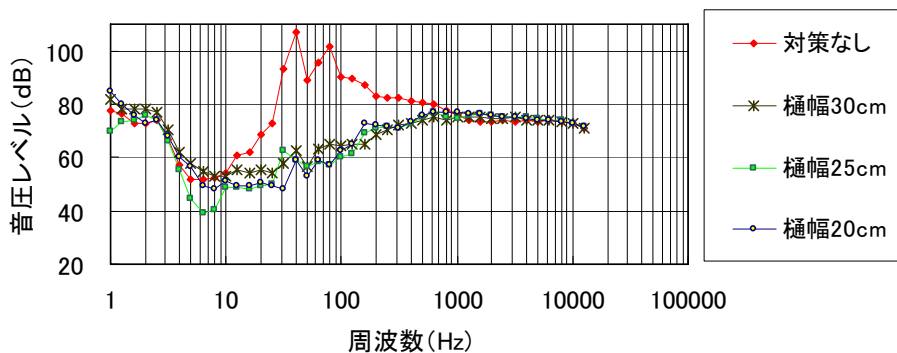


図-6.4 越流水深 4 cmでのパワースペクトルの比較

(2) 傾斜板の検討結果

①傾斜板の基本諸元の設定

- 傾斜板の長さ：0.6m；高さ3.0m以下、越流水深0.4m程度の落下流が対策工に衝突する長さ。
- 傾斜板の幅：最小水路幅を2.0m程度とし、1ユニット1.75mとした。
傾斜の高い方：側壁から0.1m；低い方：側壁から0.15m短くする。
- 設置位置：堰下流面の床板近傍
- 設置間隔：幅2.0mを基準に堰幅に合わせ設置。

②傾斜板の検討ケースの設定

傾斜板の検討は、堰の高さを基準に傾斜の高さをパラメータとして、最適な設置間隔について検討した。傾斜板の設置状況を図-6.5に示す。

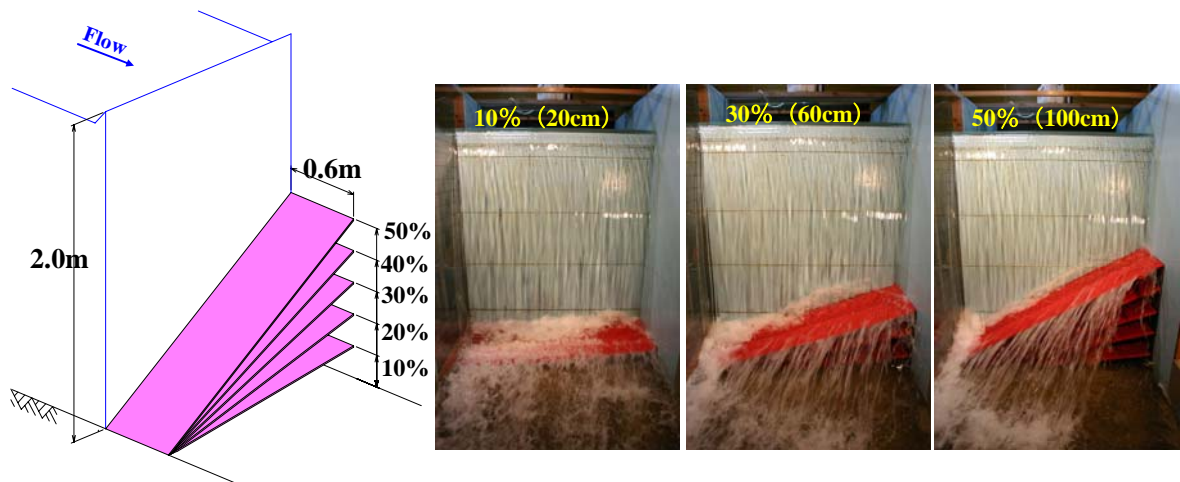


図-6.5 桶型の検討ケース（3タイプ）

③検討結果

3タイプの効果を可聴音騒音レベル（A特性値）と低周波騒音レベル（G特性値）と越流水深4cmでのパワースペクトルを比較をしたものが、図-6.6～6.8である。これより、以下の結果を得た。

