

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 農 学 )	氏名	若 林 孝
論文題目	データ同化による観測施工を活用した近接施工の意思決定に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>農村地域の都市化・混住化が進行し、農業農村整備事業で行う工事においても民家との近接施工が増加している。近接施工対策の意思決定においては、近接施工時にどの程度の被害が予測され、対策を施すことによってどの程度の保全効果が期待できるかを定量的に評価した結果が意思決定の重要な指針となる。そのため、対象となる既設構造物に及ぼす被害を精度良く予測する技術と被害程度(リスク)を定量的に評価する技術が必要である。また対策の意思決定にあたり、設計段階のみならず、施工段階においても計測管理に基づく適切な工法変更が求められる。すなわち、近接施工の意思決定に求められる技術は、周辺地盤への影響予測技術と、既設構造物の被害程度に関する定量的な評価技術、および施工時の計測管理に基づく観測施工技術の3点に集約される。</p> <p>本論文は、近接施工に伴う地盤変形やそれに起因する対象構造物の被害程度を定量的に評価する手法について、少ないデータから意思決定できる簡易予測法と、あらゆる施工条件に対応可能な観測施工法の2つの方法を提案した。本論文の内容は、以下のように要約される。</p>			
<ol style="list-style-type: none"><li>1. 鋼矢板締切りを適用した開削工事の観測値に基づく簡易予測法は、土留め壁の変位予測、土留め壁変位に伴う地表面沈下予測、許容沈下量による建物の影響度評価、の3要素で構成される。土留め壁の変位量について、弾塑性法の予測値と観測値の誤差を分析し、その予測精度が良好であることを示した。地表面沈下予測法については、土留め壁の変位と地表面沈下量の関係に着目し、フェーズ1~4の4段階で予測式の提案・予測精度の検証・改善を行った。この中で、線形弾性FEM解析の適合性を示す一方、粘性土層が厚く、掘削深が深く、土留め壁変位が大きい場合には、沈下量を過小に評価することがわかった。それに代わる手法として、山留め設計施工指針の方法を適用することで、予測精度を向上できることを明らかにした。許容沈下量については、建物の最大沈下量と補償費の関係に着目し、最大沈下量の限界値と許容値を定義した。これらの検討成果として、簡易予測法を適用したPDCAサイクルを示した。</li><li>2. 土留め工と背面地盤の変位を一体的に逐次解析することを目的に、線形弾性FEM解析の欠点を克服し、あらゆる施工条件に対応可能な解析法として、土-水連成弾塑性有限要素解析(土-水連成FEM)を取り上げ、粘性土地盤への適用性を検討した。その結果、土-水連成FEMは掘削問題に十分適用可能であること、粘性土地盤を主体とする開削工事の背面地盤沈下量を精度良く予測できることを示した。この事実を基に、土-水連成FEMとデータ同化を組み合わせた近接施工の意思決定手法を提案した。これは、設計段階の影響予測にとどまらず、施工段階で行う計測結果を予測計算にフィードバックする、観測施工を基本とした意思決定手法である。</li><li>3. 観測施工のフレームワークとして、土-水連成FEM・データ同化の組み合わせにより、観測値を解析値(予測値)に反映する体系を提案した。データ同化手法として、非線形・非ガウス性問題にも適用可能な粒子フィルタを用いた。データ同化は、設計段階で行う解析の不確実性を補うことができ、観測値を得るこ</li></ol>			

とで予測値の実現性を高めることを示した。さらに、観測値から解析値を逐次同定するサイクルは、観測施工のフレームワークとして応用可能であることを示した。

4. 近接施工の管理基準値としてリスクに着目し、粒子フィルタを応用した客観リスク評価手法を提案した。リスク評価の基礎資料として、実測値を基に近接施工に伴う最大沈下量と被害額の関係をまとめた。この関係と粒子フィルタのもつ確率分布特性から、施工過程における逐次リスク評価を実現し、施工途中で適切な施工法への変更を可能とした。この成果を基に、土-水連成FEM、粒子フィルタ、リスク評価を組み合わせた新たな近接施工の観測施工フローを提案した。
5. 提案した観測施工フローを小規模で工期の短い残留沈下対策工事に応用した。実工事の流れの中で、土-水連成FEMと粒子フィルタを組み合わせた観測施工を実践した。工期の短い工事においても定量的な判断基準に基づく対策の意思決定が可能であることを示した。

以上より、データ同化による観測施工を活用した意思決定手法を適用することで、近接施工対策の信頼性が高め、第三者に対するリスクを低減できる道筋を示した。また、簡易予測法および観測施工法において、観測値を用いて予測手法や対策を更新するPDCAサイクルの実践が、リスクマネジメントの信頼性確保に有効であることも明らかとなった。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

従来近接施工においては、数々の不確実性を包含したまた影響予測が行われ、その結果を基に対策が検討されていた。本論文では、それに代わる手法として、観測値を用いて予測精度の向上を図る観測施工法に着目し、簡易予測法を適用したPDCAサイクルと、有限要素解析とデータ同化を組み合わせた意思決定手法を提案した。評価できる点は以下のとおりである。

1. 簡易予測法を適用するPDCAサイクルは、1) 近接施工の設計においては土留め壁の変位抑制に資する最適な施工法の意思決定を行う、2) 近接施工の実施においては、計測管理に基づき対象構造物への影響を監視する、3) 施工後においては計測記録を分析し、簡易予測法の予測精度と実測沈下量と被害程度を分析する、4) 予測式と許容沈下量を改定する、から成る。このサイクルにより、対象構造物への影響の抑制と対策工事費の適正化を両立した。
2. 载荷問題に適用事例の多い土-水連成弾塑性FEMの掘削問題に対する適用性を検証した。同法を用いて、土留め壁と背面地盤を一体的に逐次解析し、粘性土地盤を主体とする開削工事の背面地盤沈下量を精度良く予測できることを明らかにした。
3. 土-水連成弾塑性FEMと粒子フィルタを併用した掘削問題に対するデータ同化手法を提案し、施工中の観測値を用いて最終変形量の予測精度を改善すること、データ同化が観測施工の有用な手段となりうることを示した。
4. 近接施工の管理基準値としてリスクに着目し、建物の最大沈下量と補償費の関係および粒子フィルタのもつ確率分布特性に基づく客観リスク評価手法を示した。提案した観測施工法を小規模で工期の短い残留沈下対策工事に適用した。これにより、提案法は近接施工対策検討にとどまらず、さまざまな対策工の意思決定手法として応用できることを示した。

以上のように、本論文は近接施工のリスクマネジメントの一環として、簡易予測法およびデータ同化による観測施工を活用した意思決定手法について提案したものであり、施設機能工学並びに水利構造物の設計、管理・保全の実務に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成25年2月12日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注)Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。  
要旨公開可能日： 年 月 日以降