

構造物の不同沈下修正・制御に関するプログラム開発研究

研究代表者 研究員 川原 睦人 (中央大学理工学部土木工学科)
共同研究者 研究員 櫻山 和男 (中央大学理工学部土木工学科)
共同研究者 客員研究員 桜井 英行 (清水建設(株)技術研究所)
共同研究者 客員研究員 林 正宏 (JFE技研(株)土木・建築研究部)
共同研究者 客員研究員 加藤証一郎 (大木建設(株)技術研究所)

1 はじめに

筆者らは、軟弱地盤上に建設される建物の不同沈下を修正するために図1のような不同沈下修正制御システム(以降、本システムと称す)を導入し、本システムによる不同沈下の修正制御解析に関する研究を行ってきた[1][2][3][4]。本システムは、地中に多数埋設する円筒ゴム式ジャッキによって地盤ごと構造物をジャッキアップし、最適制御理論[7]に基づき各円筒ゴムをそれぞれ必要な分だけ膨張させて構造物の長辺方向の不同沈下を修正制御するものである。各円筒ゴムを膨張させるのに円筒ゴム内へ水や油などの液体を圧入するが、その液体の必要量は最適制御解析により操作流入量として求める。流体解析、地盤および構造物の変形解析において設定するそれぞれの数値モデルは有限要素法[5]によって定式化している。構造物を重ね合わせた地盤の離散数値モデルは流体(円筒ゴム内)の離散数値モデルと連成して解析している。既に3つの円筒ゴム式ジャッキによる不同沈下の修正制御解析を試験的に行った例は前報[1]で示したが、本報では5つの円筒ゴム式ジャッキによる不同沈下の修正制御解析を実際に観測された不同沈下[8]の場合において行った例を示す。また、プログラム開発のポイントとなった地盤と流体の連成解析の方法について説明する。

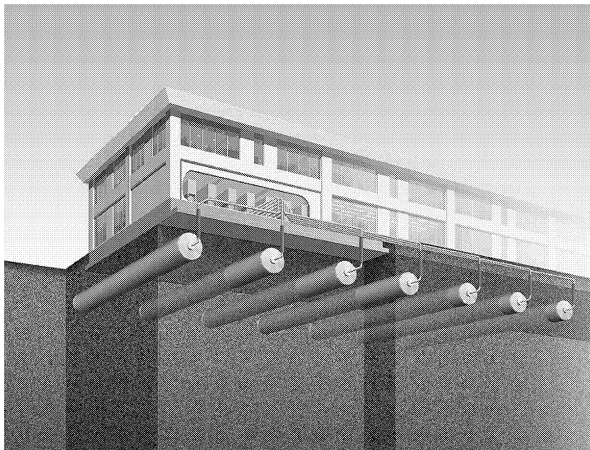


図1 不同沈下修正制御システム

2 連成解析の方法

地盤と流体の連成解析はパーティション法[6]に基づいて行っている。その計算アルゴリズムを以下に示す。

1. 円筒ゴム内への液体圧入の解析を固定領域のもとに行う。
2. もし、境界上の節点における圧力の総和の変化が充分小さくなった場合は3.へ、そうでなければ1.へ。
3. 地盤の変形解析を連成して行う。
4. ラプラシアン法により円筒ゴム内部の有限要素メッシュを更新する。
5. 新しいメッシュにより流体解析を行う。境界条件はスリップ条件とする。
6. もし、 $t < t_f$ ならば3.へ、そうでなければ計算終了。

以上のように1.及び2.の予備計算を通じて安定した計算が可能となっている。この方法は、本研究で考案されたものであり、必要不可欠となっている。

3 数値解析例

実際の不同沈下における修正制御解析の例を示す。図2に示すように上部砂層、シルト層、下部砂層の3層(N値はそれぞれ10,1,10)からなる地盤(60m×20m)に立つRC造3階建て建物の基礎(上載圧50kN/m²)を5つの円筒ゴム式ジャッキによりジャッキアップして不同沈下を修正制御する解析を行った。境界条件は、両側面は鉛直ローラー、底部は固定、上部は自由であるが基礎部には基礎梁を配置した。目的点はA,B,C,D,Eの5点とし、各円筒ゴム式ジャッキの直上(地表面)に設定した。中央で最大約25cm沈下しているが、各目的点を端部のレベル(Z=4.0m)となるように修正制御した。その他の解析パラメータは前報と同様であり、解析は図3のような有限要素分割を用いて行った。解析結果を図4~図7に示す。修正制御後(T=600s)、各目的点は目標レベルに至り、各円筒ゴム式ジャッキは沈下量に応じて膨張している。また、各円筒ゴム式ジャッキの膨張の度合いに比例した操作流入量がそれぞれ求められ、評価関数は正しく収束している。