- 可聴音（A特性値）は、図-6.6に示すように桶型対策工設置による効果はない。
- 低周波音（G特性値）は、図-6.7に示すように桶型対策工の設置により、越流水深2cm以上では、10dB以上の騒音低減効果があることがわかる。
- 特に、対策なしの場合に低周波音が卓越する越流水深2～4cmにおいては、桶型対策工により20～30dBの低減効果があることがわかる。
- 対策工の幅（設置間隔）について越流水深2～4cmで比較すると、幅が30cmと25cmでは、約4dB程度の差がみられるが、25cmと20cmでは、差がみられないことがわかる。

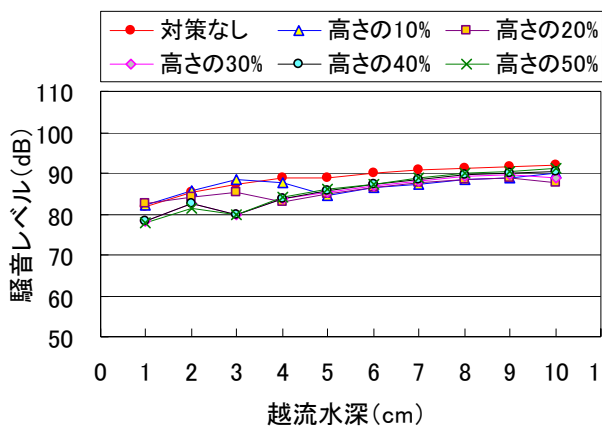


図-6.6 A特性値の比較

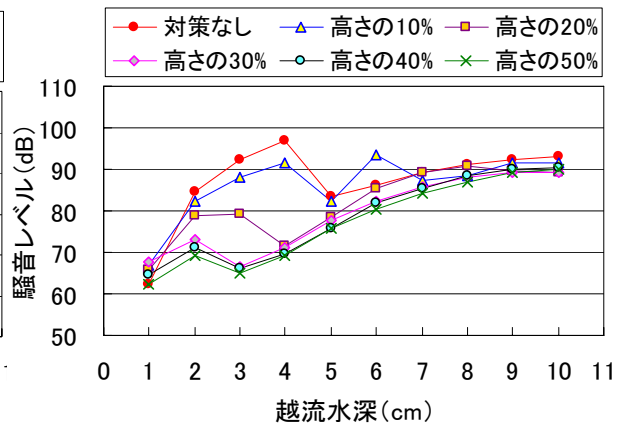


図-6.7 G特性値の比較

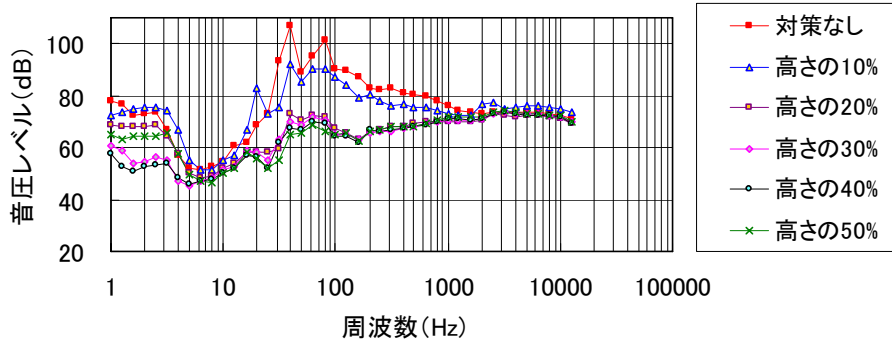


図-6.8 越流水深 4 cmでのパワースペクトルの比較

7. 現地実証試験

(1) 実証試験の概要

- ・対象施設：福島県喜多方市の諏訪頭首工土砂吐ゲート（図-7.1 参照）
- ・水理条件：越流水深 2～7 cm

(2) 結果（現地の流況を写真-7.1 に示す。）

現況では、越流水深 4 cm で低周波音がピーク値を示し、約 95dB となる。桶型設置では、約 20dB、傾斜板でも 10～15dB の低減効果を確認でき、堰幅が延長した場合、ユニット数を増やすことで対応可能と判断した。

