

大深度構造物（外郭放水路第3立坑）における地震時挙動

国土交通省江戸川河川事務所 作田 大、北野実紀
(株)建設技術研究所 正会員 ○ 楊 雪松、亀山千佳

1. はじめに

首都圏外郭放水路第3立坑（埼玉県春日部市、高さ：77.2m、外径：33.6m）には、内部B1F（GL-10m）、B8F（GL-65m）の2箇所に加速度計が設置されており、東北地方太平洋沖地震（3.11地震）において地震記録が得られた。本検討では、立坑内の加速度記録を利用し、地震時における立坑の動きを再現し、剛性の高い立坑とその周辺地盤との挙動の相違を確認した。

2. 立坑内加速度記録の特徴

立坑内で観測された3.11地震の加速度記録を図-1に示す。

- ①最大加速度はB1Fで80gal、B8Fで40gal程度であり近傍の地表面加速度（春日部市最大加速度345.2gal）、また設計震度（0.35≒350gal）と比較して相当に小さい。
- ②X方向とY方向との差は少ないが、X方向がやや大きい。
- ③上下・水平動は0.3～0.4倍程度の比率となっている。
- ④水平動はB8FよりB1Fが大きい但し上下動に大きな差は見られない。

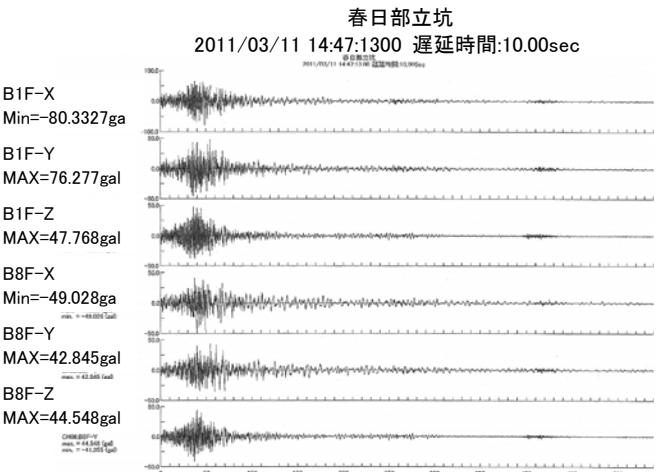


図-1 立坑観測地震記録（3.11地震）

3. 地震時挙動の再現解析

(1) 解析条件

第3立坑は極めて剛な大規模構造物であり、これが超軟弱な地盤～硬質地盤に貫入されている（図-2）。これより立坑のロッキング等により3成分の応答の連成が想定されることから、立坑・周辺地盤の相互作用を再現できる3次元FEM解析法を採用した。プログラムは構造物と地盤の連成を表現できるFLUSH/3Dを用いた。一方、立坑位置の工学基盤面の観測記録はないため、基盤波は観測記録を用いた引戻解析により算出する。引戻解析を行うことから基盤の2E波も変動値となるため、土の塑性化による非線形特性は等価線形解析と引戻解析を組み合わせた繰返し計算により同定を行った（図-3）。

