

2024 年能登半島地震における内灘町の地震挙動の評価

長岡技術科学大学

○中村 勇斗

長岡技術科学大学 正会員

池田 隆明

長岡技術科学大学 正会員

志賀 正崇

1. はじめに

2024 年能登半島地震では震源から 100 km 以上離れた石川県河北郡内灘町で液状化と流動が発生し、家屋や道路、ライフラインに甚大な被害が発生した。内灘町には標高およそ 20 m の砂丘があり、液状化や流動化はそのうちの内陸側の裾部分で発生していた。本研究では、液状化・流動化のメカニズムを解明するため、地盤の地震応答解析を行い地震時の地盤挙動を推定することを目的とする。

2. 液状化・流動化

内灘地域の地盤断面図を図 1 に示す。この地域は数千年前まで海域にあり、海岸線の後退に伴って沿岸流や風で運ばれた砂が堆積し、現在の砂丘が形成されたと考えられる。そのため地盤表面には緩い砂質層が広く分布しており、液状化しやすい地層構成となっている。

さらに、河北潟干拓事業の際に砂丘から砂が採取されたことで地形改変が進行し、地盤の脆弱化を招いた。図 2 の赤線に示したように、砂丘の裾部において 1930 年の等高線と比較して現在の等高線が急激に変化していることが確認でき、これは干拓事業に伴う砂の採取を示している。

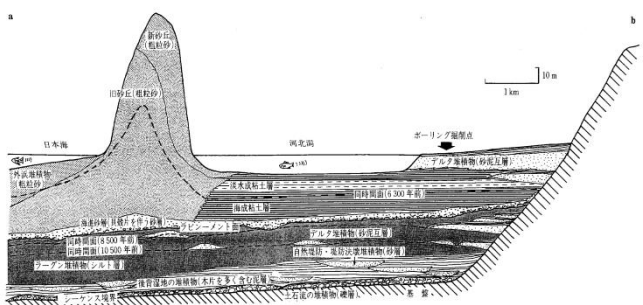


図 1 内灘地域の地盤断面図¹⁾



左：1930 年 (干拓前) 右：現在 (干拓後)

図 2 内灘地域における等高線の変化²⁾

2024 年 1 月に発生した能登半島地震においては、内灘地域の砂丘裾部で大規模な液状化、側方流動および隆起が集中的に発生した。その結果、図 3 のように構造物の転倒・沈下といった被害が顕著に認められた。

本研究では、液状化および流動化の発生機構を明らかにすることを目的とし、地盤の地震応答解析を実施し、地震時挙動の再現を試みる。



図 3 内灘地域の被害写真³⁾

3. 入力地震動の設定

内灘町周辺における地震観測記録を図 4 に示す。本研究では、事前検討の結果、内灘町大学で観測された記録を解析に採用することとした。

同大学における地盤モデルを表 1 に示す。当該地点には地震計設置位置のボーリング柱状図が存在しないため、周辺地域の地盤調査結果を参照してモデルを構築した。解析には DYNEQ⁴⁾を用い、観測波形を基盤に引き戻す処理を行った。地表面に入力した観測波形と、出力された基盤波形を図 5 に示す。得られた基盤波形を、内灘地域全体における基盤地震動として設定した。



図 4 地震計設置場所一覧と検討対象地点

表 1 内灘町大学の地盤モデル

No.	土質	層厚 (m)	せん断波速度 V_s (m/s)	単位体積重量 γ (t/m ³)
1	砂質土	11.5	150	1.85
2	砂質土	11.5	231	1.90
3	砂質土	12.0	275	2.00
4	砂質土	12.0	308	2.00
5	基盤	-	600	2.10

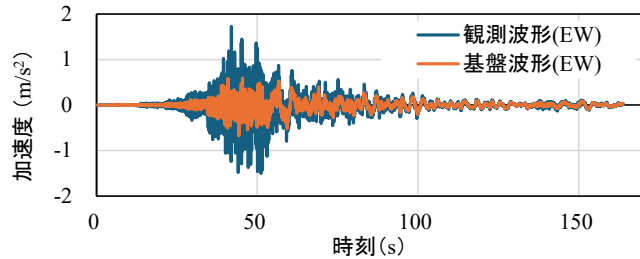


図 5 JMA 内灘町大学の観測波形と基盤波形

4. 地盤の地震応答解析

前項で基盤に引き戻した波形を、入力する基盤波形として、西荒屋地区を対象に地震応答解析を行った。西荒屋地区の地盤モデルは周辺の地盤状況を考慮して作成した(表 2)。前章と同様に解析ソフトには DYNEQ を用いた。

