

2022 年福島県沖地震における LNG タンク基礎版下の地盤沈下について

清水建設株式会社	正会員	○橋本	三智雄
清水建設株式会社	正会員	若林	雅樹
石油資源開発株式会社	非会員	宮野	隆典

1. はじめに

本文は、2022 年 3 月 16 日に発生した福島県沖地震¹⁾（以下、2022 年地震と称す）において石油資源開発（株）の相馬 LNG 基地内で生じた液状化に伴う地盤沈下により PCLNG 地上タンク（以下、LNG タンク）下に発生した空洞の調査結果を報告するものである。福島県沖地震はマグニチュード 7.4、最大震度 6 強の地震であり、相馬 LNG 基地内地震計においても震度 6 強が観測され、2021 年 2 月 13 日に発生した福島県沖地震（マグニチュード 7.3、最大震度 6 強）²⁾（以下、2021 年地震と称す）と同様液状化被害、地盤沈下が確認された³⁾。写真-1～2 に LNG タンク周辺地盤の液状化被害状況を示す。No. 1LNG タンク、No. 2LNG タンク（福島ガス発電（株）資産を石油資源開発（株）で管理運用）とも杭基礎形式であり、液状化に伴う地盤沈下が発生するとタンク基礎版下面に空隙が生じるが、空隙調査の結果、2 回の地震による累計沈下量は設計段階で想定した許容沈下量以下であることが確認された。



写真-1 地盤陥没状況



写真-2 ひび割れ状況

2. LNG タンク、ブリージングタンク基礎版下の空隙調査

2021 年地震後と同様、LNG タンク基礎版脇で地盤の陥没やひび割れが確認されたため、基礎版下の空隙調査を行った。調査位置は 2021 年地震後に調査を行った位置と同様としたが、2022 年地震で特に陥没が大きかった No. 1LNG タンクの近傍に 1 点（1-⑥）追加し、ほとんど陥没が見られなかった No. 2 ブリージングタンクは調査対象外とした。図-1 にボーリング調査結果に基づく設計時の予測沈下量算出位置（図中○印）、2021 年地震直後の陥没調査にて陥没深さが比較的大きかった位置（図中●印）、空隙調査位置（図中★印）、写真-3 に基礎版下の空隙状況、表-1 に予測沈下量と陥没深さ、実測沈下量の関係を示す。2022 年地震後の実測沈下量は 2021 年地震後の沈下量を含む累計沈下量であるため、2022 年地震による沈下量は 2021 年地震沈下量からの増分とした。2021 年地震による復旧時に、1-①、2-③付近の基礎版脇に設置した沈下棒を利用し、2022 年地震直後の沈下計測も行ったところ、空隙調査結果と大きな差異はなかったため、全調査箇所沈下棒を設置した。なお、液状化に伴う沈下量の許容値である杭の許容突出長は No. 1LNG タンクで 473mm、No. 2LNG タンクで 471mm であり、杭の許容突出長の半分以上をグラウト充填の検討を開始する一次管理値としている³⁾。

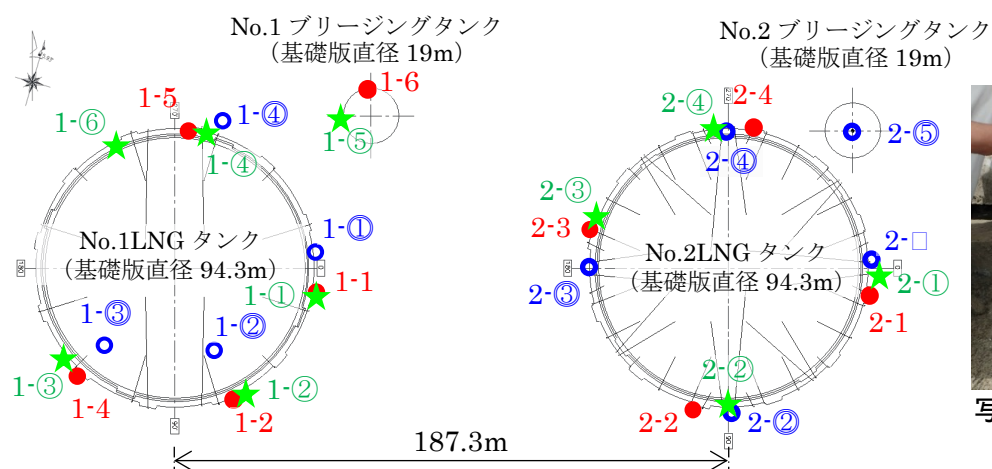


図-1 LNG タンクおよび調査位置図

写真-3 基礎版下の空隙状況
(1-②地点)

