

現場施工における締固め土の力学特性の評価手法に関する研究

Study on evaluation method of mechanical properties of compacted soil in construction site



永井裕之 Hiroyuki NAGAI *1

要 旨

本研究は、盛土の締固め管理を高度化することにより施工の合理化や盛土構造物の高品質化を実現する手法に着目したものである。本論文では、まず、品質規定方式や工法規定方式といった現状の締固め管理手法に加え、施工全体の生産性向上を目指す i-Construction の取り組みについて説明した上で、施工の合理化、盛土構造物の高品質化を実現する新しい締固め管理技術の重要性を示した。

一方、新しい締固め管理手法を実現するために解決すべき現状の締固め管理の課題として、品質測定手法の即時性の確保、Walker-Holtz による礫率補正式（以下、WH 式）の修正による品質評価手法の高度化の必要性について示した。これより、加速度応答法による締固め特性の評価手法および礫率補正式の高度化を目的とした現場および室内実験を実施し、盛土構造物の品質情報をリアルタイムかつ面的に測定し、その結果に礫率補正式を適用することで高精度な品質評価を行うことのできる新しい締固め管理手法を提案した。本手法を実工事に適用し、その有効性を明らかにした。

本論の第 1 章では、盛土の締固め管理の特徴を概観した上で、近年激甚化する自然災害による盛土構造物の被害状況、さらに施工の生産性向上を目的とした i-Construction の推定について説明し、施工の合理化、盛土構造物の高品質化を実現する新しい締固め管理手法の重要性を示した。

第 2 章では、盛土の締固め管理に関して、これまでに得られている知見を示し、本研究の目的とする品質測定手法の即時性の確保、礫率補正式の高度化の必要性および課題を示した。

第 3 章では、品質管理手法の即時性の確保を目的とし、地盤剛性指標による効率的な締固め管理手法を検討した。大型土槽内にて実大締固め機械による転圧試験を実施し、加速度応答値（以下、CCV 値）などの地盤剛性指標と乾燥密度 ρ_d 、飽和度 S_r 、含水比 w の関係式が成立することを示した。CCV 値は、施工中にリアルタイムかつ面的な測定が可能であるため、本研究の目的の一つである施工の合理化に最も適した工法である。

第 4 章では、室内試験と現場試験で取り扱う地盤材料の最大粒径 D_{max} の違いが力学特性に与える影響を明らかにし、最大乾燥密度比 X を用いて WH 式を高度化する手法を提案した。

第 5 章は、第 3 章、第 4 章の結論を受け、CCV 値による品質測定手法、高度化した WH 式を組合せた新しい締固め管理手法を体系的に整理するとともに実工事への適用方法を示した。

第 6 章では、本研究で得られた結論と今後の展開や課題についてまとめた。本研究によって、盛土の品質情報をリアルタイムかつ面的に加えて高精度に評価することが可能であるため、本研究の目的である施工の合理化、盛土構造物の高品質化を実現することを示した。一方で、残された課題として、含水比のリアルタイムかつ面的な評価手法の開発の必要性と、その値を用いた CCV 値による乾燥密度 ρ_d の推定精度向上を指摘した。

キーワード：盛土、I-Construction、CCV、リアルタイム、高品質、飽和度

SUMMARY:

This study focused on the technique to realize rationalization of construction and quality improvement of embankment structure by upgrading of compaction management in embankment construction. First, this paper explains the challenge of i-Construction with the aim of productivity improvement of the whole construction in addition to the present compaction management methods such as the quality regulation system and method regulation system. It shows the importance of new compaction management technology which realizes the rationalization of construction and quality improvement of embankment structures.

On the other hand, as the current compaction management issues that need to be solved in order to realize a new compaction management method, ensuring the immediacy of the quality measurement method and the necessity of upgrading a quality evaluation technique by modifying the gravel rate correction formula (hereinafter referred to as the WH formula) by Walker-Holtz are shown. From this, field and laboratory experiments were conducted with the aim of evaluating the compaction characteristics by the acceleration response method and the sophistication of the gravel rate correction formula. The quality information of the embankment structure was measured in real time and in a set area, and the results were obtained. A new compaction management method that enables highly accurate quality evaluation by applying the gravel rate correction formula was proposed. This method was applied to the actual construction and the effectiveness was clarified.

Chapter 1 of this paper outlines the features of embankment compaction management and explains the damage situation of embankment structures due to the intensification of natural disasters in recent years, as well as the estimation of i-Construction for the purpose of improving construction productivity. It shows the importance of a new compaction management method to realize the rationalization of construction and quality improvement of embankment structures.

Chapter 2 presents the knowledge obtained so far regarding the compaction management of embankments, ensuring the immediacy of the quality measurement method as the purpose of this study, and the necessity and issues of upgrading the gravel rate correction formula are shown.

In Chapter 3, for the purpose of ensuring the immediacy of the quality control method, an efficient compaction control method using the ground rigidity index was examined. A compaction test was conducted using a full-scale compaction machine in a large soil tank, and the relational expression between the ground rigidity index such as the acceleration response value (hereinafter referred to as the *CCV* value) and the dry density ρ_d , saturation S_r , and water content ratio w were established. The *CCV* value is the most suitable method for the rationalization of construction which is one of the targets of this study, because real-time and planar measurement are possible during construction.

In Chapter 4, the effect of the difference in the maximum particle size D_{max} of the ground materials handled in the laboratory test and the field test on the mechanical properties was clarified, and the method that upgrades the WH formula using the maximum dry density ratio X was proposed.

In Chapter 5, based on the conclusions of Chapters 3 and 4, the paper presents an application method to actual works, while it systematically arranges a quality measurement method by *CCV* values and a new compaction management method combining the advanced WH formula.

Chapter 6 summarizes the conclusions obtained in this study and future developments and issues. This study verified that it is possible to evaluate the quality information of embankments with high accuracy by adding it in real time and in planar fashion. On the other hand, as remaining issues, it is necessary to develop a real-time and planar evaluation method for the water content ratio, and improve the estimation accuracy of the dry density ρ_d by the *CCV* value using that measured water content ratio value.