

固化破碎土の長期強度特性

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○佐藤 厚子 正会員 林 宏親
北海道開発局札幌開発建設部 渡邊 一靖 大森 未音

1. はじめに

北海道の石狩川流域では遊水地事業の本格化にともなう河道掘削により多量の土砂が発生している。遊水地周囲の堤防整備にはこの発生土が用いられるが、発生土が軟弱な場合は改良した材料により施工している。改良の一つの方法として、発生土に固化材を混合して固化破碎土とする方法があり、これを用いた工事が多くなっている¹⁾²⁾。固化破碎土は研究期間がまだ短いことから、固化破碎土による盛土の長期強度を求めた例が少ない。そこで、遊水地事業で固化破碎土を適用するために試験的に施工した盛土³⁾の長期強度を測定した。本報告はこの結果をまとめたものである。

2. 試験方法

固化破碎土とは、対象土（以降、原土と称する）に固化材を混合して固化土として仮置きし、ある程度時間が経過した後（放置時間）、固化土を破碎し締固め可能にしたものである。

試験盛土の原土の基本物性値を表-1 に示す。コーン指数が低くそのままの状態では建設機械の走行ができない材料である。この原土に早期に強度発現しその後の強度増加が小さいとされるセメント系固化材（以降 ETR3 と称する）または高炉セメント B 種（以降高炉 B と称する）を混合し固化破碎土として試験盛土を施工した。比較のため、固化土による盛土も施工している。固化土および固化破碎土による盛土の施工から強度を測定するまでの時間を養生時間とした。

盛土は 2 箇所で施工し、A 箇所では固化材に ETR3 を用いて、放置時間 28 日、固化材混合量を 95kg/m³ とした固化破碎土による盛土、固化材混合量 200 kg/m³ の固化土による盛土を施工した。固化材混合量は、固化土、固化破碎土のいずれも盛土の施工時にハンドガイドローラの施工が可能な qc=400kg/m² を確保できる量である。盛土の形状は、高さ 3m、天端幅 5m、長さ 20m、のり勾配 1:1.5 である。B 箇所では、固化材を ETR3 または高炉 B 種として、3 種類の固化材混合量、放置時間を 28 日または 280 日とした固化破碎土による盛土、同じ固化材混合量で固化土による盛土を施工した。盛土の形状は、高さ 1.2m、天端幅 5m、長さ 5m、のり勾配 1:1.5 である。いずれの盛土も、バックホウで敷き均し、ハンドガイド式振動ローラ（600kg 級）により 8 回転圧で施工している。各盛土の固化材混合量を表-2 に示す。盛土の強度は、養生時間の後、盛土の底面から 60cm の高さまでバックホウにより掘削し、その高さからブロックサンプリングして成形した供試体の一軸圧縮強さとした。養生時間は、A 箇所では、610 日と 970 日である。B 箇所では、固化土で 1270 日、放置時間 28 日の固化破碎土で 1240 日、放置時間 280 日の固化破碎土で 1000 日である。図-1 に、試験の流れを本文で使用する用語とともに示す。

表-1 原土の基本物性値

土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$		2.587
自然含水比 $w_n(\%)$		88.6
粒度特性	2mm 以上($\%$)	0.0
	75 μm ～2mm($\%$)	0.1
	75 μm 以下($\%$)	99.9
液性限界 $w_L(\%)$		115.4
塑性限界 $w_P(\%)$		39.4
地盤材料の分類記号		CH
地盤材料の分類名		粘土
コーン指数 $q_c(\text{kN/m}^2)$		90

表-2 盛土の固化材混合量 (kg/m³)

盛土箇所	A		B	
ETR3	固化破碎土	95	固化破碎土	85
	固化土	200	固化土	95 115
高炉 B			固化破碎土	100
			固化土	110
				130

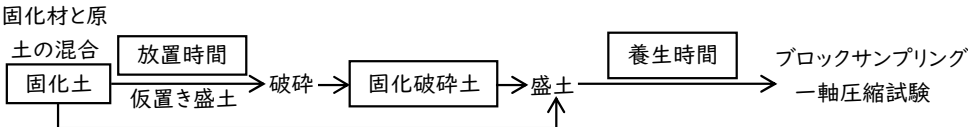


図-1 試験の流れ

キーワード 固化破碎土，養生時間，長期強度

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 土木研究所寒地土木研究所寒地地盤チーム TEL011-841-1709

3. 試験結果

3. 1 養生時間と盛土の一軸圧縮強さ

A 盛土の破壊ひずみと一軸圧縮強さを図-2 a に示す。固化破碎土では、養生時間 610 日と 970 日では破壊ひずみにかかわらず一軸圧縮強さはほぼ同じで、養生時間による一軸圧縮強さの変化はほとんどみられなかった。これに対し固化土では、養生時間 970 日では 610 日と比較して、一軸圧縮強さは約 2 倍に、破壊ひずみは約 1/2 になり、時間が経過することにより地盤への追従性が小さい材料となる傾向がみられた。次に各供試体の

