

回転切削圧入の施工データを利用した、 月面建設の合理的な設計施工プロセスの提案と評価

○石原 行博¹，江口 正史¹，森 敦¹，戸田 行紀¹

¹ 株式会社技研製作所

責任著者：石原 行博 ishihara@giken.com

キーワード：圧入工法，施工データ利用，根入れ構造物，载荷試験

地上での建設プロジェクトの一般的な流れは，①調査→②設計→③施工→④供用・維持管理，である。月面での建設プロジェクトの場合には，調査の情報（地盤情報）が限られることが想定される。さらに，月面での杭や矢板を用いた構造物（根入れ構造物）の建設の場合には，地中の深い場所までの地盤情報が必要とされるので，調査の情報はさらに限定的になると考えられる。

根入れ構造物を建設するための施工法には様々なものがある。これらのうち，圧入工法と呼ばれる施工法では，圧入機（図1）がチャックと呼ばれる部分で根入れ部材（杭や矢板）をつかんで地中に貫入させる。その際に機体が宙に浮かないようにするための反力は，施工済みの根入れ部材をクランプと呼ばれる部分でつかみ，それらの引抜抵抗を用いることで確保する。この施工原理は，月面での建設において，低重力への対応性などのメリットを創出すると考えられる。また，圧入工法にはいくつかの貫入技術があり，岩盤などの硬質地盤を含めた幅広い地盤条件への対応性が確保されている。この点も，地中の情報が未知数である月面の建設に対するメリットとなると考えられる。

圧入工法では，施工データ（圧入力やトルクなど）をすべての根入れ部材について取得できる。施工データは，適切な加工を経て複数の用途に応用でき（図2），根入れ構造物の設計や施工の合理化に役立つと期待される。月面での建設の場合には，施工データの利用により，調査の情報が限られる条件下でも一定の合理性をもった設計施工サイクルを実現できると考えられる。具体的には，限られた調査情報に基づいて設計を大まかに実施した上で施工を行い，施工時に得られる推定情報によって調査情報の補完や設計内容の検証・見直しを実施する，というプロセスを繰り返すサイクルである（図3の左側の実線部）。

また，月面に施工された根入れ部材の性

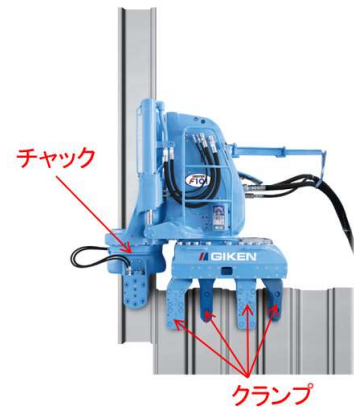


図1. 圧入機

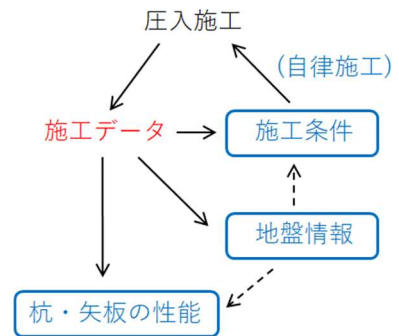


図2. 施工データの利用

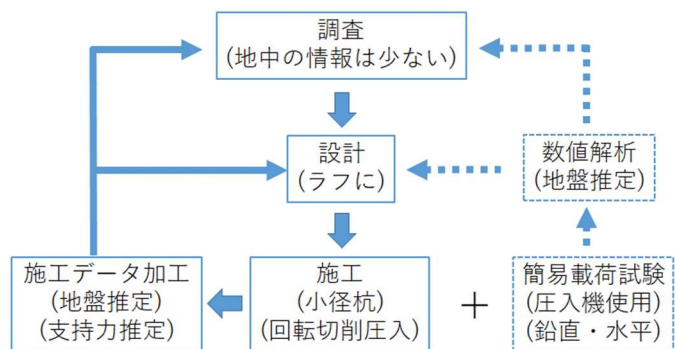


図3. 月面での設計施工サイクルの想定

能（支持力など）は、地盤条件や重力（土被り圧）などの影響を受けるので、月面で実際に根入れ部材の性能を確認する試験（载荷試験）を行なうことも必要になると考えられる。これを圧入機で実施すれば、月面へ輸送する資機材を削減するなどの効果を得られる（図3の右側の点線部）。

