

PVC ドレーン工法について (第2報)

齋藤 二郎 松尾 龍之
西林 清茂

PVC Drain Method (Part 2)

Jiro Saito Tatsuyuki Matsuo
Kiyoshige Nishibayashi

Abstract

The PVC Drain Method has already been utilized in four cases and is looked forward to being developed even further in the future. Research to improve quality and shape of the material used for this method is constantly going on so that higher performance can be achieved. This report relates principally to performance of the PVC material and also contains results of analytical studies through laboratory experiments on permeability and effects of accelerating consolidation. The PVC material was put through underground tests in addition to ordinary tests for its permeability, and high-accuracy tests by large experimental consolidation apparatus for its effects of accelerating consolidation.

概 要

PVCドレーン工法はすでに4件の実施例を数え、今後ますます発展するものと期待されているが、この工法に使用されるPVCドレーン材についてもより一層の性能向上をはかるために材質、形状の改良研究を進めつつある。

今回の報文はおもにこのPVCドレーン材の性能に関するものであって、PVCドレーン材の透水性、圧密促進効果を室内実験的に解析した結果を報告する。

透水性については通常の透水試験の他、土中埋設状態の試験も実施し、又、圧密促進効果についても大型圧密土槽によって精度の高い実験を行なっている。

1. まえがき

PVCドレーン材は特殊塩化ビニールを原料とし、合成高分子の高度の技術によって製造された多孔質ドレーン材であり、数々の改良を進めて、現在のような透水性に優れた品質のものとした。ただし、ドレーン材の性能は土との関連で検討しなければならず、現在、土質工学的見地から種々の実験的研究を進めている。この報文では、それらの実験のうちから、PVCドレーン材の透水性と大型圧密実験槽による他ドレーン材との圧密促進効果比較実験について述べる。

PVCドレーン材の透水性については、ドレーン材のみの場合、ドレーン材自体の透水性は $k=10^{-3}\text{cm/sec}$ 、縦方向溝通水性が 10^0cm/sec のオーダーであった。土中、あるいは側圧の影響によって、これらの値は低下するが、他のドレーン材に比較すれば、その低下の程度は著しく小さく、ドレーン材の機能に及ぼす影響はほとんど認められない。

つぎに圧密促進効果についてはサンドパイルとカードボードを比較材料としたが、PVCドレーン材は同等あるいはそれ以上の効果を発揮することが確認された。

2. PVC ドレーン材の透水性について

ドレーン材の透水性についてはドレーン材の材質自体の透水性とドレーン材内部にある縦方向溝の通水性が問題となるが、最も重要であるのは両者一体となった平均透水係数である。材質自体の透水性は粘土と接触しているドレーン材表面から内部縦方向溝にいたるまでの経路であり、直接土中間隙水を集水する役目を果たす。又、縦方向溝は集水された間隙水を対象地区外(地上)に排水

する役目を果たすもので、排水出口に近づくにしたがって通水量が増加するので、水頭損失をできるだけ発生させないだけの通水断面確保が重要である。この意味から縦方向通水性の確保維持が肝要である。

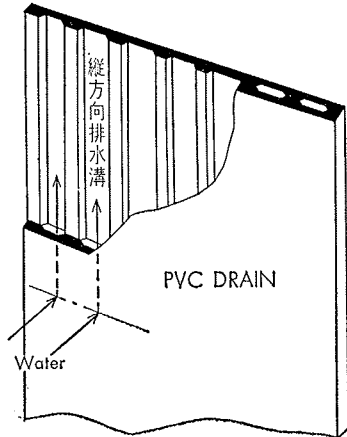


図-1 ドレーン材の透水性の種類

材質自体の透水性については土中における微細土粒子による目詰りによる透水性の低下があるので、むやみに大きい透水係数を持つことはかえって逆効果の原因となる。そこで、PVC ドレーン材の場合はこの点に留意して現在のものとした。

