



土木研究所資料

第六三五号

土木研究所資料

第 635 号

軟弱地盤における盛土の破壊例集

昭和 46 年 2 月

建設省土木研究所

土質研究室

軟弱地盤における盛土の破壊例集

建設省土木研究所

目

次

まえがき	1
道路盛土 (No.201)	8
河川堤防 (No.202)	10
河川堤防 (No.203)	12
道路盛土 (No.204)	14
道路盛土 (No.205)	16
河川堤防 (No.206)	18
道路盛土 (No.207)	20
道路盛土 (No.208)	23
道路盛土 (No.209)	25
道路盛土 (No.210)	27
道路盛土 (No.211)	29
海岸堤防 (No.212)	31
河川堤防 (No.213)	33
道土盛土 (No.214)	35
道土盛土 (No.215)	37
道土盛土 (No.216)	39
道土盛土 (No.217)	41
道土盛土 (No.221)	43
道土盛土 (No.222)	46
海岸堤防 (No.223)	48
道路盛土 (No.224)	50
付図 (その1) ボーリングデータ	55
付図 (その2) 地質縦断図	81
付図 (その3) 施工経過と事後措置	93

ま え が き

軟弱地盤上の道路、堤防などの盛土工事施工中に、地盤の破壊が生ずると工事の遅延を生じ、対策のために多大の費用増加を要する例が多い。このような事態を未然に防ぐために、軟弱地盤上に盛土を施工する際には充分な調査を行なって、必要ならば何らかの対策工法を実施するのが通例である。しかしながら現在実施されている種々の対策工法の選択は現場技術者の判断に全く任されており、その効果や施工上の適用性を考慮した選定基準は明らかにされていない。軟弱地盤の土性や層厚あるいは盛土の規模、工期などに応じた対策工法の選定を行なうよりどころを確立することが強く望まれているところである。

このような選定基準を確立するために、過去の工事例における軟弱地盤上の盛土破壊例に関する調査を行なってきた。この調査（盛土破壊カ所調査）は、各種の対策工法の効果について検討する基礎資料を得ることを目的としたものである。すなわち過去の工事例における破壊例集を作成して、同種の工事に携わる人々の参考に供するとともに、次のような事項を明らかにすることを目的としている。

1. 破壊個所の地盤の特性——過去に破壊した軟弱地盤の土性や層厚はどの程度のものであるか。
2. 破壊個所の盛土の規模——盛土高さあるいは盛土荷重がどの程度のものが破壊を生じているか。
3. 破壊の規模、様相——どのような施工段階でどの程度の規模の破壊が生じているか。また破壊の原因は何か。
4. 破壊後の事後措置——破壊した場合にはどのような対策がとられているか、またその効果はどうであるか。

このような目的で行なわれたこの調査はまず昭和43年度に調査票を用いて13カ所の破壊例について上記各項目の資料を収集した。しかしながら昭和43年度に収集した資料の中には充分解析にたえられるだけの資料の整っていないものも含まれており、また総数も不十分であると判断されたので、引き続き昭和43年度の調査分について追加調査を実施して不足の資料を補足するとともに新たに調

査カ所を追加補充した。この結果昭和44年度には総計25カ所の調査対象が選定されるに至った。

収集した資料は昭和44年度から45年度にかけて整理し直して破壊例集としてとりまとめ、その成果に基づいて土木研究所において破壊時の安定性の検討を実施した。

これらの調査結果をとりまとめたのがこの報告である。

調査の対象となった盛土の件数は合計25件である。その内訳は道路盛土16件、河川堤防7件、海岸堤防2件となっている。ただし河川堤防7件の中には河川改修にともなう鉄道橋の取付部の盛土が1例含まれている。この調査は我国における軟弱地盤上の盛土の破壊例の全数調査ではないので、このような数字から直ちに道路盛土の方が河川堤防にくらべて破壊し易いと断定することはできないが、近年我国の道路網整備に対する需要が急速に高まってきたために、従来は避けて通った軟弱地盤上に道路を建設したり、投資に対する経済性を高めるために工期の短縮をせまられて道路盛土の施工がより大きな危険にさらされる機会が多くなっていることをうかがい知ることができる。