本発表では、根入れ部材の圧入施工、圧入機を用いた载荷試験（簡易载荷試験）、施工データの利用、に関する検討結果を報告する。

根入れ部材の圧入施工については、月面の地盤に比較的近い条件（密な砂で地下水位が低い）を有する実証場にて、圧入機を用いて鋼管杭を回転切削圧入（水なし）で施工する実大実験を行なった。その結果、(1) 閉端杭を含め、地下水位以浅の密な砂地盤に水なしで回転切削圧入することは可能、(2) 施工時に杭体に発生する熱の影響による杭体強度の低下に注意が必要、といった知見を得た。また、最近では月面模擬砂を用いた重力場模型実験にも取り組んでおり、本発表ではその結果の一部も報告する。

簡易载荷試験については、前述の実大実験で施工した鋼管杭に対して、簡易载荷試験と通常の载荷試験を実施し、両者の結果を比較検証した。その結果、(3) 計測に関して事前の校正を行なうことにより、除荷時を除けば通常の载荷試験と同等の試験結果を得られる（図4）、という知見を得た。

施工データの利用については、前述の実大実験で得られた施工データを用いて、地盤情報（標準貫入試験SPTのN値など）や鋼管杭の鉛直・水平支持力を推定し、別途実施済みのSPTの結果や前述の载荷試験により得られた実測値と比較した。その結果、以下の知見を得た。(4) 地盤情報の推定結果は、閉端杭の場合にはSPT結果と概ね整合し、開端杭の場合にはやや過大となった。(5) 鉛直支持力の推定結果は実験結果に対して安全側で整合した（図5の上）。(6) 水平抵抗の推定結果は実験結果に対して安全側となり、一部、過剰に安全側となるものがあつた（図5の下）。

謝辞：

本研究は、「宇宙建設革新プロジェクト」の一環として国土交通省の委託を受けて実施した。ここに記し、関係者に謝意を表す。

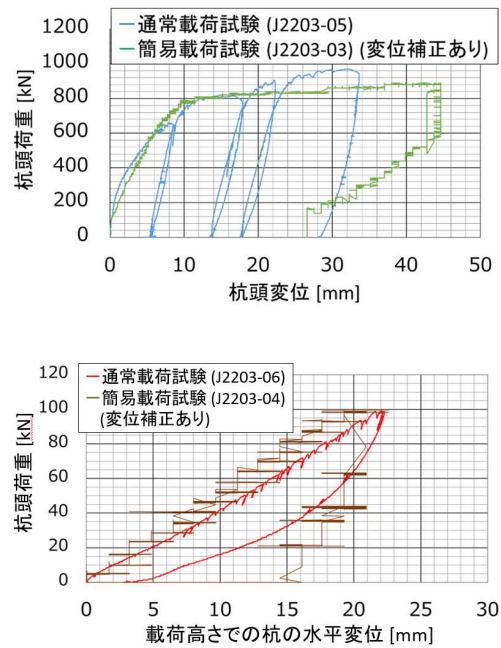


図4. 簡易载荷試験の妥当性検証結果
（上：鉛直，下：水平）

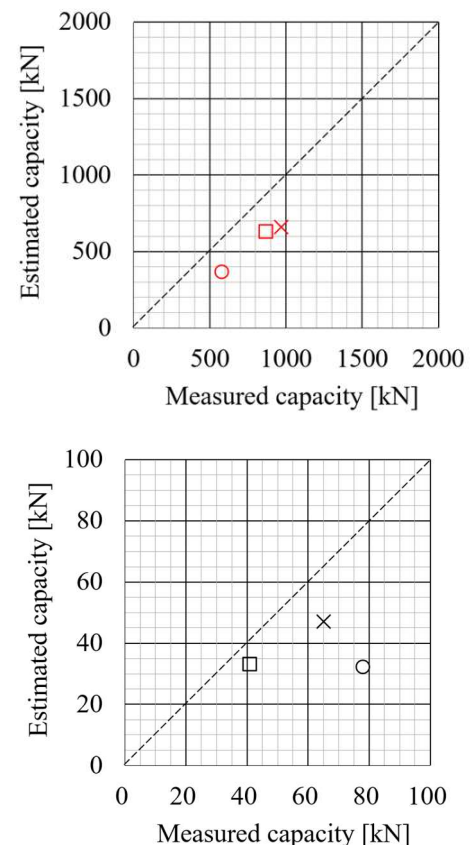


図5. 支持力の推定結果と実測値の比較
（上：鉛直，下：水平）