

## 論文審査の結果の要旨

氏名：伊集院 博

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：既存L型擁壁背面を地盤改良した場合の改良効果に関する実験的研究

審査委員：（主査） 教授 山田 雅一

（副査） 教授 中田 善久 教授 峯岸 邦夫

足利大学名誉教授 和田 昇三

擁壁は切土や盛土による急斜面や段差を支え、その安定を図るものであり、擁壁の自重、底版上部の土砂の重量などで土圧（荷重）に抵抗する壁体構造物である。存置された擁壁に近接して新たに建物を建てる場合は、常時および地震時荷重に対して改めて擁壁の安全性を確認することが要求される。既存擁壁の安全性が担保できない場合は、取り壊して擁壁を新設するか、または既存擁壁の補強を行うなど、何らかの方策が必要となる。また、1995年の兵庫県南部地震以降20余年の間に、地震による擁壁の被害例が数多く報告されている。このように、近年において既存擁壁の安全性の問題、殊に既存擁壁の補強方法の問題が建築基礎構造分野において喫緊の課題となっている。

擁壁と地盤および近接された建物との関係を考えて、土圧（荷重）は建物から地盤、そして擁壁へと伝達されるが、変形（変位）を主体として考えた場合はその関係は逆に擁壁から地盤、そして建築物に伝達されるので、伝達される土圧（荷重）と擁壁の変形（変位）は密接に関係している。このようなことから、常時および地震時において、擁壁の背面地盤に地盤改良技術などを適用して伝達される土圧（荷重）と擁壁の変形（変位）を軽減することによって、擁壁と地盤ならびに建物の構造安全性を確保することが期待されている。このような地盤改良技術の適用は、地震災害後の復旧・復興にも大きく寄与できるだけでなく、今後地震に対する防災・減災技術にも活用されていくものと考えられる。

地盤改良技術の一つであるセメント固化による地盤改良技術は、1930年代に米国で開発されてから徐々に普及し始め、我が国においては1970年代からセメント固化による地盤改良の技術的な発展と蓄積が図られており、実務的には確立されてきた工法である。しかし、建物の基礎工法としてセメント改良地盤が適用されたのは1980年代以降であり、今後も技術的な進展に伴ってその適用範囲は更に拡大していくことが予想される。

このような背景から、申請論文は、存置された擁壁に対する安全性を確保する補強方法として、擁壁背面に作用する土圧（荷重）を軽減させるために、擁壁背面の地盤にセメント固化による地盤改良技術を転用することを提案して、常時ならびに地震時における既存擁壁の外的安定性に対する補強効果を実験的に検証している。

本論文で得られた成果は、宅地における既存擁壁の耐震性の向上に有益な知見を与えるだけでなく、前述したように地震に対する防災・減災技術にも活用されるべきものとして期待される。以下に各章の内容と評価を示す。

本論文は、第1章「序論」から第6章「結論」に至る全6章で構成されている。審査の結果、次のように考えられる。

第1章「序論」では、本研究の背景として、存置された擁壁に近接して建物を建てる場合の問題点を整理するとともに、1995年の兵庫県南部地震以降の地震による宅地における擁壁の被害状況を考察して、既存擁壁の安全性の必要性を述べている。また、既往の「土圧」に関する研究を概説するとともに、L型の既存擁壁を研究対象とした理由を述べ、本研究の目的と位置づけを明確に示している。

「土圧」に関する既往の研究には、本論文のような擁壁背面をセメント固化によって地盤改良した場合についての擁壁の挙動を照査した研究はほとんどなく、本研究が先駆的な研究として位置づけられている。また、擁壁に作用する土圧を軽減させる方法として、戸建て住宅などを対象に広く普及されてきたセメント固化による地盤改良技術を転用するという考え方は、我が国の狭小な宅地の有効利

用を考えると実用的な方策であると評価できる。

第2章「既存擁壁を有する宅地における建物基礎設計の現状」では、宅地における擁壁に係る法令や行政からの指導事項を整理して、既存擁壁に対する構造安全性の評価方法と問題点についてまとめている。また、1995年の兵庫県南部地震から2016年の熊本地震までの地震による宅地における擁壁の被害状況を調べ、その要因について分析している。さらに、現在実施されている既存擁壁に対する補強方法について紹介している。

本章では、擁壁の耐震性の向上が建物と宅地の安全性に大きく関与することが明快に言及されている。このことは、地震時における擁壁の被害を最小限に留めることにより、地震災害後の復旧・復興の早期実現に大きく寄与できる点は高く評価できる。