以下は PVC ドレーン材の透水性について述べたものであるが、透水性を測定する装置は既成の装置が使用できないので、新たに製作したものである。

使用した PVC ドレーン材は P-1 (厚さ 1.5m/m), P-2 (厚さ 2.2m/m) の2種類と某社製カード・ボードである。

2.1. 材質自体の透水性

未使用ドレーン材の透水性は表-1 に示すとおりである。

ドレーン材	P-1	P-2	カード・ボード
透水係数k(cm/sec)	1.1×10^{-3}	3.6×10^{-3}	7×10^{-5}

表-1 ドレーン材の透水性

カード・ボードは水浸時間によって変化するが、上記の値は24時間経過時の値である。

2.2. 縦方向通水性

縦方向溝の通水性は、いわゆる土質工学的用語の透水係数とは異なるが、便宜的にこの用語で表わした場

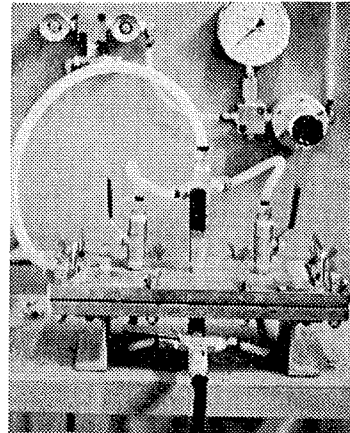


写真-1 ドレーン材の縦方向溝通水試験装置

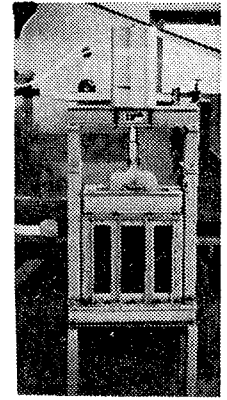


写真-2 ドレーン材の土中での通水試験装置

合、自然状態では表-2 のようになる。

ドレーン材	P-1	カード・ボード
縦方向透水係数 k (cm/sec)	3.4×10^0	3.7×10^{-1}

表-2 ドレーン材の縦方向通水性

ドレーン材縦方向透水係数は土圧等の外力によって断面が縮小し、低下する恐れがある。図-2 は側圧と通水性の関係を表わしたものである。図中の実線は未使用時の通水性であり、破線は圧密試験後(3カ月後)土中から取出して行なったものである。

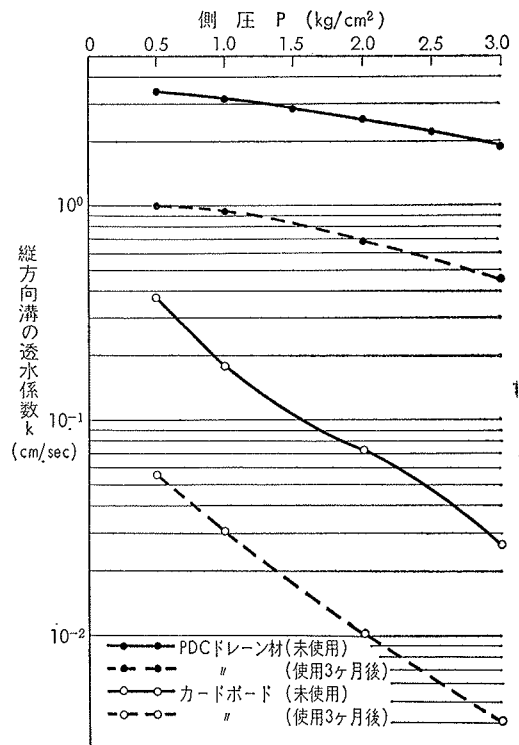


図-2 ドレーン材の側圧と縦方向溝通水性

縦方向溝の通水性は側圧の増加によって低下する。その程度はカード・ボードの方が著しく、PVCドレーン材の低下が小さい。カード・ボードの場合、縦方向透水係数の低下は側圧にもよるが時間の影響も考えなければならない。図-2の試験は約1時間程度で行なったものであるが、未使用ドレーン材について時間経過の影響を考慮して行なった試験結果が図-3である。

