

切削効率を高めた高圧噴射攪拌工法の開発 (1)  
 一気中噴射試験及び PIV 計測による切削効果検証一

戸田建設(株) 正会員 ○下坂 賢二, 赤塚 光洋  
 太洋基礎工業(株) 正会員 大野 康年, 伊藤 孝芳  
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一

1. はじめに

著者らは、切削能力の向上による排泥の減容化を目的とした新しい高圧噴射攪拌工法の開発に取り組んでいる。本開発では、従来の水噴射による切削方法に替えて、水を吸水させた高吸水性ポリマー材の噴射と研磨材としての砂の噴射による切削能力の向上に着目した。本開発の切削水は、吸水膨張させた高吸水性ポリマー材が懸濁した粘性を有する水溶液で、これまでの研究<sup>1)</sup>で水噴流に比べて拡散が少なく噴射距離による減衰が少ないことが確認されている。本報告では、切削効果の高い高吸水性ポリマー材を選定することを目的に、高吸水性ポリマー材の吸水時の粒径、水溶液の粘性をパラメータとした気中における噴射試験結果と PIV (Particle Image Velocimetry 粒子画像流速測定法) による噴射流速計測結果を報告する。

2. 試験方法

試験は気中においてロッドの先端に装着されている専用噴出口 (モニタ) を鉛直に設置し、ジェット水流をコンクリート受圧板 (圧縮強度 20N/mm<sup>2</sup>) に向けて噴射し、受圧板の切削深さと質量減少量を測定した。受圧板の位置は、距離による圧力減衰を確認するため、モニタノズル噴出口から 50cm, 100cm, 150cm の3ケース実施した。試験概要図および試験条件を図1に示す。

3. 試験ケース

高吸水性ポリマー材には、噴射ノズル口径 2.1mm に対し吸水時の粒径がその前後となるよう粒径、吸水性能の異なる材料を用いた。試験ケースを表1に示す。高吸水性ポリマー材の吸水能力は、浸透圧作用によるもので、ポリマーをとりまく外部溶液のイオン濃度が大きく影響する。既往の研究<sup>2)</sup>では、高吸水性ポリマー材の吸水特性を把握するため、溶液の電気抵抗の逆数である電気伝導率 (Ec) とポリマー吸水倍率 Q の関係を明らかにしている。本試験も同様に各材料の Ec と Q の関係を測定し、吸水時の粒径を算定した。各材料の Ec と Q の関係を図2に示す。また、各材料の噴射試験結果より効果の高いポリマーについて、水溶液の粘性を変化させ効果を確認した。粘性を表す指標とし

