

前田建設工業㈱技術研究所 正〇熊谷 浩二 小口 深志 赤坂 雄司

1. まえがき 薬液注入は、地盤改良工法のひとつであり、地盤の止水や強度増加を目的として仮設的に利用されている。したがって、以後に続く主体工事の安全確実な施工のために、改良目的を満足しているかどうかの判定は完全を期す必要がある。しかし、注入効果の発現には、地盤条件をはじめいくつかの要因が絡み合っているため、現状では種々の調査項目を組み合わせている。<sup>1)</sup>

前報<sup>2)</sup>までに、効果判定の実施例やその精度についての検討結果を報告している。本報では、注入効果の評価に係る項目のひとつである注入固結土の連続性について報告する。

2. 注入孔間隔と注入固結土の連続性 注入孔1孔ごとにできる注入固結土の特性（止水性、強度）とともにこれらの相互の連続性が注入効果に大きな影響を及ぼしている。つまり、1孔ごとの注入固結土相互の間に多少の未改良部が生じていて、なおかつその未改良部がつながってしまった場合、注入固結土単体の特性がよくても水ミチとして湧水や崩壊を生じさせてしまい、注入効果は不充分ということになる。

したがって、注入孔間隔は注入薬液の浸透距離（有効固結範囲）をもとに設定することが必要ではあるが、現場経験の積重ねと現場注入試験結果を参考にして決めているのが現状である。なお、浸透距離は、薬液のゲル化時間の他に、注入圧力、注入速度、注入時間、注入有効径、注入方式、および地盤の透水係数、間隙率、空隙の発達状況、注入剤（薬液）の粘性などが相互に関連し、しかも実際には不均質な地盤状況、地下水の流動、注入液の経時的な粘度変化、ゲル化を伴う複雑な浸透機構などが関連しており、<sup>3)</sup>明確にするのは困難である。

3. 連続性の判定について 表－1に効果判定の選定表を示す。薬液注入は仮設的な補助工法であること、

表－1 効果の判定項目の選定表

| <div>注入効果の判定項目<sup>1)</sup></div> <div>要求品質</div> |               | (1) 施工状況  |       | (2) 原位置試験   |               |        |      |      |      |         |      | (3) 注入地盤観察 |           |         |      |          | (4) 周辺環境への影響 |       |        |
|---------------------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------------|---------------|--------|------|------|------|---------|------|------------|-----------|---------|------|----------|--------------|-------|--------|
|                                                   |               | 削孔状況      | 注入圧変化 | 注入順序        | 標準貫入試験（柱状図含む） | 現場透水試験 | 物理検層 |      |      |         | 載荷試験 | 揚（湧）水量測定   | 地下水水位測定   | 掘進等進捗状況 | 写真撮影 | スケッチ（図化） | 試験の化学分析      | 試験の土質 | 物理試験   |
|                                                   |               | 削孔能率・透水状況 | 送水圧   | 平均値・パターン・圧巻 |               |        | 電気検層 | PS検層 | 孔径検層 | 中性子水分検層 | 密度検層 | 平板載荷試験     | 孔内横方向載荷試験 |         |      |          | 一軸試験         | 三軸試験  | 室内透水試験 |
|                                                   |               |           |       |             |               |        |      |      |      |         |      |            |           |         |      |          |              |       |        |
| 注入固結土                                             | 強度増加          |           |       |             | ○             |        |      | ○    | ○    |         |      | ○          | ○         |         | ○    | ○        | ○            |       |        |
|                                                   | 止水性           |           |       |             |               | ○      |      |      |      |         |      |            | ○         | ○       |      |          |              | ○     |        |
|                                                   | 改良部の連続性       | ○         | ○     | ○           | ○             |        |      | ○    |      | ○       | ○    |            |           | ○       | ○    | ○        |              |       |        |
|                                                   | 耐久性           |           |       |             |               | ○      |      |      |      |         |      |            |           | ○       |      |          | ○            | ○     | ○      |
| 注入範囲（深度方向・平面）                                     |               |           |       | ○           |               |        |      | ○    | ○    | ○       | ○    |            |           |         |      |          |              |       | ○      |
| 暫定指針との適合                                          | 対象地盤に合った適切な設計 | ○         | ○     |             | ○             |        |      |      |      |         |      |            | ○         | ○       | ○    | ○        | ○            |       | ○      |
|                                                   | 周辺への悪影響を防ぐ    |           |       | ○           |               |        |      |      |      |         |      |            | ○         | ○       |      |          |              |       | ○      |

