

生石灰配合が細粒分土砂の力学特性に及ぼす影響

明星大学大学院 学生員 ○市川健斗
明星大学 正会員 矢島寿一

1.はじめに

細粒分土砂とは建築工事、土木工事のコンクリート、アスファルト等に使用される砕石を生成する過程で発生する微細な土である。砕石としては規格外である細粒分土砂は処分するためにコストが掛かり、砕石事業者にとって軽視できない問題である。そこで現在は細粒分土砂を再利用する方法が考えられている。細粒分土砂は主に砕石を水洗いした際に発生するため高い含水比を有している。したがって晴天時には天日干しで含水比を下げる作業が行われる。しかし、天候不順時には生石灰を入れ、1日放置し強制的に含水比を落とす作業が行われている。本研究では、生石灰により含水比を下げた細粒分土砂を地盤材料として再利用できるか検討するために、細粒分土砂に配合する生石灰量を変化させて締固め試験および三軸試験を行い、生石灰配合が細粒分土砂の力学特性にどのような影響を及ぼすのかを明確にすることを目的とした。

2.試験方法

(1)使用材料

本研究では、砕石工場から採取された細粒分土砂および生石灰を使用した。細粒分土砂の物性試験の結果を表-1に示し、粒度分布は図-1に示す。

(2)試験ケース

試験ケースは表-2に示す。初期含水比(w_0)の条件は $w_0=12, 15, 18\%$ とし、生石灰量(C)は $C=20, 30, 40\text{kg/m}^3$ とした。

(3)試験方法

十分に乾燥した細粒分土砂に所定の生石灰を混ぜ、所定の水を混入し、恒湿恒温室で24時間放置した。その後、「突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210)」に準じて試験を行った後、締固め試料を型枠から取り出し、直径50mm、高さ100mmになるようにトリミングし、供試体を作製した。供試体は不飽和土のため三軸圧縮試験は「不飽和土の三軸圧縮試験方法(JGS 0527-2009)」に準じて圧密排水試験を行った。拘束圧(σ_3)条件は $\sigma_3=100, 200, 300, 400\text{kPa}$ とした。そして、圧密試験終了後0.05mm/minで15mmに達するまで排水状態でせん断試験を行った。

3.生石灰配合による締固め特性の変化

細粒分土砂単体に対して行った締固め試験より得られる乾燥密度(ρ_d)と試験時含水比(w)の関係を図-2に示す。この図より、最大乾燥密度(ρ_{dmax})= 2.00g/cm^3 、最適含水比(w_{opt})= 11.4% となることがわかる。以後、最適含水比(w_{opt})を境に低い側をdry、高い側をwetとする。また、図-2上には初期含水比(w_0)= $12, 15, 18\%$ の細粒分土砂に所定の生石灰を配合したときの締固め試験の結果もプロットしている。これより、生石灰を配合した細粒分土砂の締固め特性は細粒分土砂単体の締固め曲線に沿うように分布することがわかる。また、最適含水比(w_{opt})に近い $w_0=12\%$ では生石灰を配合すると試験時含水比(w)がdry側に低下し、乾燥密度(ρ_d)が低下してしまうことがわかる。一方、試験時含水比(w)がwet側の $w_0=15\%$ では生石灰を配合すると試験時含水比(w)がdry側に低下するが、乾燥密度(ρ_d)が増加することがわかる。また、 $w_0=18\%$ では含水比(w)が最適含水比(w_{opt})付近に低下し、乾燥密度(ρ_d)が大幅に増加することがわかる。このことから、細粒分土砂の含水比がwet側の場合に生石灰を配合することで締固め特性に効果があることがわかった。

表-1 細粒分土砂の物性値

土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$		2.74
液性限界 $w_L(\%)$		34.5
塑性限界 $w_P(\%)$		20.4
粒度分布(%)	細砂	8
	シルト	65.5
	粘土	26.5

