

PVC ドレーン工法について (第1報)

齋藤二郎 松尾龍之
西林清茂

PVC Drain Method (Part 1)

Jiro Saito Tatsuyuki Matsuo
Kiyoshige Nishibayashi

Abstract

Due to the siting conditions of the land in our country there are many natural or reclamation soft grounds consisting of alluvial cohesive soil. For this reason, the large number of construction works performed at soft ground is a phenomenon seen nowhere else in the world and there has been great development in methods of treating such soft ground. Sand Drain Method is one of the methods which have been used for a long time and at present is still used the most. However, a method to take the place of Sand Drain Method is desirable because of the difficulty of obtaining sand for this method, the deterioration of quality of sand and high cost. The PVC Drain Method introduced here is a kind of paper drain method. The drain material used, differing from paper pulp cardboard, is porous polymer which is incorrodible, resists acids and alkalis, and which also is excellent in permeability. This PVC Drain Method was developed by Ohbayashi-Gumi Ltd. and Shinetsu Chemical Industry Ltd. from 1972.

概 要

我が国は国土の立地条件の上から、沖積粘性土から成る自然あるいは人工の軟弱地盤が多い。そのため、世界でも類を見ないほどの軟弱地盤地帯での工事が多く、必然的にこれら軟弱地盤の処理工法も発達している。昔から使用され、現在でも最も多用されている工法の一つにサンドドレーン工法があるが、最近では、この工法に使用する砂材料の入手困難、品質低下、高騰のため、これに変わる工法が切望されている。ここに紹介するPVCドレーン工法はペーパードレーン工法の一つであるが、使用するドレーン材は従来のパルプ製カードボードと異なって腐蝕、膨潤が無く、耐酸、耐アルカリ性で、しかも透水性にすぐれた性能を持つ多孔質高分子ドレーン材である。

なお、このPVCドレーン工法は昭和47年から大林組と信越化学工業の共同研究で開発したものである。

PVCドレーン工法とは

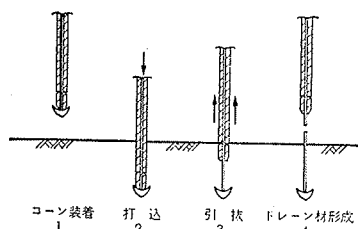
軟弱地盤改良工法のうちペーパードレーン工法は昭和27年に我が国に紹介されて以来、短期間のうちに実際工事に適用され始め、それまで軟弱地盤改良工法の主流を占めていたサンドドレーン工法と肩を並べるにいたった。しかし、数多くの実績が生まれ始めると同時に、カード・ボードの土中における耐久性に疑問が持たれるケースも出るようになった。すなわち、カード・ボードは原材料をパルプとする有機質材料であるため、土中でのバクテリアによる腐蝕や膨潤などによって脱水作用が低下し、耐久性も短期間となる。ここに述べるPVCドレーン工法で使用するドレーン材は

高分子材料を特殊加した多孔質ドレーン材で膨潤、腐蝕はもちろんのこと、酸、アルカリに対する耐久性が大きい上に透水性、強度にすぐれた特性を有したものである。さらに、ドレーン材の打設機械は従来の強制貫入方式とは異なり、振動杭打方式であるので、貫入力が大であり、複数打設が可能となって施工能率も大となっている。施工法は図-1に示すようにマンドレル先端に出たPVCドレーン材に特殊コーンを取りつけ、振動杭打機でマンドレルを所定の深さまで打設した後、マンドレルを引抜くわけであるが、このとき特殊コーンに土圧が働らきPVCドレーン材のみ地中に残って、ドレーン材の形成が完成する。

打設移動機械としては、当初、ルール式移動車を使

用していたが、現在では自走式重機を使用し、打設能率を数倍に増加させている。

現在、実用している PVC ドレーン材の規格および物性を表一に示し、PVC ドレーン材の断面写真、および表面の顕微鏡写真を写真一1、2に示す。



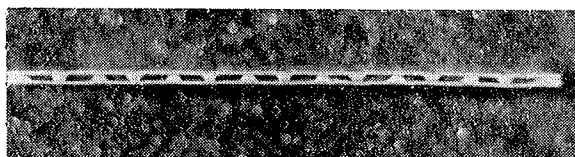
図一1 PVCドレーン工法施工順序



写真一5 PVCドレーン工法打設状況 (羽沢)

