

Ⅲ－6

繰返し三軸試験機を用いた液状化抵抗メカニズム

東北学院大学 学生員 ○菊池睦月 星 直樹
東北学院大学 正会員 飛田善雄 山口 晶

1. 研究の背景と目的

液状化対策としての現在の薬液改良工法は、改良目標が一軸圧縮強さで100kPa程度であり、高濃度薬液を使用するために必要以上の強固な地盤作成となり、極めて不経済である。そこで、低濃度薬液改良工法が注目されており改良効果も確認されている^{1),2)}が、メカニズムは未だ不明である。本研究では、非排水繰返し三軸試験を改良砂と未改良砂について行い、特にダイレイタンシー特性と間隙水の流れの影響に着目して液状化抵抗メカニズムを検討する。

2. 実験条件

表-1に実験条件を示す。本研究では、試料に豊浦砂を用いて未改良砂と改良砂について非排水繰返し三軸試験を行った。未改良砂については、相対密度(Dr)を80%（密詰砂）と60%（緩詰砂）とした。改良砂はDr=60%とし、シリカ濃度3%の薬液を用いて養生期間を1日と4日とした。

3. 実験結果

以下に記すのは、同程度の応力振幅Test9～Test12の実験結果である。

図-1に過剰間隙水圧比時刻歴を示す。緩詰砂(Test9)、両改良砂(Test11, Test12)において過剰間隙水圧比の上昇傾向にさほど変化は無く、初期液状化（過剰間隙水圧比1.0）までの過剰間隙水圧比上昇は密詰砂が最も遅い。しかし、両改良砂(Test11, Test12)は初期液状化以降の過剰間隙水圧比が繰返し载荷に伴って低下し、有効応力の回復が多いことを示している。

図-2に軸ひずみ時刻歴を示す。両改良砂(Test11, Test12)ではひずみが進行するにつれてその発達は抑制され、除々に収束に向かっているのが確認できる。また、改良砂の養生日数が長いほどこの傾向は顕著であった。

図-3に有効応力経路を示す。緩詰砂(Test9)と比較して、4日養生改良砂(Test12)では有効応力の回復・低下を繰返し、破壊までに時間がかかっている。これは、密詰砂特有の挙動「サイクリックモビリティ」と類似している。ダイレイタンシーの違いを明確にするため、図-4に有効応力経路から求めた破壊線と変相線を示す。破壊線と変相線で囲まれた領域が正のダイレイタンシーを発揮する領域である。密詰砂(Test10)と比較して、4日養生改良砂(Test12)では破壊線の勾配がきつくなり、この領域が特に圧縮側で拡大している。

図-5に軸ひずみ軸差応力曲線を示す。未改良砂と改良砂を比較すると、特に4日養生改良砂(Test12)では载荷を繰返す度にひずみの発達が抑制され、両振幅ひずみ5%を越えたあたりから圧縮側で顕著に収束に向かっている。

4. 考察

以上の実験結果から、考えられる液状化抵抗メカニズムについて検討を行う。

有効応力の回復・低下はダイレイタンシーの変化によるものであり、特に正のダイレイタンシーの増大によるダイレイタンシー特性の改善が、改良砂での初期液状化以降でひずみの発達を抑制することに起因すると考えられる。また、間隙水の流れも影響していると思われる。未改良砂は間隙が水で満たされており、繰返しせん断に伴う間隙の変形に対して容易に変形を許し、透水性が高いために間隙水の流れが速いので砂骨格が破壊しやすい。これに対して改良砂は、間隙が透水性が低いゲル化した薬液で満たされているため、せん断による間隙の変形に抵抗性を示し、間隙水の流れも遅くなるために流動的な破壊には至らないと思われる。

