

初期締固め度と含水比が一軸圧縮強さに及ぼす影響

東海大学 学生会員 ○川名 勇希・枚田 昂樹
東海大学大学院 学生会員 シャーヌリ・アッタ・M
東海大学 正会員 杉山 太宏

1. まえがき

集中豪雨や多発する地震などの影響で、宅地や道路盛土の崩落被害が多数報告されている。土は締固めることで密度が増し強度が増加するので、耐久性に優れた盛土を造るには土を十分に締固めることが重要である。一般に、土の締固めは締固め度 D_c (最大乾燥密度に対する乾燥密度の比) で規定されることが多いが¹⁾、締め固めた地盤の強度・変形特性や、地盤にとっては危険な状態となる降雨等による力学的性質の変化については不明な部分も多い現状にある²⁾。安倍らは、7箇所脆弱岩からなる既設道路盛土材の状態変化を調べた結果、降雨によって施工時よりも含水比ならびに飽和度 S_r は増加し、95%前後となっていたことを報告している³⁾。盛土施工時の品質管理が重要なことは当然であるが、施工後の状態変化に伴う力学特性についても十分に考慮することが必要である。本研究では、締め固めた土の含水比変化による強度について調べるために、4種類の試料に対して締固め度 D_c と空気間隙率 v_a から含水比を種々に変化させた一軸圧縮試験を行い、これらが一軸圧縮強さに及ぼす影響を調べた。

2. 試料と実験方法

2.1 試料

試験には、物理的性質の異なる以下4種類の試料(カオリン・レイ(竹原化学工業(株))、DLクレイ(昭和ケミカル(株))、黒ボク((株)牧野)、関東ローム(大学内より採取))を選定した。各試料の物理的性質を表-1に示す。関東地方に広く分布する関東ロームを主対象としたが、比較のために粘土、シルトも使用した。各試料は、試料を110度の乾燥炉で1日以上乾燥して絶乾状態とし加水することで含水比を調整した。なお、関東ロームと黒ボクは2mmふるいで粒度調整をしている。

2.2 実験方法と試験条件

各試料に対して締固め試験(JIS A 1210, A-a法)を行い図-1の締固め曲線を描き、最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} を計算した。これをもとに、それぞれ異なる5つの締固め度 D_c ($D_c=80, 85, 90, 95, 100\%$)を設定して、空気間隙率 v_a を指標に D_c ごと5つ異なる初期含水比を設定した。

図-2は、その一例として関東ロームの締固め曲線と設定した初期状態をa点~zc点として白丸で示したものである。直径5cm、高さ10cmの一軸圧縮試験用供試体作成のために、各点の含水比と乾燥密度から加水量と乾燥土重量を計算し十分に攪拌した後、直径5cmの2割モールドにテフロンシートをセットして試料を投入した。これをCBR用載荷装置によって所定の高さになるまで静的に締固め、一軸圧縮試験に供した。

表-1 試料の物理的性質

種類	ρ_s (g/cm ³)	WL (%)	Wp (%)	Grading (%)		
				粘土	シルト	砂
カオリン	2.67	73.1	36.7	96.8	3.2	0
DLクレイ	2.65	NP	NP	4.7	95.3	0
黒ボク	2.39	NP	NP	7	47	46
関東ローム	2.65	NP	NP	4	51	45

