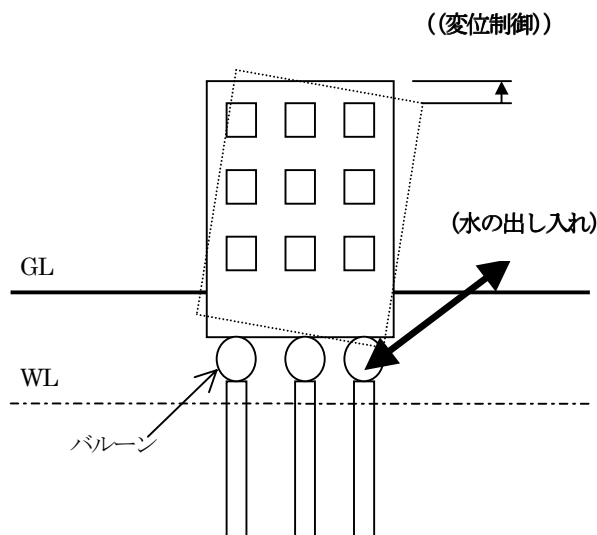


水—土—バルーン連成問題における変位制御解析

大木建設（株）技術研究所 正会員 加藤証一郎
中央大学理工学部土木工学科 正会員 川原睦人

1. はじめに

最適制御理論は、数学者や工学者らにより半世紀程前から研究されてきており、様々な最適化計算法の考案や高性能コンピュータの出現に伴い、急速な発展を遂げている^[1]。本研究では、最適制御理論を用いた流体—土—構造材連成問題の制御解析の一例として、次のようなことが検討されている。水の入ったバルーン（風船）を介して比較的短い摩擦杭により支持される3階～5階くらいの低層建物が、何らかの原因で不同沈下し、図—1の点線のように傾いたものとする。また、各杭頭に設置された各バルーン中の水は、外に放出したり、逆に流入したりできるものとする。この場合において、建物を元の位置に戻す、もしくは建物を水平にするためにはどのように水を出したり入れたりすべきか、解析的に知るのである。解析に際しては、まず水—土—バルーン連成問題の有限要素法解析モデルを構築し、次いでそのモデルを用いて変位制御解析を行う。



図—1 不同沈下の制御の概念

2. 連成解析モデル

水は、非圧縮非粘性流体とし、2次元 Navier-Stokes 方程式を数値モデルとする。土（地盤）は、2次元線形弾性体とする。また、構造材（バルーンや杭）は、1次元線形弾性を仮定する。連成解析モデルの構築にあたり、水—土—構造材の相互作用境界において応力と変位の連続条件を課す。空間方向への離散化は有限要素法^[2,3]により行い、時間方向には陽的オイラー法により離散化する。図—2に、本解析で用いた有限要素分割図（12.0[m]×12.0[m]）を示す。図のように、円領域の内部には水が、その外部には土が、またバルーン（水と土の合間）と杭がある。ここでは水だけに重力が働くものと仮定し、土の側面と底面は拘束されるものの、地表面は拘束されないものとする。

3. 変位制御解析

本報では、バルーン1つだけの場合を考慮し、その頂部の鉛直変位を制御する例を示す。評価関数をバルーン頂部の鉛直変位と目標とする変位（0.2[m]上方）の残差の二乗和と制御量の二乗和の総和と定め、これを最小にする。すなわち、水の制御流入によりバルーンを膨らませ、その頂部が0.2[m]上方に上がるように制御するのである。最小化手法としては、比較的計算アルゴリズムが簡単な Sakawa-Shindo 法^[4]を適用する。図—3～図—5に、それぞれ、バルーン初期形状と制御解析後のバルーン形状の比較、評価関数、制御流入量を示す。

4. まとめ

バルーン1つの場合の変位制御解析を行い、バルーンを目的通りに膨らませることができた。その際、評価関数は最小となり、一定値に収束することを確認した。また、制御流入量についても収束することを確認した。今後は、バルーン複数の場合の変位制御解析を行い、構造物の水平制御を行う予定である。