表-1 実験条件

	応力振幅 (kPa)	応力比	相対密度 (%)	薬液濃度 (%)	養生期間 (日)
Test1	41.7	0.21	60	0	0
Test2	40.5	0.21	80	0	0
Test3	43.9	0.22	60	3	1
Test4	45.6	0.23	60	3	4
Test5	49.7	0.25	60	0	0
Test6	50.0	0.26	80	0	0
Test7	52.2	0.27	60	3	1
Test8	50.6	0.26	60	3	4
Test9	60.9	0.31	60	0	0
Test10	57.8	0.30	80	0	0
Test11	62.1	0.32	60	3	1
Test12	59.6	0.30	60	3	4

これらのメカニズムから、低濃度薬液改良砂では特に初期液状化以降でひずみの発達を抑制し、液状化抵抗性を発揮すると考えられる。

5. 結論

本研究では、非排水三軸試験を改良砂と未改良砂について行い、低濃度薬液での液状化抵抗性の向上を確認した。実験結果から、ダイレイタンスー特性の改善と、薬液のゲル化による透水性の低下による間隙の流の影響により、特に初期液状化以降で液状化抵抗性が発揮されることを示した。また、薬液は養生日数が長い程ゲル化が進行し、液状化抵抗性が増大することを明らかにした。しかし、低濃度薬液での完全なゲル化は望めないため、どの程度の薬液濃度・養生日数で降雨等によるゲルの溶脱を防ぐことが出来るのか、更に検討が必要である。

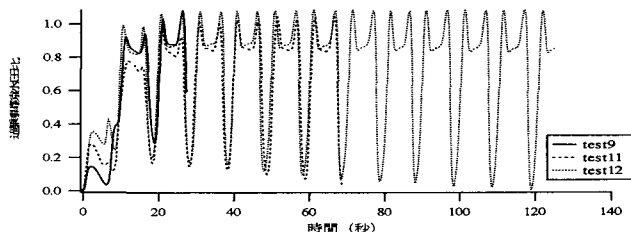


図-1 過剰間隙水圧比時刻歴

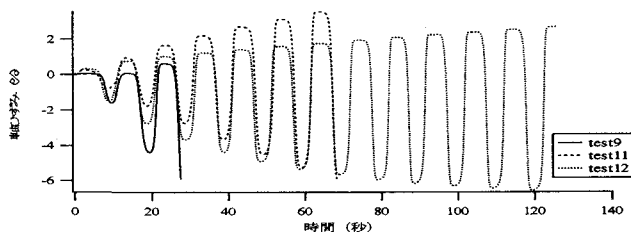


図-2 軸ひずみ時刻歴

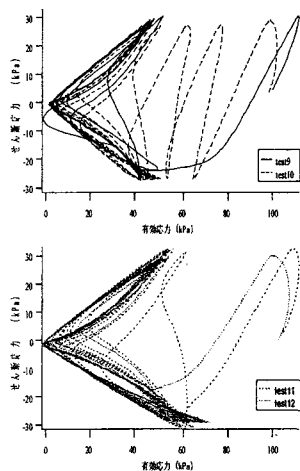


図-3 有効応力経路

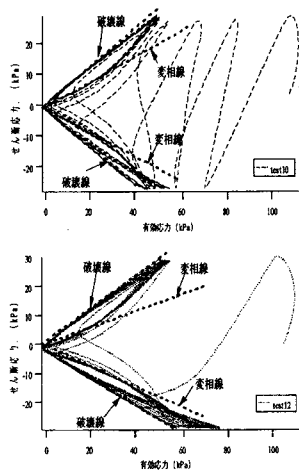


図-4 有効応力経路

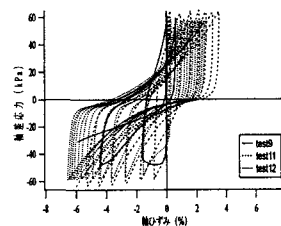


図-5 軸差応力-軸ひずみ曲線

- 1) 日下部伸ほか：現場注入によるシリカ薄液改良体の液状化抵抗，第35回地盤工学研究発表会，pp. 2429－2430，2000.
- 2) 日下部伸ほか：薬液注入による低強度改良砂の液状化抵抗，第33回地盤工学研究発表会，pp. 87－88，1998.