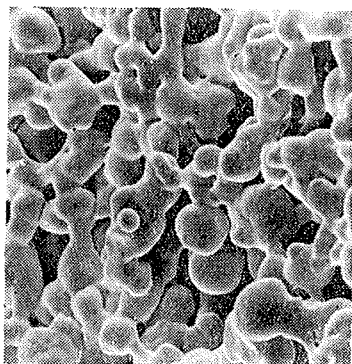
項目	数値	項目	単位	dry	wet
巾	100%φ	引張強度	kg	220	220
厚さ	1.8%φ	伸び	%	5	5
通水孔	14個	曲げ強度	kg/cm ²	2.2	2.2
通水断面積	56cm ²	弾性率	kg/cm ²	95	90
		透水係数	cm/sec	1~2×10 ⁻³	
		剥離強度	割	離せず	

表一1 PVCドレーン材の規格と物性

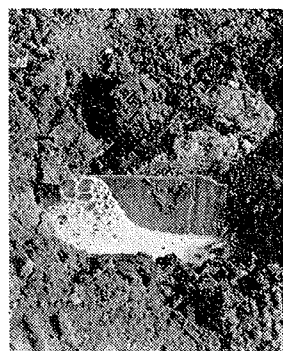
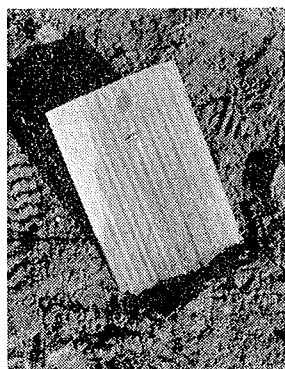


写真一1 PVCドレーン材の断面

又、写真一3、4は地中に打設された PVC ドレーン材が土中の間隙水を排水している状況で、写真一3では PVC ドレーン材の少々黒っぽい部分が間隙水の通過部分であり、写真一4では白く泡立っているが脱水された間隙水である。



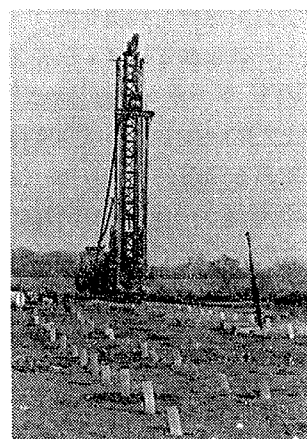
写真一2 PVCドレーン材の顕微鏡写真



写真一3、4 PVCドレーン材の排水状況

2. 施工例一1 東京都朝霞浄水場発生汚泥地盤改良工事

この工事例は東京都上水道の3分の1を供給する都朝霞浄水場において日産 200m³ も産出する発生汚泥のうち、捨土地区に処分された約3万5千m³の汚泥地盤改良処理をPVCドレーン工法で達成したものである。

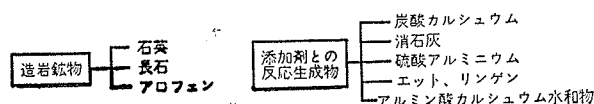


写真一6 PVCドレーン工法打設状況 (朝霞)

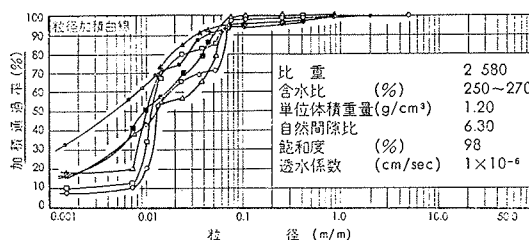
2.1. 発生汚泥の土質工学的性質

沈澱池で一次処理された汚泥はロ過助剤処理として酸処理、アルカリ処理を受けた後、真空脱水されて含水比W=220~280%に処理された状態で捨土処分される。

汚泥の生成物質は表一2にX線分析結果を示すように自然造岩鉱物と各種添加剤との反応生成物がある。



表一2 発生汚泥の鉱物組成



図一2 汚泥の粒度分布および土質性状

この汚泥を土質工学的に見れば、図-2に示すようにシルト・粘土分が94%以上を占め、含水比と液性限界(140~190%)の関係によれば、非常に不安定な状態にある。しかし、圧密係数は $C_v=2\sim3\times 10^{-3}\text{cm}^2/\text{sec}$ と一般の沖積粘土と変わらず、圧密促進工法による地盤改良が十分可能である。体積圧縮係数 $m_v=1\sim3\times 10^{-1}\text{cm}^2/\text{kg}$ 、強度増加率 $C_u/P=0.30\sim0.36$ である。