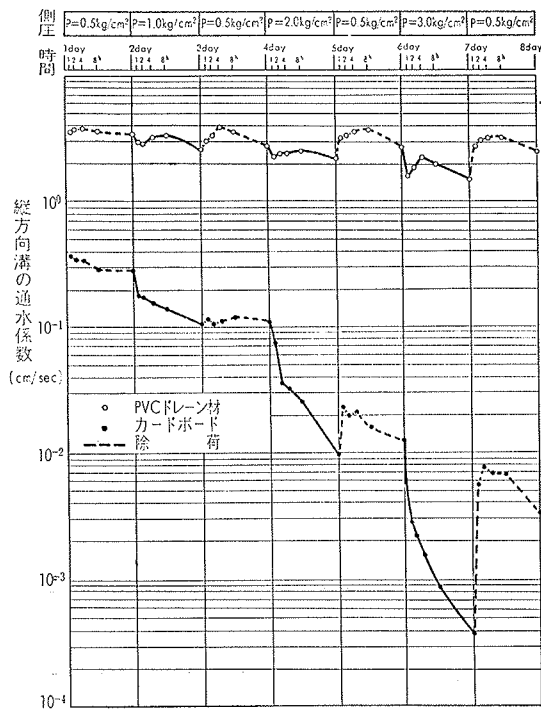


図-3 側圧と時間経過を考慮した縦方向溝通水性

試験は初期側圧 0.5 kg/cm² から段階的に荷重増加および減少を繰り返す、各荷重段階とも24時間とした。図-2と図-3を比較すると時間の影響が認められ、とくにカード・ボードの場合、P=3kg/cm² のとき k=4×10⁻³cm/sec まで低下するにいたっている。

上記の試験は写真-1に試験装置の原理を示すように、側圧としてゴム膜を介在させたエア圧力であるので、ドレーン材の縦方向溝通水性の低下は側圧による通水溝断面の縮小と膨潤の影響と判断することができるが、土に関連する影響については不明である。

そこで、土の影響も考慮するために写真-2に示す装置を試作した。この試験装置は圧密試験と通水試験を同時にできるもので、粘土試料中にドレーン材を形成し、圧密載荷させた状態でドレーン材の両端にあらかじめ設置されてある透水試験装置によって通水性を求めることができる。

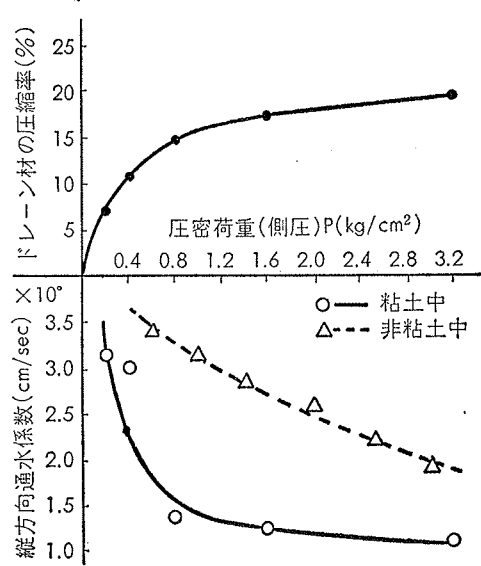


図-4 PVCドレーン材の粘土中での縦方向通水性

図-4はPVCドレーン材の試験結果を示したものである。図-2に示した非土中の値も併記しているが、土中の場合、初期荷重時点で大きく低下し、その後は荷重の増加に伴って徐々に低下しており、明らかに土の影響を受けていることがわかる。

しかし、PVCドレーン材の通水性は P=3.2kg/cm²、圧縮率19%のときでも k=1.1×10⁻²cm/sec と、実用範囲での通水性は十分確保されている。

3. 圧密促進効果室内実験について

PVCドレーン材の優れた透水性能については2.で明らかとなった。そこで、実際に圧密促進効果を確認するために実施したのが、以下の大型土槽を用いた室内圧密実験である。

