

流動化処理土と未処理土の力学挙動の違いと構造，過圧密に基づく解釈

名古屋大学（学）西穀 伊藤勇志 内藤陽介 李琪
名古屋大学（正）中野正樹 山田英司

1. 背景

循環型社会やゼロエミッションという観点から、土木分野でも建設発生土や産業副産物の実務的な有効利用を積極的に行うようになってから久しい。その有効利用の仕方は様々あり、改良による強度増加や周辺環境に与える影響などは調査されているが、改良原理そのものを力学挙動から学術的に記述した研究はほとんど見られない。

本研究では 1980 年代から軟弱な地盤材料等を施工するために利用されているものの、やはり改良原理などについて触れられてこなかった流動化処理工法を題材とし、処理前後の材料について各種室内試験結果を比較することにより、その改良原理の把握を試みた。

2. 未処理土の物性

本研究では改良に用いる元の材料に、実施工で利用する物に近い材料として名古屋市緑区桃山地区の地山の土を取り上げた。以下、図表・文中では未処理土（桃山）として示す。

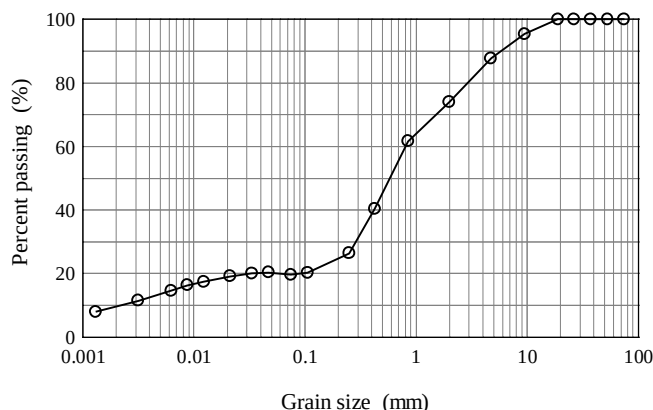


図 1 未処理土（桃山）の粒径加積曲線

では、ここで各種物性試験から得られた未処理土（桃山）の物理特性を示す。土粒子密度は、 2.664g/cm^3 であった。液性限界 34.3%、塑性限界 24.3%であり、塑性指数は 10.0 であった。また、粒径加積曲線は、図 1 に示したとおりである。図 1 から礫分 26%、砂分 54%、シルト・粘土を含む細粒分は 20%と非常に粒径幅が広く、典型的な砂とも典型的な粘土とも言えない中間土的な地盤材料であると言える。

3. 流動化処理土の配合設計

本研究で作製した流動化処理土の配合は表 1 のとおりである。配合する固化材や泥水の量は当然元の材料によって変わり、フロー値、ブリージング（材料分離）率、一軸圧縮強度により評価するわけであるが、本研究ではブリージング率が 1%以下で、28 日養生が一軸圧縮強度 $250\sim 300\text{kN/m}^2$ で実施工でも十分に施工可能なものとして配合を決定した。また室内試験に用いた流動化処理土は全てモールド内で 28 日間養生したものを使用しており、以下、図表・文中では流動化処理土として示す。

表 1 流動化処理土の配合設計

配合量	泥水密度	g/cm^3	1.6
	発生土	kg/m^3	1091.85
	水	kg/m^3	466.05
	固化材	kg/m^3	80
処理土密度			g/cm^3 1.638

4. 流動化処理前後の力学挙動の違い

4.1 標準圧密試験

未処理土（桃山）と流動化処理土の標準圧密試験による圧縮曲線（比体積 v ～鉛直応力 σ_v 関係）を図 2 に示す。ここで未処理土（桃山）の供試体は水中落下法により作製した。

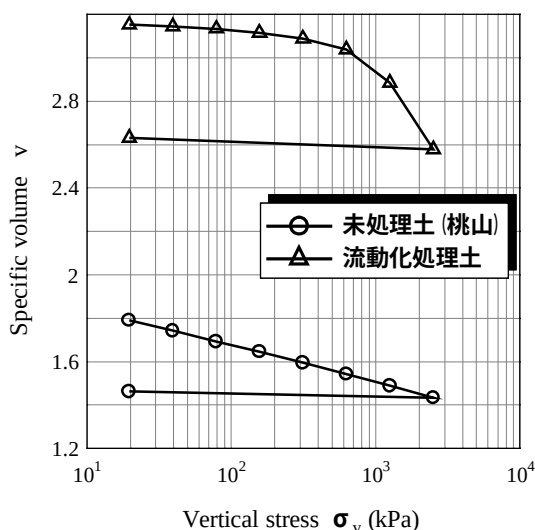


図 2 改良前後の圧縮特性

図2から未処理土(桃山)の圧縮曲線はほぼ直線を示しており、構造も過圧密も有していない練返し正規圧密土に見える。一方、流動化処理土は未処理土(桃山)に対して非常に大きな比体積であるにもかかわらず、627.2kPa以下の比較的小さな応力下では未処理土(桃山)よりもその圧縮性は小さく、除荷時の膨潤線とはほぼ平行になっており、627.2kPa以上の高応力下で大圧縮を起こしている。

