

初期せん断弾性係数による薬液の固化過程の評価

東京都市大学

学生会員

○中川 健太郎

東京都市大学

正会員

末政 直晃

東京都市大学

正会員

片田 敏行

東京都市大学

非会員

山下 直人

強化土エンジニアリング(株)

正会員

佐々木 隆光

1. はじめに

液状化対策工法の一つに薬液注入工法が挙げられる。この工法は、薬液を低圧で注入し、地盤の骨格の構造を変えずに地盤内の間隙水を薬液と置換することで、地盤を改良する工法である。しかし、薬液注入による強度発現メカニズムは未だ不明確であり、施工方法や地盤特性の違いが薬液改良体の形状、改良強度に及ぼす影響が把握されていないことが課題である。そのため、現状では、設計強度の2倍で室内試験を行い、配合試験を実施することで対応している。本研究では、薬液改良強度の発現メカニズムを目的とし、波動試験の一つであるベンダーエレメント試験を実施し、初期せん断弾性係数の計測を行った。本報告では薬液の一つであるシリカゾルの長期耐久性、シリカの容脱が初期せん断弾性係数に及ぼす影響について検討した。

2. ベンダーエレメント試験

図1にベンダーエレメント計測ユニットを示す。計測ユニットは、土槽、ベンダーエレメント、ファンクションジェネレータ、オシロスコープで構成されている。表1に豊浦砂の物性値、表2にシリカゾルの試験条件をそれぞれ示す。供試体は、空中落下法にて、豊浦砂を相対密度約80%になるように充填した。その後、シリカゾルを土槽下部の注入口より土粒子骨格を乱さないように低圧で浸透注入し供試体を作製した。一回の測定につき、ファンクションジェネレータから送信用ベンダーエレメントに入力する電圧波形は±10Vの単一sin波とし、使用周波数帯は、状況に応じて2~20kHzで行った。ベンダーエレメント試験の解析には、送信波と受信波の立ち上がりからせん断波の送信時間と到達時間を読み取り、その差分を伝播時間とする start-to-start 法を用いた。

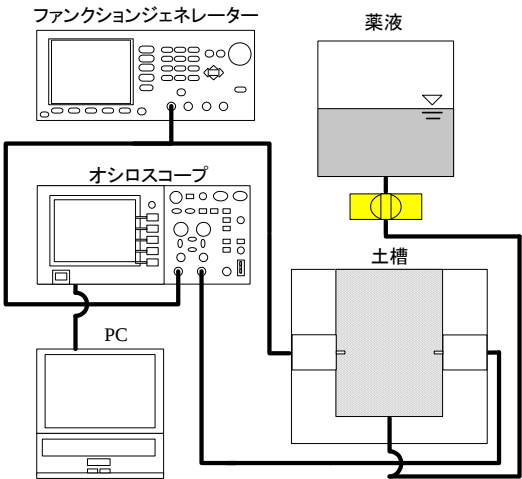


図1 ベンダーエレメント計測ユニット

3. シリカゾルの長期耐久性試験

3-1. 試験概要

表3にシリカゾルの長期耐久性試験における薬液配合表(Case1)を示す。シリカゾルは活性シリカコロイド等の薬液と比べホモゲルの体積収縮が大きい¹⁾ため、一度構成したゲルの構造が収縮に伴い、破壊し劣化すると考えられている。このことから、初期せん断弾性係数が上昇した後、低下すると予想される。ベンダーエレメント試験での測定を長期に亘って行い、初期せん断弾性係数の低下の有無を検討した。土槽は、幅40mm×奥行き150mm×高さ150mmの塩化ビニル製のものを使用し、ベンダーエレメントは土槽底面から高さ75mmの位置に設置した。計測時間については注入時より72時

表1 豊浦砂の物性値

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	最大間隙比 e_{max}	最小間隙比 e_{min}
2.64	0.986	0.621

表2 試験条件

薬液	シリカ濃度(%)	ゲルタイム(h)
シリカゾル	12	3

表3 薬液配合表(500mlあたり)

		配合量(g)
A液	水ガラス	206.96
	水	150
B液	中和剤	97.19
	水	141.71

キーワード ベンダーエレメント, 薬液注入, 初期せん断弾性係数

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-0104 E-mail:g1181710@tcu.ac.jp

間経過時までは定期的に行い、その後は一週間毎に計測を行った。

3-2. 試験結果

図2にシリカゾルの長期耐久性試験による初期せん断弾性係数の経時変化を示す。注入時より63日間計測を行った結果、14日まで初期せん断弾性係数は増加していることが確認できる。14日から21日までは初期せん断弾性係数はほぼ一定を示し、21日から42日にかけてまた増加傾向を示し、その後、初期せん断弾性係数は一定となった。長期耐久性に問題があるとすれば、初期せん断弾性係数が上昇した後、低下すると推察していたが、63日間の計測では確認できなかった。しかし、ベンダーエレメント試験を用いて、薬液改良体内部を長期計測できることが確認できた。

