

氷海構造物基礎地盤の地震時挙動に及ぼす入力波形の影響

山口大学大学院 学生会員 山根 祐輔 河本 好宏  
 山口大学工学部 正会員 兵動 正幸 吉本 憲正  
 NKK(株) 正会員 山内 豊 亀崎 一彦

1. まえがき

全世界の石油埋蔵量の約16%に当たる原油が氷海域に存在すると推定されている。陸域、海域における巨大油田が発見し尽くされた現状において、今後氷海域における油田の開発が期待されている。本研究は、氷海域に重力式構造物を建造する場合を想定し、移動氷盤による氷荷重と地震力が同時に作用する場合の構造物基礎地盤の安定性について検討を行ったものである。

2. オンライン動的応答実験

本研究では、図-1 に示した概念に基づくオンライン動的応答実験<sup>1)</sup>により検討を行った。この方法によれば複雑な土の構成式に頼らず、土の実際の挙動を評価した動的応答解析が可能である。

本研究では、図-2 に示すような重力式構造物及び基礎地盤を解析対象とし、1次元8質点系にモデル化した。図中変形が大きく非線形的挙動が予想される構造物直下のS4~S6層をオンライン層として直接せん断試験<sup>2)</sup>を行い、その他の層は修正R-0モデルによる数値シミュレーションにより行なった。移動氷盤による氷荷重は構造物の最上部の質点から、地震力は基盤から入力を行なった。加振中基礎地盤は、重力式構造物による揺れ込み沈下を想定し、非排水状態(体積一定)で鉛直変形及び側方変形を許容するシェイクダウンモードで行なった(図-3)。入力地震動には、不規則波として兵庫県南部地震においてポートアイランドSMAC強震計により観測された最大加速度  $a_{max}=570\text{Gal}$  の波形及び規則波として構造物の固有周期をもとに作製した周期0.71Hz最大加速度振幅  $a_{max}=100\text{Gal}$  の正弦波を用いた。氷荷重には、地震時に層厚2mの移動氷盤が、貫入速度1.0m/secで構造物に作用した場合を想定して作製した加速度波形<sup>3)</sup>を用いた。なお、地震動及び氷荷重の継続時間は15秒とした。試料として豊浦標準砂を用い、供試体は直径6cm、高さ4cmの円柱形で相対密度  $D_r=60\%$  を目標に水中落下法で作製した。

3. 実験結果

(a)に不規則波、(b)に規則波の結果を掲げ、入力波形の違いによる影響を調べた。図-4 は入力加速度と各質点における応答加速度の時刻歴を示したものである。両者とも質点m1では氷荷重の影響を直接受けるため、応答値に短周期成分が見られ、作用方向にシフトしている。また、質点m5から質点m4にかけて応答波形が長周期化している様子が認められる。これは、地盤の土変形に伴う非線形性によるものと考えられる。図-5 はS4層(構造物直下地盤)のせん断応力比-せん断ひずみ関係を示している。両者共に非線形なヒステリシスを示しており、残留ひずみが生じている様子が観察される。規則波において5%弱のせん断ひずみが発生しているのに対し、不規則波では規則波より大きなせん断応力が数回作用しているにもかかわらずせん断ひずみは3%程度にとどまっている。図-6 はS4層(構造物直下地盤)のせん断応力比-鉛直ひずみ関係である。両者共に変形モードがシェイクダウンモードであるため鉛直ひずみが発生し、徐々に蓄積さ

