

III-127 新しい尿素系地盤注入用薬液の特性について

東京大学生産技術研究所	正員	三木五三郎
同上	正員	今村 芳徳
同上	正員	○佐藤 剛司
日本化成株式会社		吉田 俊雄

1. まえがき

地盤注入用として開発された溶液型の薬液は種類も多く、それぞれに特長をもっているのですが、施工目的に応じてその効果を最大に発揮させることが大切である。それには各薬液の特性をあらかじめ十分に知っていることが必要であるが、ここには新しく開発された尿素系の薬液「ダイヤロック」について、その性質を従来の薬液と比較するとともに、現場におけるのと同様の方法による中間規模注入実験を行ない、とくにその注入性と動水試験土中での固結性について特徴を明らかにした。

2. 実験概要

本実験は、われわれが薬液注入に関して標準的と考える試験法^{1), 2)}により実施した。

2.1. 標準砂注入試験法^{1), 2)}

モールドは、内径 15 cm、高さ 17.5 cm の鋼製円筒のものを用い、注入用と空気抜き用のコックのついた底板上にフィルター砂を 1 cm 厚に敷き、その上に気乾状態の標準砂 4 kg を水締めにより詰め、上部にフィルターを置き有孔上板で固定する。薬液の注入は、この薬液をコック付き底板より 1 ショット方式で圧力注入し、モールド上部より溢流させ、モールド内全域に注入する。注入後の供試体は 24 時間養生し、固結土の一軸圧縮試験と透水試験を行なった。

2.2. 密実砂注入試験法^{1), 2)}

モールドは 2.1. と同じものを用い、試験土を透水係数が $5 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ に対応する密度になるよう密実に締固め、そのまゝの状態とそれを水で飽和させた状態の供試体を作製した。薬液の注入は、供試体中心部まで直径 13 mm の砂柱を作り、この砂柱を用いて注入圧 $0.2 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2$ で 1 ショット方式により実施する。注入後 24 時間モールド内に養生し、断面積が 0.2 cm^2 の平頭貫入棒を、高さ方向で 5 断面、各断面で 9 個の位置で貫入させ、注入前後の貫入抵抗の比をとり浸透固結性を判定した。

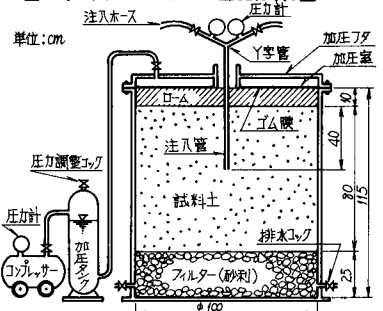
2.3. 大型モールド注入浸透試験法

注入装置は図-1 に示すとおりで、試験土は透水係数が $5 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$, $5 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$, $5 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ に対応する密度になるよう締固め、1.5 ショット方式による注入を実施した。注入後は、そのまゝ 1 日養生し、動的コーン貫入試験と標準貫入試験を行なったのち、モールドを二つ割りにして薬液の浸透固結状態を観察し、固結土の一軸圧縮試験と透水試験を行なって注入効果を判定した。

2.4. 大型モールド動水砂注入試験法

注入装置は図-2 に示すとおりで、水締めにより作製した供試体の上部に一定水頭のの水を送り、上

図-1. 大型モールド注入浸透試験装置



部から下部への一定流速の動水状態を作り出し、1.5ショット方式によ図-2. 大型モールド動水砂注入試験装置
る注入を行なう。今回の実験では砂層間ゲキの流速を0.065 cm/secとし
た。注入後1日養生し、注入固結土の状態と力学的性質を求め、その効
果を判定した。

3. 試料土

試料土は図-3に示すような粒
度で、標準砂注入試験には標準砂
を、密実砂注入試験と大型モー
ルド注入浸透試験には東金山砂、大
型モールド動水砂注入試験には新
潟赤砂を用いた。

