

博士学位論文

(内容の要旨及び論文審査の結果の要旨)

氏名	はやし たか ひろ 林 隆 浩 ¹
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	博甲第 3 号
学位授与年月日	平成 8 年 3 月 18 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
論文題目	コンクリート基礎杭の品質管理手法に関する基礎的研究
論文審査委員	(主査) 教授 大根義男 ² 教授 大井和孝 ³ 教授 森野奎二 ² 教授 成田国朝 ² 助教授 山田和夫 ⁴

論文内容の要旨

コンクリート基礎杭の品質管理手法に関する基礎的研究

基礎構造の品質確保は、その確認方法も含めて非常に難しい問題である。特に、基礎構造の中でも地中深くに設置される杭基礎は、既設、新設を問わずその施工品質および支持力性能の確にしかも経済的に確認することは難しい。しかしながら、時代の流れは、上部構造の大型化および多様化によってより経済的で環境にやさしい安全性の高い構造物を要求している。これらを背景として、10数年前に上部構造物の設計に限界状態設計法が導入され、その構造規定が「使用規定」から「性能規定」へと移行し、さらに地盤工学の分野においても、上部構造と基礎構造との調和のとれた安全性の議論が高まり、限界状態設計法導入の議論が盛んになり始めている。ただし、限界状態設計法の導入に際

しては多くの課題が残されており、中でも杭の施工品質と支持力の確保、並びにこれらを確認・評価する技術の開発は、解決しなければならない最も重要な課題の一つである。

これらの点を踏まえて、本論文では、既製コンクリート杭(埋込み杭)を対象とした総合的な品質管理手法の確立、すなわち従来の管理手法に加えて施工後の杭全ての健全性を最近注目を集めている波動理論に基づいた非破壊試験法によって評価する杭施工の直接的な品質管理システムの構築、並びに杭の支持力評価を短時間で比較的経済的に、しかも従来の静的載荷試験と同等な結果が得られると期待されている急速載荷試験法を用いた支持力評価手法の開発を目的として、一連の基礎的研究を行った。

本論文では、まず杭基礎の中で現在最も多く用いられている埋込み杭の施工管理手法と支持力評価手法の現状、並びに杭基礎の設計法が限界状態設計法へ移行した場合に遭遇する現在の両手法の問題点を述べるとともに、これを解決するために新しい総合的な杭基礎の品質管理手法が必要であることを指摘し、本研究の目的を明らかにした。

次に、既製コンクリート杭の製造から施工、並びに支持力の評価までを含めた総合的な管理・評価手法を確立するために必要な関連する既往の研究の成果を整理し、今後に残された課題に

- 1 愛知工業大学大学院 工学研究科博士課程
生産・建設工学専攻(豊田市)
- 2 愛知工業大学 土木工学科
- 3 愛知工業大学 建築工学科
- 4 愛知工業大学 建築学科

ついて述べた。すなわち、基礎構造の設計に限界状態設計法を導入するに際して精度の向上が要求されると考えられる杭基礎の施工品質と支持力の評価法を取り上げ、これらに関する既往の研究を整理した結果、波動理論を適用した非破壊試験による杭基礎の施工品質評価法とスタナミック試験による杭基礎の支持力評価法が有望であることを指摘するとともに、これらの評価法を実用化するためには、在来の手法と組み合わせたより精度の高い合理的な方法を確立する必要があることを指摘した。

これらのうち、杭基礎の施工品質評価法については、杭基礎中を伝播・反射する弾性波の速度成分に着目した衝撃弾性波法による杭の形状推定方法を提案するとともに、その可能性および適用性を数値実験とモデル実験によって確認した。すなわち、1次元および2次元弾性波動伝播解析の結果から、杭基礎の先端および断面変化箇所から反射してきた弾性波の到達時間とその速度成分の振幅値とを用いることによって、杭の断面形状を精度よく推定できる可能性のあることを示すとともに、モデル試験体および実際の既製コンクリート杭を用いた一連の実験によって本手法の適用性および適用限界を確かめた。また、1995年1月17日に発生した阪神大地震によって被害を受けたコンクリート基礎杭の調査に衝撃弾性波法を適用してその実用性を確かめるとともに、実際の測定現場で遭遇する各種の問題点などを明らかにした。すなわち、衝撃弾性波法を実際の調査に適用する場合には、杭頭部の露出状況に応じて弾性波の入力方法及び検出方法を工夫する必要はあるが、コンクリート基礎杭の被害推定結果は実際に発生したひび割れの観察結果とよく一致し、この方法が実用上十分な推定精度を有していることを示した。

一方、杭基礎の支持力評価法については、コンクリート基礎杭の支持力を短時間にかつ比較的容易に評価できる試験方法の確立を目的としてスタナミック試験法を取り上げ、この試験方法の可能性・適用性を実大実験によって確かめた。すなわち、スタナミック試験によって得られる動的データを除荷点法を用いて変換すると、推定される“静的”な荷重-沈下曲線および最大荷重値は、静的載荷試験によって得られる結

果とほぼ一致し、実用上十分な推定精度を有していることを指摘するとともに、この試験法は他の試験法に比べて試験が容易であるため、杭基礎の設計に限界状態設計法を導入する際に要求される支持力のバラッキ評価に対しても、非常に有効な測定手段となり得る可能性があることを示した。

論文審査の結果の要旨

林 隆浩君提出の論文「コンクリート基礎杭の品質管理手法に関する基礎的研究」は、既製コンクリート基礎杭の総合品質管理手法の確立を目的として行った一連の基礎的研究、すなわち、杭の施工品質を評価するのに必要な杭の健全性、施工形状、根固め部の位置などの推定を対象とした非破壊試験方法の開発、並びに杭の支持力評価を短時間かつ経済的に、しかも在来の静的載荷試験と同等の結果が得られる支持力評価方法の開発に関する研究成果を纏めたもので、以下に示す6章からなっている。

