

前田建設工業株式会社技術研究所

永山 晃

正 ○熊谷 浩二

正 大野 茂

1. まえがき 工事の大型化に伴い地盤深部での掘削が多くなっている。そして洪積層のN値50程度の砂地盤でも問題が生じ、薬液注入を採用する例が見られる。比較的硬質な地盤に対する注入では、効果の判定をして、工法の適合度、信頼性を確かめることがとくに必要である。現在薬液注入効果の判定法として各種の試験が知られている¹⁾。しかしサンプリングの困難な砂や礫地盤における測定例は多くなく、試験の精度についての検討も充分ではない。また目的がたとえ止水のみであったとしても、現場透水試験の結果だけでなく固結土の連続性、あるいは耐久性と関連する強度増加を調べて判定すべきである。

筆者等は前報²⁾において砂礫地盤を対象とした各種の試験(標準貫入試験, PS 検層, 電気検層等)を試みこれらを組み合わせることによって精度の高い結果が得られたことを述べた。今回はN値50程度の砂地盤を対象として、注入率を変化させ各種の試験を行った結果を報告するとともに、標準貫入試験の信頼度とS波速度との相関について検討した。

2. 地盤および施工の概要 今回の試験場所の地質柱状図を図-2に示す。薬液注入の対象範囲は深度30~36mの洪積層下部東京層であり、N値50~60、間げき率49%、均等係数約2の砂質土である。注入前、注入後の調査孔の離れが4mあるため地盤状況の変化を調べると、砂層部分の粒度はほぼ一定であるが、地層の変動は大きい(図-1, 2)。また薬液の注入率を間げき率から算定した45%(Aブロック)と、比較のために35%(Bブロック)とし、瞬結性の溶液型水ガラス系薬液を用いた二重管ロッド工法で施工した。なお試験は深度22mの掘削地盤から作った。

3. 試験結果および考察 (1)標準貫入試験 注入前後のN値の比較を図-2に示す。Aブロックでは細砂層で30~40、砂礫層で10~20増加しており、この地層が注入前とほぼ同一であることを考慮するとN値の増加は明確である。Bブロックでは細砂層で15程度増加しているが、砂礫層(注入前)では減少している。これは地層変化の部分もあるが注入効果がでない、つまり固結土の連続性がないと考えられる。また注入前後のN値の関係を図-3に示す。全体的に改良後N値が上昇しており、とくに注入率の高いAブロックのほうにBブロックより増加率が大きくなっている。この図で改良後のN値が低下している点は、すべて地層が変化している箇所である。つまり①は礫層が砂質シルト層②は層境である。