これら25件の破壊例における盛土の規模、基礎地盤の特性等の概要についてとりまとめたのが盛土破壊カ所調査総括表である。

調査対象の破壊カ所の基礎地盤は統一分類でPt、OH、CH、MHなどにも属する軟弱な土質となっている。

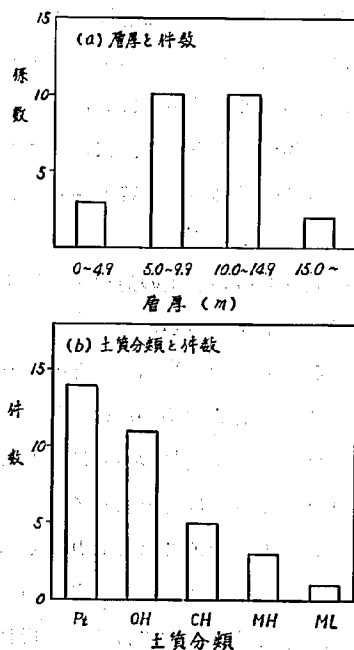


図-1 軟弱層の層厚と土質分類

破壊を生じた軟弱層の層厚とこれらの土質分類の頻度分布をヒストグラムで示

すと図-1のようになっている。

特にPtの頻度が大きいのは破壊カ所25件のうち11件が北海道における破壊例であるためである。北海道のPt(泥炭)は自然含水比の高いものは1000%を超えるものがあり、強熱減量も95%にも達するものがある。このような地盤では未分解の植物繊維が含まれることが多く、不攪乱試料の採取はまず不可能であるので、強度特性の調査にはペーン試験機またはコーン貫入試験機などを用いた現地試験法が採用されている。

得られた破壊カ所の地盤の自然含水比と土粒子比重との関係は図-2に示した。

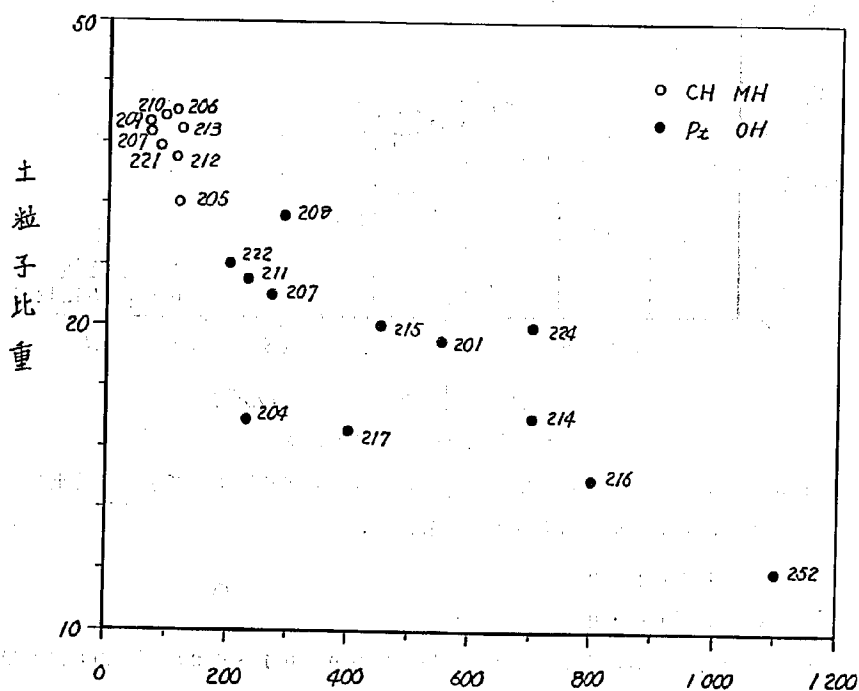


図-2 自然含水比と比重

破壊カ所の地下水位は殆んどの場合地表面に等しいと推定され(報告のないケースがある)、一般に自然含水比は高い。ただし植物繊維を多く含むPtでは殊に

大きな自然含水比となっているので、自然含水比の範囲は土質分類に応じて2つのグループに分けられる。1つはCH、MHに属する土で自然含水比50～100%、土粒子比重2.5～2.7であり、他の1つはPt、OHに属する土で自然含水比150～1100%、土粒子比重1.2～2.3となっている。