第1章「序論」では、既製コンクリート基礎杭の施工管理手法および支持力評価手法の現状と問題点を概説するとともに、杭基礎の設計法が限界状態設計法へ移行する際には、既製コンクリート基礎杭に関する新しい総合的な品質管理手法の確立が必要であることを指摘し、本研究の重要性を明らかにしている。

第2章「コンクリート基礎杭の品質管理手法に関する既往の研究」では、コンクリート基礎杭の施工品質と支持力の評価方法に関する既往の研究成果について述べている。すなわち、実用性の点では波動理論を適用した非破壊試験によるコンクリート基礎杭の施工品質評価法と急速載荷試験による杭の支持力評価法が有望であることを示すとともに、これらの評価方法を標準化するためには、系統的な基礎的研究が今後さらに必要であることを示している。

第3章「衝撃弾性波法を適用したコンクリート基礎杭の形状推定方法に関する研究」では、既製コンクリート基礎杭の施工品質を非破壊的に評価する試験方法の確立を目的として、基礎杭中を伝播・反射する弾性波の速度成分に着目した衝撃弾性波法による杭の形状推定方法を提

案するとともに、この試験方法の可能性および適用性を数値実験と広範囲に実施したモデル実験によって調べている。すなわち、1次元および2次元弾性波動伝播解析の結果から、杭の先端および断面変化箇所から反射してきた弾性波の到達時間とその速度成分の振幅値とを用いることによって、杭の断面形状を精度よく推定できるが、弾性波の多重反射および距離減衰の影響を考慮に入れると推定精度はさらに向上することなど、本試験方法の可能性を示している。また、モデル試験体および実際の既製コンクリート杭を用いた一連の実験の結果から、杭の形状推定結果は杭施工後の経過時間によって影響を受けるため、杭の形状推定精度を一定水準以上に確保するには試験実施時期に注意を払う必要があること、杭長に比べて杭径が大きい太短い杭の場合には杭頭表面を伝播する波の影響が著しくなるため、杭の形状推定精度が低下することなど、本試験方法の適用性および適用限界を明らかにしている。

第4章「衝撃弾性波法を適用した兵庫県南部地震によるコンクリート基礎杭の被害調査」では、第3章で提案した衝撃弾性波法の実用性を確かめることを目的として、本試験方法を1995年1月17日に発生した阪神大地震によって被害を受けたコンクリート基礎杭の調査に適用し、実際の測定現場で遭遇する各種の問題点を調べるとともに、それらの解決策について述べている。すなわち、杭頭が露出している状態の場合には、直接杭頭に変換子を設置した後に杭頭をハンマで軽打することによって計測が可能であり、杭頭とフーチングが結合されていて周りが掘削可能な状態の場合には、周辺を掘削した後に杭側面に変換子を設置し、フーチング上面または杭側面に打ち込んだアンカーをハンマで軽打することによって計測が可能となること、杭頭とフーチングが結合されていて周りが掘削不可能な状態の場合には、フーチング上端から杭上端までを2箇所コアボーリングすることによって杭頭が露出している状態にした後に、一方の杭上端部に変換子を設置し、もう一方の杭上端部をハンマで軽打することによって計測が可能となることなど、衝撃弾性波法を実際の調査に適用する場合には、杭頭部の露出状況に応じ

て弾性波の入力方法と検出方法を工夫する必要はあるが、コンクリート基礎杭の被害推定結果は実際に発生したひび割れの観察結果ともよく一致し、本試験方法が実用上十分な推定精度を有していることを示している。

第5章「急速載荷試験方法を適用したコンクリート基礎杭の支持力評価に関する研究」では、コンクリート基礎杭の支持力を短時間にかつ比較的容易に評価できる試験方法の確立を目的として急速載荷試験方法の一種であるスタナミック試験法を取り上げ、この試験方法の可能性・適用性を実大実験によって示している。すなわち、スタナミック試験によって得られるデータは、通常加速度成分を含んでいるが、これを除荷点法を用いて静的な値に変換すると、得られる静的な荷重-沈下曲線および最大荷重の推定値は、静的載荷試験によって得られる結果とほぼ一致し、またスタナミック試験によって得られる杭の軸力分布性状および杭と地盤との間に生じる摩擦力も、除荷点位置においては静的載荷試験の結果とよく一致し、実用上十分な推定精度を有していることを指摘するとともに、この試験方法は他の試験方法に比べて試験が容易であるため、杭基礎の設計に限界状態設計法を導入する際に要求される支持力のバラッキ評価に対しても、非常に有効な測定手段となり得る可能性があることを述べている。

第6章「結論および今後の課題」では、前章までの研究成果を各項目ごとに要約して示すとともに、今後の課題について述べている。

以上のように、本論文は衝撃弾性波法を適用したコンクリート基礎杭の施工品質評価方法およびスタナミック試験法を適用した支持力評価方法の開発、並びにこれらの評価方法を用いたコンクリート基礎杭の総合品質管理手法の提案など、価値ある有用な研究成果を含むものであり、学術および工学研究の進歩に寄与することが大きく、博士(工学)論文として十分に価値あるものと認められる。

なお、これらの研究成果は、既に日本建築学会構造系論文集、その他関連する学・協会誌、並びに国際シンポジウム、大会等で合計31編(審査付き論文9編)に分けて公表されている。

(受理 平成8年3月19日)