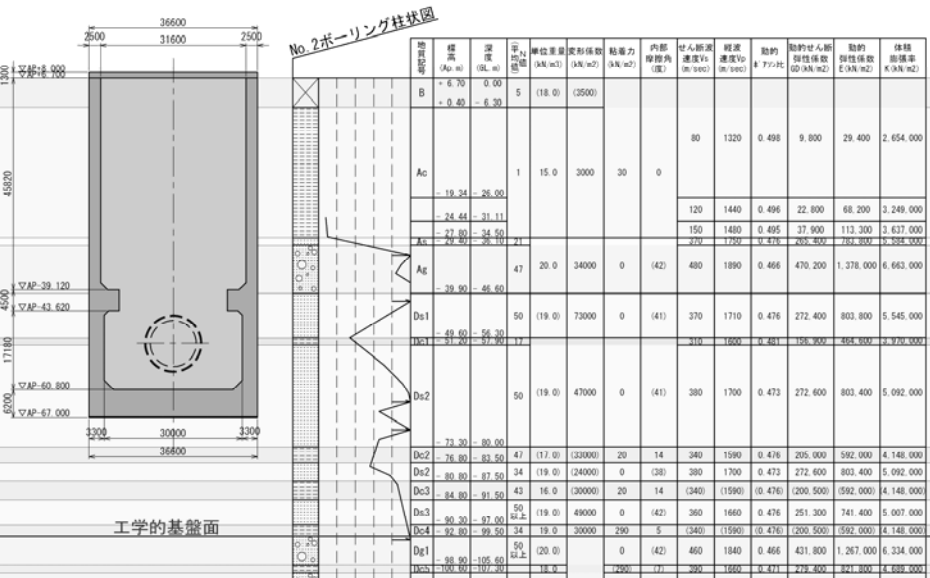


図-2 立坑-周辺地盤モデル

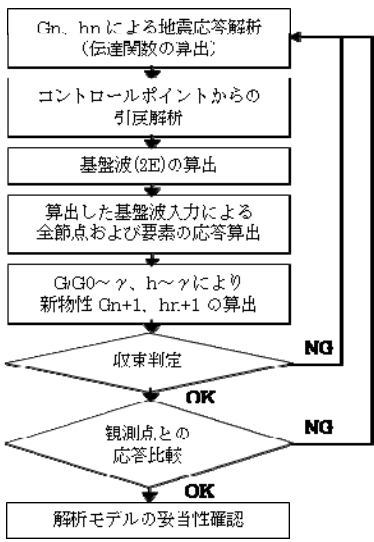


図-3 引戻解析・地盤非線形同定手順

キーワード 大深度構造物, 立坑, 観測加速度波形, 東北地方太平洋沖地震, 地震応答解析
連絡先 〒330-0071 埼玉県さいたま市浦和区上木崎 1-14-6 (株)建設技術研究所 TEL 048-835-3658

(2) 立坑と自由地盤の応答変位(図-5)

- ①水平動では立坑は自由地盤の変位に追随せず、自身の周期特性により振動し剛体に近い挙動を示す。
- ②周辺地盤の応答変位は立坑の動きによって抑制され、自由地盤に比べて変位量が小さくなる。
- ③鉛直動は立坑・自由地盤ともにわずかである。立坑は剛性が高いため、剛体のように構造系全体がジャンプする動きを呈しており、底版部に於いて表層地盤との変位差を示す。

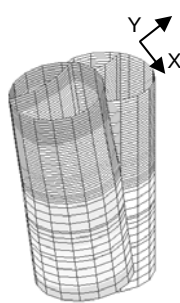


図-4 3D 変形図

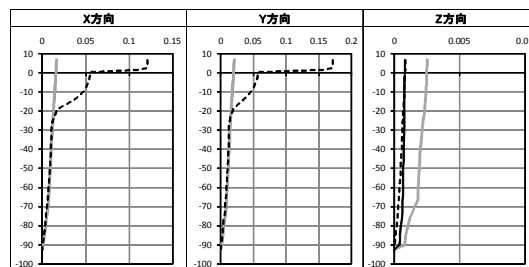
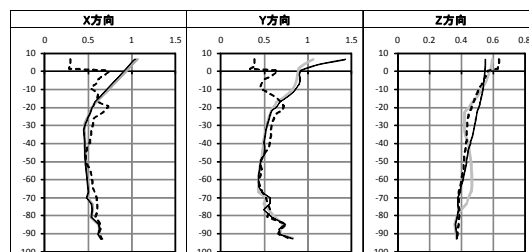


図-5 深さ方向の相対変位分布

(3) 立坑と周辺地盤の応答加速度(図-6)

表層地盤の応答加速度は全体に深度が浅くなると増幅される傾向が見受けられる。一方、当該箇所では浅いところに軟弱な沖積層が分布しており、地盤の剛性低減は自由地盤での加速度増幅を抑えた。