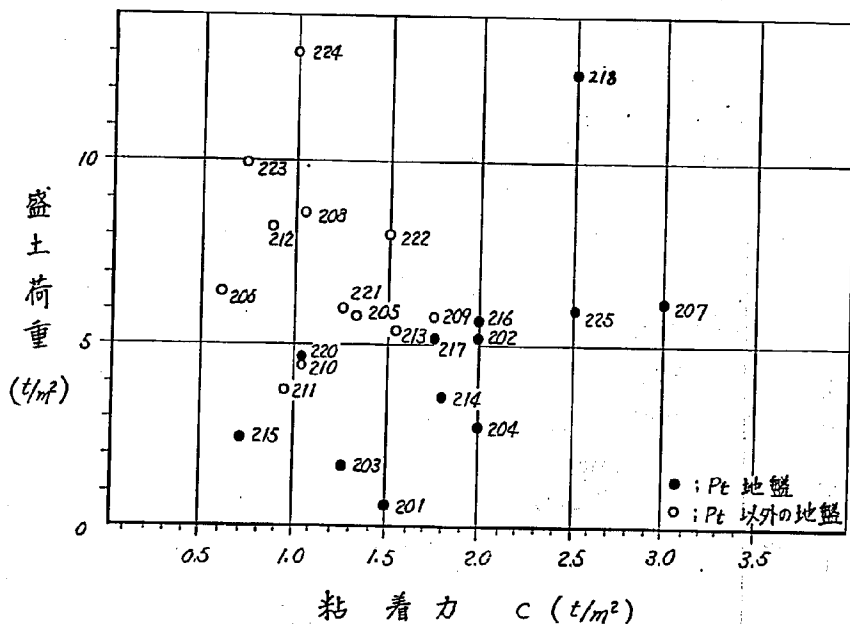


図-3 盛土荷重と地盤の強度

地盤の強度を一軸圧縮試験またはコーン指数から次式によって求めて盛土荷重に対してプロットしたのが図-3である。

$$C = 1/2 \cdot q_u$$

$$C = 1/10 \cdot q_c$$

破壊した地盤の粘着力は0.3 kg/cm以下であり、0.1～0.2 kg/cmの間に大半が集中している。

これらの調査結果からPt、OH、CH等に属する土で自然含水比が50%以上で、粘着力が0.3 kg/cm以下となるような層を有する地盤で、盛土荷重によって破壊を生じていることが判る。

盛土の横断面は道路盛土の場合には殆んど全部単断面の台形で計画盛土高さは1.4～7 mである。これに対して海岸堤防あるいは河川堤防の一部には旧堤を利用してこれに腹付けをする形となっている。盛土材料に関する詳細な調査結果が得られていないが、大半は砂質土を用いており、中には近傍の切土区間から流用した粘性土を用いた板208や、隧道掘削のズリを転用した板222のような例もある。

盛土材料の単位重量は $1.3 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$ の範囲にあり、大半が $1.6 \sim 1.7 \text{ g/cm}^3$ となっている。ここで注意を引くのは破壊の前に降雨があったと報告している板205や板223で、降雨による盛土材料の単位重量の増加と強度の低下が想像される。

なお破壊した盛土の破壊時における荷重は図-3に示したように $0.6 \sim 13.1 \text{ t/m}^2$ の間に散らばっているが、このうち特に小さい値となっている板201、板203、板215などはきわめて軟弱な泥炭地盤における例で、既に基礎地盤は破壊して盛土材料が地盤内へ沈下してもなお置換効果を期待して盛土を継続した例である。また 13.1 t/m^2 という大きな値を示している板224は極限荷重を検討するために破壊するまで盛土を施工した試験盛土の例である。

破壊の形態は2つのグループに大別できる。その1つはきわめて軟弱な泥炭地盤におけるもので、周辺地盤に隆起や側方変位の大きな変化をもたらさずに盛土全体が基礎地盤内に貫入する形である。いま1つは盛土の片側の地盤が隆起し、盛土天端にき裂を生じて法肩が大きく沈下するものである。

後者の場合には円弧すべり計算における最小安全率を与える円弧がほぼ隆起した側方地盤の外縁近くを通るようである。

ここで特に目を引くのは1度破壊を生じたために対策工法として押え盛土を施工した後、さらに盛土を継続したところ第1回目の破壊におけるすべり面の下を通る、より大きな半径のすべり面に沿う2回目の破壊を生じた板221の例である。押さえ盛土を施工する場合にその効果について充分検討した上で押さえ盛土の規模を決定すべきことを示唆している。

また板207および、板209の2例においても同一個所で2回破壊を生じて

いる。いずれも第1回目の破壊の後に対策工法としてサンドドレーン工法を採用して基礎地盤の改良をはかっているにも拘らず再度破壊を生じている。

なお、河川堤防ならびに海岸堤防などで旧堤を利用して腹付けをする場合には旧堤直下の基礎地盤は圧密による強度増加が期待されるが法尻から外方に向ってはこのような効果は期待できないので腹付けした新しい盛土の部分だけが破壊するという例を生じている。

破壊後にとられた事後措置は報告のあったものの中では押さえ盛土工法が5例でもっとも多い。この中には断面の変更を行なって計画盛土高を小さくしたものが含まれている。地盤を積極的に改良する工法としてはサンドドレーン工法ならびにコンポーザー工法が3例報告されている。盛土の施工中に破壊を生じた場合には既に施工した盛土材料を除去してドレーンパイルの打設などの改良工法の施工を行なわなければならないために、積極的な地盤改良工法を選択する例は少ないと思われる。

この他にとられた方法には杭で支持した格子状の桁の上に盛土を施工する格子桁工法を採用した6209のような例もある。

破壊後にドレーンパイルを打設して積極的に地盤の圧密促進による強度増加をはかるときには、特に鋭敏な土質の場合には破壊による乱れの影響やドレーンパイル打設による地盤の乱れ等を充分考慮して圧密荷重としての盛土高さを決定しなければ再び破壊が生ずる恐れがあるようである。