2.2. 地盤改良工事施工

地盤改良工事は図-3に施工順序を示すように、深さ3~7m、面積5,800 m^2 に約25,000 m^3 の汚泥を捨土処分し、汚泥表面をドラグライン装着の超々湿地用クローラーでならした後、ファゴット工法によって地盤表層処理を実施してPVCドレーン工法打設機械のトラフィカビリティを確保した。

PVCドレーン工法の仕用はドレーンピッチ1.20mの正方形配置とし、圧密度 $U=90\%$ に要する時間を約2カ月とした。

PVCドレーン材の打設終了後、 $\gamma_t=1.40\text{t}/\text{m}^3$ の山土を最大約4mに盛土して載荷重とした。なお、圧密に伴なう間隙水の排水は築堤内の盲暗渠と施工地区中央の井戸($\phi 500\text{mm}$ の有孔塩ビパイプ)によった。

2.3. 施工結果

地盤表層処理時点で実施した地盤強度は $q_u=0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度であり、図-5に示すようにコーン指数も $q_c=0.8\sim 1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ と小さい値であった。地盤改良を実施し、盛土施工完了1週間後の施工中に行なった値は $q_c=2\sim 3\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、圧密改良効果が現われている。載荷圧密放置期間2カ月を経過した時点では $q_c=3\sim 4.5\text{kg}/\text{cm}^2$ とさらに強度増加し、この時点で実施した一軸圧縮強度も $q_u=0.36\sim 0.40\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。含水比も $W=130\sim 180\%$ 程度に低下している。

図-4は施工管理のために実施した圧密沈下量の時間経過を示したものであるが、数値的一致はむづかしいが、沈下曲線の形状は似かよっている。

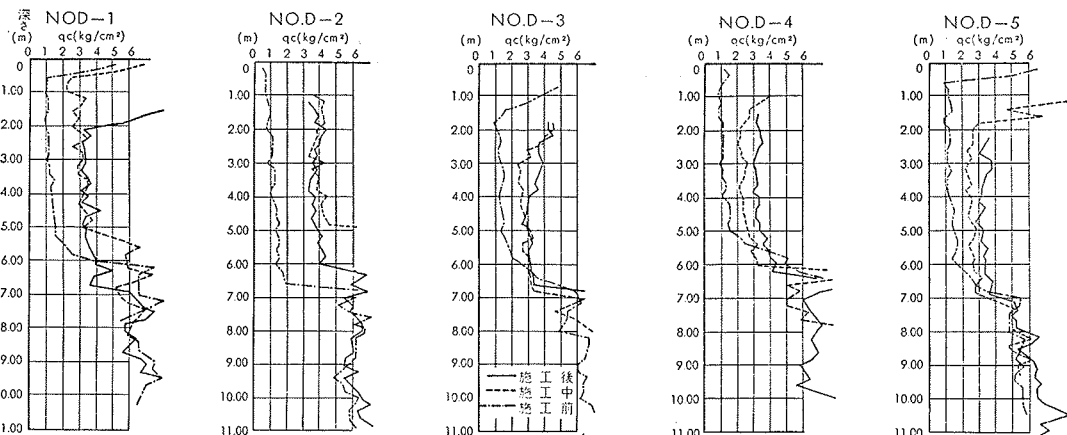


図-5 発生汚泥地盤の圧密改良強度変化 (オランダ式二重貫式コーンペネトrometer)

しかし、載荷終了後2カ月経過時点でも、なお若干継続する傾向を示していることと沈下量も若干小さな値であるのは、圧密進行に伴なう載荷盛土内地下水位上昇に起因した浮力による荷重軽減作用が影響したものと考えている。この地下水位上昇による浮力を考慮すれば、妥当な圧密進行状態を示している。

PVCドレーン工法の施工性については、当初打設機械のマンドレルやコーン等に欠陥があり、種々の改良を余儀なくされたが、改良の結果、工事遂行を達成できた。しかし、この時点ではPVCドレーン打設機械については種々の問題が残されていた。

