

水中におけるナット打撃音による高力ボルトの締付け検査法 に関する実験的検討

室蘭工業大学 学員 山城 洋一 正員 矢吹 信喜
電源開発(株) 田中 耕一 正員 栗津 誠・溝上 健

1. 目的

水力発電所では、貯水池内の流木や塵芥等が水路内に流入して、発電機器等に損傷を与えないようにするため、取水口に鋼製スクリーンパネルが設置されている。通常スクリーンの更新工事はダム貯水水位を低下させて気中で実施されるが、貯水水位の低下が困難な場合は水中で行われる。この場合、施工業者が据付工事を完了した段階で、事業者が引取検査を行う事となるが、スクリーンパネルのボルトが仕様書通りに締結されているかを事業者が検査することは、水中であることから容易ではない。

気中において引取検査が行われる場合、検査官が点検ハンマーにてボルトのナット部分を打撃し発生する音により、ボルトの締結状況を識別する方法が通常利用されている。そこで、水中において引取検査が行われる場合、事業者の検査官の代わりに、潜水士に水中でボルトのナット部分を点検ハンマーで叩いてもらい、潜水士のヘルメットに取り付けたビデオカメラによる映像を見ながら、発生する音を水中マイクロフォンにより収録しながらモニタリングし、ボルトの締結状況を識別する方法を我々は提案している。

この方法は、簡便迅速で低コストであり、経験的には有効であると考えられているが、定量的な評価がなされていない事から、ボルトのトルク値と打撃音との間の関係を調査する目的で、室内において気中試験及び水中試験を行った。

2. 試験方法

室内の気中において、図-1に示すような長さが約60cmの鋼製板とCチャンネルを2本のボルトにより接合した模型を床に設置し、ナットから約20cm離れた箇所に普通騒音計を設置し、ナット部分をハンマーにて叩く事により、発生する音を収録した。ハンマーはボルトの叩き点検法で用いられているテストハンマーを使用した。叩く回数に関しては、1回のみでは叩き方の違いによる影響が出ると思われるため、8回叩いてそれぞれデータを収録した。ボルトの締付トルクとしては、(0、3、6、10、20、40、80、160 Nm)の8ケースについて、それぞれ同様に試験を行った。

室内気中試験で使用した模型を、水を張った水槽(水深52cm)の中に入れ、ナットから約20cm離れた水中に水中マイクロフォンを設置した状態で、ナット部分を水中でハンマーにて叩くことにより、発生する音を収録した。室内気中試験と同様に、ハンマーはテストハンマーを使用した。叩く回数に関しては、8回叩いてそれぞれデータを収録した。ボルトの締付トルクとしては、気中試験と同じ8ケースについて、それぞれ同様に試験を行った。

3. 試験結果

得られた音の時刻歴データの一部を図-2に示す。室内気中試験水中試験ともにトルク値ごとに8回収録した音のデータをすべてフーリエスペクトル解析を行い、水中試験のフーリエスペクトル

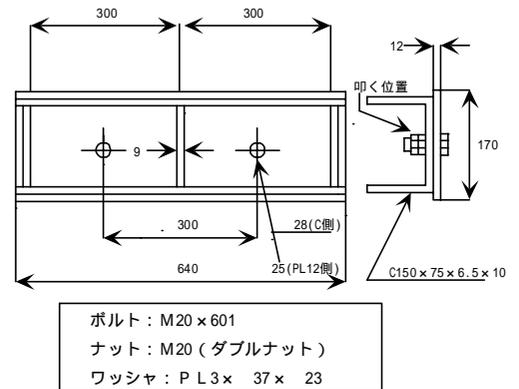


図-1 ボルトの締結に関する室内実験用模型

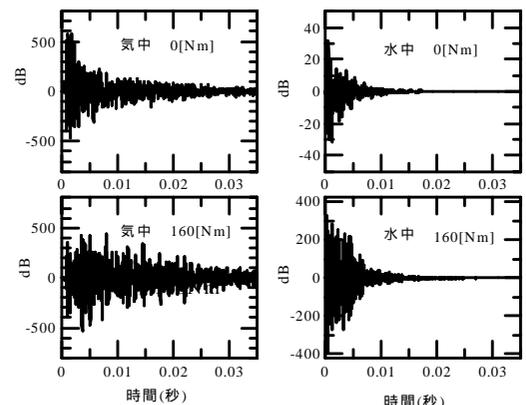


図-2 音圧時刻歴

解析結果を図 - 3 に示す。フーリエスペクトル解析で得られた卓越振動数と、トルク値の関係を図 - 4 に示す。また、0.005 秒間隔でランニングスペクトル解析を行った。水中試験トルク値 80Nm のランニングスペクトルを図 - 5 に示す。

4. 考察

気中・水中試験で得られた音圧時刻歴について比較をした結果、気中試験よりも水中試験のほうが減衰が大きくなり、気中、水中試験ともに、トルク値が上がるにつれて減衰が小さくなることが解った。

