

I - B 309

大規模橋梁基礎の地震後残留沈下量推定手法の検討

日本技術開発(株) 正会員 ○佐伯 宗大
 本州四国連絡橋公団 正会員 栗原 敏広
 東京大学生産技術研究所 正会員 古関 潤一
 日本技術開発(株) 正会員 真鍋 進
 東京大学工学部 7.11- 龍岡 文夫

1. はじめに 明石海峡大橋の主塔基礎では、その地震時安定性の照査として地震中の最大変位量に着目した検討が、兵庫県南部地震以前に実施されていた。同基礎に対しては、兵庫県南部地震の際に約2.0cmの残留沈下量が測定された。そこで、設計時には検討されていなかった残留沈下量を、その地震時安定性照査手法を拡張して推定する事を試み、実測値と比較することで、手法の妥当性について検討した。

2. 解析手法・条件 解析対象とした2P主塔基礎～地盤モデルのうち、特に、基礎直下部についてを図1に示す。解析は、静的弾性FEMと動的等価線形FEMを組み合わせた手法で実施した。静的解析と動的解析の両方の地盤の変形係数(動的解析のものは、微小ひずみレベルの変形係数)については、基礎建設前に原位置で測定された弾性波速度Vsから設定した値を自由地盤には用いたが、基礎直下部は、その自重による地盤の拘束圧の増加を考慮して、自由地盤より大きい値を設定した²⁾³⁾。動的等価線形FEMには、入力地震動として水平動と上下動の両方を考慮しJMA神戸(N55W)の観測記録を基に、一次元の地盤応答解析(SHAKE)により得られた基礎位置の合成波(水平、鉛直)を用いた。図2に解析の流れを示し、具体的手順を以降に示す。ただし、下記の手順の中で、ひずみ軟化理論によるひずみ量および過剰間隙水圧の計算対象は明石層に限り、神戸層以深については対象外とした。

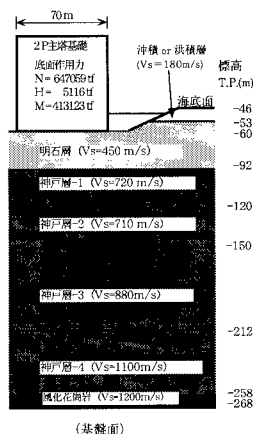


図1 概略の解析対象モデル

- ①自重解析により、地震前の応力および沈下量を算出し、等価線形応答解析により、地震中に地盤に発生した繰返しせん断応力を算出する。
- ②①の結果から、地震力により発生し得る動的な主ひずみ ϵ^+ をひずみ軟化理論¹⁾を適用して図3に示す不攪乱試料の繰返し三軸試験結果より算出する。
- ③動的な主ひずみを動的せん断ひずみに換算し、その最大値が地震終了後も残留するものとして、このせん断ひずみと、①で得られた地震前のせん断応力から地震終了直後状態のせん断弾性係数Gを算出する。ただし、図3が試料の乱れの影響を受けていることを考慮してひずみを1/4に低減する。
- ④③で算出したGを用いて、明石層の変形係数を変更し自重解析を行い、応力および沈下量を算出する。算出された沈下量から地震終了前の沈下量を差し引けば、地震終了直後の状態の残留沈下量が算出される。
- ⑤地震力により発生する過剰間隙水圧比を、前述した繰返し三軸試験結果(図4、ただし地震前の主応力比 σ_{1c}/σ_{3c} に応じて異なる関係を設定)よりひずみ軟化理論と同様の考え方で算出し、水圧上昇後の平均有効主応力に直した上で、同試験の供試体圧密時の排水量より設定した平均有効主応力と体積ひず

