

氏名	久良喜代彦 くろうきよひこ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1131号
学位授与の日付	昭和54年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	打撃工法におけるコンクリート杭の動力学的挙動に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 岡田 清 教授 畠 昭治郎 教授 松尾新一郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

コンクリート杭打撃工法においては、杭を破損させることなく所定の支持層まで打込むためには、打撃応力および動的支持力をできる限り正確に推定する必要がある。本論文はコンクリート杭打撃時における応力波の発生、伝播や打撃エネルギーの損失と、それに伴う杭の挙動を検討し、これに関する Smith 提唱の数値解析法の実用化をはかったもので、11章からなっている。

第1章は緒論で本研究の目的と概要を述べている。

第2章は概論でコンクリート杭打ち解析の現況、打撃応力の推定、打撃エネルギーの損失、クッション効果、地盤抵抗、動的支持力等に関する既往研究結果を概説し、その問題点にふれている。

第3章では波動方程式を基礎とし、被打撃杭系の細分割と微小時間分割により杭要素の応力伝播を数値解析する Smith 法の概要を述べ、本法における諸仮定、諸定数と杭挙動との相関について検討し、所要の杭分割長、時間間隔を定め、以後の理論計算の基礎としている。

第4章では杭頭に到る間における打撃エネルギーの損失のうち、まずディーゼルハンマーにおける空気圧縮によるものを評価し、その損失量は約20%に達することを示した。つぎに縦衝撃実験より応力波伝播途中における不連続面の存在およびクッション使用によるエネルギー損失は極めて大きく約50%にも達しうることを明らかにした。さらにモルタル棒を用いた高速(10~20m/秒)衝撃実験より杭頭近傍の高歪圧縮波の減衰状況を検討している。

第5章ではクッションの応力波に及ぼす影響およびクッションのステフネス係数の評価に関し考察している。すなわち木材、合成ゴム、樹脂等の各種クッション材を用いた実験との対比から、その動弾性係数や動的反撥係数と打撃効率との相関を求め、木材クッションを用いた実測応力波形は解析において打撃効率 0.3~0.4、ステフネス係数 200~270 kg/cm<sup>2</sup>/cm の仮定によりよく近似しうることを示した。またクッションの劣化による打撃応力の増大を明らかにし、さらに解析に用いるべきクッションの力学的モデルについて検討している。

第6章では杭の貫入量と地盤抵抗が杭各部応力に及ぼす影響について検討している。まず杭の貫入量は

初期段階を含めて本解析法で極めてよく追跡しうることを立証し、つぎに地盤の周辺抵抗は応力伝達率を減小させる効果をもつが、杭打止め時の応力伝達率の実測値は周辺抵抗を先端抵抗と等値した解析値とよく近似することを示した。さらに解析に導入すべき地盤の動的性質を表現する最大弾性変位量、地盤の減衰定数の適正值について提案し、解析法の実用化を高めている。

第7章では杭コンクリートの内部摩擦による応力波の減衰に関して考察している。まず実験により応力波の減衰定数は応力振幅によって影響されることを示し、つぎに Faraday の原理を用いた装置により測定した棒の変位速度より打撃応力を求め、破壊近傍に到るまで引張波の内部摩擦による減衰はきわめて小さいことを明らかにした。また内部摩擦を表現する力学的モデルについて検討している。

第8章では杭頭応力の推定値の妥当性について検討し、本解法による理論値は実測値よりやや大きな値を与えるが、これは杭頭端面の圧縮応力の上限值と考えられることを述べている。さらにこの理論値は従来の諸公式に較べて多くの打撃条件の変化に対応しうることを示し、解法の実用法の高いことを立証している。

第9章では反射引張波による引張応力の推定に関して考察し、杭頭圧縮応力の推定と同様に、本解析手法により種々の打撃条件下での引張応力をよく推定しうることを明らかにし、ひびわれ防止上選定すべき打撃エネルギー、クッション材の種類等に関し有用な資料を提供している。

第10章では打込み杭の動的支持力と貫入量、打撃効率、クッションのステフネス係数との相関性を検討し、また適正なハンマー容量の選定に関する考察を述べている。さらに実測値をもとに本理論値と比較して既往の各種の杭打ち公式の適用性を吟味し、杭打ち施工上有用な提案を行なっている。

第11章は以上の研究結果を要約して結論としている。

### 論文審査の結果の要旨

杭打撃工法におけるコンクリート杭の挙動については、ハンマー、クッション、杭コンクリート、地盤等に関し数多くの要因が関連し極めて複雑であり、一貫した杭打ち解析はほとんど行なわれていない。本論文はコンクリート杭打撃時の応力波の発生、伝播とそれに伴う杭の挙動ならびに Smith 提唱の数値解析に用いるべき諸仮定や定数について検討し、解法の応用拡大をはかったもので、得られた成果はつぎの通りである。

(1) 被打撃杭の杭頭に到る間における打撃エネルギーの損失に考察を加え、ディーゼルハンマーにおける空気圧縮による損失は約20%、衝撃端面またはクッション材等の不連続面における接触不良による損失は約50%にも及ぶことを明らかにした。また高速(10~20m/秒)衝撃による杭頭の高歪圧縮波は微小ひびわれの発生により短距離の間に急速に減衰し、以後の減衰は微小であることを確めた。

(2) クッション材の静的および動的弾性係数やステフネス係数が杭コンクリートの打撃応力に及ぼす影響はきわめて大きく、松、かし等をクッション材とした実測応力波形は解析において打撃効率0.3~0.4、ステフネス係数 200~270 kg/cm<sup>2</sup>/cm の仮定に相当することを示した。またクッション材の反覆打撃による劣化の影響について検討し、杭頭応力の理論的推定のための資料を整備した。

(3) 地盤抵抗の杭各部の打撃応力に及ぼす影響を理論的に明確にした。すなわち応力伝達率は主として

杭先端地盤の硬軟に支配されること、杭打止め時の実測値は周辺および先端抵抗の配分比をほぼ等しいと仮定したときの理論値により十分の近似がえられることを示し、また地盤の最大弾性変位量や減衰定数等の動的特性値について適正値を提案し、解析法の実用化を高めている。

(4) コンクリート杭破損の主因ともなる反射引張波による引張応力推定に関する理論解の妥当性を吟味し、ハンマー重量、打撃効率、クッションのステフネス係数の適正値の採用により種々な打撃条件下での引張応力を極めて正確に推定しうることを立証した。またひびわれ防止上選定すべきハンマー重量、落高、クッション材の種類に関し実際応用上有効な資料を提供した。

(5) 従来の杭打ち公式では考慮できなかった種々の打撃条件の変化に対し、動的支持力の推定の可能なことを明らかにし、打撃効率、クッションのステフネス係数、コンクリートの内部摩擦等に関する諸定数の適正値を示し、本解析法の妥当性と汎用性を立証した。

以上要するに本論文はコンクリート杭打撃工法における応力波の発生、伝播とこれに伴う杭の挙動と、ハンマー、クッション材、地盤条件との相関について実験的および理論的に研究し、打撃工法におけるコンクリート杭の設計・施工上多くの有用な資料を提供したもので、学術上、実際上寄与するところが少ない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。