および経済性を考慮すると、いわゆる完全な注入効果（ある一定の注入効果）である必要はなく、表-1の要求品質をすべて満足する項目（試験方法など）を、現場条件に合わせて選ぶことになる。注入固結土の連続性を直接測定する方法はないため、現在は図-1のように効果判定の調査孔を、注入孔と注入孔の間に設置して、<sup>4)</sup> 注入孔から最も遠い箇所<sup>4)</sup>で効果をみるようにしている。そして、その結果をもとに連続性を推定している。

測定例を、図-2～4に示す。図-2のN値の結果からは、全体のバラツキが大きく、連続性の推定はあまり明確ではない。しかし、図-3の電気検層結果では、注入率（単位体積土量に対する注入量の割合）の増加にともない、比抵抗が低下しており、調査孔部分での薬液の存在量が多くなっており、注入孔間隔（1.0 m）が現場条件に適しており、連続性が保たれているのがわかる。また、図-4は注入圧変化の例であるが、注入率の大きいほうが、注入順序に従い最高注入圧も高くなって隣孔との干渉作用が顕著で、注入固結土どうしの連続性が高くなることが推定できる。なお、削孔中の逸水状況からも隣孔との干渉作用の程度を推定できる場合がある。

4. あとがき 注入固結土の連続性は、改良範囲全体の均質性に関係しており、主体工事の安全確実な施工を目的とした注入効果を判定する上で、重要な問題である。しかし、その直接の把握は難しく、現状での注入効果の判定法を一つにできない理由になっている。したがって、本報で述べるような推定を行って、慎重に注入効果を判定していく必要がある。

参考文献 1) 熊谷浩二：薬液注入工法の実施例から見た注入効果の判定について、土と基礎 Vol.31, No.12  
2) 熊谷浩二他：薬液注入効果の判定について（第1～6報）、第6～11回土木学会 関東支部年次研究発表会  
3) 島田俊介，兼松陽：最新の地盤注入工法，理工図書， 4) 田中正義他：注入工法の施工管理に関する研究（第3報），第37回土木学会年次学術講演集

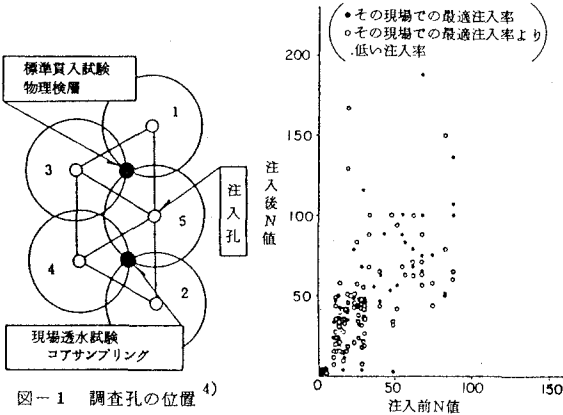


図-1 調査孔の位置 <sup>4)</sup>

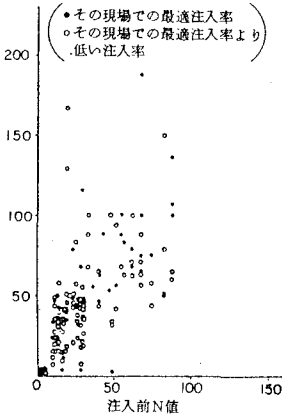


図-2 標準貫入試験結果

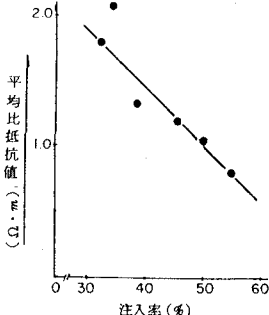
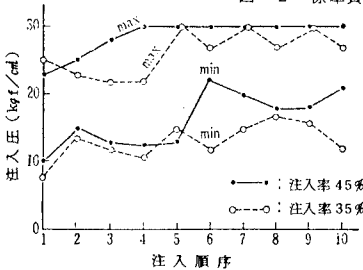
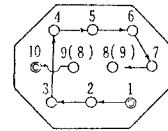


図-3 電気検層結果



注) 注入圧の上限を30 kgf/cm<sup>2</sup>に設定

図-4 注入順序と注入圧（最高圧，最低圧）<sup>1)</sup>



注) ( ) の順序は、注入率35%のブロック (注入順序)

— 瞬結二重管ロッド工法 —