

Ⅲ－４

浸透破壊パターンに及ぼす透水性の影響

東北学院大学
東北学院大学 正会員

学生員 ○遊佐 浩二 増岡 郁子
飛田 善雄

１．研究の背景と目的

薬液注入による地盤改良工法は、今まで掘削工事などの仮設構造物への適用が中心だったが、最近では永久構造物への適用も試みられている。現在、液状化対策への薬液注入工法による改良効果の暫定評価基準は、一軸圧縮強度で100kPaである。このような強度を満足するためには10%以上の濃度の薬液を使用することになり、不経済な工法となる。しかし、砂地盤が液状化を起こす要因は負のダイレイタンスであり、液状化の基本的メカニズムの観点からは、変形特性で改良効果を評価すべきことになる。事実、中濃度の薬液固結体では、ダイレイタンスが変化し初期液状化に至る繰り返し回数が大きくなる。さらに低濃度の薬液固結体では、初期液状化に至る繰り返し回数は未改良砂と変化しないが、初期液状化後のひずみの発生は著しく抑えられる。液状化をひずみの大きさに判断する場合、大きな抵抗性を示すことになる。このような挙動をもたらす1つのメカニズムとして、間隙水の流れの影響が考えられる。未改良砂では間隙水の流速が大きく、砂骨格を崩壊させる。一方低濃度であっても薬液固結体では、水の流れに対する抵抗性が大きくなり、砂骨格の崩壊が抑えられる事で、ひずみが極端に増加しない、と考えられる。以上を背景とし、水の流れに着目し、低濃度薬液が水の流れに本当に大きな抵抗を示すのか、またどの程度の濃度までそのような抵抗性が期待できるのか、そしてなぜ大きな抵抗性を示すのかを明らかにするために、クイックサンド実験を行った。

２．２次浸透破壊実験

図-1に示す実験装置を用いて、薬液固結砂の供試体を作成し、供試体の矢板を境に片側から水を入れ、動水勾配を上げていきクイックサンド実験を行った。試料は豊浦砂を使用した。

供試体作成の手順は、初めに薬液を所定の薬液シリカ濃度になるように作成し、水槽に入れる。その後供試体が緩詰めになるように砂を詰め、所定の日数放置して供試体を養生した。その際、薬液シリカ濃度は3%、2%、1%の3パターンで、それぞれについて養生期間は11日間と3日間の2パターンで、それぞれの組み合わせにより6パターンの実験を行った。

３．薬液の配合について

従来の注入工法では水ガラス系が用いられていたが、長期的な強度が持たず、溶脱しやすい固化体となる。従って、恒久的な地盤改良に注入工法を使用するためには、珪酸ソーダが弱酸性の領域で安定する薬液を用いれば良いことになる。よって本実験では、浸透性及び耐久性に優れた、水ガラス系の恒久グラウト材料を使用した。薬液のシリカ濃度は3%、2%、1%とした。その配合を表-1に示す。配合方法は、A液とB液をそれぞれ攪拌して用意し、B液を攪拌しているところへA液を少量ずつ加えていく方法で混合した。

４．実験結果

2. の条件で実験を行った結果、間隙比と破壊時動水勾配の関係は、図-2のようになり、一軸圧縮試験の結果、応力-ひずみ曲線は、図-3のようになる。図中に示す線はTaylorによる限界動水勾配を示している。薬液シリカ濃度で比較すると、薬液固結砂の破壊時動水勾配は、薬液シリカ濃度が高いほど高くなり、限界動水勾配より高くなっている。養生期間ごと

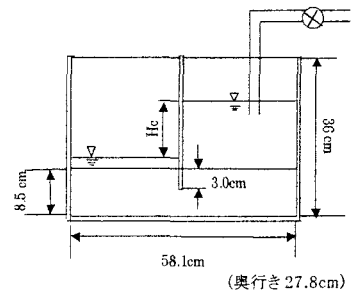


図-1 2次浸透破壊実験装置

表-1 配合表

種類		シリカ濃度		
		1%	2%	3%
A液	3号珪酸ソーダ	71.5ml	142.9ml	206.2ml
	水	3107ml	3032ml	2966ml
B液	硫酸	7.2ml	14.3ml	20.6ml
	硫酸バンド	87.4g	87.3g	87.2g
	水	3806.9ml	3806.9ml	3806.9ml

較すると、11日間では破壊時動水勾配は、薬液シリカ濃度が高いほど高くなり、限界動水勾配より高くなっている。しかし3日間では、破壊時動水勾配は、限界動水勾配より高くなっているが、薬液シリカ濃度が高いほど高いという傾向ではない。