3.1. 圧密土槽と粘土試料

圧密土槽は本来均一粘土試料を作成するために製作した大ききタテ 80cm×ヨコ80cm×フカサ100cmの鉄製土槽である。載荷機構はエア圧力を用いている。

この土槽内にソイルミキサーで攪拌混練りした粘土試料を投入し、再圧密した後、ドレーン材を形成した。

使用した粘土試料は粘土質シルト(砂分30.7%、シルト分40.6%、粘土分28.7%)で比重 G_s=2.657、単位体積重量 γ_t=1.69g/cm³、液性限界 LL=52.4%、塑性限界 P.L=24.2%である。含水比は再圧密荷重 P=0.05kg/cm² のとき、ω=53.6%であった。

3.2. 使用ドレーン材と実験方法

使用したドレーン材は次の3種類である。

- PVCドレーン材……P-2(厚さ2.2m/m)
- カード・ボード……………某社製
- サンド・ドレーン……………袋で保護

上記のうち、サンドドレーンのパイル径は他の平板形ドレーン材の換算径に相当する5cmとした。使用した砂の透水係数は $k=6 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ であった。

実験の方法は再圧密した粘土地盤の表面を整形して層厚45cmに仕上げ上記の各ドレーン材を図一5の平面図に示す位置に設置した。

排水条件を上面のみの片面排水とするため、粘土地盤表面に透水シートを介在させて厚さ5cmのサンドマットを敷設した。

粘土地盤挙動を観測するために粘土地盤底部中央位置には坂田式間隙水圧計を設置するとともに、載荷装置上部には沈下測定用のダイヤルゲージを設置した。

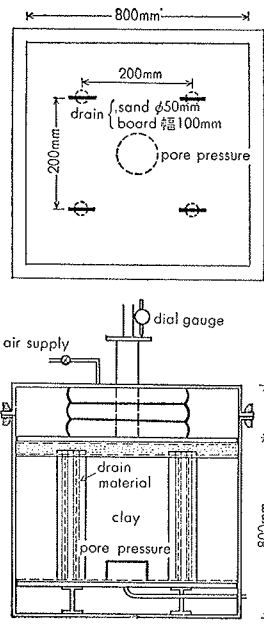
荷重段階は $P=0.2, 0.4, 0.8 \text{kg/cm}^2$ の3段階とした。