表 2 西荒屋地区の地盤モデル

No.	土質	層厚 (m)	せん断波速度 V_s (m/s)	単位体積重量 γ (t/m ³)
1	砂質土	1.3	209	1.8
2	砂質土	4.0	169	2.0
3	砂質土	10.4	216	2.0
4	粘性土	13.9	230	1.7
5	基盤	-	600	2.1

入力した基盤波形と、出力した地表波形を図 6 に示す。比較すると、地表波形は基盤波形のおよそ 3.5 倍程度の大きさとなっている。

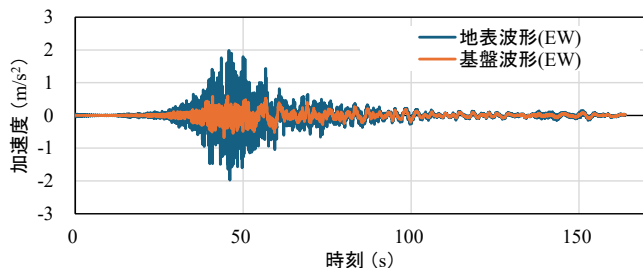


図 6 西荒屋地区の基盤波形と出力波形

深度ごとの最大加速度・最大変位・最大せん断応力・最大せん断ひずみの分布を図 7 に示す。最大加速度および最大変位の分布では、下部の粘土層よりも上部の砂層で大きい値を示している。最大せん断応力・最大せん断ひずみの分布では、層境界において分布傾向が明確に変化していることが読み取れる。

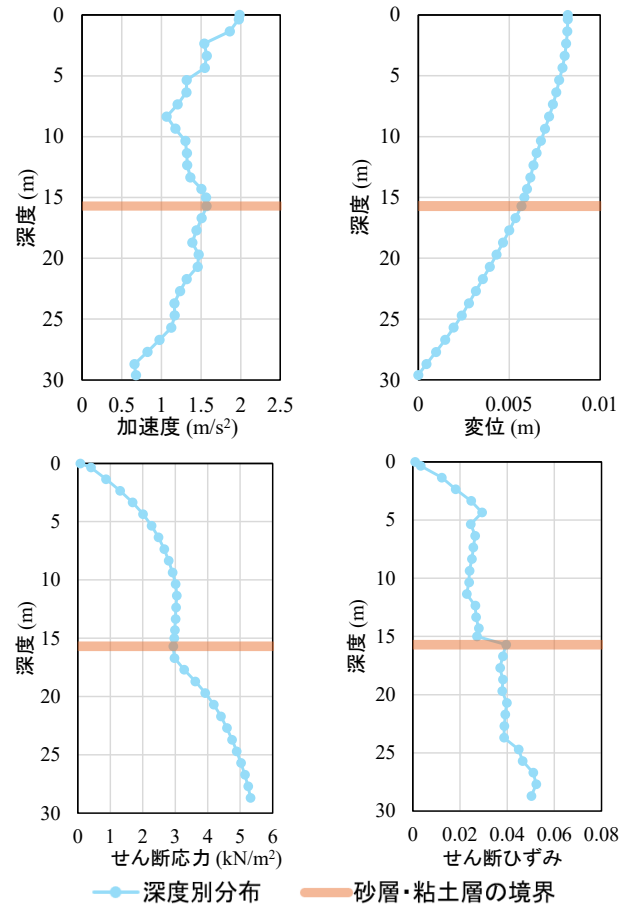


図 7 深度ごとの最大加速度・最大せん断応力・最大せん断ひずみの分布

5. まとめ

2024 年 1 月に発生した能登半島地震において、内灘地域では砂丘裾部を中心に大規模な液状化現象およびこれに伴う側方流動ならびに地盤隆起が集中的に発生した。これらの被害は、当該地域に特有の脆弱な地盤構造に起因するものと推定された。

本研究では、液状化および流動化の発生メカニズムを解明することを目的として、内灘の西荒屋地区における地盤の地震応答解析を実施し、地震動作用下における地盤挙動の再現を試みた。今後は内灘町宮坂地区の地盤についても同様の解析を行い、将来的には非線形解析や有効応力解析に繋げる予定である。

6. 参考文献

- 1) 北村晃寿・小川義厚(1998) ボーリング試料に基づく沖積層のシーケンス層序学解析, 土と基礎, No.46, Vol.2
- 2) 谷 謙二(2017) 「今昔マップ旧版地形図タイル画像配信・閲覧サービス」の開発. GIS-理論と応用, 25(1), 1-10.
- 3) (写真右) 毎日新聞〈震源から遠くても…「街全体がゆがんだ」液状化被害の理由〉<https://mainichi.jp/articles/20240205/k00/00m/040/191000c> (最終閲覧日: 2025/10/5)
- 4) 吉田望: DYNEQ A computer program for DYNAMIC response analysis of level ground by EQUIVALENT linear method, Version 4.01, 2021, 関東学院大学