

兵庫県南部地震時の明石海峡大橋 2P 位置の地震動レベルの推定に基づく残留沈下量の再検討

国土交通省近畿地方整備局 福岡 彰三, 上窪 清治

基礎地盤コンサルタンツ 正会員 ○宮本 順司, 中島 啓

東京理科大学 フェロー 龍岡 文夫, 東京大学 正会員 古関 潤一

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震では, 明石海峡大橋 2P 主塔基礎は約 2 cm の残留沈下を示した(図-6a)¹⁾. この残留沈下を引き起こした 2P 位置での地震動は実測されていない. かつて筆者ら¹⁾は, この 2P 基礎の残留沈下の解析を実施した. 入力地震動として神戸海洋気象台の強震記録(JMA 神戸 N55W)をもとに一次元波動伝播解析を JMA 神戸地盤モデルと明石 2P 地盤モデルに適用して求めたものを用いた. 図-1 に示すのは, 水平動の時刻歴波形であり, 最大加速度は $\alpha_{\max}=464\text{gal}$ である. しかし, 実測の沈下量と定量的に整合した結果は得られなかった. これは, 解析に用いた入力地震動が不適切であったことが一つの理由であると考えられる.

一方, 2P 塔頂で同地震時の速度記録が得られており, その情報から東原ら²⁾によって 2P 基礎の底面位置での加速度の時刻歴が推定されている(図-2). 本研究では, 図-2 に示す 2P 基礎位置での推定加速度時刻歴を参照して 2P 主塔基礎の残留沈下を再解析した. その結果, 実測値と整合する解析結果を得た.

2. 兵庫県南部地震時の明石海峡大橋 2P 位置の地震動レベルの検討

残留沈下解析の手法は, 別報³⁾で説明している. 解析において地震動を基礎底面からの深度 -208m (T.P.-268m) の風化花崗岩に入力した(図-6). 兵庫県南部地震時の 2P 塔頂での速度記録から推定された 2P 基礎底面位置における加速度波形(図-2)での加速度の最大値は 200gal 程度であり, 既往の解析¹⁾で用いた入力地震動レベル $\alpha_{\max}=464\text{gal}$ が過大であったことを示唆している. そこで, JMA 神戸(N55W)をもとに求められた入力地震動(図-1)の最大加速度レベル($\alpha_{\max}$)をさまざまに変化させて, 8 ケースの残留沈下解析を実施した($\alpha_{\max}=464\text{gal}\times 0.2, 0.25, 0.33, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5$).

図-3 は, 入力加速度 $\alpha_{\max}=464\text{gal}$ を用いた既往の解析¹⁾, 及び塔頂速度記録より推定された基礎底面の位置での加速度と本解析から得られた同位置での加速度の応答スペクトルでの比較である. 入力加速度 $\alpha_{\max}=464\text{gal}$ の既往解析によって得られた応答スペクトルは, 塔頂速度記録より推定されたものよりかなり大きい. 一方, 入力加速度を $1/2\sim 1/5$ ($\alpha_{\max}=232\text{gal}\sim 93\text{gal}$)にした場合の応答スペクトルは, 塔頂速度記録より推定されたものと長周期領域 ($T=1.3$ 秒 ~ 2 秒付近)を除いておおそ類似している. 従って, これらの地震動に基づいて推定した 2P 基礎の残留沈下と実測を以下で比較・検討した.

