熊本大学大学院 学生会員 〇岡野寛雄 熊本大学大学院 正会員 大谷 順

1. はじめに

従来の盛土の締固め管理手法では、要求性能や材料等の違いに関わらず、密度(締固め度)によって一律で 管理されている.しかし、近年の被災盛土の調査などから、局所的に締固め不十分な箇所が存在することが明 らかとなっており、従来の締固め管理手法の見直しが求められている.このような背景から、本研究において は、盛土の締固め管理手法のさらなる高度化を目的としている.本報告では、その一環としてµフォーカスX 線 CT スキャナを用いて締固め土の内部構造を詳察し、ミクロレベルでの締固め土の力学的考察を試みた.

2. 試験概要

本研究では, 熊本大学所有のµフォーカスX線CTスキャナ (TOSCANER-32300FPD, 東芝ITコントロールシステム(株)製)を使用し た.本装置は、ミクロレベルの分解能で対象物の内部構造を非破壊で可視化 できる特徴を有しており、不飽和土の内部構造を十分に可視化することがで きる¹⁾.本報告で用いた土試料としては、熊本県和水町より採取した山砂を採 用した.**表-1**は、山砂の基本的性状を示す.実験方法としては、まず、最適

含水比状態に調整した試料を,直径 50mm,高さ 100mm のアクリル製円柱モールドになるべく均一になるように 詰めた. 続いて, 1.0kgのランマーを用いて突固めを行い, 供試体が締固まっていく過程を表-2に示す8段階(initial からLevel G) に分け、µフォーカスX線CTスキャナで撮 影した.対象とした実験ケースでは、全締固めエネルギ ーを一定とし、ランマーの落下高さおよび落下回数を変 化させることで、締固め方法の違いによる検討を行うも のとした.具体的には、Case-1では突固め1回あたりの エネルギーが大きく, Case-2 では, 突固め回数を多く設 定した. なお, CT撮影領域を, 直径 50mm, 高さは供試 体の下端15mm位置から55mmまでの40mmの範囲で設定 した. また, CT撮影終了後に供試体の沈下量から密度を 測定した. 表-2より, 突固め回数を増加させると供試体 全体の締固め度は高くなっており、Case-1 ではLevel C, Case-2 ではLevel Dにおいて一般的な盛土の管理基準で ある締固め度90%を満足している.

図-1は、締固めエネルギーと空隙率の関係を示している.空隙率の算出に当たっては、3次元可視化ソフト VGStudioMAX2.0 (Volume Graphics GmbH 製)を使用し、 CT画像上で空隙と考えられる領域の体積量を算出した. 図より、締固めエネルギーの増加にともなって空隙率は 減少していき、締固めエネルギー3000kJ/m³でほぼ収束し ている.また、供試体の密度測定によって得られた空隙

表-1 試料の基本的性状					
土粒子密度	$\rho_s(t/m^3)$	2.71			
平均粒径	D ₅₀ (mm)	1.01			
均等係数	Uc	11.74			
曲率係数	Uc`	1.61			
最大乾燥密度	$\rho_{dmax}(t\!/\!m^3)$	1.90			
最適含水比	Wopt(%)	12.2			

表-2 供試体全体における締固め度の変化

	締固め	Case-1 (0.2m)*		Case-2 (0.1m)	
	仕事量 (kJ/m³)	突固め 回数	締固め度 (%)	突固め 回数	締固め度 (%)
initial	0	0	79.4	0	78.3
Level A	15	1	83.3	2	81.3
Level B	75	5	88.2	10	84.7
Level C	150	10	91.5	20	87.1
Level D	374	25	97.5	50	90.6
Level E	749	50	102.0	100	93.8
Level F	1497	100	106.0	200	96.5
Level G	2995	200	109.3	400	98.5

*()内はランマー落下高さ



図-1 締固めエネルギーと空隙率の関係

量の測定値(○△)と, CT 画像 から空隙部分と判断した箇所を 抽出して求めた解析結果(●▲) は,ほぼ同様の傾向を示しており, 画像解析によって得られた空隙 量は妥当であると考えられる.

3. 締固め土の空隙分布の評価

図-2は、CT撮影領域における 空隙の空間分布を示している.こ こでは、内部状況をわかりやすく するため、円柱を四分の一に切り 取った画像で表示しており、空隙 と判断した領域は黄色の単色で 示している.図より、締固めエネ ルギーの増加にともなって空隙 が減少している.また、供試体底

部ほど空隙の残存が多いことが確認できる.図-3は,供 試体を高さ 5mm 毎でそれぞれ算出した空隙率を直線で 結んだものである.また,比較のため,供試体全体にお ける平均空隙率を破線で示している.Case-1 において, 初めは大きくばらつきのあった空隙率が徐々に収束して いることが確認できる.標準偏差では,1.74 (initial) から 0.75 (Level G) に減少している.一方,Case-2 では,initial から Level C にかけて空隙率のばらつきが収束している が,Level D から Level G では供試体上部ほど空隙率の減 少が大きくなっており,上部と下部のばらつきが顕著で ある.標準偏差は,initial,Level C,Level G それぞれに おいて,3.52,0.73,2.18 であった.このことから,一度 に与えるエネルギーの大小が供試体の鉛直方向の均一性 に影響を与えることがわかった.

4. まとめ

本報告では, µ フォーカス X 線 CT を用いて締固め土 の内部構造の可視化を行い, 締固め土中における空隙の 空間分布の変化を示すことができた.また, 突固めを行 う場合,一度に与えるエネルギーの大小が供試体の鉛直 方向の均一性に影響を与えることがわかった.このよう に, 締固め土の内部構造を詳察することで,より詳細な 締固め土の評価手法として用いることが期待できる.

参考文献

 岡野寛雄,大谷順:μフォーカス X 線 CT を用いた不飽 和土の内部構造の可視化,土木学会西部支部研究発表会, pp.457-458, 2011.3.



図-2 空隙の空間分布