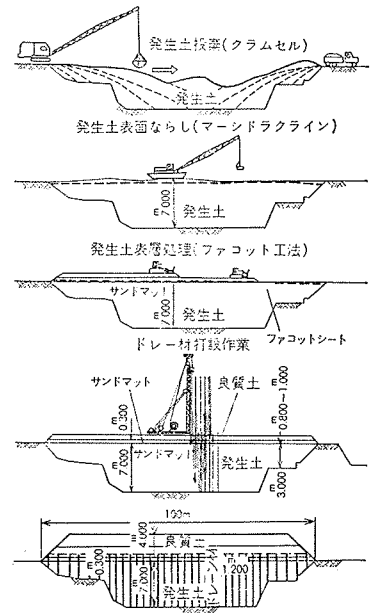


図-3 発生汚泥の土木の処理施工順序

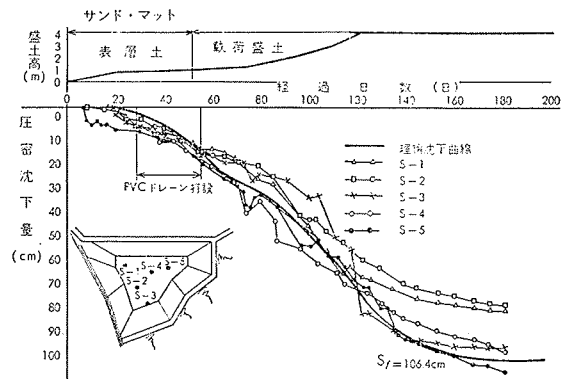


図-4 圧密沈下量-時間関係

3. 国鉄羽沢駅軟弱地盤改良試験工事(大気圧工法)

PVCドレーン工法を適用した第2回目の実施例は1973年3月～4日に実施した表記試験工事である。この工事は本線工事区間の各間に分布する腐植土、シルト質粘土からなる軟弱地盤を最大4m程度掘削除去するもので、工事の性質上、盛土等を必要としない大気圧工法を適用したものである。工事全体では約1万m²あるが、腐植土を対象とするために、まず、試験工事を行なったものである。なお、試験工事のあと、同年7月～10月にかけて本工事もPVCドレーン工法を併用した大気圧工法で施工した。

3.1. 地盤状態と土質性状

腐植土とシルト質粘土層および下部土層の分布状態を図に示す。上層に最大深さ6～7mに分布する腐植土は含水比 $w = 900\%$ に及ぶものもあるが、平均 $w = 150 \sim 300\%$ の範囲にある高含水、高圧縮性のものである。単位体積重量も $\gamma_t = 1.00 \sim 1.40 \text{ g/cm}^3$ と小さく、有機分も25%程度含まれている。

腐植土の一軸圧縮強度は改良後の強度と共に図-14, に示しているように $q_u = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ 以下の範囲にあって、おおよそ $q_u = 0.2 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2$ と小さい。圧密特性は図-8, 9に示す。

3.2. 施工方法

大気圧の施工方法は表-3に概略工程を示すように地盤表層処理、シートウォール打設を終了した後、PVCドレーン工法を施工した。PVCドレーン材のピッチは $d = 1.00 \text{ m}$ の正方形配置で、圧密期間は圧密度 $u = 90\%$ にわずか8日間であるが、真空圧が定常に達するた

