

大阪府北部の地震における PCLNG タンクと周辺地盤の地震観測結果（その4）

(株)大林組 (正)樋口 俊一 ○(正)稲葉 淳 (正)阿久津 富弘
大阪ガス (株) (正)西崎 丈能 (正)新村 知也

1. はじめに

既報¹⁾において、2018年大阪府北部の地震における PCLNG タンクの基礎版、防液堤の地震記録および応答特性について報告した。本稿は、内槽、PC防液堤、および基礎の応答特性について、FEM 解析を含めた検討結果を報告するものである。図1に当該タンク構造、図2に地震観測計器設置位置を示す。

2. 内槽の応答特性

内槽底板「AI0」、内槽側板「AI1」、「AI2」、「AI3」の位置で観測した EW 方向の加速度時刻歴より算定した加速度フーリエスペクトルを図3に示す。

「AI1」において増幅が顕著であることが確認される。挙動の詳細な検討のため、地震観測時の液深（22.607m）を考慮した内槽の固有振動数（バルジング振動数）を特定するため、液体の動的挙動を考慮できる軸対称 FEM プログラム「ABLE-III」を用いた解析を実施した。「AI0」と「AI1」の観測、および解析の伝達関数を図4に示す。観測、および解析の両者でピークを示す $f=3.8$ Hz 付近が内容液と内槽側板間の動的相互作用を考慮した固有振動数と推察される。別報²⁾の通り、基礎への入力損失は 3~6 Hz が顕著であり、内槽の固有振動数が 3.8 Hz であることから入力損失が内槽の応答加速度の低減に寄与したものと推察される。

図5に内槽の軸対称モデル、および内槽で観測された最大加速度分布と FEM 解析結果による内槽側板の最大加速度応答倍率分布を示す。ここで「AI1」の位置の加速度が 1.0 になるよう出力値を正規化した。解析値と観測値の応答モードは整合しており、加速度の最大応答は動液圧の影響で地震時の運転液位の約半分に相当する高さ位置する。また液面高さ以上では観測、解析ともほぼ一定になる傾向が見られた。

3. PC 防液堤、および基礎の応答特性

EW 方向における基礎版上「ABE」と PC 防液堤天端「AOE」の加速度フーリエスペクトルを図6を示す。また、内槽と同様に、PC 防液堤の固有振動数特定のため、軸対象 FEM による解析を実施した。この際、鋼製外槽屋根の影響を考慮するための等価重量相当として、防液堤天端に 82.4 kN/m の付加質量を作用させた。「ABE」と「AOE」の観測、および解析の伝達関数を図7に示す。観測、および解析の両者でピークを示す $f=7$ Hz 強（7.1~7.5 Hz 付近）が PC 防液堤の固有振動数と推定される。

