

改良土の引張り強度特性を考慮した陰解法弾塑性有限要素解析

防衛大学校建設環境工学科 正○宮田喜壽, 正 重久伸一

1. はじめに

著者らは改良土と補強土を組み合わせた併用工法について検討を行っている。その併用効果を定量的に評価する方法として、有限要素法は有力な解析ツールになると考えられる。改良土の物性は室内試験で詳細に調べられているが¹⁾、それらの成果を有限要素解析にうまく取り込む検討は十分とはいえない。材料の非線形性を精度良く考慮できる解析法を確立する必要がある。本研究では、Simo による解析法をベースに、改良土の引張り強度特性を考慮する有限要素プログラムを開発し、解法の優位性について検討した。本文ではその結果について述べる。

2. 解析手法

Simo²⁾は仮定ひずみ法に基づき Newton-Raphason 法と整合性の取れた接線剛性を用いる陰解法有限要素法を定式化した。一方、彼はコンクリートを対象に複数の塑性モードを考慮する解法³⁾を確立した。この方法では、図-1に示すような降伏関数を考え、収束計算過程において、計算された変位場から算定される応力場に応じ6種類の接線剛性を用いる。本研究では、改良土の引張り強度特性を合理的に考慮できる有限要素法の確立を目的に、上記の解析法をベースにした有限要素プログラムを作成し、解の収束性に関する検討と引張り強度を変化させたパラメトリック解析を実施した。

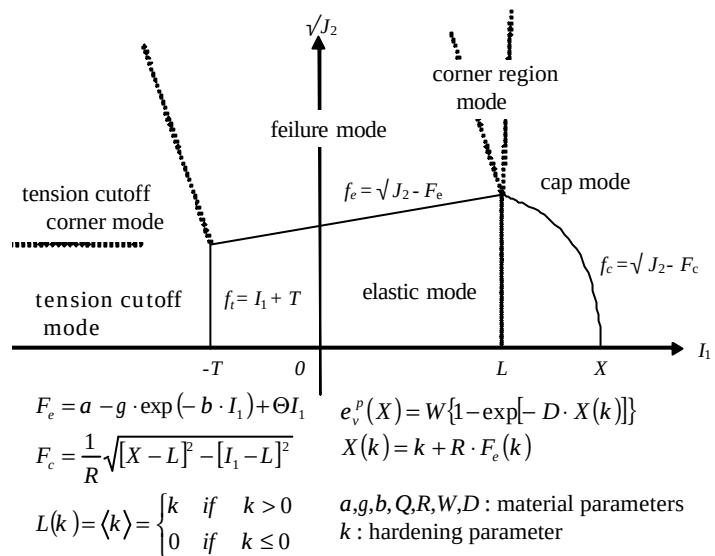


図-1 Simo による降伏関数

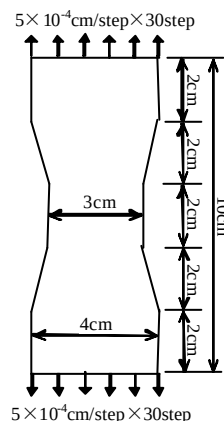


図-2 解析断面

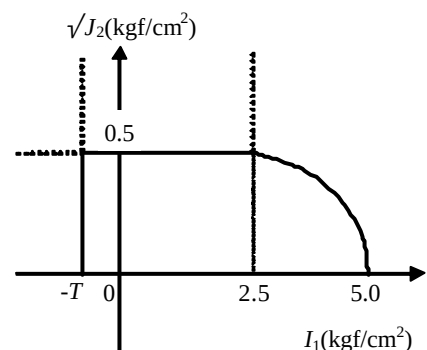


図-3 仮定した降伏関数の形状

3. 解析結果と考察

3. 1 解の収束性に関する検討

図-2に示す問題を平面ひずみ条件で解いた。解析で仮定した降伏関数の形状を図-3に示す。要素数と計算された変位境界での荷重との関係を図-4に示す。また、要素数が5と160のときの荷重-変位関係を図-5に示す。これらの結果より、解の収束性についての妥当性を確認した。また、要素分割が疎な場合でも極端に解の精度が低下しないことが明らかになった。