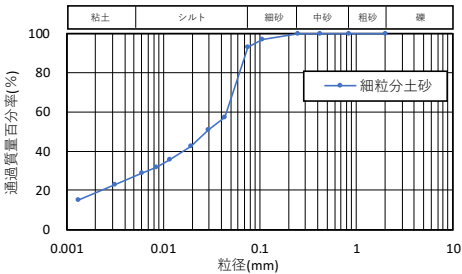


図-1 粒度分布

表-2 試験ケース

初期含水比 $w_0(\%)$	生石灰量 C(kg/m ³)		
12	20	30	40
15	20	30	40
18	20	30	40

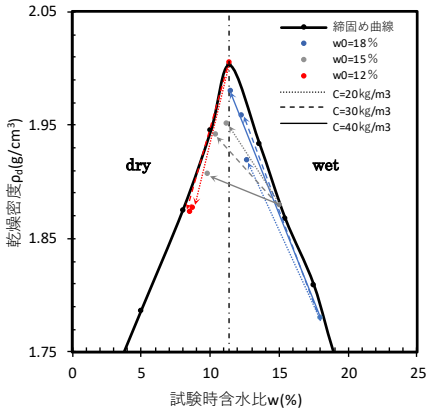
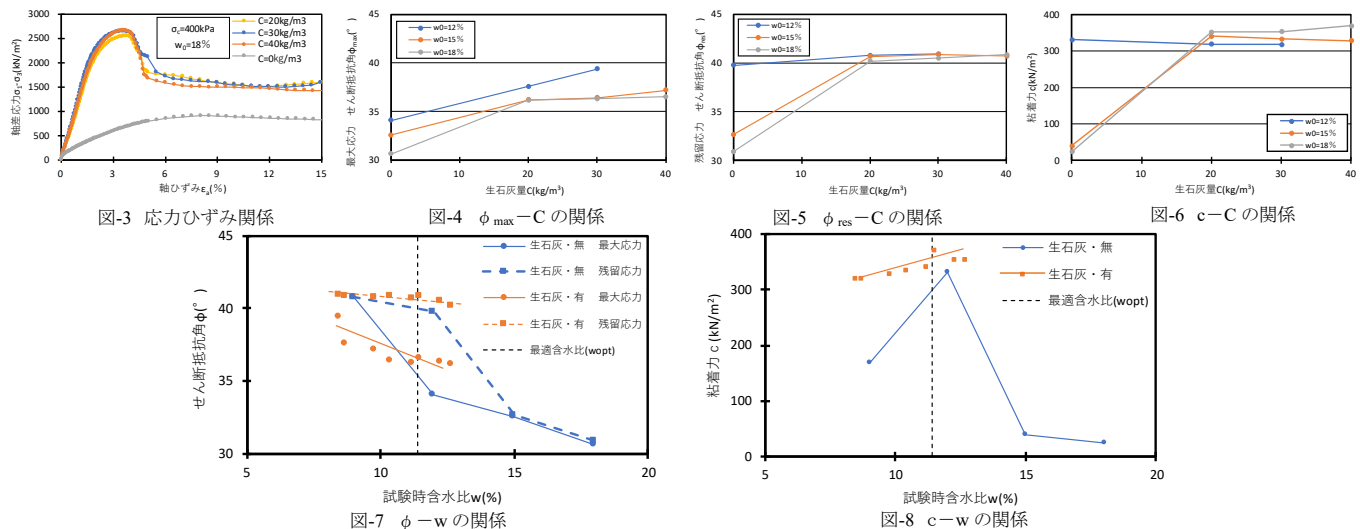


図-2 生石灰配合による締固め特性

キーワード: 細粒分土砂、生石灰、締固め特性、粘着力、せん断抵抗角

〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 Tel.042-591-9649



4. 生石灰配合による応力ひずみ関係の変化

$w_0=18\%$ 、 $\sigma_c=400\text{kPa}$ が一定で、生石灰量(C)を変化させたときの軸差応力($q=\sigma_1-\sigma_3$)と軸ひずみ(ϵ_a)の関係を図-3に示す。この図には $C=0\text{kg/m}^3$ の応力ひずみ関係もプロットしている。 $C=20, 30, 40\text{kg/m}^3$ の条件では軸ひずみ(ϵ_a)の増加に伴い、軸差応力(q)が増加し、最大応力を示した後、降伏が進み残留応力状態に至る。また、 $C=0\text{kg/m}^3$ に比べて $C=20, 30, 40\text{kg/m}^3$ の条件では軸差応力(q)が大幅に増加している。このことから、生石灰を配合すると細粒分土砂の含水比が低下し、締固め時に土粒子間が密に締まり、乾燥密度(ρ_d)が増加するため、軸差応力(q)が大幅に増加し、過圧密粘土のような特性を示すと考えられる。