4. 注入薬液

注入に用いた薬液は尿素系のダ
イヤロックで、その配合と配合液
の性質は表-1のとおりである。

5. 実験結果とその考察

5.1. 注入標準砂の固結特性

標準砂固結土の強さと変形係数

を求めて図示したのが図-4である。同図中には、同種の方法による各系の薬液についての結果も示
し、その特徴を比較した。また固結土の透水性を、その破壊ヒズミとの関係で示したのが図-5であ
る。

尿素系であるダイヤロックは
図-4に示すように、強さと変
形係数とも他の尿素系薬液に比
べて、同じいしはやや大きい
傾向があり、一般的に尿素系薬
液の特徴をもち、他系統の2液
型薬液に比べれば、強さも変形
係数もかなり大きいことがわか
る。また固結土の止水性は、図
-5に示すように他の尿素系薬液同様よくない。

5.2. 密実砂への浸透固結性

注入前後の貫入抵抗の等倍率曲線で強度増加を図示したのが
図-6である。

この図から明らかのようにダイヤロックは、砂柱を中心に均等に浸透しており、すぐれた浸透状態
を示している。また非飽和の試料土では下部への広がりも良くなっている。

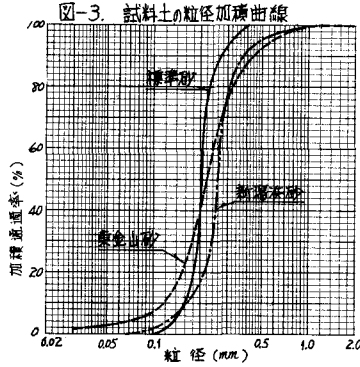
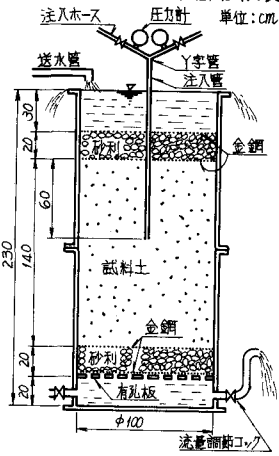
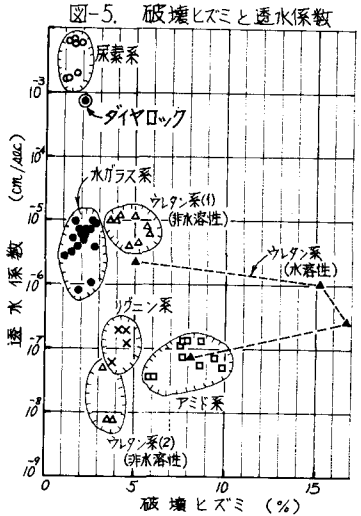
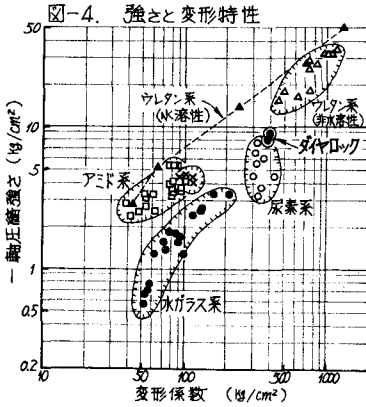


表-1. 薬液の配合と配合液の性質

試験区分	標準砂 注入試験	密実砂 注入試験	大型モールド注入浸透試験			大型モールド 動水砂注入試験	
主剤濃度(%)	20	20	20	20	20	20	20
助剤濃度(%)	5	5	5	5	5	5	5
硬化剤濃度(%)	2	1	10	5	1.5	10	5
ゲル量(g)	10.0	18.0	5.5	7.5	18.0	4.0	7.5
比重	1.062	1.056	1.112	1.082	1.054	1.112	1.082
粘度(cP)	1.44	1.52	1.9	1.6	1.5	1.9	1.6
PH	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



5.3. 大型モールド注入浸透試験結果

図-7に各場合における固結状態を断面図により比較図示し、図-8には、注入前後の動的コーン貫入抵抗比を求め等倍率曲線で表わしたものを示している。また図-9.(a), (b)は一軸圧縮強さ、注入テン充率および硬化剤濃度の相互関係を示し、図-10には注入地盤の密度の影響を図示し、