キーワード：弾塑性、陰解法、有限要素法

連絡先：〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 TEL: 0468-41-3810 FAX: 0468-44-5913

3. 2 引張り強度を変化させた計算

3種類の引張り強度に対して、図-2に示す問題を解いた。変位境界での荷重－変位関係を図-6に示す。図中にはせん断強度を1/10にした解析結果も併せて示した。荷重がモデルの幅と仮定した引張り強度の積に達すると、変位の増分が大きくなった。また、要素のせん断力が仮定したせん断強度に達すると、荷重の増加がなくなった。これらの結果より、今回開発したプログラムの妥当性を確認した。

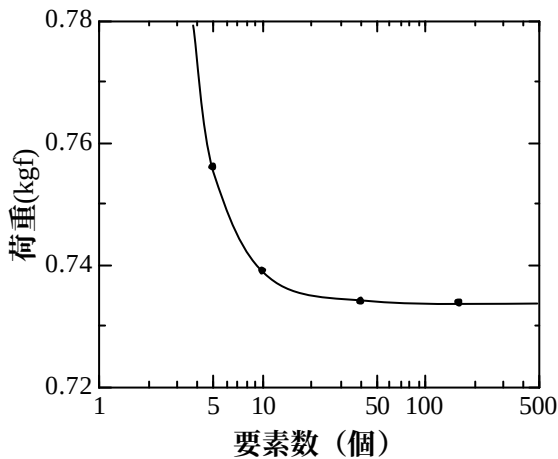


図-4 要素数と荷重との関係

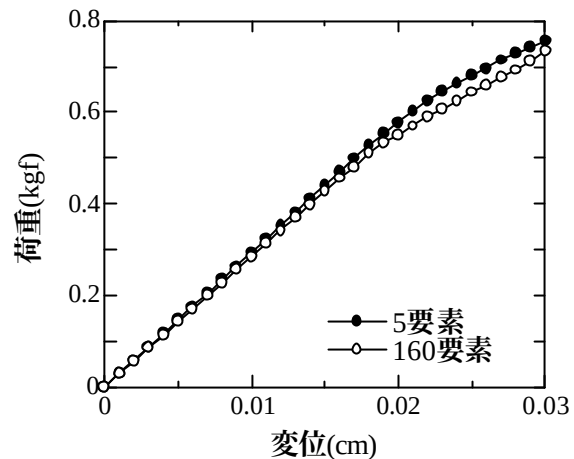


図-5 荷重－変位関係（要素数の影響）

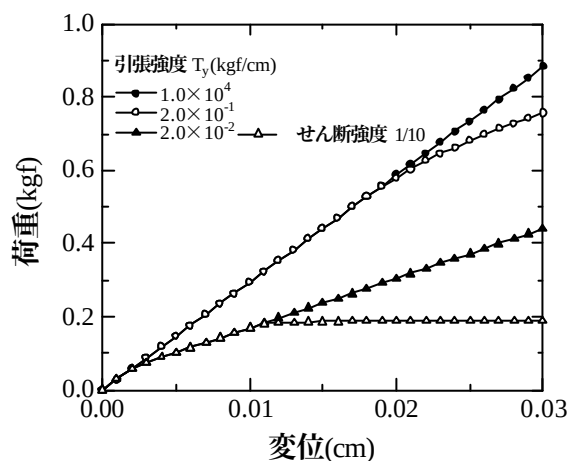


図-6 荷重－変位関係（引張強度の影響）

実際のセメント改良土に対する引張り試験では、荷重が軟化する挙動が報告されている。今回用いたモデルには、そのような物性をまだモデル化していない。観察されたピークの引張り力がどのような意味をもっているのかも含め、今後詳細に検討する必要があると考えられる。

参考文献

1)三平伸吾,古関潤一:セメント改良砂の一軸・三軸引張試験,土木学会第56回年次学術講演会, pp310-311, 2003. 2) J.C, Simo and T.J.R, Hughes: Computational Inelasticity, Springer-Verlag, 1998., 3) J.C, Simo et al.: Assessment of Cap Model / Consistent Return Algorithms and Rate-Dependent Extension, J. of Engr. Mech., 114-2, pp191-218, ASCE, 1988.