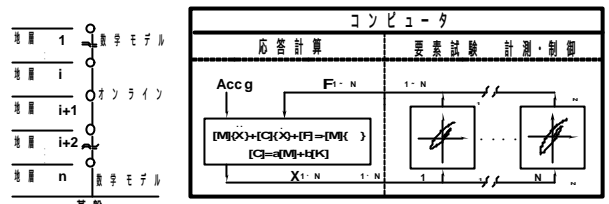


図 1 オンライン動的応答実験の概念図

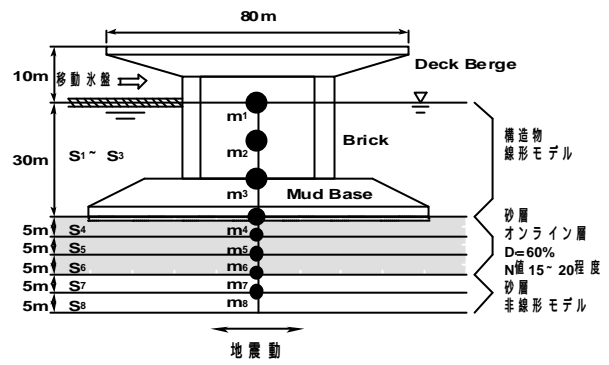


図 2 解析対象モデル図

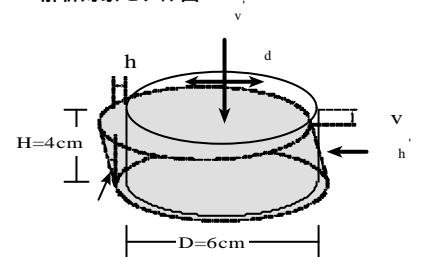


図 3 供試体の変形モード

キーワード：オンライン動的応答実験、シェイクダウン、氷海構造物基礎地盤

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 山口大学工学部 TEL0836-85-9344

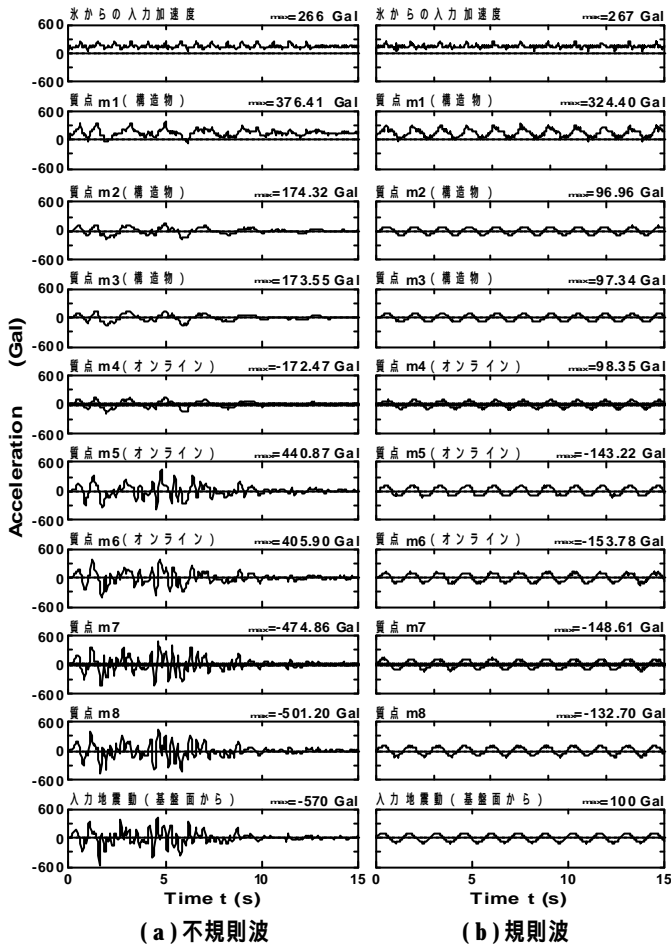


図 4 入力加速度と応答加速度の時刻歴

れ残留鉛直ひずみが生じている。また、不規則波においては鉛直ひずみが 3%程度でほぼ収束しているのに対し、規則波では鉛直ひずみがさらに発生する傾向が見られる。図-7 は応答水平変位の時刻歴である。縦軸は正の方向を氷荷重が作用する方向としている。氷荷重の作用により、いずれの場合も水平変位が残留していく様子が見取れる。残留水平変位は、不規則波の場合、30cm 程度でほぼ収束しているのに対し、規則波では 35cm を越えてさらに増加の傾向が認められる。このように、主要な波が数波しかない不規則波よりも一定の大きさで十回程度繰返す規則波の方がより残留変形することが明らかになった。