なお特殊な事後措置については付図に概念図を示した。

表-1 破壊カ所調査総括表

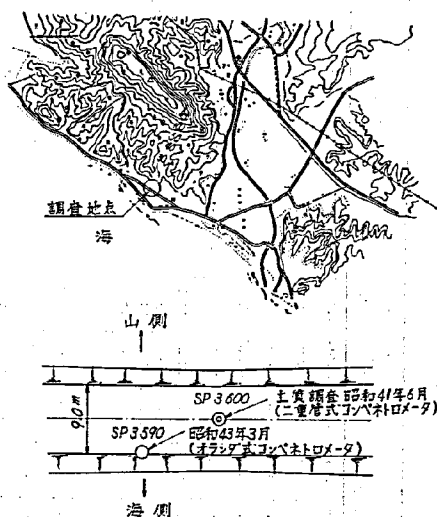
ケース No	盛土の 種類	軟 弱 層		計画盛土断面			破壊時の盛土断面			盛土材料	地盤処理	破壊の生 じた時期	破 壊 の 形 態	安全率	事後の対策	
		分類	層 厚	せん断強度	高 さ	数 値	天端幅	高 さ	数 値							天端幅
201	道路	Pt	6m	$q_u = 1.5 \text{ kg/cm}^2$	1.3m	12.0m	9.0m	0.4m	12.0m	(11.0m)	砂 質 土	無 処 理	42.10	盛土全体の沈下	2.51	コンポーザン工法
202	河 川	Pt	6	$q_u = 1 \sim 3.0$	4.0	19.0	3.0	3.0	19.0	7.0	河床掘削土 および山土	"	42. 6. 4	河床掘削側へのすべり破壊	1.72	—
203	"	Pt	10	$q_u = 1.2 \sim 1.3$	4.5	27.0	4.0	1.0	27.0	4.0	"	"	38.	盛土全体の沈下	1.91	—
204	道路	Pt	7	$q_u = 0.3 \sim 0.5$	4.0	25.5	9.5	1.8	(25.5)	(23.7)	砂質ローム	サンドドレーン	38. 9.	"	1.18	押さえ盛土 断面変更
205	"	OH	11	$q_u = 0.22 \sim 0.28$	6.0	32.7	9.5	3.5	32.7	14.0	ローム	無 処 理	40. 1.14	両側方にすべり破壊 (降雨) 地震	1.18	押え盛土 断面変更 鉄道施工
206	河 川	OH	1.6	$q_u = 0.125$	6.0	29.5	5.5	4.0	29.5	13.5	—	"	40.10.	版付け部のすべり破壊	1.25	—
207	道 路	CH	24	$q_u = 0.4 \sim 0.8$	7.0	30.0	9.0	3.6	30.0	12.0	—	"	35.11. 39. 3.	両側方にすべり破壊	1.18	断面 変 更
208	"	CH	7.5	$q_u = 0.19 \sim 2.20$	7.0	38.0	23.0	5.0	38.0	17.0	関東ローム	サンドドレーン	43. 2.12	片側方にすべり破壊	0.94	押え盛土
209	"	OH	12	$q_u = 0.2 \sim 0.5$	7.6	30.0	6.0				砂質ローム	無 処 理 サンドドレーン	41.12. 5 42. 5.29	河川側へすべり破壊 側方の盛土上り	0.81	盛土高変更 放電
210	"	MH	4	$q_u = 0.16 \sim 0.25$	3.0	15.0	7.4	2.5	9.6	25.0	—	無 処 理	"	"	0.95	格子工法
211	"	OH	7	$q_u = 0.15 \sim 0.22$	2.0	13.0	9.5	2.0	13.0	9.5	砂 利 はじり土砂	"	36.11	盛土全体の沈下 両側方の隆起	1.03	押え盛土
212	海 岸	CH	4	$q_u = 0.13 \sim 0.2$	5.5	27.0	6.3	4.3	27.0	7.0	砂質シルト	"	41.11.25	"	1.23	—
213	河 川	CH	9	$q_u = 0.19 \sim 0.42$	4.0	14.5	4.4	3.0	14.0	4.4	普 通 土	"	39.	片側のすべり破壊 片側方の隆起	0.98	—
214	道 路	{ OH Pt	7	$q_u = 1.8$	3.0	22.0	10.0	2.5	22.0	10.0	粘土質土	"	32.12.27	盛土全体の沈下 両側方の隆起	0.90	—
215	"	{ OH Pt	12	$q_u = 0.01 \sim 0.15$	1.1	10.6	9.0	1.4	14.4	9.4	砂 質 土	"	42. 7	"	1.76	粗粒沈床 格 子 柵
216	"	Pt	12.5	$q_u = 2.0$	2.0	16.5	12.3	3.2	18.0	8.3	粘土質土	"	40. 9	盛土全体の沈下	1.59	—
217	"	Pt	12	$q_u = 0.15 \sim 0.20$	4.0	42.0	10.0	4.0	42.0	10.0	火山灰土	"	38. 8	盛土全体の沈下	1.69	—
218	"	{ Pt OH	13	$q_u = 2.5$	7.4	90.9	14.5	7.4	90.9	14.5	—	"	36. 5	"	0.93	—
219	河 川	Pt	6	$q_u = 1.0 \sim 2.0$	3~4	17.0	3.0	3.5	17.0	3.0	泥 炭 砂 質 土	"	43. 7	片側すべり破壊	1.03	—
220	"	Pt	5~7.5	$q_u = 1.2 \sim 3.0$	3.4	18.4	4.0	2.8	18.4	4.0	砂 質 土	"	43. 8	両側方すべり破壊	1.90	—
221	道 路	{ OH MH OH MH	15	$q_u = 0.15 \sim 0.35$	2.5	41.5	12.0	3.0 3.0	13.5 44.0	5.5 11.0	砂質ローム	"	43.10.14 44. 3.16	片側のすべり破壊 片側方の盛土上り	1.63	—
222	"	{ OH MH	10	$q_u = 0.30$	7.0	32.0	18.0	4.0	31.0	19.5	トンネル土	"	43. 1.23	"	0.92	押え盛土
223	海 岸	ML	10	$q_u = 0.1 \sim 0.2$	7.0	33.0	6.2	5.5	29.0	7.5	山 土	"	41. 11.25	"	0.93	サンドドレーン
224	道 路	{ Pt OH	3.5	$q_u = 0.1 \sim 0.3$	6.5	44.7	10.4	6.5	44.7	10.4	レチャまじり 砂 質 土	"	41. 6. 9	片側のすべり破壊 片側方の盛土上り	1.03	—
225	河 川	{ Pt OH	13.0	$q_u = 2.5$	3.0	18.0	6.0	3.5	24.0	1.0	—	"	44. 7	"	1.01	—
															2.24	—