また、図-3より一軸圧縮強度は、薬液シリカ濃度3%においても約20kPaしかなく、高い強度ではないことがわかる。

破壊の形状は、養生期間3日間の場合、薬液シリカ濃度3%、2%、1%の固結砂地盤においては未改良砂の破壊時に見られるボイリングが観察された。しかし養生期間11日間の場合、薬液シリカ濃度3%と2%の固結砂地盤では、養生期間3日間の場合の破壊に見られたボイリングは見られず、水道が発生し、薬液により固結したブロック状の砂を破壊していく様子が観察された。薬液シリカ濃度1%の固結砂地盤においては、養生期間3日間の場合と同じボイリングの破壊が観察された。

5. 考察

今回の実験の破壊パターンを大きく分類すると2つのパターンに分けられる。まず第1にボイリングを起こさずにブロック状で破壊に至ったパターン、第2には激しくボイリングを起こして破壊に至ったパターンである。ボイリングを起こさずに破壊した供試体は、薬液シリカ濃度3%養生期間11日間と薬液シリカ濃度2%養生期間11日間の2ケースである。これらは他の供試体と比較して薬液シリカ濃度が高く、養生期間も11日間と長かった。よって、ある程度の濃度で適切な養生期間が得られたために、間隙がゲル状になり水の流れに対する抵抗性が大きくなったと考えられる。従って水の流れによる砂骨格の崩壊が抑えられ、クイックサンド現象に対して大きな抵抗性を示すことになり、ブロック状での崩壊に至ったと考えられる(図-4)。ボイリングを起こして破壊した供試体は、液状化現象に対して抵抗性を示すには薬液シリカ濃度が低すぎたり養生期間が短すぎたりしたと考えられる。よって、水の流れに対する抵抗性が改良されず砂骨格の崩壊を抑えることができずに、激しくボイリングを起こして破壊に至ったものと考えられる(図-5)。

また一軸圧縮強度試験の結果から、現在の液状化現象への薬液による改良効果に対する暫定的な評価である一軸圧縮強度100 kPaを満たしていても、水の流れに対して抵抗性を示せば液状化に対して大きな抵抗を示すことになり、液状化への改良効果は期待できると考えられる。

6. 結論

低濃度の薬液固結体を作成し、クイックサンド実験を行い破壊の様子を観察した結果、次のことが言える。

- (1) 薬液の養生期間は、低濃度になるほど長期間を要するため、水の流れに抵抗するためには、3%程度の薬液は2週間程度の養生期間が必要である。
- (2) 薬液シリカ濃度3%では、水の流れに対する抵抗性が大きく改良効果があるが、2%では安定した効果が期待できないため、使用には危険性がある。
- (3) 破壊パターンでは未改良砂と改良砂の歴然とした違いが見られ、低濃度の薬液固結砂でも水の流れに対して大きな抵抗性を持つと言える。

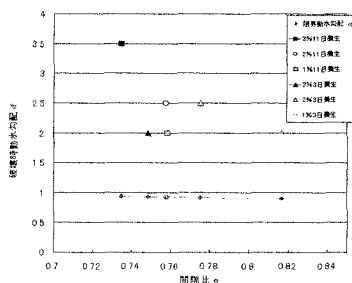


図-2 破壊時動水勾配 i_f と 間隙比 e の関係

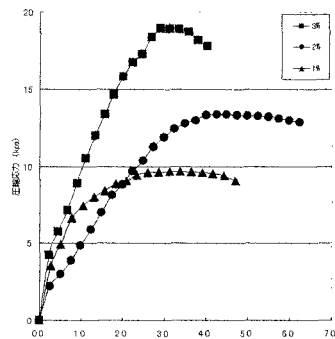


図-3 応力-ひずみ曲線

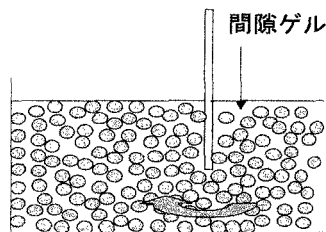


図-4 薬液固結砂地盤

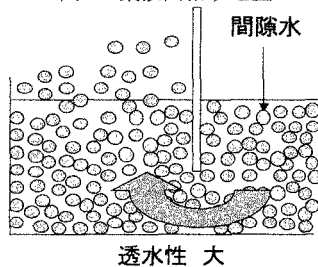


図-5 未改良砂地盤