フーリエスペクトル解析の比較では、気中試験、水中試験ともに 0Nm、3Nm、6Nm についてはスペクトルが比較的平坦で、振動数が、明確に卓越しているといえる部分が見られなかった。10Nm、20Nm、40Nm、80Nm、160Nm については振動数が卓越している部分が認められた。また、10Nm 以上については、ボルトのトルク値が大きくなるにつれて卓越振動数におけるスペクトルの山も高くなる傾向が見られた。また、振動数が卓越している部分が認められた 10Nm 以上についてトルク値ごとに卓越振動数を比較してみると、室内気中試験では、トルク値が高くなるにつれて卓越振動数もほぼ上がる傾向が見られた。室内水中試験においても室内気中試験同様、トルク値が高くなるにつれて卓越振動数が上がる傾向が見られた。

ランニングスペクトル解析の比較では、気中・水中試験ともに、トルク値 10Nm 以上において音圧時刻歴に依存することなく卓越振動数がトルク値とともに上昇する傾向が見られた。

5. まとめ

本研究では、気中においてボルトをハンマーで叩く事により、ボルトの締結状況を識別できるという事例に起因し、水中にてボルトのナット部分を叩き、その音の振動数を解析する事により、現象を把握すること(室内水中試験)を試みた。その結果

- (1) 音圧時刻歴について比較をした結果、気中試験よりも水中試験のほうが減衰が大きくなり、気中、水中試験ともに、トルク値が上がるにつれて減衰が小さくなることが解った。
- (2) フーリエスペクトル解析では、締付トルク値が 6Nm まではボルトの振動数が卓越している部分が見られず、全体として低い振動数に多く分布していた。従って、音としては低く鈍いものである。
- (3) トルク値が 10Nm から 40Nm までは、トルク値が上がると共に卓越振動数が上昇することが解った。
- (4) トルク値が 10Nm から 40Nm までは、卓越振動数におけるスペクトルのアンプリチュードが増大する傾向がある事が解った。澄んだ高い音になるのはこのためと考えられる。

以上の結果から水中において、ボルトをハンマーで叩く事によりボルトの締結状況を識別する方法は、ある程度有効である事がわかった。

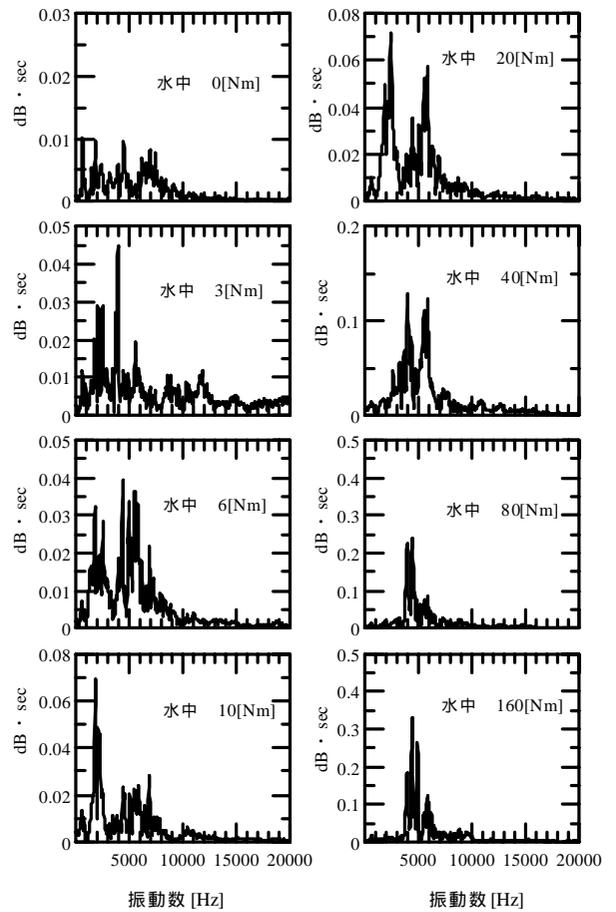


図 - 3 トルク値におけるフーリエスペクトル 水中試験

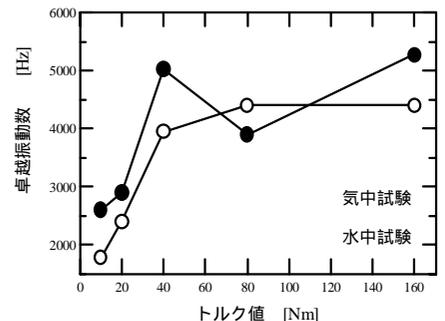


図 - 4 各トルク値における卓越振動数 フーリエスペクトル

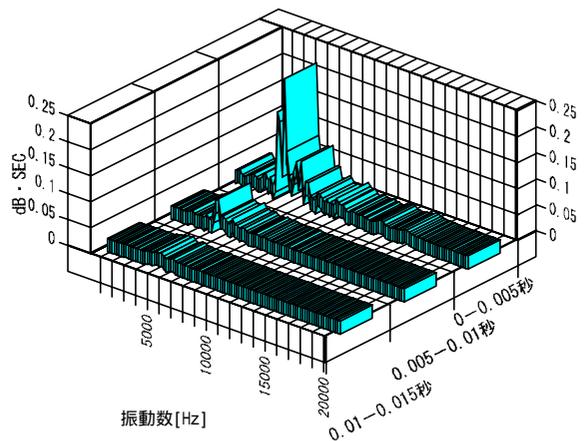


図 - 5 ランニングスペクトル 水中試験 80[Nm]