図-6 深さ方向の応答加速度分布
—— 周辺地盤
—— 立坑内部
- - - 自由地盤

4. 解析結果に対する考察

(1) 立坑への入力地震動

解放基盤波(2E)に対する自由地盤・立坑内 B1F/B8F の応答加速度の比(増幅倍率)を図-7 に示す。周辺地盤は非常に軟弱な地盤で固有振動数は約 0.6Hz である。深いほど増幅倍率のピークは小さく、地表面に近い B1F では 1Hz を境にそれより長周期成分の地震波動が増幅されるが、立坑自体の挙動が影響し、基盤波の増幅は 1.2 倍程度で大きくない。

(2) 剛体ブロックとしての挙動評価

図 8 に B1F と B8F における水平・回転変位の時刻歴の重ね合わせを示す。水平成分については B1F が大きな値を示し、回転成分は波形がほぼ重なる。回転成分の比較結果は立坑が剛体に近い挙動をしている可能性を示唆している。検証のため、立坑を剛体として仮定した変位を下式より推定し、B1F の解析結果と比較した結果、両者はほぼ重なった(図-9)。

$$HB1 = HB8 + RB8 \times L$$

HB1: 剛体仮定時の B1 の水平成分、HB8/ RB8: B8 の水平/回転成分、L: B1 と B8 間の鉛直距離

5. おわりに

本検討では東北地方太平洋沖地震時の観測記録を用い 3 次元動的解析により大規模立坑の地震時挙動を再現した。観測加速度より地盤の加速度増幅特性、立坑位置における今回の地震規模では立坑は剛体的な挙動をすることを確認した。ただし本検討では立坑外周の連壁の影響、立坑-周辺地盤の剥離の影響を考慮していない。今後は再現解析の精度向上のため、これらの影響について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所(1982): 地盤地震時応答特性の数値解析法—SHAKE: DESRA—
- 2) 独立行政法人 防災科学技術研究所強震ネットワーク(K-NET) <http://www.k-net.bosai.go.jp/>

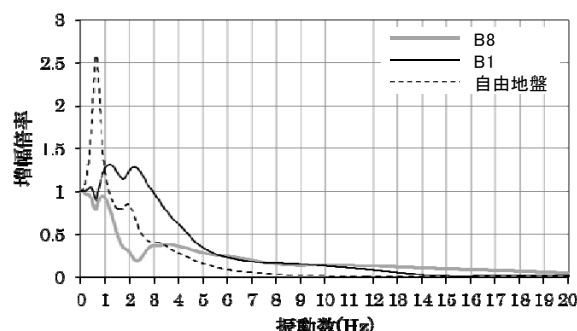


図-7 増幅倍率 (X 成分/X 入力)

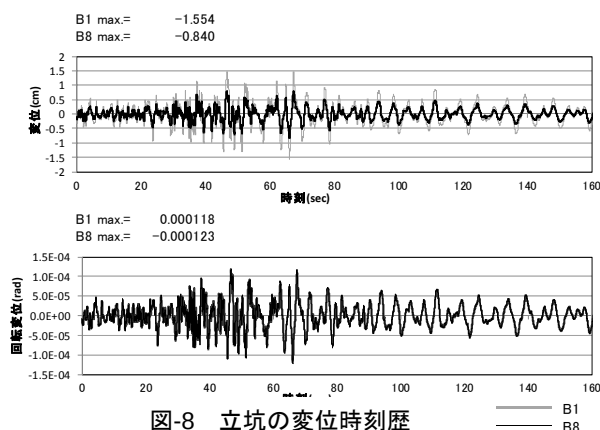
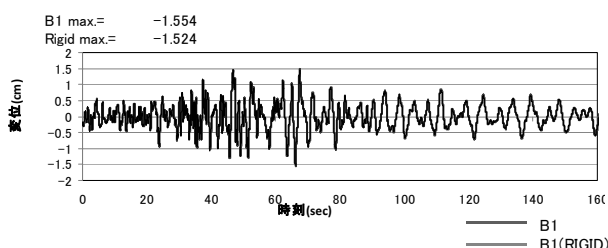
図-8 立坑の変位時刻歴
(X 方向、上図水平変位、下図回転変位)

図-9 剛体を仮定した変位時刻歴との重ね合わせ (X 方向)