注) ()は推定 安全率は破壊時の断面についてもとめたものである。

1. 概要

道路の改良工事において線形修正のための新設工事区間である。当該区間は海岸近くの比較的狭い範囲に泥炭層の分布している地域で、背後（約100m）には山地がせまっている。

計画盛土高さは1.3mであるが、泥炭層がきわめて軟弱であるため、昭和41年より盛土を開始し昭和43年3月に至ってもなお盛土天端高は原地盤より0.4m程度である。この間に施工した盛土材料は盛土高さに換算してほぼ2.5mに相当する量であるが、その大部分は基礎地盤内に沈下して盛土基礎の地盤を置換した形となっている。このためコンポーザー工法による地盤改良を対策工法として検討している。



2. 地盤の特性

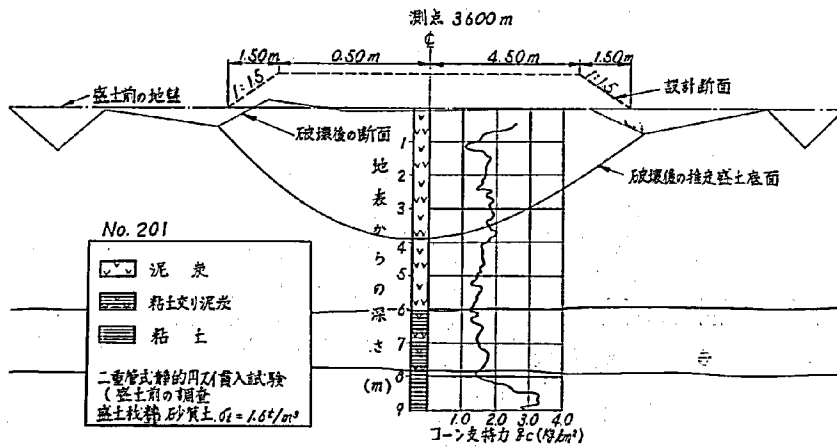
当該区間では表土約0.3mの下位に層厚5.6mの泥炭が分布し、その下位には層厚約2m弱の泥炭混り粘土があり、さらにその下位には粘土が分布している。

表土の下に広がっている泥炭は自然含水比200~930%、土粒子比重1.59~2.32ときわめて有機物含有量の多い泥炭層で圧縮性も大きい。二重管式コーンベネトローターによる試験結果では深度7.7mまでほぼ一様な強度を示し、その値は $q_c = 1.6 \text{ kg/cm}^2$ ときわめて軟弱である。