比体積が大きくなったのは、泥水を混合した影響が大きく、低応力下で圧縮性が小さいのは水和反応による固化によるものであると考えられる。材料としては未処理土(桃山)が改良することにより、比体積の大きな嵩張った材料となるが、ある一定の応力までは圧縮性は小さく、超過圧密粘土に類似している。

4.2 側圧一定非排水三軸せん断試験

図3は未処理土(桃山)と流動化処理土(28日養生)の側圧一定非排水三軸せん断試験結果である。試験は直径5cm、高さ10cmの円筒供試体を拘束圧294kPaで等方圧密した後、ひずみ速度0.007mm/minで非排水単調載荷した。ここで図3の比体積 v ～平均有効応力 p' 関係の白抜きの○は、等方圧密過程直前の初期状態の比体積で拘束圧は19.6kPaである。比体積 v ～平均有効応力 p' 関係を見ると図2の標準圧密試験と同様に、未処理土(桃山)に比べ流動化処理土は大きな比体積を有しているが、軸差応力 q を見ると2倍近くの強度を持っていることがわかる。

図4は、(a) 構造を有する過圧密粘土と(b) 中詰め砂(構造、過圧密を有する)の非排水三軸圧縮試験結果(有効応力パス $q \sim p'$ 関係)である¹⁾。浅岡(2003)は、SYS Cam-clay model²⁾による計算から2つの挙動の違いを、「構造」の喪失、「過圧密」の解消の仕方の違いで説明している。すなわち、粘土は先に過圧密が解消し(図4(a)のパスA)、その後構造が喪失する(同パスB)。逆に砂は、最初に構造が破壊し(図4(b)のパスB)、その後過圧密が解消する(同パスA)。

この構造、過圧密の概念に照らして、図3の未処理土(桃山)と流動化処理土の有効応力パスを考察すると、未処理土(桃山)は中詰め砂に、流動化処理土は高位な構造がほとんど壊れない過圧密粘土に対応する。今回、流動化処理という改良によって砂的な材料が粘土的な材料に変化した。

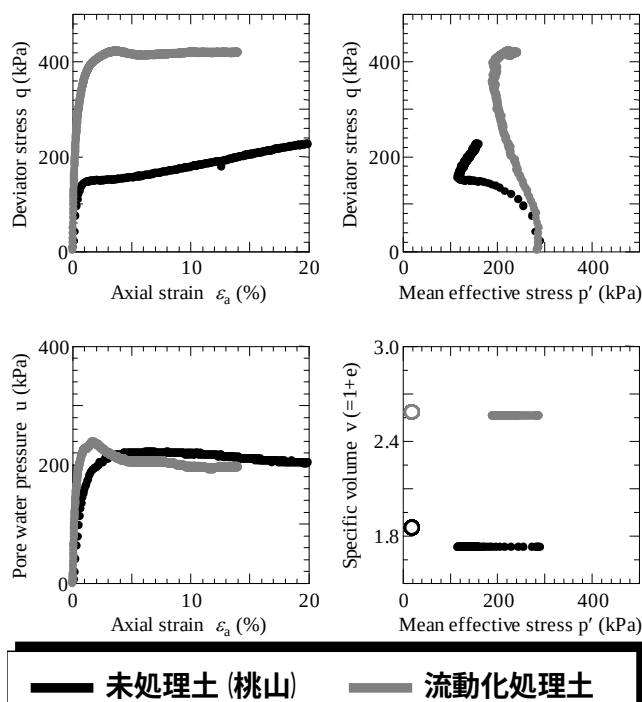
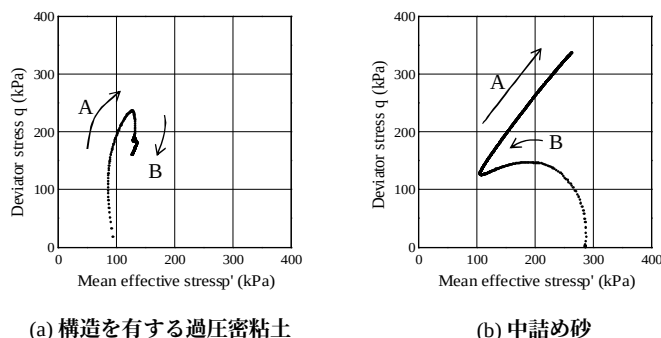


図3 改良前後のせん断特性



(a) 構造を有する過圧密粘土

(b) 中詰め砂

図4 構造を有する過圧密土の非排水せん断挙動 おわりに

流動化処理土と未処理土の力学試験からその違いを解釈し、流動化処理土の改良原理を検討した。今回未処理土は中間土材料であったが、流動化処理により、高位な構造で、しかも構造劣化が非常に小さい過圧密粘土に改良したと解釈できる。

謝辞

徳倉建設(株)の三ツ井氏、和泉氏に、流動化処理土の試料の提供、助言を頂いた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Asaoka, A. (2003): Consolidation of Clay and Compaction of Sand - An elasto-plastic description -, Keynote lecture, Proc. of 12th Asian Regional Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Leung et al. Singapore, Aug., Vol.2, pp.1157-1195
- 2) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, E., Kaneda, K. and Nakano, M. (2002): An elasto-plastic description of ..., S&F, Vol.42, No.5, pp.47-57.