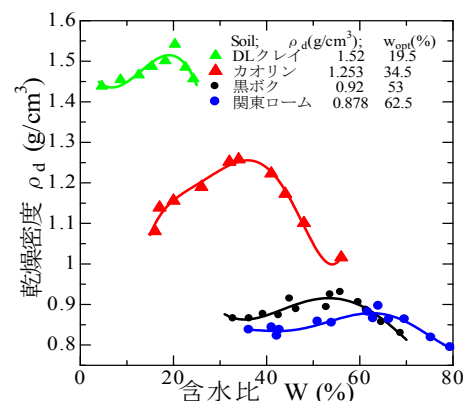


図-1 4 試料の締固め曲線

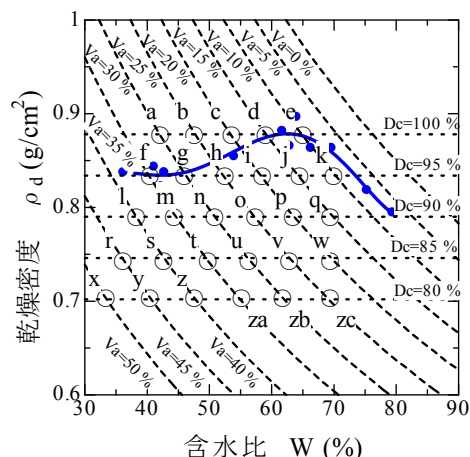


図-2 関東ロームの初期状態

キーワード 締固め度、不飽和土、一軸圧縮強さ、盛土

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学 TEL 0463-58-1211 E-mail : kawana0811@jcom.home.ne.jp

3. 実験結果と考察

図-3 は、試験から求めた応力ひずみ関係の一例として締固め度 $D_c=95\%$ の黒ボクとカオリンの結果を示したものである。含水比の増加に伴い一軸圧縮強さ q_u と剛性が低下すること、ピーク時のひずみ量はほぼ一定値を示すことが図からわかる。乾燥密度が低く含水比が高い条件（図-2 の zb 点や zc 点）で作成した DL クレイの供試体がモールドからの脱型時に崩壊してしまい結果が得られなかった。

含水比 w と一軸圧縮強さ q_u の関係を締固め度 D_c をパラメータとして試料毎にまとめて示したのが図-4(a)~(e)である。図の(e)は安部らにより行われたシルト質砂の結果である³⁾。図から、全体的な傾向として砂→シルト→粘性土の順に q_u の値が大きいこと、 D_c の 10 % の違いで q_u は倍以上の違いとなり得ること、同じ D_c において含水比の増加による強度の低下割合は締固め度が高いほどより顕著になることが認められる。関東ロームでは締固め度 $D_c=85\%$ 以下と 95 % 以上で他の試料とは異なる挙動となった。

図-4 では、 q_u は含水比の対数との間に負の相関性が認められるので、これを最小二乗法によって次式(1)で近似したのが図中の各直線である。いずれも相関係数は 0.9 以上で相関性は高いと言える。

$$q_u = a + b \log_e w \quad \dots\dots\dots (1)$$

こうして求めた各試料の定数 a 、 b と締固め度 D_c との関係を試料毎に調べたのが図-5(a)、(b)である。いずれの試料においても両係数 a 、 b は D_c との間に高い相関性が認められ、一軸圧縮強さ q_u は締固め度 D_c と含水比 w から推定できることが示唆される。

以上の結果から、安倍ら³⁾が指摘するように、締固めて築造した盛土は施工後の降雨により含水比が増加した場合、密度が変化しなくても盛土の強度は低下する可能性がある。盛土内には極力水を侵入させない対策を講じることの重要性があらためて確認された。

4. おわりに

締固めた不飽和状態にある 4 種類の試料に対して、同じ締固め度で含水比が変化した場合の一軸圧縮強さの変化を実験により調べた。十分な施工管理が行われて築造されたはずの盛土が、降雨や地震により大きな被害を受けている昨今の状況を考えると、現行の盛土の品質管理ならびに維持管理にはまだ検討すべき課題が残されていると考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路土工—盛土工指針（平成 22 年度版），2010。
- 2) 久野五郎：設計・施工の留意点をさぐる，7.土の締固め，土と基礎，Vol.33, No.7, pp.57-64, 1985。
- 3) 安倍哲生他：締め固めた盛土の含水比変化による強度特性，第 49 回地盤工学会研究会，pp.1013-1014, 2014。

