

大成建設(株) 正会員 土屋 正彦
 大成建設(株) 正会員 蟹江 俊仁
 北大工学部 正会員 佐伯 浩

1. まえがき 柱状構造物に押し寄せる氷盤は、構造物の貫入により周期的に破壊すると共に、構造物に振動を生ぜしめる。この様な氷盤と構造物の動的相互作用により、構造物の応答は時として静的な応答を上回ると考えられており、実際、灯台が氷盤によって励起された振動の為に破損した事例も報告されている。以下に柱状構造物と氷盤の相互作用に関する模型実験を通じて得た氷盤の破壊特性、並びに氷盤によって励起された構造物の振動に関する幾つかの知見を述べる。

2. 実験の概要 実験は、北海道東部オホーツク海沿岸に位置する佐呂間湖（海水湖）にて行われた。実験装置を図-1に示す。氷盤は台車に固定され、油圧ジャッキを用いて模型杭に押しつけられる。ジャッキの押し出し速度は载荷中一定に保ち、 $0.05 \sim 6.4 \text{ cm/S}$ の間で実験を行った。これは歪速度（ $\dot{\epsilon} = V/4D$, $\dot{\epsilon}$:歪速度, V :氷盤の移動速度, D :杭径）に換算して $1.6 \times 10^{-3} \sim 2.1 \times 10^{-1} (1/S)$ に対応する。模型杭の氷盤との接触部断面形状は、直径 7.6 cm の円筒になっており、固有振動数は杭上部に塔載した荷重載荷板の増減によって調整する。本実験では表-1に示す3通りの固有振動数を用いた。但し、固有振動数無限大のケースは、氷盤接触部と同一水平面で杭の水平変位を拘束したものである。また、試験時の測定項目は、氷圧、模型杭頭部の加速度、模型杭基部の歪及び氷盤の载荷速度の4項目である。氷盤供試体には自然結氷した湖面より厚さ 5 cm の矩形氷盤を切り出し、これを用いた。

表-1 模型杭の特性

呼称	剛性(Kg/cm)	固有振動数(rad/S)	減衰定数
P1	∞	0	—
P2	1084	18.2	0.0010
P3	1084	29.3	0.0012

3. 実験結果 低歪速度 $\dot{\epsilon} \leq 6.6 \times 10^{-2} (1/S)$ の波形例を図-2に示す。低歪速度時の氷力、杭の応答は鋸歯状の波形を示している。高歪速度時の氷力はランダムな波形を示し、杭の応答は固有振動波形を示している。

図-3にP1, P2, P3に作用した最大氷力と歪速度をプロットした。P2, P3は剛性が等しく、固有振動数の異なる杭であるにもかかわらず、最大氷力の値にほとんど差がないことは注目値する。これは、剛性の等しい杭に作用する最大氷力は、杭の固有振動数に依存しないことを示唆する結果である。また、最大氷力は歪速度の増加とともに減少している。

最大応答変位及びその最小応答変位との差（応答振巾）は、歪速度の増加とともに減少する。また、P2, P3

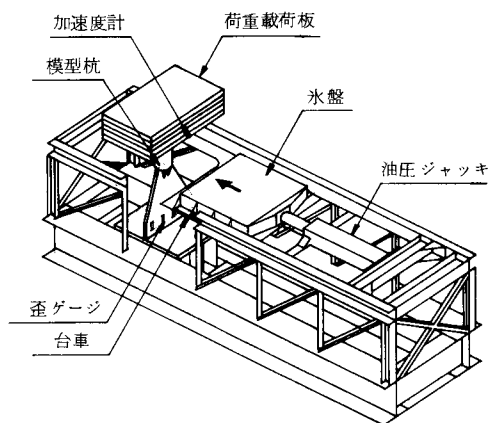


図-1 実験装置

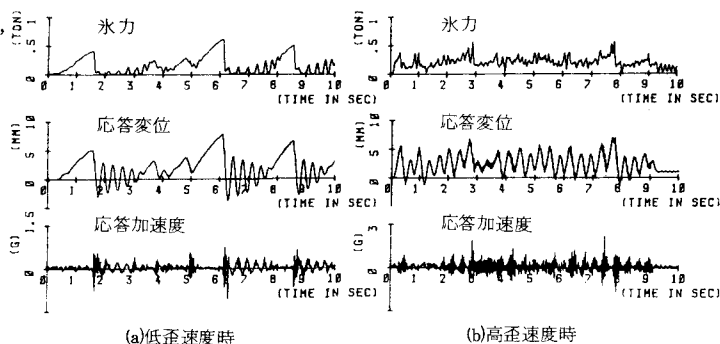


図-2 波形例

の最大応答変位、応答振巾の差異は非常に小さい。これは、最大応答変位、応答振巾が杭の固有振動数に依存しないことを示している。

図-5 は動的応答倍率と歪速度の関係を示している。ここに動的応答倍率とは、杭の最大応答変位を最大水力が静的に作用したと仮定した時に計算される杭の変位で除した値である。動的応答倍率は、P 2、P 3ともに、全歪速度域にわたって1に近く、杭の応答の動的増巾は生じなかったことを示している。杭が氷盤へ貫入する際に測定された減衰は非常に大きく、顕著な動的効果が現われなかったのは、このためと思われる。