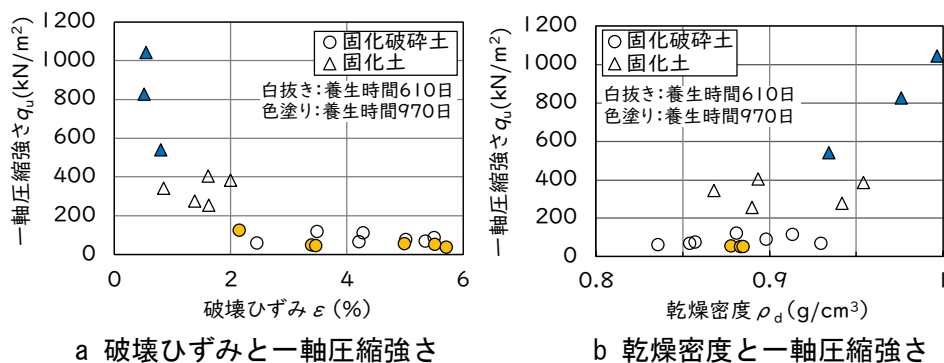


図-2 A 箇所盛土の破壊ひずみおよび乾燥密度と一軸圧縮強さ

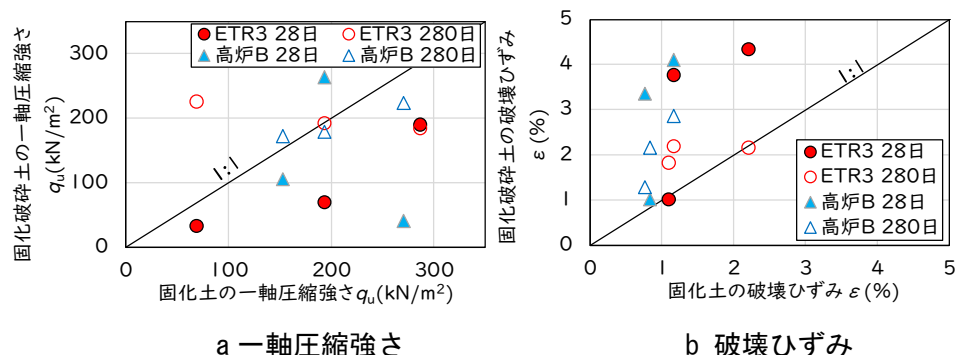


図-3 B 箇所盛土の固化土と固化破碎土の一軸圧縮強さおよび破壊ひずみ

乾燥密度と一軸圧縮強さの関係を図-2 b に示す。固化破碎土と養生期間 610 日の固化土では、乾燥密度にかかわらず一軸圧縮強さはほぼ同じであった。これに対し、養生期間 970 日の固化土は乾燥密度が大きくなると一軸圧縮強さが大きくなる傾向が見られ、固化土の締め密度が高いと一軸圧縮強さが大きくなるという既往の研究⁴⁾と同じ結果であった。

3. 2 固化土に対する固化破碎土の一軸圧縮強さと破壊ひずみ

固化材による改良では、養生時間が長くなると一軸圧縮強さの強度発現が小さくなるという例⁵⁾が報告されていることから、本文では、固化土の養生時間 1270 日、放置時間 28 日の固化破碎土の養生時間 1240 日、放置時間 280 日の固化破碎土の養生時間 1000 日の一軸圧縮強さが同じ養生期間の結果と考えて整理した。長期養生した固化土による盛土の一軸圧縮強さに対する固化破碎土の関係を図-3 a に示す。固化破碎土による 12 盛土のうち 8 盛土での一軸圧縮強さが固化土よりも小さくなり強度発現が抑制された。また、このときの固化土による盛土の破壊ひずみと固化破碎土の関係を図-3 b に示す。固化破碎土による 12 盛土のうち 10 盛土の破壊ひずみが固化土よりも大きくなり、地盤の変化に追従しやすい材料であった。

4. まとめ

固化土および固化破碎土による盛土について長期養生後の一軸圧縮強さを測定し、今回の測定例ではあるが次のことがわかった。盛土の一軸圧縮強さは、固化破碎土では養生時間が長くなっても増加しなかったが、固化土では養生時間が長くなると増加した。また、養生時間の長い盛土と比較すると、計測した盛土の 2/3 で固化破碎土は固化土よりも一軸圧縮強さが小さく、破壊ひずみが大きかった。固化破碎土は固化土よりも強度発現が抑制され、地盤に追従しやすい材料であることを実際の盛土で確認した。

参考文献

- 1) 片桐悠太、橋内英治、諸橋雅幸：北村遊水地における固化破碎土を用いた施工について、第 65 回 (2021 年度) 北海道開発技術研究発表会、2022.2.
- 2) 中野龍己、鈴木利幸、渡邊一靖：北村遊水地における河道掘削土を活用した軟弱地盤上の堤防盛土について－真空圧密ドレーン工法と固化破碎土の併用－、第 66 回 (2022 年度) 北海道開発技術研究発表会、2023.2.
- 3) 永多朋紀、稲澤豊、甲岡宏次：北村遊水地における堤防盛土の改良工法について、第 63 回 (2019 年度) 北海道開発技術研究発表会、pp.737-742、2020.2.
- 4) 宮下千花、井上玄己、宮武裕昭、澤松俊寿、森芳徳：セメント・石灰改良土の異なる養生環境下での強度特性、第 52 回地盤工学研究発表会、2017.7.
- 5) 一般社団法人セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル第 5 版、p.61、2021.10.