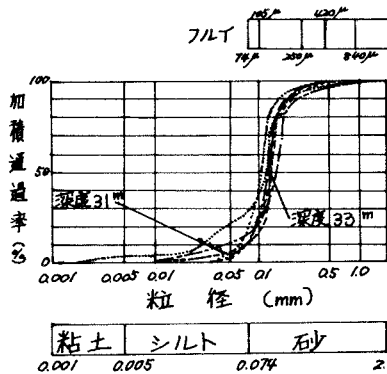


図-1 試験地盤の粒度分布

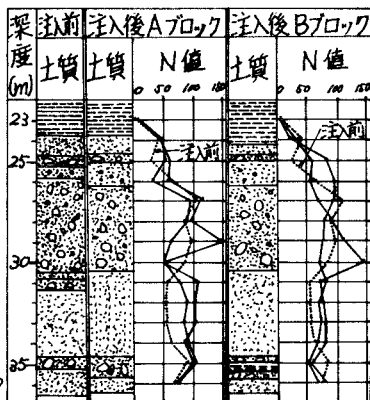


図-2 注入前後の土層とN値

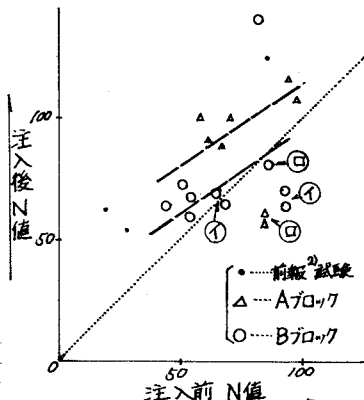


図-3 注入前後のN値

②PS 検層 板たたき法によるデジタルスタッキング法³⁾で、精度の高い測定を試みた。S波速度 V_s の測定結果を図-4に示す。A、Bブロックともに注入範囲は同程度に増加しているが、動弾性係数の増加はAブロックのほうが顕著である。つまり深度30～33mの細砂層で注入前 1.0×10^4 ㎏/㎠がAブロックでは 2.2×10^4 ㎏/㎠と2倍以上になっており、注入率の低いBブロックでは 1.3×10^4 ㎏/㎠と増加率は小さい。図-5は同一 V_s 範囲内の平均したN値 ($\bar{N}$) と V_s との関係である。Aブロックでは $\bar{N}$ と V_s が共に上昇しているが、Bブロックでは $\bar{N}$ は増加せず V_s のみ上昇している。これは固結体の連続性がないため、N値はその未固結部の値を示し、 V_s は対象地盤の平均値であり、局所的な未固結部は平均化されてしまうので V_s が上昇すると考えられる。③電気検層 測定結果を図-6に示す。これより求めた注入てん充率は、Aブロックは平均80%、Bブロックは平均43%と差がでている。また薬液の上下方向の逸走はA、Bブロックともほとんどない。しかしこの注入てん充率の値は、比抵抗値のわずかな変動で大きく変わるので厳密な考察には適さないが、薬液の浸透範囲(上下方向)の判定および注入てん充率の推定には有効である。

4. あとがき 試験結果をまとめると、注入率の適当なAブロックは注入てん充率が期待した値になっており、その固結土の連続性も高く、動弾性係数が2倍以上に増加しており、充分な改良効果が認められた。この結果は、採取試料の試験や現場透水試験により確認できたが、このデータとの対比は他の機会に報告したい。

N値の比較的高い地盤への薬液注入の効果判定に標準貫入試験を用いる例はほとんど見られない。しかし薬液注入の効果は粘着力の増加によることや、強度増加より変形係数の増加のほうがより大きく、また砂地盤のN値は強度特性より変形特性によるものと考えられることから、標準貫入試験は薬液注入による固結土に対してはN値50以上でも有効な試験となりうる。ただこのN値は従来のとらえ方はできないが、今回の試験でも注入率によってN値の増加率が異なっており、今後のデータの集積により定量的判定も可能になると考えられる。なお注入前後において同一孔での試験は不可能であり、土層の変化は避けられないので、各深度毎に粒度分析を行うのが望ましい。これらの配慮を行えばN値50程度の地盤においても標準貫入試験は、PS検層や電気検層とは異なった面からの固結土の有効な判定法になると考えられる。

参考文献：1)日本材料学会土質安定材料委員会：薬液注入工法指針と解説、鹿島出版会。2)神藤、熊谷：各種試験による薬液注入効果の測定例、第五回土木学会関東支部研究発表会。3)志賀、羽竜、西川、管：デジタルスタッキング方式による弾性波探査、応用地質、Vol.18, No.1-2。4)例えば柴崎、下田、野上：薬液注入工法の設計と施工、山海堂。5)福岡、織田：締まった砂地盤におけるN値の特性、第8回土質工学会

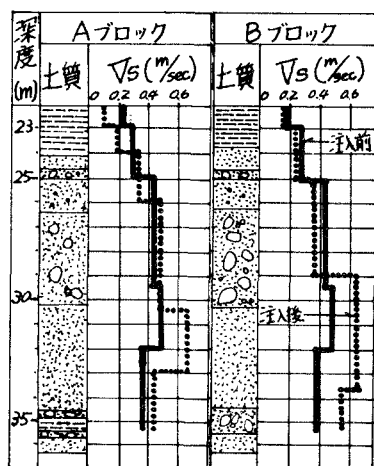


図-4 注入前後のS波速度

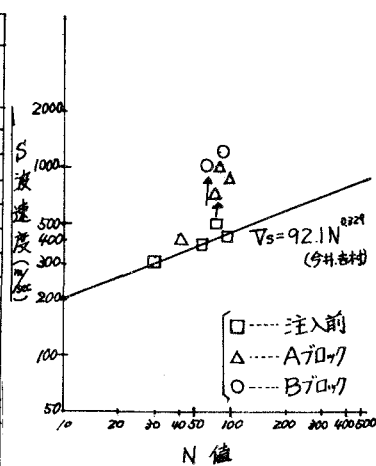


図-5 S波速度とN値

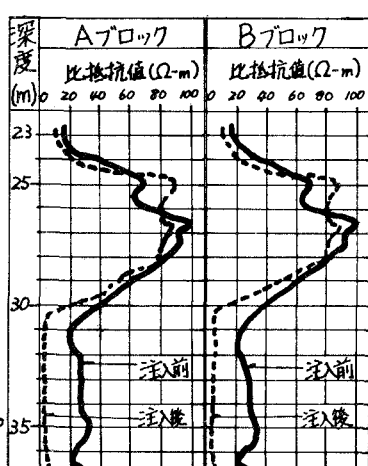


図-6 電気検層結果