4. シリカ溶脱による改良体内部の劣化状況

4-1. 試験概要

図3に本実験で使用した土槽を示す。土槽は、幅40mm×奥行き150mm×高さ230mmの塩化ビニル製のものを使用し、ベンダーエレメントは土槽底面から高さ75mm、140mm、205mmの位置に3箇所設置した。薬液改良体は、シリカ含有量が高いほど改良強度が大きくなり、低いと改良強度が小さくなることが確認されている。このことから、改良体はシリカの溶脱に伴い劣化すると考えられる。本実験では、シリカの溶脱に伴う改良強度の劣化を検討するため、薬液固化後、土槽上部に空けた隙間に水を浸し、その水を定期的に入れ替えることでシリカの溶脱を促進させ試験を行った。使用した試験装置、試験条件は3-1と同様だが、土槽に注入する際、薬液の量が増えるため、薬液の配合量は表3と同様のものを700ml注入した。計測時間についてはシリカゾルの長期耐久性試験と同様に行った。

4-2. 試験結果

図4にシリカ溶脱による改良体内部の劣化状況の経時変化を示す。注入時より56日間計測を行った結果、Case2の上、中、下の3箇所とも7日まで比較的同様な傾向で初期せん断弾性係数は上がっていると言える。また、21日から56日では、計測深度が大きい順に初期せん断弾性係数は高い値を示した。Case2の中、下に注目すると7日から21日の間にも上昇している。Case2の下に関しては、21日以降も増加傾向にある。中は21日から56日は安定している。Case2の上は14日まで上昇しているが、21日以降には低下を示している。このことから、土槽上部に近いほど劣化傾向にあり、上部からのシリカの溶脱の影響があると考えられる。また、今回実施したように複数のベンダーエレメントを用いて、長期計測することによって、薬液改良体内部の劣化状況を捉えることが可能であることを確認できた。今後、より長期に亘って計測を行い、データを取ることでシステムの長期安定性と劣化現象を把握する必要がある。

5. まとめ

- ・ベンダーエレメント試験により、薬液改良体内部を長期的に計測できることが確認できた。
- ・複数のベンダーエレメントを用い、長期的に計測することによって、薬液改良体内部の劣化状況を把握することが可能であることが確認できた。

<謝辞>本研究の実施にあたり、東京都市大学の山下直人氏にはご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

1)地震と地盤の液化化-恒久・本設注入によるその対策-：東畑郁生，島田俊介，米倉亮三，社本康広

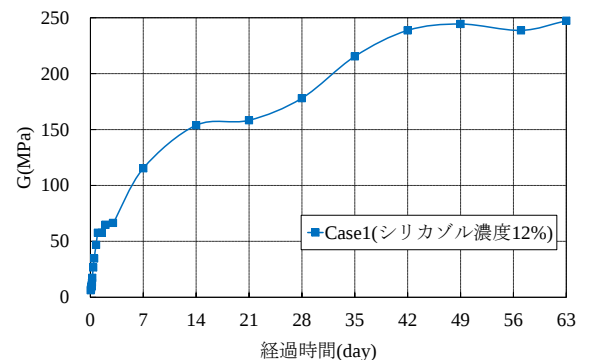


図2 シリカゾルの長期耐久性試験結果

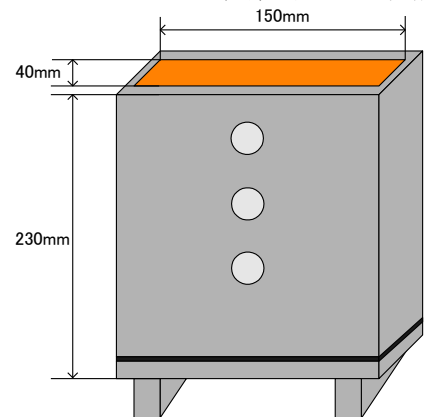


図3 土槽

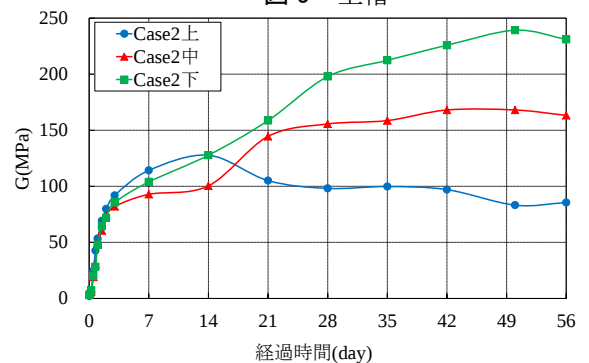


図4 劣化状況結果