氷力および、杭の応答変位のパワースペクトルを図-6に示す。低歪速度時には氷力のパワースペクトルは、低周波数($\omega \leq 5 \text{ rad/S}$)に集中し明確なピークを有する。変位の応答スペクトルも同様の傾向を示している。一方、高歪速度時の氷力のパワースペクトルは低歪速度時に比べ、高周波数成分を多く含んでいる。変位の応答スペクトルは杭の固有振動数付近に密集し、高歪速度時の杭の応答が固有振動にほぼ等しいことを示している。

図-7は、氷力の卓越周波数と歪速度の関係をプロットしたものである。高歪速度域では卓越周波数が明確に現われず、また、ばらつきも大きいいため特別な傾向は見られなかった。従って、ここではパワーが最大となる振動数をプロットした。P 2、P 3の場合、低歪速度で卓越周波数と歪速度の間に比例関係が見られる。応答の卓越周波数は図-8に示すように歪速度とともに増加し、歪速度 1.0×10^{-2} 以上では杭の固有振動数に等しい。

4. まとめ 以上の実験結果をまとめて記す。

- 本実験では、杭の応答の動的増巾は見られなかった。
- 杭に作用する氷力の最大値、杭の最大応答変位及び応答変位振巾は氷盤の歪速度の増加に伴い減少し、杭の固有振動数の影響を受けない。
- 低歪速度では、氷力の卓越周波数は歪速度に比例するが、高歪速度では顕著な傾向が見られなくなる。
- 低歪速度では、杭の卓越応答周波数は氷力の卓越周波数にほぼ等しい。高歪速度では杭の卓越応答周波数は杭の固有振動数にほぼ等しい。

5. 参考文献 Y.Toyama,T.Sensu,M.Minami and N,Yashima;Tests on Ice-Induced Self Excited Vibration of Cylindrical Structures,POAC 1983,pp834-844

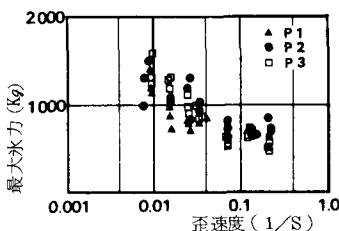


図-3 最大水力と歪速度の関係

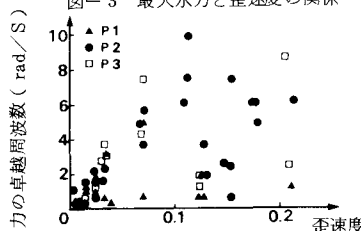


図-7 氷力の卓越周波数と歪速度の関係

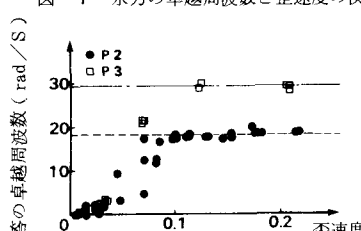
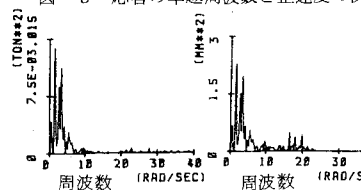


図-8 応答の卓越周波数と歪速度の関係



(a)低歪速度時

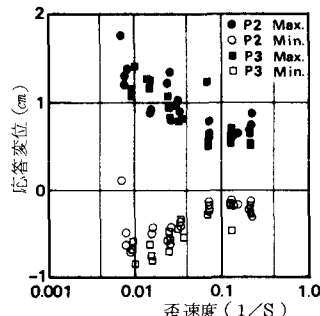


図-4 応答変位と歪速度の関係

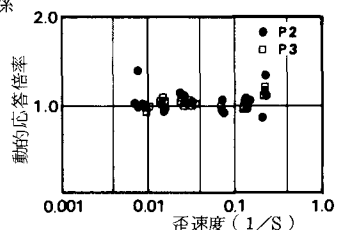
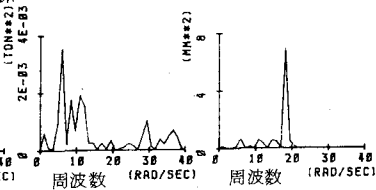


図-5 動的応答倍率と歪速度の関係



(b)高歪速度時

図-6 氷力および応答のパワースペクトル