第3章「擁壁背面を地盤改良した場合の改良効果の検証」では、擁壁の背面地盤の地盤改良形状とその改良範囲を明らかにするために1/10のスケールで模型縮小実験を行っている。この実験は、①セメント改良地盤の調合と圧縮強度、②セメント改良地盤の硬化前・後での擁壁背面の土圧の推移、③地表面荷重載荷実験による地盤改良効果の確認、④地盤改良形状とその地盤改良効果の確認を目的としたもので、これら4項目に対する実験結果を基にセメント固化によるL型擁壁背面の地盤改良は有効な方法であることを明らかにしている。本実験では擁壁模型には剛性の高い材料を用いていることや擁壁底版部の支持地盤の耐力を十分に確保していることなどの限られた条件下で行われたものであるものの、重要な知見が得られていると評価できる。

第4章「地表面載荷荷重の載荷位置に対する最適な地盤改良形状の検証」では、本研究で開発した等分布荷重載荷装置を用い、地表面載荷の荷重位置（建物の建設位置）を変動因子として地表面載荷荷重に対する地盤改良形状と地盤改良効果の関係を検証するための模型実験を行っている。

その結果、地表面載荷荷重が改良地盤上にある場合と無い場合で、地表面載荷荷重の位置によって擁壁底版面下に作用する接地圧の大きさとその分布は大きく異なることが示されている。また、地盤改良形状が擁壁底版下の接地圧に及ぼす影響は大きいことが示されている。そして、実用に供するために最適なL型擁壁の背面地盤の地盤改良形状について提言している。

本章で用いた地表面載荷装置は、地表面に均等に荷重が載荷されるように工夫されており、得られた実験データは信頼性のあるものと評価できる。

第3章と第4章では、常時荷重時において、擁壁と擁壁背面のセメント改良地盤が一体の構造体となり、大きく土圧が軽減されることを実験的に明らかにしている。また、地盤改良の範囲、地表面載荷の載荷位置および載荷荷重の大きさを変動因子とした種々の実験を実施して、擁壁に作用する土圧、擁壁の変位、擁壁底版下の接地圧の挙動を把握することにより、セメント固化による地盤改良の範囲と改良効果の関係について明らかにしている。これらの成果は、有益な資料となり得るものと高く評価できる。

第5章「地震時荷重に対する地盤改良形状の違いによる外的安定性の検証」では、本研究で開発した静的地震載荷装置により地震時荷重に対する擁壁の外的安定性（転倒・滑動）について評価している。また、本章では、地震時荷重に対する地盤改良形状と地盤改良効果の関係について検証を行っている。この実験は、各擁壁試験体に対して①回転傾斜中の増加水平土圧分布、②擁壁変位の推移、③転倒に対する安全率の推移、④滑動に対する安全率の推移、⑤接地圧分布の推移、⑥地盤のすべり線などの諸性状を明らかにすることを目的としたもので、静的地震載荷装置により擁壁が倒壊に至るまでの諸性状を明示し、地震時荷重に対する地盤改良形状と地盤改良効果の関係についての考察を行っている。

本実験で使用した静的地震載荷装置は、実験槽と砂槽が主働土圧側へ一体となって傾斜するように本研究で開発したものであり、また、実験槽と砂槽は連続的に一定速度で回転傾斜するため、L型擁壁の倒壊時の挙動を正確に把握できる仕組みになっている。その結果、再現性のある実験が可能となり信頼性の高いデータが取得できており、擁壁が倒壊するまでの土圧、変位および擁壁の背面地盤の破壊性状などを明らかにしている。いずれの試験体も、擁壁背面を地盤改良することで地震時の終局

限界状態に対しても十分に安全であることを検証し、その有効性を明らかにしている。

本論文で得られた成果は、今後、存置された擁壁に近接して建設される建物に対する設計時の選択肢の拡大や建物と宅地の構造安全性（常時・地震時）の向上に、大きく貢献することが期待できることから、本論文の工学的な有用性は高いものと評価できる。

第6章「結論」では、本研究の概要、本研究で得られた成果を総括し、今後に残された課題などについて示している。

以上のように、本論文の申請者が自立して研究活動を行い、又はその他の高度な専門的業務に従事するに必要な能力およびその基礎となる豊かな学識を有していると判断できる。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与するに値すると認められる。

以 上

令和2年10月22日