図—4 No. 201 破壊カ所平面図

3. 破壊の特性

破壊の状況を示すと次図のようである。

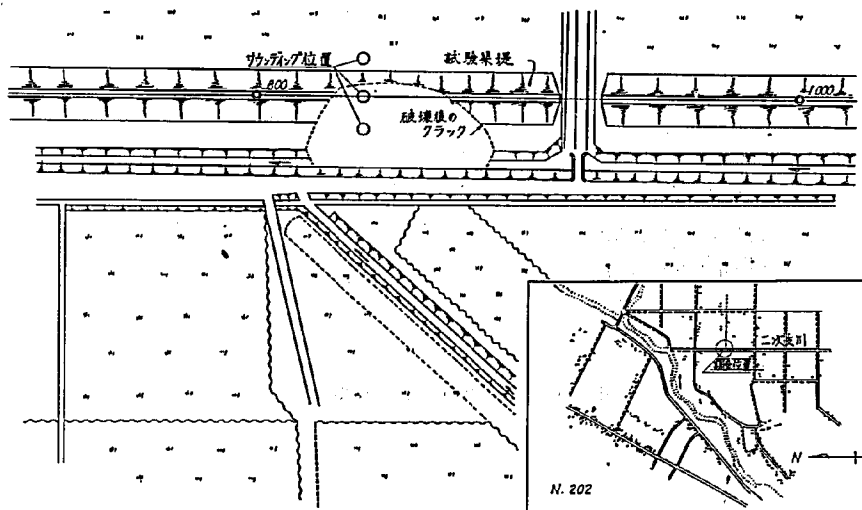


図—5 No. 201 破壊の状況

河 川 堤 防	破壊時期：昭和42年6月4日	No. 202
---------	----------------	---------

1. 概 要

河川改修にともなう二次支川の築堤工事である。当該区間一帯は軟弱な泥炭層が広く分布した平野部で、僅かに隆起した自然堤防が存在する未改修河川である。



図—6 No. 202 破壊カ所平面図

計画盛土高さは4 mである。右岸堤防の一部、延長45 mを本工事に先立って試験的に施工した。まず河道を堀削した材料を用いて0.9 m程度まで盛土を行ない、昭和42年5月12日より搬入土によって盛土を行ない6月3日には盛土高さ3 mまで盛土を完了した。ところが6月4日に、天端が1.5～2.0 m沈下するとともに河道側の基礎地盤は約3 m水平に移動して河道を閉鎖する形になった。

このため試験盛土区間を設けて地盤改良工法の比較検討を行なうことになった。

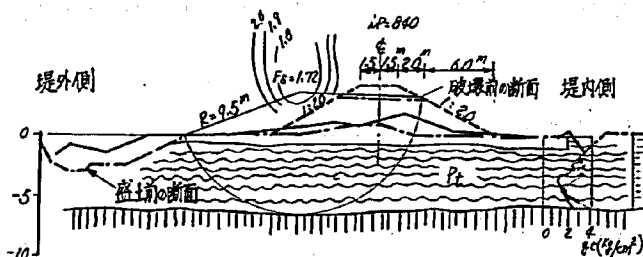
2. 地盤の特性

当該区間の基礎地盤は 1 m 程度の表土の下に約 4.5 m 程度の層厚の泥炭が分布しており、その下位には砂質シルトの層が分布している。

泥炭層は自然含水比約 1100 %、強熱減量 95 % のきわめて多量に有機成分を含んだ軟弱層で二重管式コーンペネトロメーターによる調査では $q_c = 1 \sim 3 \text{ Kg/cm}^2$ の値を示している。

3. 破壊の特性

破壊の状況を示すと次図のようである。



図—7 A6202 破壊の状況

河 川 堤 防	破壊時期：昭和42年	№203
---------	------------	------

1. 概 要

河川改修にともなうショートカットの試験築堤工事である。当該区間の基礎地盤はきわめて軟弱な泥炭層の堆積した原野である。計画盛土高さは4.5 m、盛土延長は約600 mである。昭和42年10月より工事を開始し、水路の堀削をポンプ船で行ない、両河岸をドラグラインと湿地ブルドーザーで盛り上げ整地した後搬入土で盛土を施工した。当該区間では盛土にともなう沈下が急速に生じ、いくら盛土しても盛土高さを1 m程度以上にすることは不可能であり、搬入した盛土材料は殆んど沈下し、また堤内側の基礎地盤が隆起した。