3.3. 実験結果

各段階の圧密期間はドレーン材設置の場合、一段階22日程度であった。無処理の場合は35日程度としている。

図一6は圧密沈下、間隙水圧一時間の関係である。

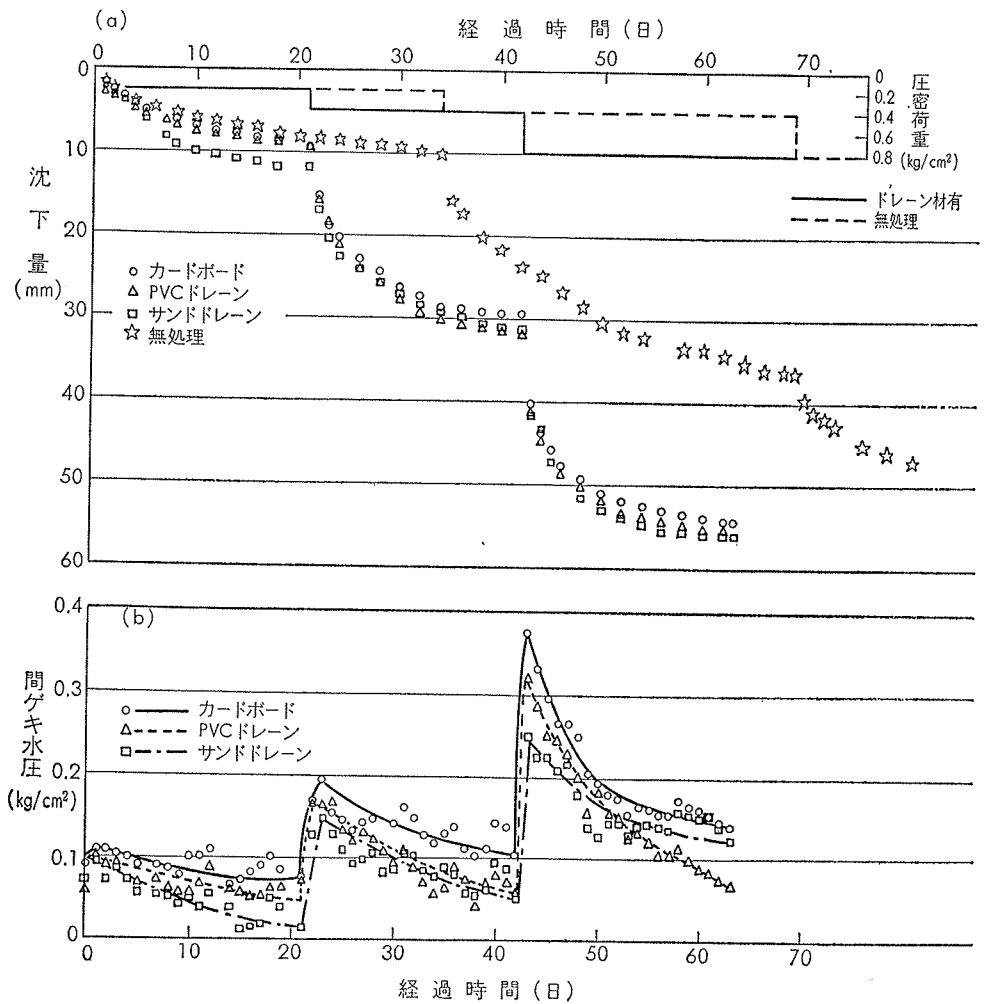
圧密沈下一時間の関係を見ると、 $P=0.2 \text{kg/cm}^2$ のとき、サンドドレーンの沈下が大きい。が、 $P=0.4, 0.8 \text{kg/cm}^2$ の荷重段階ではほぼ三者とも同一の沈下一時間曲線を示した。 $P=0.2 \text{kg/cm}^2$



図一5 ドレーン材の圧密促進効果実験装置

のサンドドレーンの圧密沈下にはドレーン材設置時の影響が残っていたものと推定される。この各ドレーン材と無処理を比較してみると、沈下が落ち着くまでの所要時間には明らかに差が認められるのであるが、無処理の場合には $P=0.4 \text{kg/cm}^2$ のとき、沈下量が大きかったり、逆に、 $P=0.8 \text{kg/cm}^2$ のとき小であったりして、明確な差を見出すことができなかった。無処理の場合は圧密期間を一応35日程度としたが、実際にはその時点においてもまだ落ち着いておらず、全体的に見て無処理の場合はドレーン材による処理に比較して沈下に時間を要するようである。今回の実験では粘土層厚、ドレーン本数の関係から、ドレーン材設置による水平方向排水の果たす割合が大きくなかったために、無処理とドレーン材設置との間に明確な差が出なかったと判断し、次節4.にPVCドレーン材と無処理の両者の沈下一時間比較実験を示す。

図一6(b)は各ドレーン材の間隙水圧の変化を表わし



図一6 ドレーン材の圧密沈下一時間、間隙水圧一時間の関係

たものであるが、沈下一時間の関係とは若干異なって、各ドレーン材の特性を示しているように思われる。実験結果を見ると、サンドドレーン、PVCドレーン、カード・ボードの順に間隙水圧の消散が速いようである。(P=0.8kg/cm²の場合のみはPVCドレーンの消散が著しい。)

間隙水圧の最大値は各載荷段階とも載荷重の30~50%程度である。この最大値に達するまでの時間は載荷後7~12時間後であって、粘土中では間隙水圧の上昇(タイムラグ)と消散(圧密)が同時に発生しているため、この程度の最大値に落ち着いているものと考えられる。

4. 圧密促進効果(無処理とPVCドレーン工法)