4.まとめ

移動氷盤による氷荷重と地震外力が同時に作用する重力式構造物基礎地盤においては、直下型地震よりも継続時間の長い海洋型地震の方がより大きなダメージを与えることが確認された。

参考文献

- 1) 日下部伸, 森尾敏, 有本勝二: オンライン地震応答実験による 2 層系砂地盤の液状化挙動, 土質工学論文報告集, Vol. 30, No3, pp. 174-184, 1990.
- 2) 日下部伸, 森尾敏, 岡林巧, 藤井照久, 兵動正幸: 簡易単純せん断試験装置の試作と種々の液状化試験への適用, 土木学会論文集 No. 617/ -46, pp. 299-304, 1999.
- 3) Kamesaki, K. Yamauchi, Y. and Karna, T.: " Ice force as a function of structural compliance " Proceedings of the 13th IAHR Ice Symp., Beijing, Vol. 1, pp. 395-402, 1996.

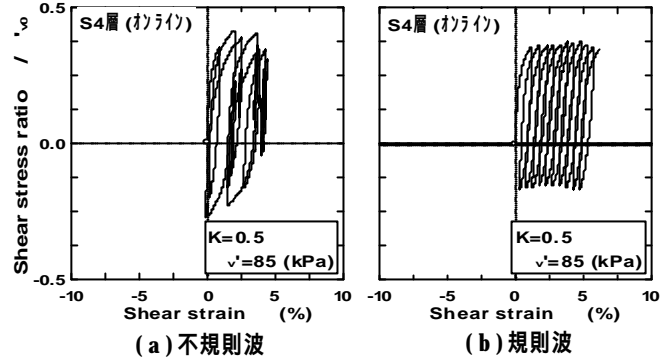


図-5 せん断応力比 - せん断ひずみ関係

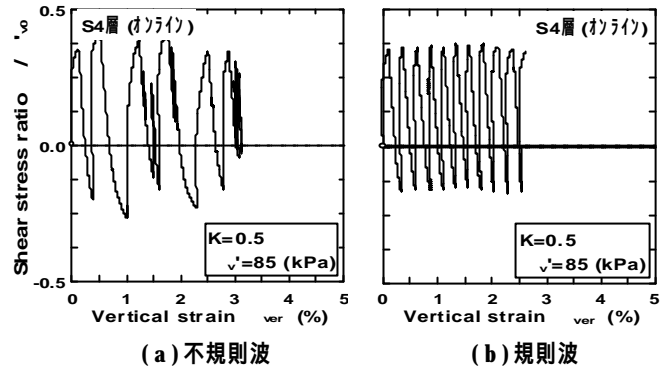


図-6 せん断応力比 - 鉛直ひずみ関係

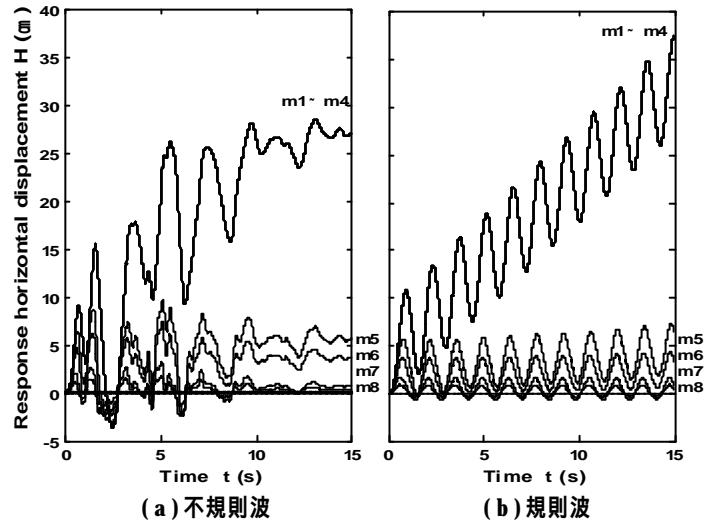


図-7 応答水平変位の時刻歴