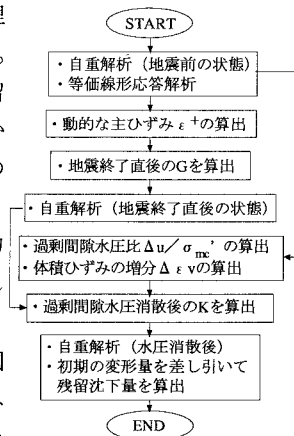


図2 残留沈下解析の流れ

キーワード：ひずみ軟化理論、過剰間隙水圧、有限要素法、残留沈下量

〒164-8601 東京都中野区本町5-33-11(中野清水ビル) TEL 03-5385-5111(代表) FAX 03-5385-8525

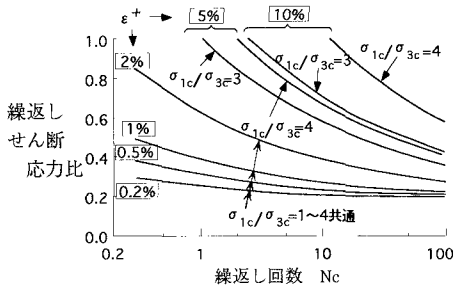


図3 動的主ひずみ ϵ_+ に関する特性

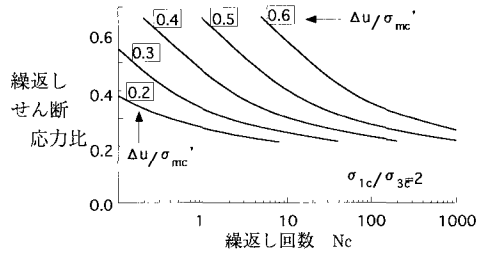


図4 過剰間隙水圧比に関する特性 ($\sigma_{1c}/\sigma_{3c}=2$ の場合)

みとの関係から、水圧消散に伴う体積ひずみの増分 $\Delta \epsilon_v$ を算出する。

⑥⑤で算出された $\Delta \epsilon_v$ と④で算出された地震終了直後の平均有効主応力とを用い、水圧消散後の体積弾性係数 K を算出する。

⑦⑥で算出した K を用いて明石層の変形係数を変更し、水圧消散後の自重解析を行い、沈下量を算出する。

⑧⑦の結果から地震終了前の沈下量を差し引き残留沈下量を算出する。又、④で算出される沈下量を差し引けば、水圧消散に伴う残留沈下量が算出される。

3. 解析結果 解析の結果得られた、動的なせん断ひずみの最大値の分布を図5に示し、過剰間隙水圧比の分布を図6に示す。図によれば、基礎中心部直下付近の同じ様な領域で、ひずみの発生と水圧の上昇が小さくなっている。これは、基礎が設置されている影響により拘束圧が高まっている影響と考えられる。また、水圧比について見ると、基礎両端部直下付近に球根状に水圧比が小さい部分が存在する。これは、地震前の主応力比が4以上となり、前述した繰返し三軸試験結果によれば、水圧比が上昇しない範囲となったためである。

最終的に算出された残留沈下量のうち、基礎中心部での深度方向の沈下量の分布を図7に示す。図中には、実測された沈下量についても示した。結果としては、約7.1cmの沈下量が得られた。このうち、水圧の消散に伴う沈下量は地震終了直後の沈下量の1/4以下(1.6cm)であり、水圧の上昇~消散の影響は小さかった。

4. まとめ 地震終了後に基礎に残留する沈下量を、ひずみ軟化理論およびこれを拡張した手法を用いて算出した。得られた沈下量は基礎直下部で約7.1cmであり、実測された約2.0cmに比べ大きい値となるが、ある程度の妥当性が確認できたものとする。

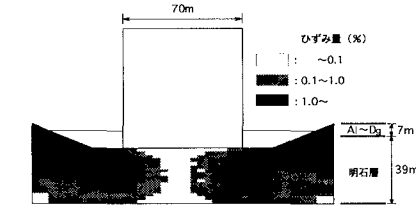


図5 動的せん断ひずみの最大値の分布

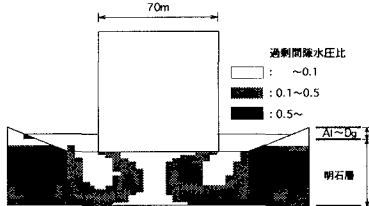


図6 過剰間隙水圧比の分布

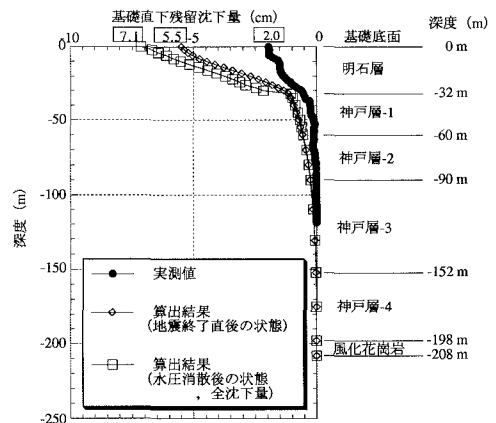


図7 残留沈下量の深度方向分布

参考文献 1) 例えば、山田ら：大型橋梁基礎の地震時変位の予測，第25回土質工学研究発表会，pp.27-30，1990年6月
 2) Y.Kohata.etc:Modelling the non-linear deformation properties of stiff geomaterials,Geotechnique 47,No.3,pp.563-580,1997
 3) Mohammed.S.A.Siddiquee:FEM simulations of deformation and failure of stiff geomaterials based on element test results ,D.Thesis of University of Tokyo ,September 1994