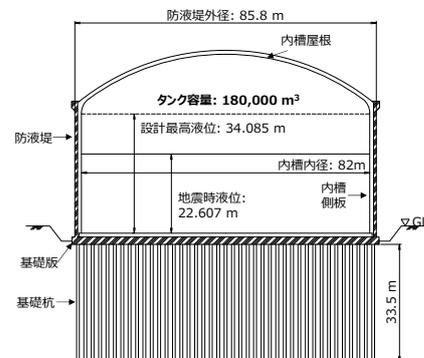


図1 タンク構造図

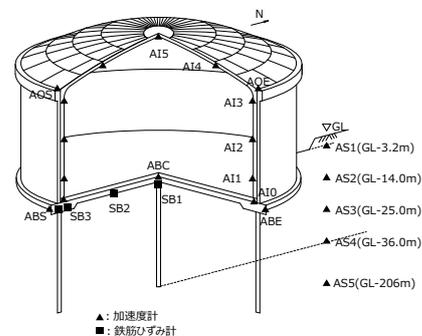


図2 地震観測計器設置位置図

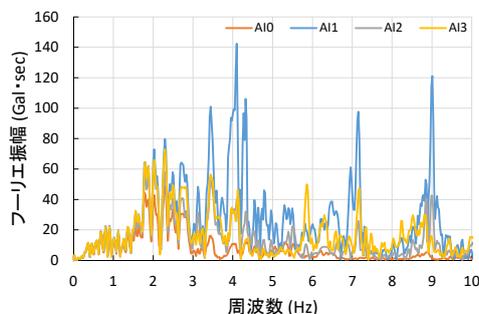


図3 内槽の加速度フーリエスペクトル

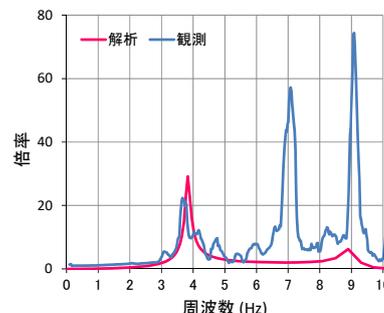


図4 「AI0」と「AI1」の伝達関数

キーワード LNG タンク、PC 防液堤、基礎版、地震観測記録、大阪府北部の地震、応答特性

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組生産技術本部設計第三部 TEL03-5769-1314