5. 生石灰量によるせん断抵抗角、粘着力の変化

各初期含水比における最大応力時のせん断抵抗($\phi_{\max}$)、残留応力時のせん断抵抗角(ϕ_{res})、粘着力(c)と生石灰量(C)の関係を図-4、図-5、図-6に示す。図-4より $w_0=12\%$ では、生石灰量(C)の増加に伴い、最大応力時のせん断抵抗($\phi_{\max}$)は増加する。一方、 $w_0=15, 18\%$ では生石灰量(C)の増加に伴い、 $C=20\text{kg/m}^3$ までは最大応力時のせん断抵抗($\phi_{\max}$)は増加するが、以降は変化がなくほぼ一定となる。また、図-5より $w_0=12\%$ では、生石灰量(C)の増加に伴い、残留応力時のせん断抵抗角(ϕ_{res})は変化がなくほぼ一定となる。一方、 $w_0=15, 18\%$ では生石灰量(C)の増加に伴い、 $C=20\text{kg/m}^3$ までは残留応力時のせん断抵抗角(ϕ_{res})は増加するが、以降は変化がなくほぼ一定となる。さらに、図-6より、生石灰量(C)の増加に伴う、粘着力(c)の変化は図-5と同様な変化を示すことがわかる。

6. 含水比によるせん断抵抗角、粘着力の変化

細粒分土砂のせん断抵抗角(ϕ)と試験時含水比(w)の関係を図-7に示す。最大応力時のせん断抵抗角($\phi_{\max}$)は生石灰を配合しない条件では試験時含水比(w)の増加に伴い、最適含水比(w_{opt})までは急激に低下し、以降は緩やかに低下する。一方、生石灰を配合する条件では生石灰を配合しない条件に比べて最適含水比(w_{opt})までの低下が緩やかになることがわかる。残留応力時のせん断抵抗角(ϕ_{res})は生石灰を配合しない条件では試験時含水比(w)の増加に伴い、最適含水比(w_{opt})までは緩やかに低下し、以降は急激に低下する。一方、生石灰を配合する条件では生石灰を配合しない条件と同様な変化をすることがわかる。また、細粒分土砂の粘着力(c)と試験時含水比(w)の関係を図-8に示す。粘着力(c)は生石灰を配合しない条件では試験時含水比(w)の増加に伴い、最適含水比(w_{opt})まで急激に増加し、最大値を示した後、急激に低下する。一方、生石灰を配合する条件では生石灰を配合しない条件に比べて最適含水比(w_{opt})までの粘着力(c)の増加が緩やかになり、数値も増加することがわかる。これらのことから、細粒分土砂に生石灰を配合することで、含水比が低下するためせん断抵抗角(ϕ)、粘着力(c)が同程度以上になるだけでなく、生石灰の固化作用の働きでせん断抵抗角(ϕ)、粘着力(c)の傾きが緩やかになり、数値が増加したと考えられる。

7. まとめ

- (1) 細粒分土砂の含水比が wet 側のとき、生石灰配合を行うと締固め特性に効果があるとわかった。
- (2) 生石灰配合を行うことで土粒子間が密になり、軸差応力が大幅に増加し、過圧密粘土のような特性になることがわかった。
- (3) 生石灰配合を行うことで含水比が低下し、せん断抵抗角、粘着力が同程度以上になるだけでなく、生石灰の固化作用の働きでせん断抵抗角、粘着力の傾きが緩やかになり、数値が増加することがわかった。

【参考文献】1) 市川・矢島: 砕石工場から発生する細粒分土砂の物理・力学特性について, 第55回地盤工学研究発表会, 令和2年7月