



吸水性泥土改質材と改質土の活用技術について

※第23回国土技術開発賞(授賞式2021.9.28)の受賞技術全11件のうち、港湾関連技術をピックアップしました。

ジャイワット株式会社 山内 裕元
五洋建設株式会社 和栗 成樹

1. はじめに

高含水状態の浚渫土や建設汚泥のような泥土を処理する場合、天日干しやセメント・石灰等による固化処理が用いられてきた。しかし時間やコスト、あるいはアルカリ化等の課題があり、軟弱な建設発生土の有効利用は進んでいない。一方でこうした発生土を有効利用できるのであれば、“積極的に利用したい”というニーズが高まっている。そこで、不良土を安価に現地で良質土に改質する改質材を開発するとともに、地盤構造物に汎用的に利用できる改質土の活用技術も併せて開発した。

2. 開発技術の概要

本技術は、ペーパースラッジ焼却灰(PS灰)を基材とした吸水性改質材を用いて泥土を改質する技術である。吸水性泥土改質材「ワトル」(写真1)は、



写真1 吸水性泥土改質材「ワトル」

吸水性の高いPS灰に改質効果を向上させるための補助剤(カルシウム成分、硫酸成分、アルミ成分等)を添加している。PS灰の吸水による物理的改質と補助材による水和反応の化学的改質により、高含水泥土を効率的に改質することができる(写真2)。すなわち、混合



写真2 改質状況

直後の吸水効果による物理的改質とその後のエトリンガイト等の水和物生成による化学的改質の2つの効果により、泥土中の余剰水を拘束することで良質土に改質することに特徴をもつ技術である。

3. 開発技術の特徴

(1) 泥土改質材「ワトル」の改質原理

PS灰の有する多孔質により、軟弱泥土の余剰水分を速やかに吸水し、見かけの含水比を低下させる。さらに、時間経過に伴い水和反応が進行して改質土が程よく固化する。ただし、セメントのように「カチカチ」に固結はしないので、このタイミングで解きほぐすことで改質土は顆粒状になり、曝気作用により乾燥が促進される(図1)。この解きほぐしによる顆粒化の処理を、「ほぐし造粒」と命名した。