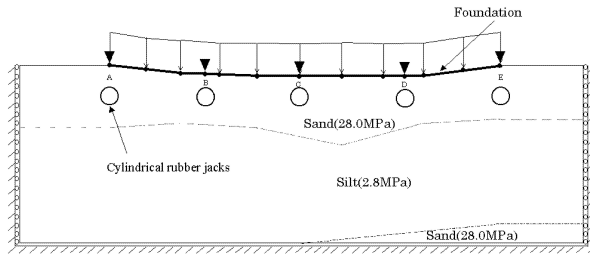


図2 解析条件

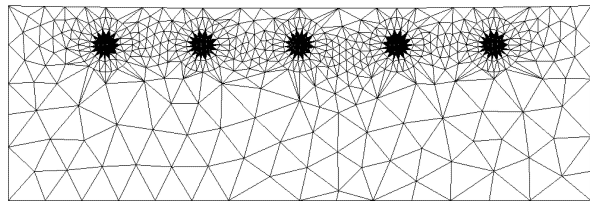


図3 有限要素分割図

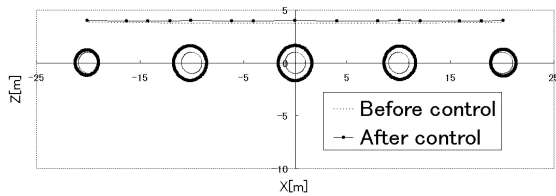


図4 修正制御の様子

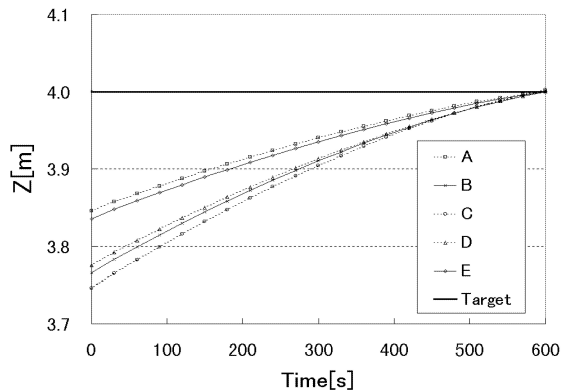


図5 各目的点のZ座標の時刻歴

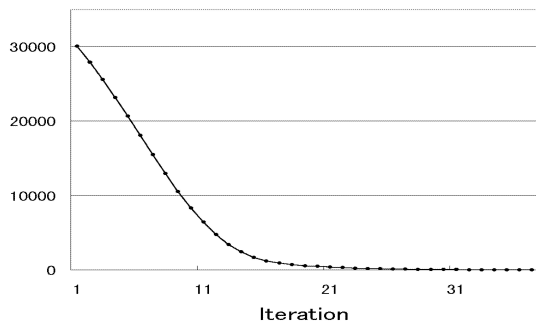


図6 操作流入量

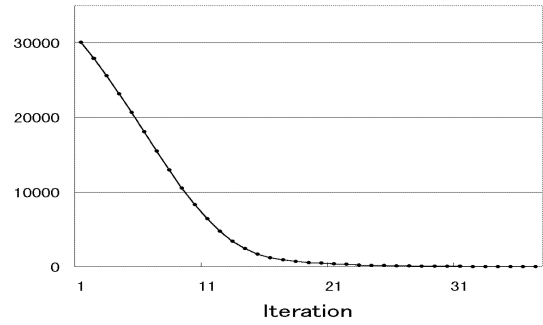


図7 評価関数

際の不同沈下の修正制御解析を行い、このような場合にも正しく修正制御を行えることを示した。すなわち、計算機上で行った構造物の不同沈下の修正制御解析において本システムの有効性を確認した。今後は、複数の円筒ゴム式ジャッキを適用した場合の実大実験などを経て実用化を目指す。

参考文献

- [1] 川原睦人, 櫻山和男, 加藤証一郎: 構造物の不同沈下修正・制御に関する研究, 中央大学理工学研究所年報第9号, pp.51-54, 2002.
- [2] 加藤証一郎, 川原睦人: 円筒ゴム式ジャッキによる構造物の不同沈下の修正制御に関する基礎的研究, 土木学会論文集 No.735/VI-59, pp.171-183, 2003.6.
- [3] S. Kato, S. Suda, K. Imazu, H. Nakane and M. Kawahara: A Control Analysis of Interaction Problem by Fluid Force, Communications in Numerical Methods in Engineering, Vol.17, Issue 7, pp.465-476, 2001.
- [4] S. Kato and M. Kawahara: A Control Analysis of Displacement in Fluid-Soil-Balloon Interaction Problem, Proc. of the First Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics, Vol.2, pp.1357-1362, 2001.
- [5] 川原睦人: 有限要素法流体解析, 日本科学技術連盟, 1985.
- [6] Serge Piperno, Charbel Farhat: Partitioned Procedures for the Transient Solution of Coupled Aeroelastic Problems Part II: energy transfer analysis and three-dimensional applications, Comput. Method Appl. Mech. Engrg. 190, pp.3147-3170, 2001.
- [7] 嘉納秀明: システムの最適理論と最適化, コロナ社, 1987.
- [8] 土質工学会編: 実施例に見る構造物基礎, 1978.

4 おわりに

本報では、構造物の不同沈下修正・制御に関するプログラム開発の一環として5つの円筒ゴム式ジャッキによる実