キーワード PCLNG 地上タンク、福島県沖地震、レベル 2 地震、液状化、突出杭

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設株式会社 TEL 03-3561-3896

表-1 予測沈下量と陥没深さ、実測沈下量一覧表

		凡例	No. 1LNG タンク周り						No. 2LNG タンク周り			
沈下量予測位置		○	1-①	1-②	1-③	1-④	—	—	2-①	2-②	2-③	2-④
予測沈下量(mm)			67	75	35	7	—	—	200	169	78	95
陥没計測位置		●	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	2-1	2-2	2-3	2-4
陥没深さ (mm)	2021 年		240	150	200	130	—	—	200	370	220	430
	2022 年		320	230	250	200	350	480	300	350	210	180
空隙調査位置		★	1-①	1-②	1-③	1-④	1-⑤	1-⑥	2-①	2-②	2-③	2-④
実測沈下量(mm)	2021 年 U ₁		50	15	25	20	90	—	20	65	65	55
	2022 年 U ₂		65	50	50	50	125	50	45	105	113	105
増分沈下量 (U ₂ -U ₁) (mm)			15	35	25	30	35	—	25	40	48	50
沈下棒計測結果(mm)			22	—	—	—	—	—	—	—	47	—
増分割合 ((U ₂ -U ₁)/U ₁ ×100) (%)			30%	233%	100%	150%	39%	—	125%	62%	74%	91%

3. 陥没対策

基礎版脇の地盤に陥没が生じたメカニズムは、2021 年地震と同様、液状化による地盤沈下に伴い基礎版下に周辺土砂が流入したことが原因と考えられることから、陥没対策も 2021 年地震対策と同様、陥没部を碎石にて埋め戻すこととした。

4. 結果と考察

図-3 に 2021 年に実測していない 1-⑥を除く 9 箇所の沈下量推移 (2022 年は増分沈下量を示す) を示す。9 地点の平均沈下量は 2021 年の地震で 45mm、2022 年の地震で 35mm となった。沈下量が増加した箇所 (1-②, 1-④, 2-①) は 2021 年地震後の沈下量が 25mm 以下と小さく、液状化による沈下量のばらつきが大きく影響したと考えられる。沈下量が減少した箇所は 2021 年地震で噴砂による沈下が発生し、相対密度が上がった可能性が考えられる。累計沈下量の最大値は 2-③の 113 mmであった。図-4 に示す通り累計沈下量 (2022 年は累計沈下量を示す) は予測沈下量と同等であり、杭の許容突出長の半分とした一次管理値 (235mm) の半分程度であるため、現時点では突出杭として十分な耐震性能を保有しており、基礎版下のグラウト注入は不要と判断した。2 回のレベル 2 相当の地震による累計沈下量と予測沈下量が同等程度となっており、予測沈下量と実測沈下量の差異については今後詳細を検討する必要がある。

1-①にて沈下棒の沈下量が増分沈下量より大きかった理由として液状化によるばらつきの可能性がある。2-③ではほぼ同等であったことから、今回の調査地点すべてで沈下棒を設置し、計測管理を実施することとした。

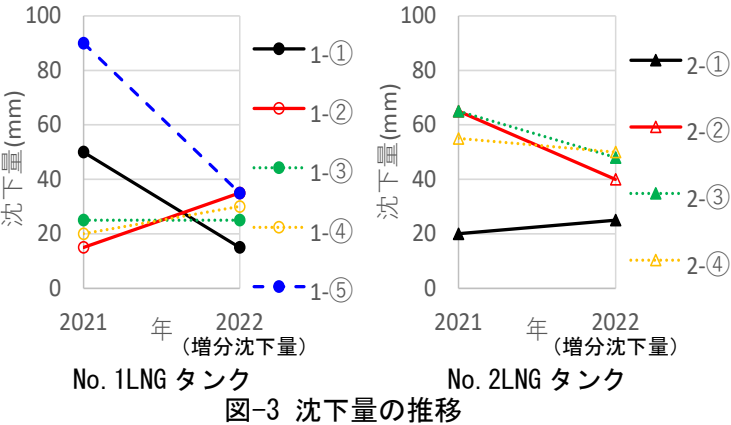


図-3 沈下量の推移

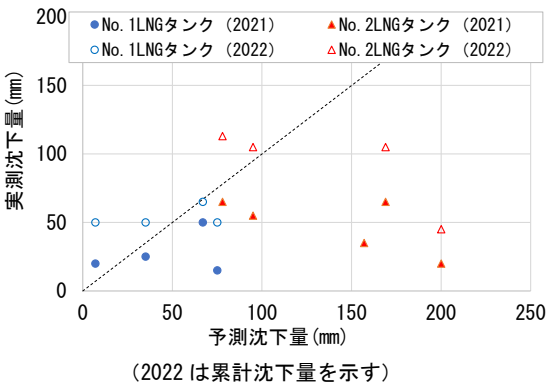


図-4 予測沈下量と実測沈下量

参考文献

1) 気象庁：令和 4 年 3 月 16 日 23 時 36 分頃の福島県沖の地震について（第 2 報）
2) 気象庁：令和 3 年 2 月 13 日 23 時 08 分頃の福島県沖の地震について－「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」について（第 89 報）－
3) 橋本三智雄，若林雅樹，宮野隆典：2021 年福島県沖地震における LNG タンク基礎版下の地盤沈下について，土木学会第 77 回年次学術講演会，VI-46