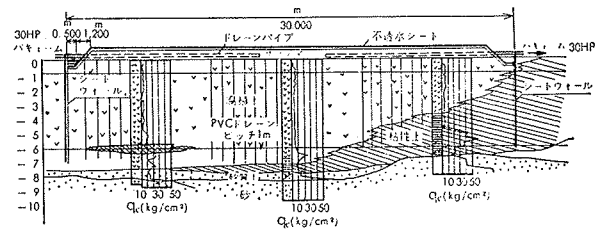


図-10 大気圧工法試験地区の土質断面図

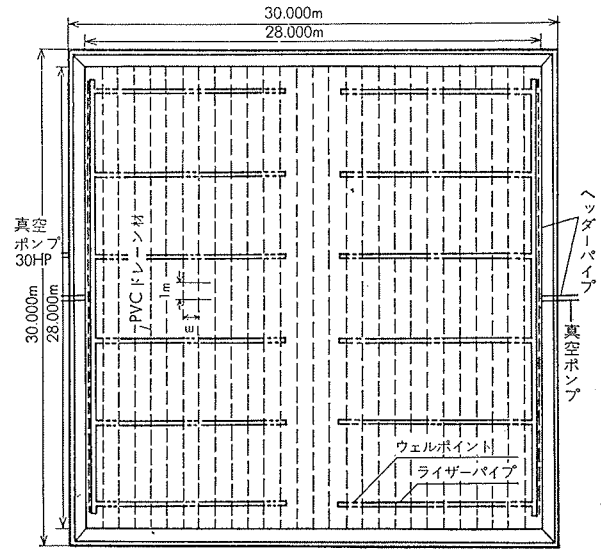


図-11 大気圧工法試験地区平面図

めにはかなりの時間を要することを勘案して、実際には17日間とした。

PVCドレーン材打設後、ウェルポイントを改良したサクションパイプ(ウェルポイント部1.00m, ライザーパイプ部4.00m)を図-11に示すように5mピッチに配置し、真空ポンプ、ヒューガルポンプに接続した。気密シートとしてはナイロンターポリンを使用し、シートの端部処理にはベントナイト混入率約15%のベントナイト・ローム混合土を使用し、真空ポンプ稼動時には濃度20%のベントナイト泥水を灌水させた。各種設置計器の取り出し口も完全シール加工した。

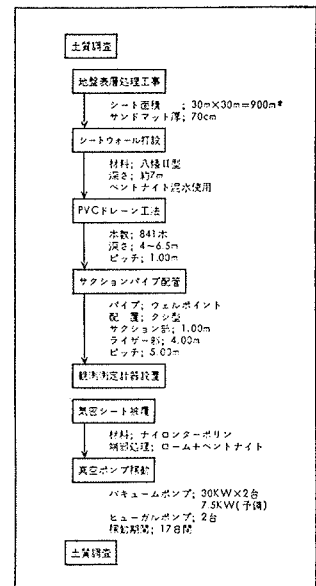


表-3 大気圧工法概略施工工程

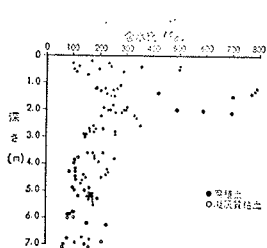


図-6 施工前の含水比

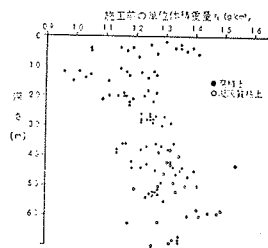


図-7 単位体積重量

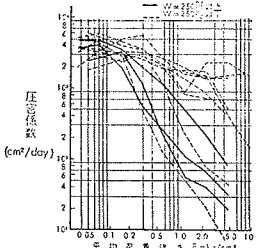


図-8 圧密係数

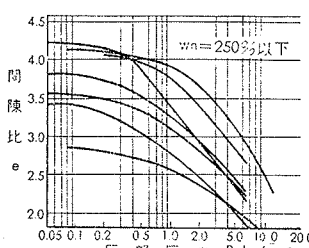


図-9 e-log P

3.3. 施工結果

施工期間中の沈下測定結果を図-12に示す。図によると各測点での沈下量に差が見られるが、これは軟弱層厚に原因して

観測計器	記号	地下量(m)	層厚(m)	
			弱層土層	底圧計粘土層
連続地下計NO.1	→→	51.2(+)	7.0(+)	0.5(+)
NO.2	→→	35.6	3.7	2.9
沈下板NO.1	→→	29.9	3.0	5.5
NO.2	→→	39.4	4.2	3.6
NO.3	→→	19.6	2.0	5.5
NO.4	→→	37.5	3.7	2.9
NO.5	→→	51.5	7.0	0.5
NO.6	→→	48.8	6.65	0.5
NO.7	→→	28.3	3.0	4.2
NO.8	→→	46.6	5.6	2.4
NO.9	→→	33.0	3.2	4.9

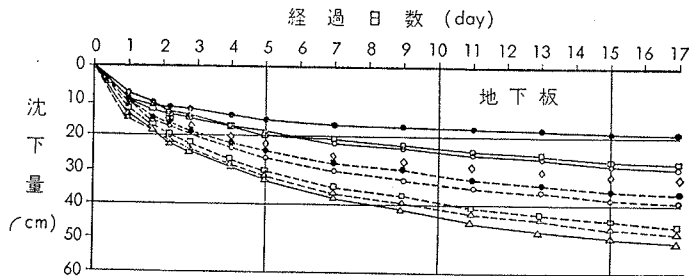


図-12 圧密沈下量測定結果

いるもので圧密進行のバラツキではない。又、負圧も測定できる間隙水圧測定結果によると、サンドマット内の真空度は稼動後、2時間で定常に達しているが、地盤内の間隙水圧は稼動後7日経過時点まで低下を続けて定常圧に達している。定常に達した時点の地盤内各深さの間隙水圧の低下量(真空による有効応力増加分)は