図-4 に, 本解析で得られた 2P 基礎の底面位置での応答水

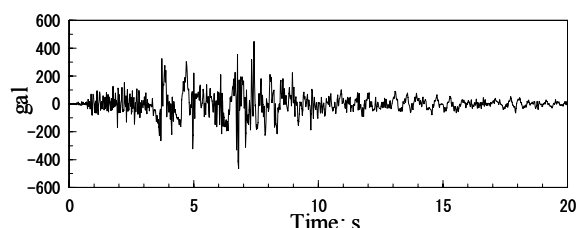


図-1 兵庫県南部地震時のJMA神戸(N55W)記録をもとに想定された2P位置(T.P.-268m)の水平加速度波形

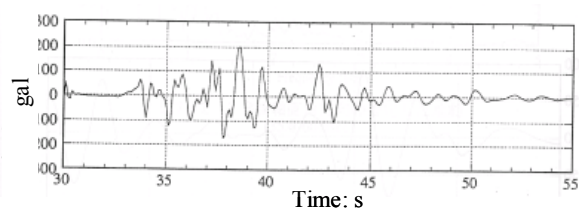


図-2 兵庫県南部地震時の2P塔頂速度記録から推定された2P基礎底面位置の水平加速度波形²⁾

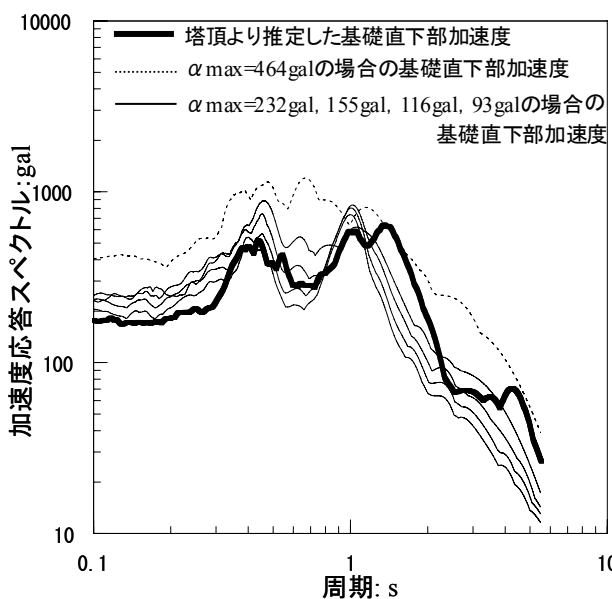


図-3 基礎底面位置加速度の応答スペクトル($h=5\%$)

キーワード 地震応答解析, 残留沈下, 地震動, 基礎支持地盤

連絡先 〒550-0011 大阪市西区阿波座1-11-14 基礎地盤コンサルタンツ(株)関西支社 TEL 06-6536-1781

表-1 入力加速度, 2P基礎底面位置加速度, 2P基礎沈下量の関係

	風化花崗岩(TP-268m) 加速度レベル (入力加速度レベル)	2P基礎底面位置 加速度レベル	2P基礎沈下量
本解析	90~230gal	応答 160~200gal	応答 2cm程度
塔頂速度記録からの推定	-	200gal ↓ 整合	-
兵庫県南部地震(H.7)	?	?	2cm ↓ 整合

平加速度の最大値と2P基礎沈下量の解析値との関係を示す。沈下量の解析値は上限値と下限値を持つ幅で表されている。この推定の幅は、別報³⁾で説明してある。この結果によると、2P基礎の実測沈下量2cmに対応する2P基礎底面位置での水平加速度の最大値は、160gal~200gal程度である。この加速度の大きさは、2P塔頂速度記録から推定された基礎底面位置の水平加速度²⁾の最大値(200gal)と整合している。

図-5に、風化花崗岩層(TP-268m)における入力加速度の水平成分の最大値 $\alpha_{\max}$ と2P基礎の底面位置での水平応答加速度の最大値の関係を示す。上記の2P基礎底面位置の加速度160gal~200galに対応する風化花崗岩位置(TP-268m)での入力加速度 $\alpha_{\max}$ は、90gal~230gal程度であり、既往の解析¹⁾で用いた入力加速度 $\alpha_{\max}=464\text{gal}$ は過大であったことが分かる。以上の対応関係を表-1にまとめる。