3.の実験のうち、ドレーン材と無処理との差が明確でなく、とくに無処理の実験結果にバラツキが多く見られたので、ドレーン材としてはPVCドレーンを選び無処理との圧密促進効果比較実験を行なった。

したがって、この実験の主目的は故意に両者の差を出そうとしたものである。

この実験で用いた実験土槽はφ25cm、高さ30cmの円形鉄製土槽で攪拌混合粘土を荷重0.05kg/cm²で再圧密して粘土試料とした。ドレーン材は5cm幅にしたPVCドレーン材を図-7に示すように7本打設した。

載荷重はP=0.1, 0.3, 0.9kg/cm²の3段階とし、載荷時間については無処理の沈下が落ち着くに至る14~17日間とした。

図-7に両者の沈下量-時間の関係を示すが、両者の差はきわめて明確でPVCドレーン材の場合、沈下の落ち着くに2日間程度しか要しないのに対し、無処理の場合は長期間継続している。この実験の場合、無処理の沈下形状もおおよそ予想通りのもので、沈下量はほぼPVCドレーン材と一致した。

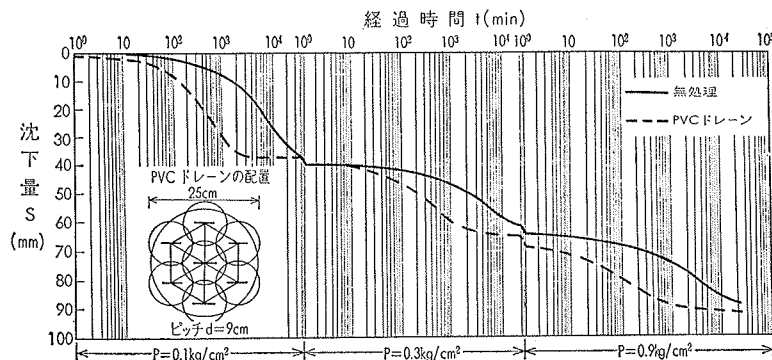


図-7 PVCドレーン材と無処理の圧密沈下一時間の関係

5. PVCドレーン材の土中での曲げ性状について

土中におけるPVCドレーン材の曲げ性能に関する実験を行なった結果、写真-3に示すように、PVCドレーン材は蛇行状態を示し、土の動きに十分追従できることが判明した。

このPVCドレーン材曲げ試験は含水比95%程度の粘性土を初期層厚80cmとし、載荷重を加えて約31%の圧縮ヒズミを与えたもので約10cm間隔に曲げ点が発生している。写真の左のドレーン材はカードボードであるが、同様の曲げ性状を示すものの、曲げ点の間隔がPVCドレーン材よりも大きく、しかも曲げ点付近でははくり現象が散見された。ただし、この曲げ性状は土中でいつもこのような状態を示すのではなく、対象土の初期状態、とくに強度によって変化するようである。すなわち、ある程度強度のある地盤ではこのような蛇行状態を示さず、小さな屈曲状態が見られる。この性状はカードボードに限らず、近年開発されている各種ドレーン材に共通している。

6. 結論

この報文ではPVCドレーン材の透水性と圧密促進効果について最近の実験結果を述べたが、現在でもこれらの実験で不明確な点を解明するために大型円型土槽を使用した圧密促進効果実験を進めている。

今回の実験で明らかになったPVCドレーン材の特性としては

①PVCドレーン材の透水性は他に比較して優れた特性を有し、とくに側圧、耐久性に対して優れている。

②PVCドレーン材の圧密促進効果は既成のドレーン材と比較し、同等かそれ以上の効果を有している。

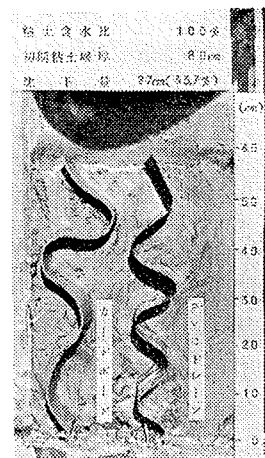


写真-3 土中でのPVCドレーン材の曲げ性状