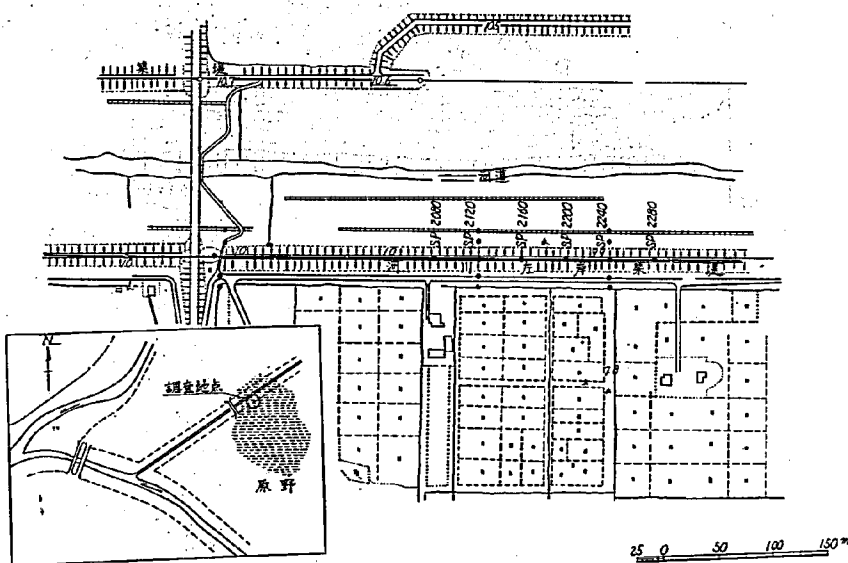


図-8 №203破壊カ所平面図

2. 地盤の特性

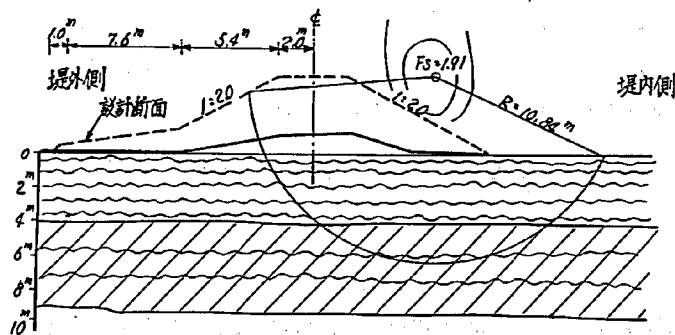
当該区間の堤内側一帯は湿地帯で、泥炭および粘土混り泥炭が堆積している。

地表より深さ 5 m 程度までは泥炭層でその下位に約 3 m 厚の粘土混り泥炭層をはさんで再び泥炭層が分布している。

オランダ式貫入試験機によるサウンディング結果では深度 10 m までほぼ一様に $q_c = 1.2 \sim 1.3 \text{ Kg/cm}^2$ という値を示し、その下位に $q_c = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$ 以上の層に続いて $q_c = 5 \sim 10 \text{ Kg/cm}^2$ 程度の層が分布している。

3. 破壊の特性

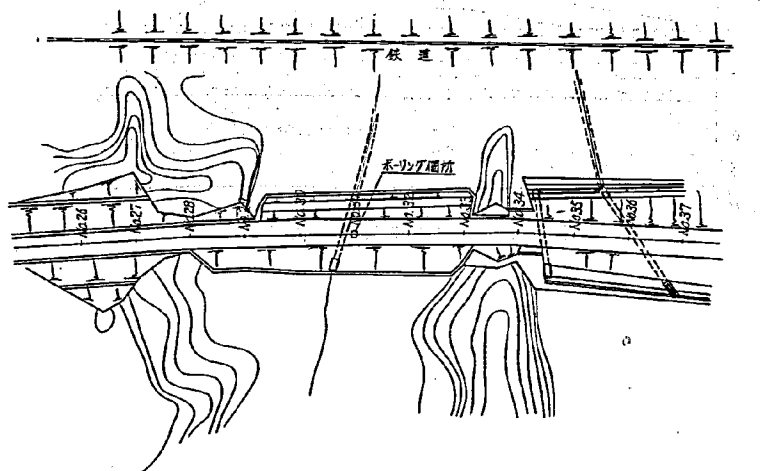
破壊の状況を示すと次図のようである。



図—9 A6203 破壊の状況

1. 概要

国道の改良工事における新設道路区間である。地盤調査の結果盛土区間の一部に軟弱層の存在が確認されたため、昭和38年9月よりサンドドレーン工法による地盤改良を行なった（ドレーンパイプ $\phi 35\text{ cm}$ $\ell = 13\text{ m}$ 正三角形配置 3 m 間隔）。サンドパイプ打設終了後サンドマットを $0.8 \sim 1.0\text{ m}$ まで施工したところ、側方田面に局部的に小規模の隆起を生じたが、そのまま盛土を続行したところ盛土高さ 1.8 m まで達した時に盛土部の沈下、側方田面の隆起側方移動を生じた。このため押え盛土工法を採用するとともに計画盛土高さを当初予定より低くすることによって工事を完結した。