3. 実測沈下量と解析結果との比較

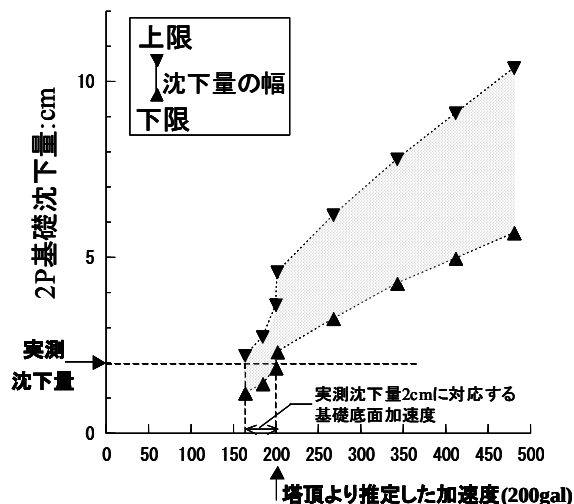
図-6に、妥当と思われる入力地震動レベル($\alpha_{\max}=90\text{gal}\sim 230\text{gal}$ の代表値として153gal($464\text{gal}\times 1/3$))を用いた残留沈下解析で得られた2P基礎直下の地盤内の残留沈下の深度分布と実測結果の比較を示す。実測では、神戸層-3のあたりから沈下が徐々に発生し明石層で著しく増加しているが、予測においてもこの傾向が定量的に再現されている。

4. まとめ

兵庫県南部地震時の明石海峡大橋2P位置における地震動レベルと残留沈下解析を再検討した。解析結果と塔頂での速度記録に基づく、2P基礎の底面位置での最大水平加速度は160gal~200galと推定された。これに対応する入力地震動を用いた解析によって得られた残留沈下量は実測沈下量と整合しており、解析手法^{1, 3)}は妥当であることが示された。

参考文献

- 1) 古関潤一・森谷俊美・福永勲・龍岡文夫・佐伯宗大：土と基礎の地震時変形解析技術と地盤のモデル化，地質と調査，2000年第1号 pp.13-18.
- 2) 東原紘道：明石海峡大橋の地震時挙動に関する調査 報告書，東京大学地震研究所，pp.1-79.
- 3) 福岡彰三ら：兵庫県南部地震時の明石海峡大橋2Pの残留沈下推定法の再検討，土木学会第61回年次学術講演会，2006，投稿中



基礎底面位置における最大水平加速度
図-4 2P基礎底面位置の加速度と2P沈下量との関係

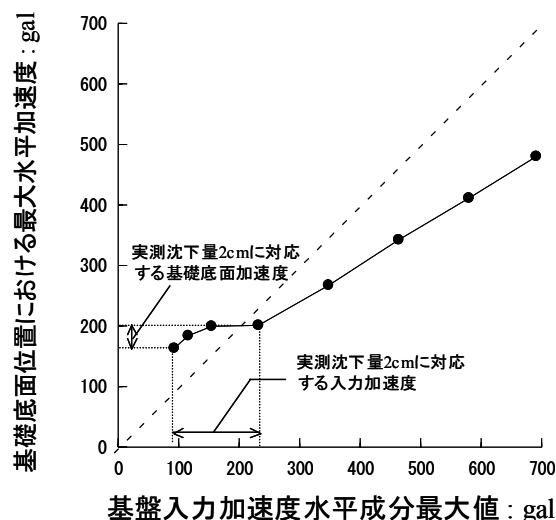


図-5 入力加速度(T.P.-268m)レベルと2P底面位置
応答加速度との関係

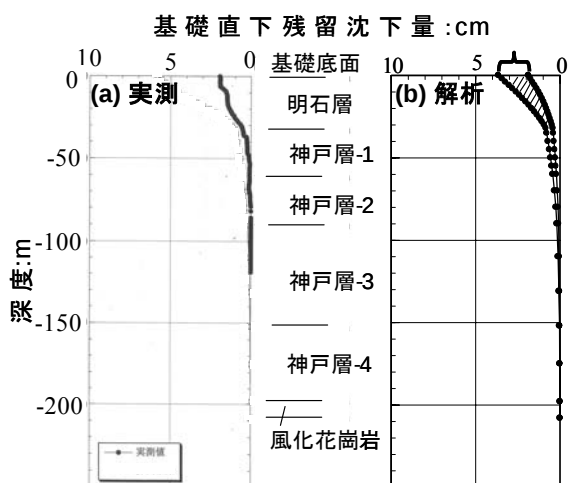


図-6 2P基礎直下部残留沈下量の比較: a)実測, b)解析による予測($\alpha_{\max}=153\text{gal}$ ($464\text{gal}\times 1/3$)の場合)