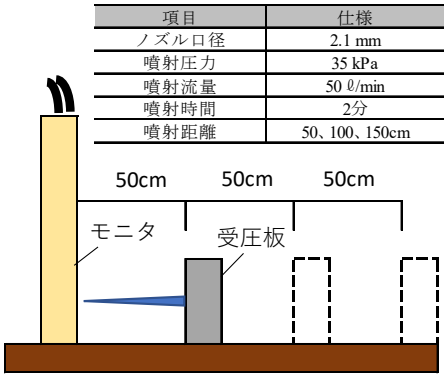


図1 試験概要図および試験条件

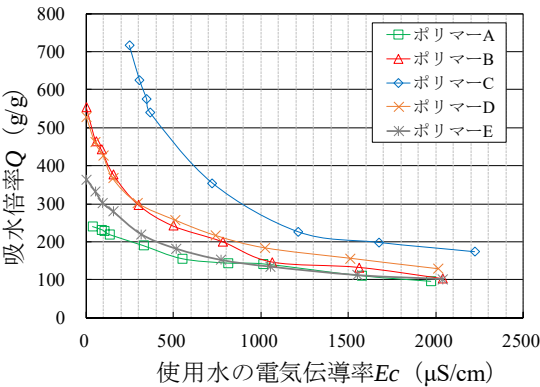


図2 各材料の Ec と Q の関係

表1 試験ケース

| ポリマー種別 |        | A     | B     | C     | D     | E     | 備考  |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 主原料    |        | アクリル酸 | アクリル酸 | アクリル酸 | アクリル酸 | アクリル酸 |     |
| 外観     |        | 白色粉末  | 白色粉末  | 白色粉末  | 白色粉末  | 白色粉末  |     |
| 嵩比重    | g/ml   | 0.6   | 0.56  | 0.6   | 0.58  | 0.58  |     |
| 平均粒径   | 吸水前    | mm    | 0.3   | 0.196 | 0.035 | 0.384 |     |
|        | 吸水後    | mm    | 1.81  | 1.4   | 0.27  | 2.46  | 算定値 |
| 吸水性能   | イオン交換水 | g/g   | 261.2 | 553.8 | 1092  | 528.5 | 試験値 |
| 水溶液濃度  | ppm    | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  |     |



写真1 高吸水性ポリマー材

キーワード 高圧噴射攪拌工法, 地盤改良, 排泥削減, 高吸水性ポリマー

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋1丁目18-1 戸田建設(株) 価値創造推進室 技術開発センター TEL03-3535-2641

ては泥水用の流下式粘度計で測定するファンネル粘性  $F_v$  を用いた。

#### 4. 試験結果

各ケースの噴射距離と最大切削深さの関係を図3に、噴射距離と壊食による質量減少量の関係を図4に示す。試験結果より、各ケースとも噴射距離150cmでは水噴射と比較して最大切削深さの増加、壊食による受圧板の質量減少量の増加が見られる。その中で最も大きな効果がみられるのはポリマーB（吸水粒径  $d=1.40\text{mm}$  ノズル口径の67%）で、最大切削深さは水噴射の1.5～2倍以上の増加、質量減少量で1.3～1.8倍の増加がみられた。また、噴射距離50cm地点より150cm地点における最大切削深さの減衰は、水噴射にて30%の減衰に対してポリマーC（吸水粒径  $d=0.27\text{mm}$ ）以外は減衰が生じておらず、質量減少量も噴射距離による減衰は生じていない。

粒径変化で最も効果の高かったポリマーBについて、ポリマー水溶液の粘性変化（＝水溶液濃度）による効果を確認した。ファンネル粘性  $F_v$  と最大切削深さの関係を図5に、質量減少量の関係を図6に示す。最大切削深さ、質量減少量とも噴射距離に関わらず、概ね  $F_v=100\sim150$  秒で最大効果を発揮することが確認できる。

#### 5. PIV（粒子画像流速測定法） 計測結果

PIVは流体中の粒子画像により2次元平面内の速度および方向を非接触で求めることができる流体計測手法である。前記の噴射試験の条件で、水噴射とポリマーB水溶液噴射のPIV計測を比較した。測定結果を図7に示す。水噴射の平均流速は、約50～150m/sで噴射距離が100cmから圧力減衰により拡散および流速低下している状況を確認できる。一方、高吸水性ポリマー水溶液の平均流速は、約250～350m/sで距離による拡散が少なく速度が持続されている。