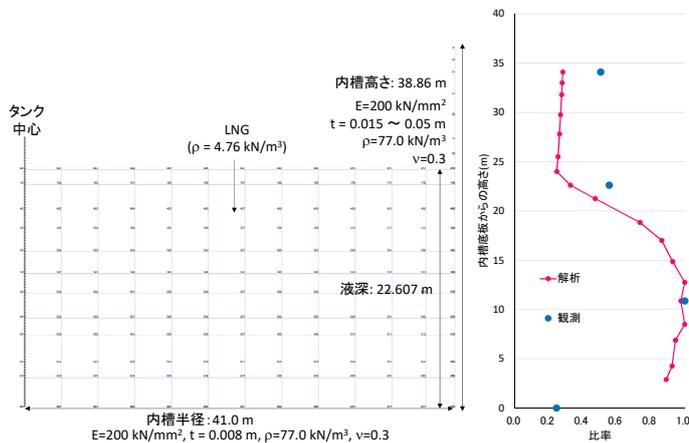


図5 地震観測計器設置位置図

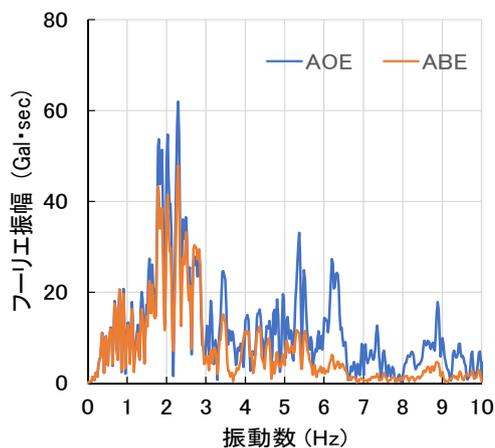


図6 防液堤、基礎版の加速度フーリエスペクトル

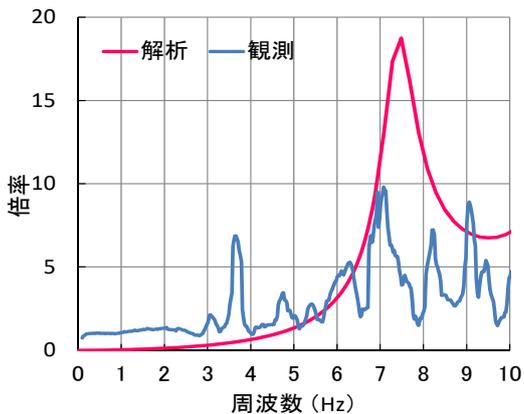


図7 「ABE」と「AOE」の伝達関数

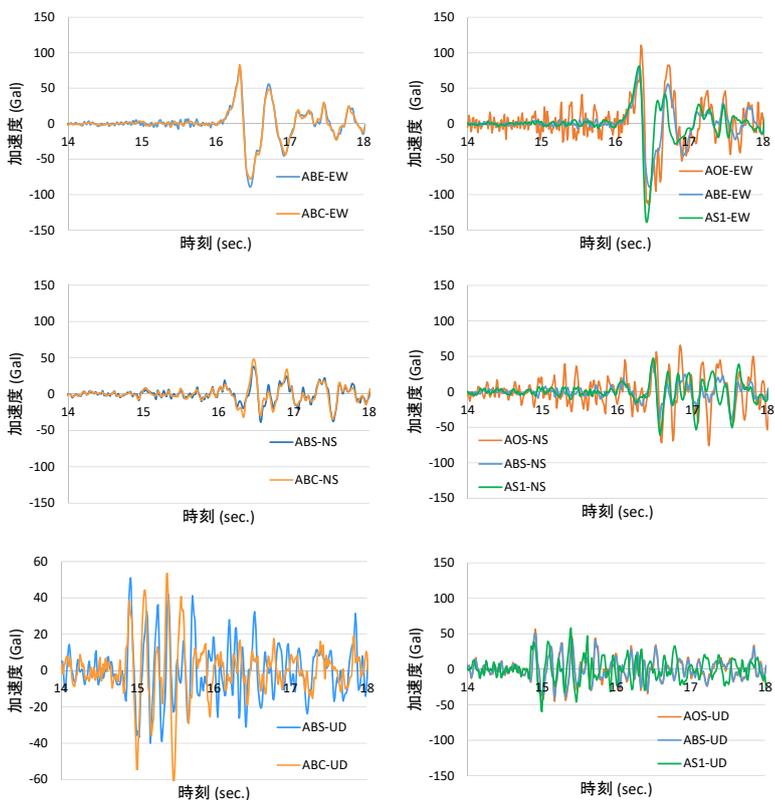


図8 基礎版各部の加速度時刻歴

図9 基礎版、防液堤
加速度時刻歴

防液堤、および基礎の加速度時刻歴について、基礎版端部「ABE」、「ABS」と中心「ABC」の比較を図8に、PC防液堤下端「ABE」と天端「AOE」、および地表面「AS1」の比較を図9に示す。各図には地震発生後、応答加速度が大きい14~18秒の範囲を示した。また、タンクの振動モードを図10に示す。図8から基礎版の水平方向加速度について、観測波の位相と振幅はそれぞれ一致している。一方、鉛直方向(UD)は水平成分主要動が未到達で上下動が顕著な約14~16秒では同位相であるが、大きな水平方向主要動が観察される約16~18秒では逆位相を示している。これは水平方向主要動によりタンク全体がロッキングしたことが要因と考えられる。一方、図9に示すPC防液堤下端、天端、および地表面での水平成分は、振幅は異なるものの位相は概ね一致している。このことから、PC防液堤の支配的な応答モードは基礎のスウェイモードであったと想定される。

参考文献. 1) 阿久津他:大阪府北部の地震におけるPCLNGタンクの周辺地盤の地震観測結果(その2),第74回土木学会年次学術講演会(2019),CS12-55. 2) 新村他:大阪府北部の地震におけるPCLNGタンクの周辺地盤の地震観測結果(その3),第75回土木学会年次学術講演会(2020),(投稿中)

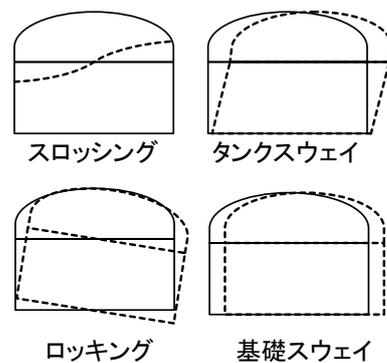


図10 振動モード