図-7. 固結状態断面図

ダイヤモンドの浸透固結状態は、図-7に示すように供試体の透水係数が 10^{-5} cm/sec と比較的浸透しにくい状態に対しても、注入管先端を中心にして球状に固結し、浸透固結性が非常に良い。

固結土の性質として、図-10に示すように標準貫入試験によるN値は注入後4~5倍に増加している。図-8の等倍率曲線では、硬化剤濃度が高くなるほど平均的に強さが分布し、大きな強度の増加が期待できるが、図-9.(a), (b)に示すように硬化剤濃度が5%以上においては、強さ、注入テン充率とも大きな差がないが、5%以下では悪くなり、注入地盤の土質によっては硬化剤濃度を高くする必要があり

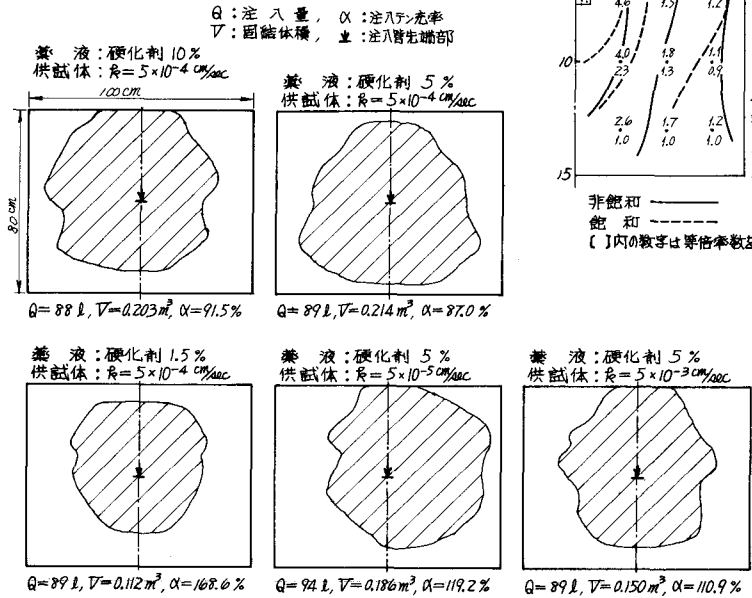


図-6. 貫入抵抗の等倍率曲線

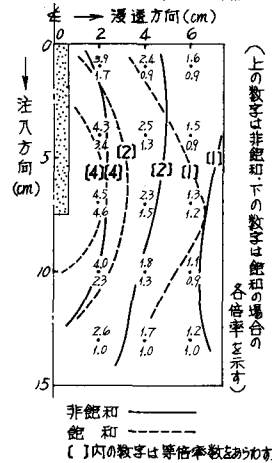
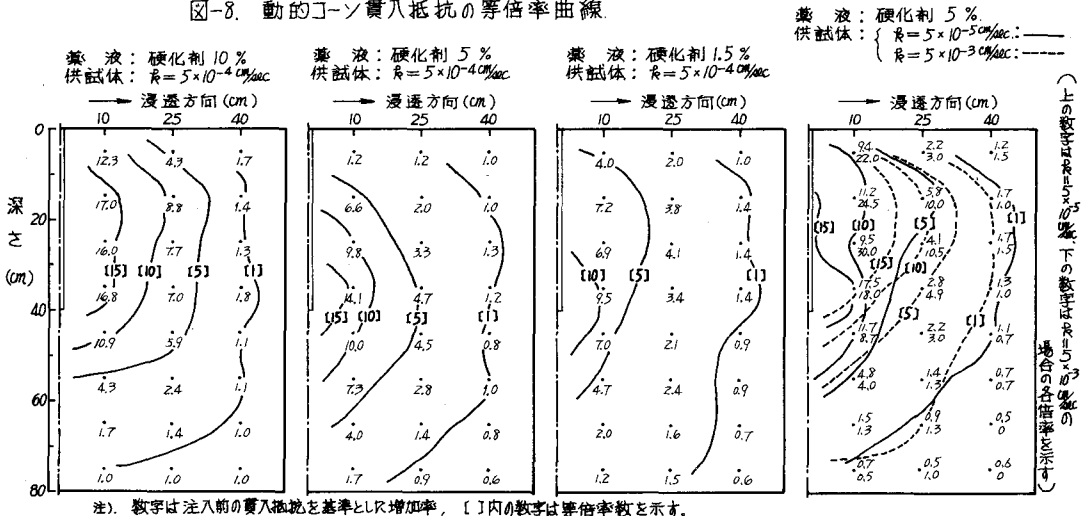