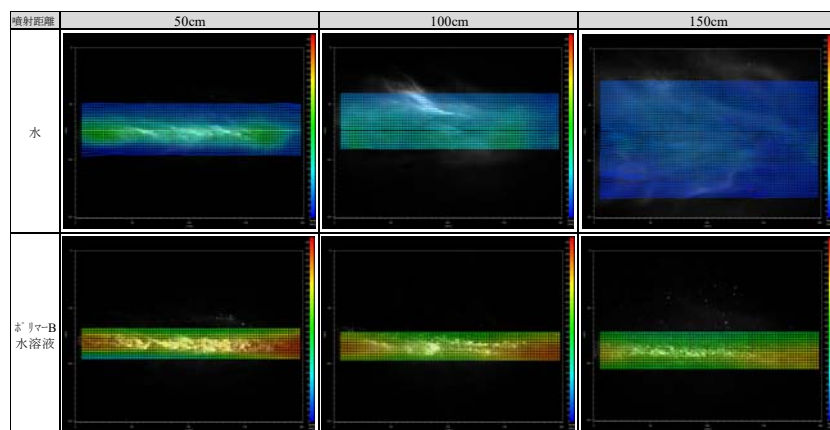


図7 PIV計測結果（上段：水、下段：高吸水性ポリマー水）

#### 6. おわりに

気中における噴射試験で、水噴射と比較して拡散が少なく噴射距離による減衰が少ない高吸水性ポリマー材の特性が確認できた。本試験結果をもとに、フィールド試験施工を通じて有効性を検証していく。

#### 参考文献

- 1) 下坂賢二他：切削効率を高めた高圧噴射攪拌工法の開発(1)，土木学会第74回年次学術講演会 VI-678, 2019
- 2) 浅野均他：高吸水性ポリマー材を利用した地盤掘削安定液の基本性状と場所打ち杭工法への適用，土木学会論文集 F1, Vol.73, No.2, 71-87, 2017

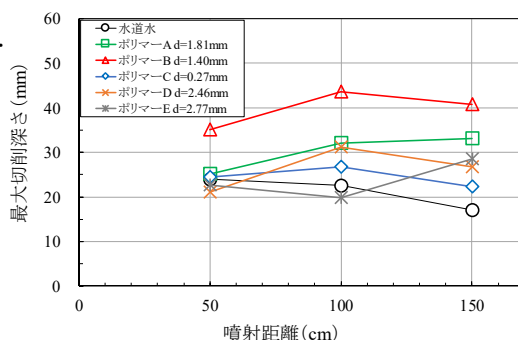


図3 最大切削深さ～噴射距離

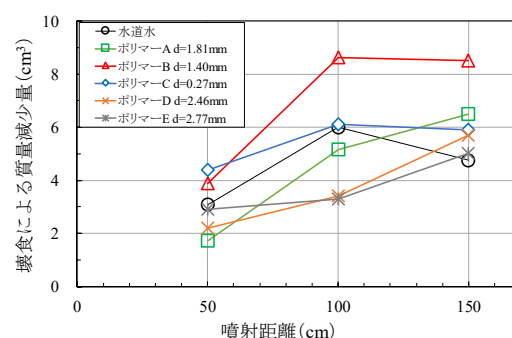


図4 壊食による質量減少量～噴射距離

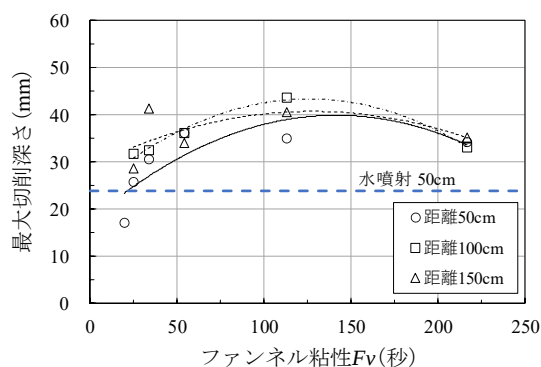


図5 ファンネル粘性～最大切削深さ関係

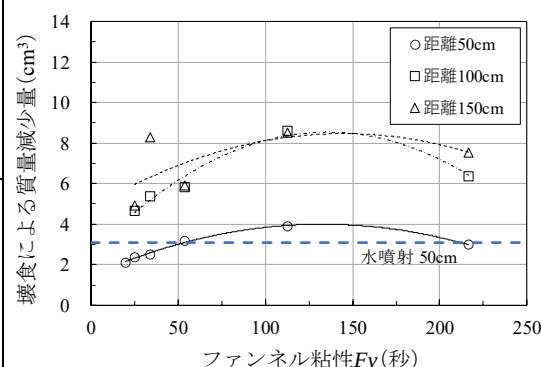


図6 ファンネル粘性～壊食による質量減少量