キーワード：水—土—バルーン連成問題、変位制御解析、有限要素法解析

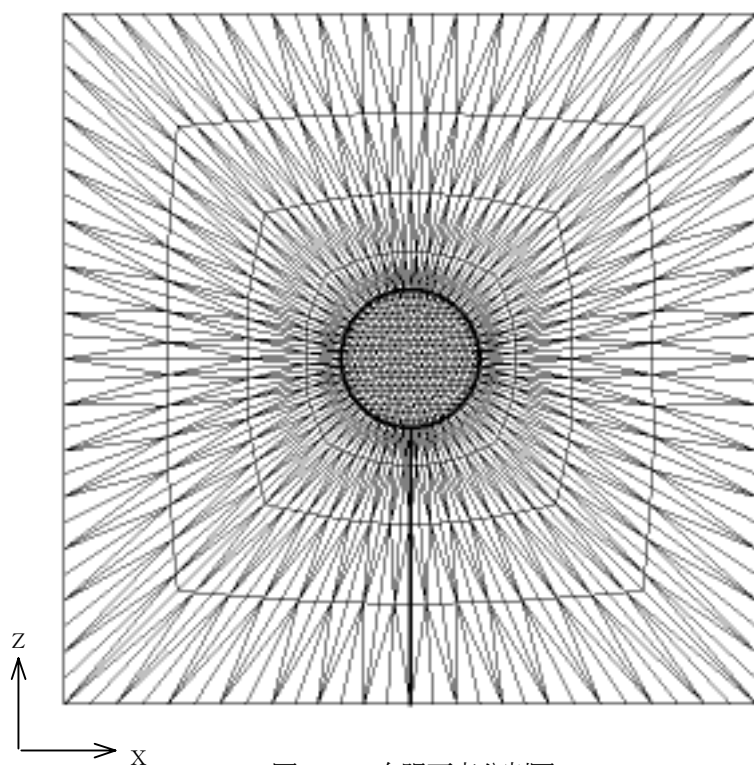
連絡先 住所：〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学理工学部土木工学科応用力学研究室

TEL：03-3817-1814

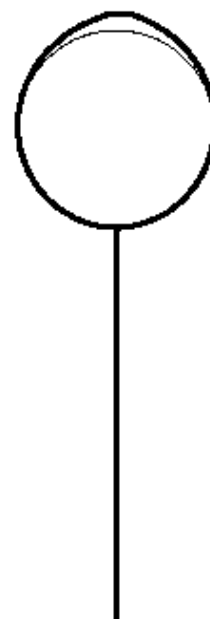
FAX：03-3817-1803

参考文献

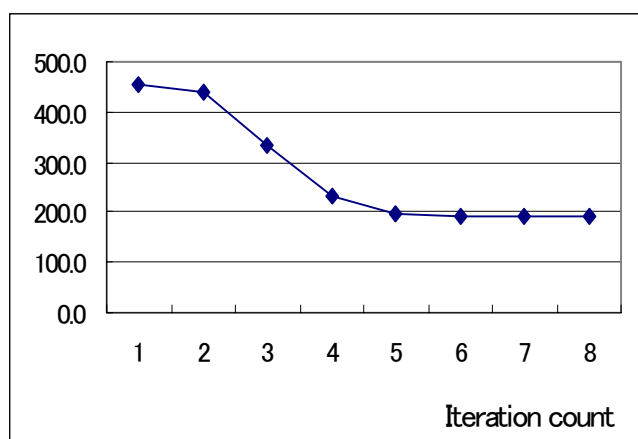
- [1] 嘉納秀明：システムの最適理論と最適化、コロナ社
- [2] 川原睦人、吉田裕：新体系土木工学3 有限要素法、技報堂出版
- [3] 川原睦人：有限要素法流体解析、日科技連
- [4] Yoshiyuki Sakawa and Yuji Shindo, "On Global Convergence of an Algorithm for Optimal Control", IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.25, No.6, pp1149-1153(1980)



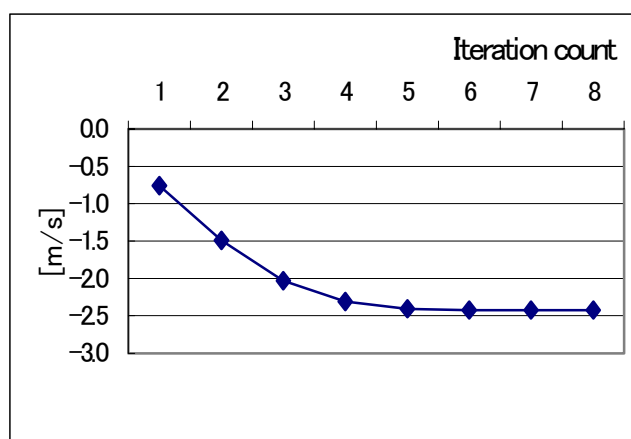
図一2 有限要素分割図



図一3 制御解析後のバルーン形状（太線）



図一4 評価関数



図一5 制御流入量