図-8. 動的コーン貫入抵抗の等倍率曲線



一般に硬化剤が5%以上において有効な結果が得られる。また、図-10でみるように、強さは注入地盤の密度の増加に比例して大きくなるが、注入テン充率は地盤の密度の大小により、吸着または固結末端部で弱い部分が多くなり悪くなる。これらの対策としては、硬化剤または主剤濃度を変えることにより、ある程度所期の目的を達成することができると思われる。

5.4. 大型モールド動水砂

注入試験結果

動水状態に対する固結状態を断面図により図示するのが図-11である。

ダイヤモンドの動水試料土に対する注入状態と注入範囲は、図-11に示すように、球状に近くその固結位置は注入管端の周辺で、注入テン充率と有効固結率は、それぞれ80~90%、110~120%であり、固結土の強さも4~5 kg/cm²と大きく、比較的緩流速の動水状態に対しての注入効果は良く、この程度の動水状態に対してはきわめて有効な薬液であると思われる。なお動水砂注入実験による固結土の性質は一括して表-2に示した。

表-2. 動水砂固結土の性質

主剤濃度(%)	20	
硬化剤濃度(%)	10	5
注入テン充率(%)	90.2	82.4
有効固結率(%)	110.9	121.4
透水係数(cg/sec)	3.0×10^{-5}	5.3×10^{-4}
一軸圧縮強さ(kg/cm ²)	5.03	4.08
変形係数(kg/cm ²)	321	298

6. あとがき

尿素系薬液であるダイヤモンドは、きわめて浸透性がよいので透水係数が 10^{-4} cm/sec程度までの試料土中に均等浸透し、緩流速の動水状態に対しても有効に固結するが、大きな流速の動水状態についてはさらに検討の要があり、止水性は一般の尿素系薬液同様よくない。

今回の報告は、中間規模までの実験結果に基づくものであるが、新しく開発された尿素系薬液の特徴と実用性をはっきりさせることができたいものと考ええる。

[参考文献] 1) 三木：地盤注入用各種グラウトの注入特性，土木学会講演集第3部，2p. 1967.5，
2) 三木・今村・佐藤：薬液注入標準試験法の提案，土質工学研究発表会，4p. 1971.6

図-9. 強さと注入テン充率

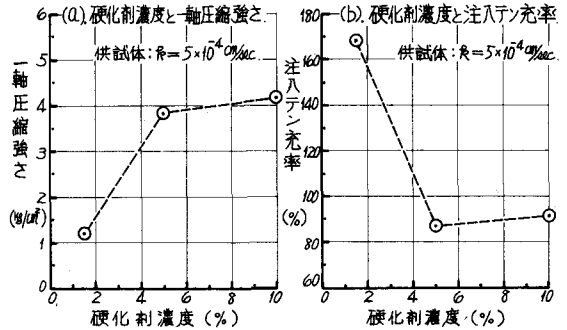


図-10. 注入地盤の密度の影響

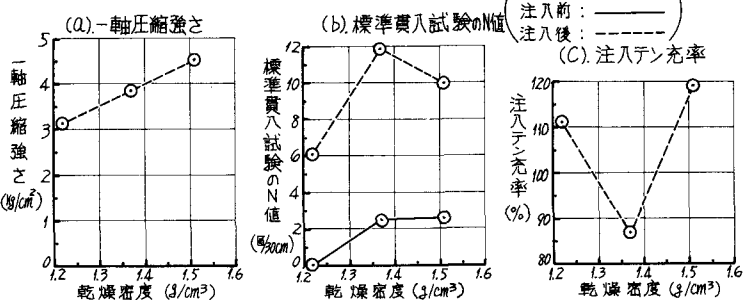


図-11. 固結状態断面図