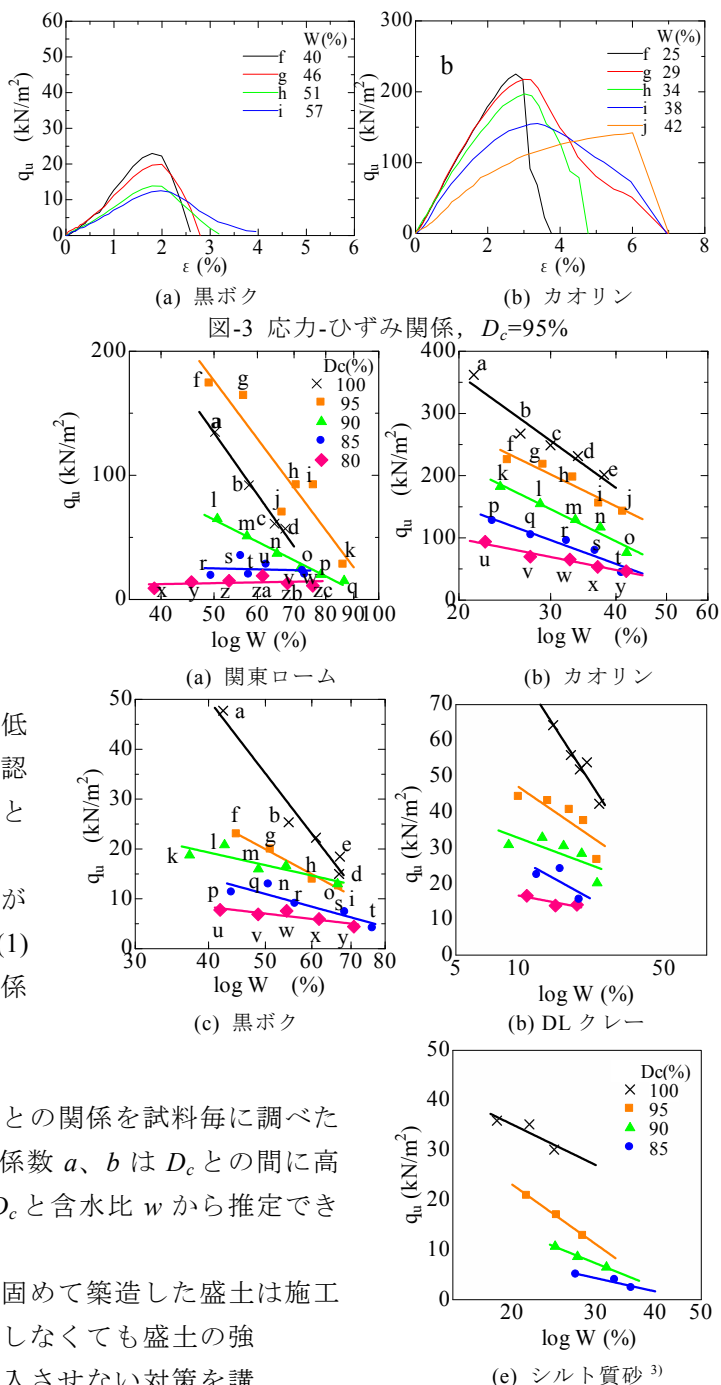


図-4 含水比と一軸圧縮強度の関係

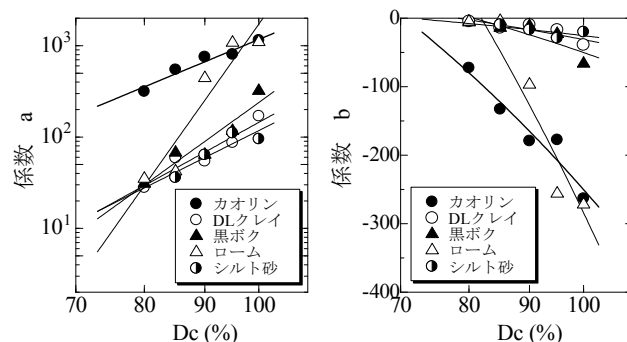


図-5 締固め度 D_c と係数 a, b の関係