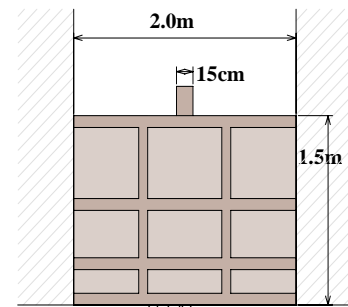


図-7.1 土砂吐ゲート

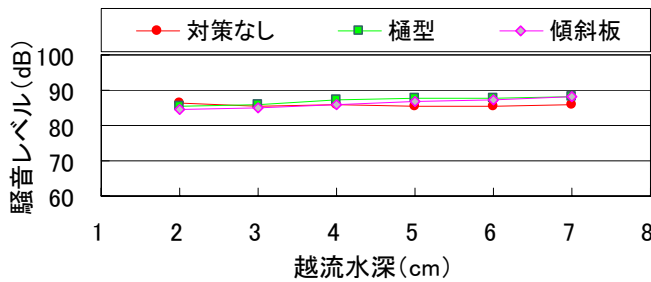


図-7.2 A 特性値の比較

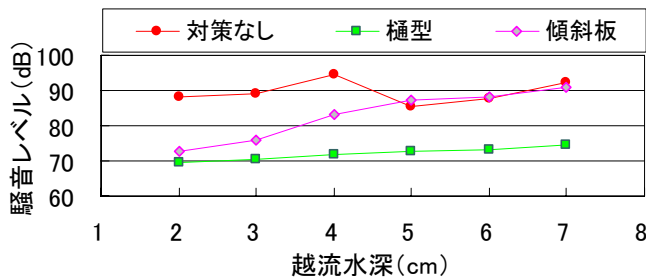


図-7.3 G 特性値の比較

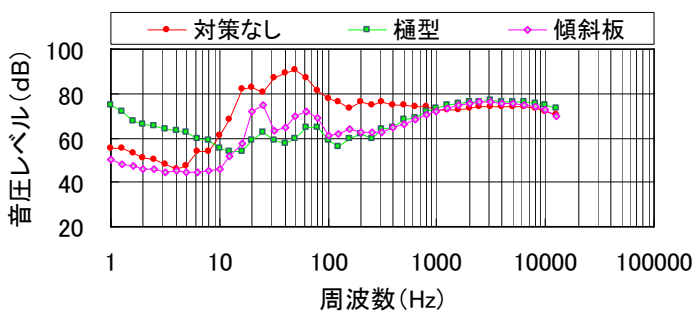


図-7.4 越流水深 4 cmでのパワースペクトルの比較

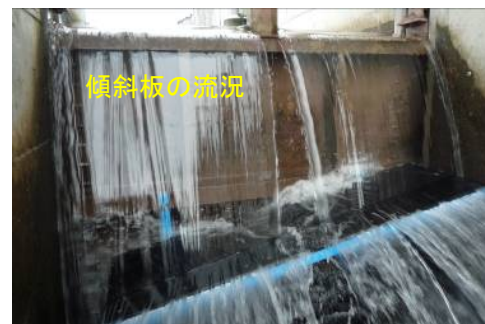
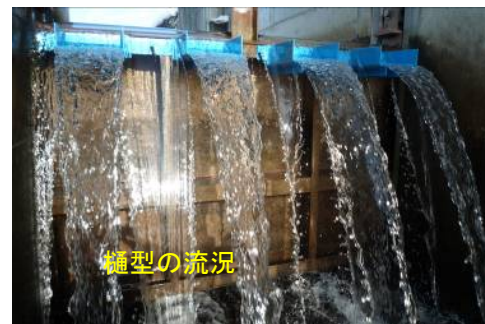


写真-7.1 現地の流況