有効応力増加	
GL-2.00m	0.5 kg/cm ²
-4.00m	0.30
-6.00m	0.25

で、深さ方向に減少する。これはシルト質粘土層下に分布する砂層からの地下水吸水に真空圧のエネルギー消費が行なわれたと解され、脱水量の検討からも確認できた。なお、真空圧発生による定常時の地下水低下量は約2mであった。

施工終了後に実施した土質調査結果によると図-14に示すように、改良後は $q_u = 0.4 \sim 0.7 \text{ kg/cm}^2$ と大きく増加し、とくに表層部の改良効果が大である。又、このことは含水比の変化についてもいえる。

以上のように、鉛直ドレーン材の通水、排水性を厳しく要求される大気圧工法において、所期の改良効果を達成できたことは、PVCドレーン工法の優秀性を証明するものといえる

4. あとがき

PVCドレーン工法については現在も種々の改良、改善を加えるべく、鋭意研究を続けている。最後にこのPVCドレーン工法の適用にあたって終始ご協力いただいた東京都朝霞浄水場、国鉄第二工事局、羽沢工事区の関係諸氏ならびに実際工事にあたられた大林組成増工事事務所小坂鉄雄所長、小林義信職員おなじく

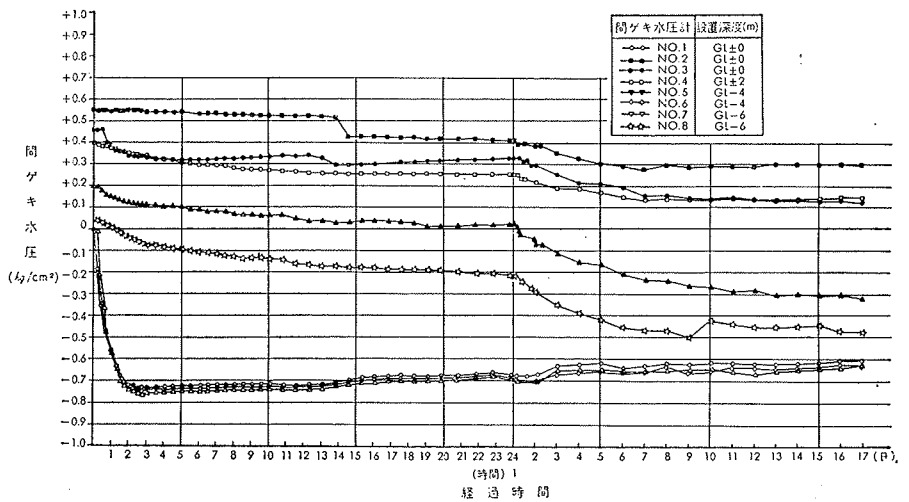


図-13 間隙水圧(真空圧)の変化

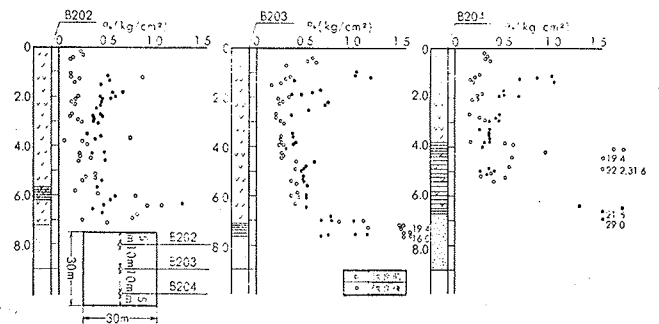


図-14 一軸圧縮強度の変化

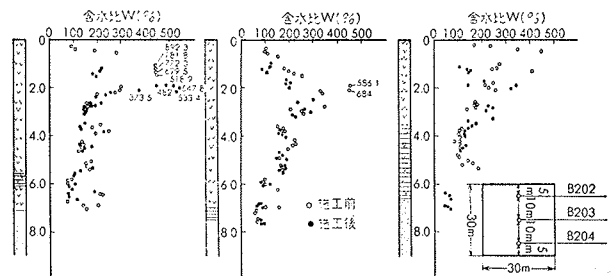


図-15 含水比の変化

大林組羽沢工事々務所柳瀬五郎所長、来代哲雄主任、竹村勝朗職員各氏に感謝の意を表します。