(2) 改質土の粒度と締固め特性

ワトルで改質されたほぐし造粒土は、適度な粒度と含水比

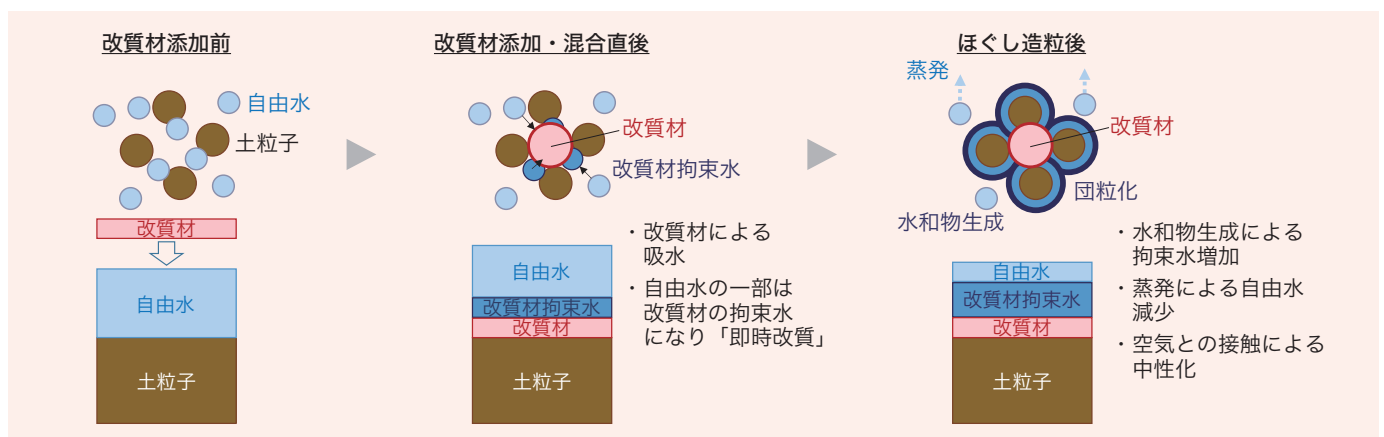


図1 ワトルの改質原理

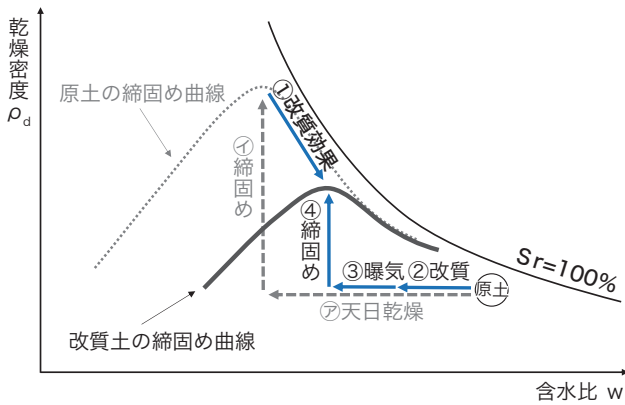


図2 改質土の締固め特性

に調整され、締固めに効く良質土として利用できる。図2は土の締固め曲線を模式的に示している。原土の締固め曲線に対して、自然含水比が最適含水比よりもかなり大きく、そのままの状態では締固めができない(図中の○原土の状態)。ワトル改質土の締固め曲線は、原土よりも最大乾燥密度 ρ_{dmax} は小さくなり、最適含水比 w_{opt} は大きくなる(図中の①改質効果)。高含水の原土を最適な状態で締固めるためには、まず天日乾燥等で含水比を最適含水比付近にまで下げ(図中の⑦の工程)、その上で締固める(図中の④の工程)というのが従来の方法である。しかし、⑦の乾燥作業は非常に手間暇がかかる。高含水粘性土は塊状(塑性状)を呈するため、乾きにくいからである。一方、高含水土にワトルを添加すると乾燥状態にあるワトルの添加分だけ固形分が増加するため含水比が低下する(図中の②の効果)。さらに余剰水分を吸水・拘束することで土が改質され、この改質土をほぐし造粒することで土粒子表面の水分の乾燥が促進される(図中の③の曝気効果)。しかも、改質土の最適含水比は原土よりも高くなっているため、原土のように大きな労力と長い養生期間を要しない。また、改質土は自然土と同じように最適含水比において最大乾燥密度を示す締固め特性を示すため、従来の含水比と乾燥密度による締固め管理(施工管理)がそのまま適用できる。

(3) 吸水率を考慮した配合設計手法

ワトルを土に添加すると自由水の一部がワトルに取り込まれ、拘束水としての挙動を示す。一方JIS A 1203による含水比測定では、乾燥炉で $110 \pm 5^\circ\text{C}$ の温度に調整して水分を蒸発させて含水比を測定するので、拘束水は自由水とともに蒸発(消失)してしまう。したがって、拘束水分を補正しないと含水比に対応する土の挙動が実態と合わないことになる。そこで拘束水分を水分としてではなく固体分として含水比の補正(補正含水比 w^*)を行う。別途実施したワトルの吸水量を測定する試験で得られた吸水率より改質土の補正含水比を求め、原土との締固め特性を比較した結果、補正した最適含水比 w^*_{opt} が概ね一致することが判明した。この結果を利用すると改質材の吸水率が既知であれば未改質試料の締固め試験を行うだけで必要

な添加量を設定することができる。すなわち、ワトルの添加量は、対象泥土(原土)の締固め特性とワトルの吸水特性を事前に把握することで配合試験をしなくても設定が可能であり、改質土の締固め特性も事前に推定することができ、配合設計の簡略化につながる。さらに、改質土で締固めた土は、同じ条件下で締固めた原土よりも強度が増加することを併せて確認した。

(4) 環境負荷の低減効果

改質材はアルカリ性であり、改質直後の改質土もアルカリ性を呈するが、ほぐし造粒によって空気に触れやすくなることで空気中の二酸化炭素と反応して中性化が促進される。また、土壌中の有害重金属等の溶出を低減する効果も認められている。

4. 開発技術の適用事例とその効果

港湾浚渫土での適用事例を写真3に示す。写真3は浚渫土を土運船内にてワトルで改質している状況を示したものである。所定の養生時間(通常は1~3日程度)を経て泥土は塑性状から半固体状に変質する。本事例では、改質土は陸域に埋立処分された。現時点では、改質された浚渫土の陸上での利用は限定的であるが、陸上の盛土材や築堤材としての利用が期待されている。また、陸上の建設工事で発生する泥土を改質して、港湾区域に埋立処分する事例も増えている。ワトル改質土は比較的短時間でpHが中性域に達するうえ、魚類への影響がないことが魚毒性試験で確認されており、海域での環境親和性が評価されていることが採用の背景にある。



写真3 港湾浚渫土の改質事例

5. おわりに

本技術の肝は、セメント系固化材のようにカチカチに固まらない土の改質方法にある。「ワトル」を開発した当初は、利用いただいた現場から「固まらないじゃないか!」という批判をたびたびいただいた。こうした現場の声が逆転の発想につながり、カチカチに固めるのではなく、自然界にある良質土と同じように締固めることで強靱な地盤構造物を構築する改質技術の開発につながった。本技術が、沿岸開発のひとつのツールとして普及されることを祈念する次第である。