図—10 A204破壊場所平面図

10 0 10 20 30 40m

2. 地盤の特性

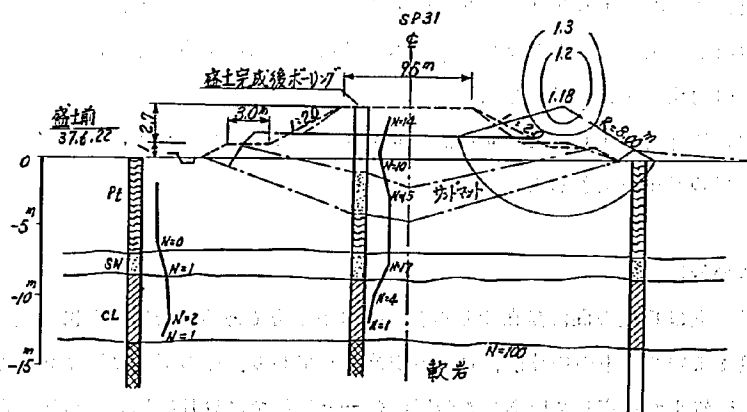
当該区間の道路は丘陵に続いて、開析谷に堆積した軟弱地盤を横断する形になっている。

層厚 0.5 m の表土の下位に黒色の泥炭が約 $6.0 \sim 6.5\text{ m}$ 分布し、その下位には層厚 1.5 m 程度の砂層および 5.0 m 程度の砂質ロームが続きさらに下位には

軟岩が分布している。泥炭層は統一分類でPtに属し、自然含水比230%、土粒子比重1.69、 $N=1$ できわめて軟弱である。なお砂層は暗灰色の細粒砂で密度はゆるく、その下位の砂質ロームは自然含水比50~80%で下層に行く程含水比は低く、一軸圧縮強度はほぼ0.53~0.83Kg/cm²となっている。

3. 破壊の特性

破壊の状況を示すと次図のようである。



図—11 №204破壊状況

道 路 盛 土	破壊時期：昭和40年1月14日	№205
---------	-----------------	------

1. 概 要

国道の改良工事における新設道路区間で、計画盛土高さは約6mである。

昭和39年12月5日より盛土を開始し、中旬までに約2.3mの高さまで施工し20日間程度おいた昭和40年1月11日～14日にかけて3.5mまで盛土した。この間に1月5日～10日に74mmに達する降雨があり、また1月14日に地震が発生した。このため14日未明に盛土が崩壊するとともに当該区間の盛土の両側の水田が隆起した。

このため押え盛土（高さ2.5m幅2.6m）を行ない、緩速施工によって計画高さまでの盛土を完了した。

2. 地盤の特性

当該区間は丘陵の間に存在する谷あいの中の水田地帯である。表層の下に深度2.2m程度まで礫まじりの中粒砂、ロームが分布しており、その下位に層厚9m程度の有機質土が存在している。この層は統一分類法ではOHに属し、自然含水比80～130%、土粒子比重2.36～2.44であり $N < 3$ で軟弱な層である。さらにその下位には統一分類でSMに属するシルト質砂が分布している。なお有機質土層の一軸圧縮強度は $q_u = 0.22 \sim 0.28 \text{ Kg/cm}^2$ となっている。

3. 破壊の特性

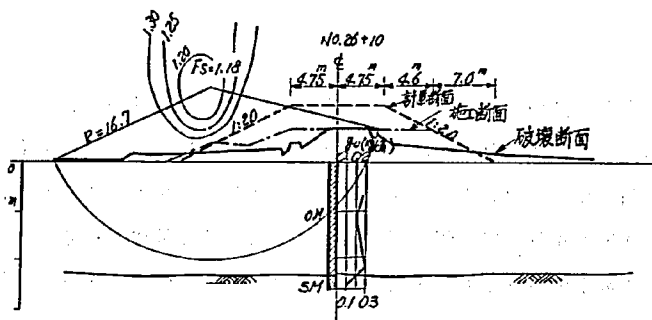


図-12 №2.05破壊の状況

河川堤防	破壊時期：昭和40年10月	16206
------	---------------	-------

1. 概要

河川改修工事において、暫定断面の旧堤を2m嵩上げる計画である。当該河川の中、下流域は有数の水田地帯であるが河口に存在する湖の干拓のために総合的な利水計画の樹立が要求され本格的な改修を行なうことになった。

昭和40年10月、堤外側法面に断面拡大のため腹付けを行ない、旧堤と同一高さ(4m)まで施工したところ、腹付け部の土砂がすべり落ち、堤外地の湿地帯が幅6m高さ50cm程度隆起した。

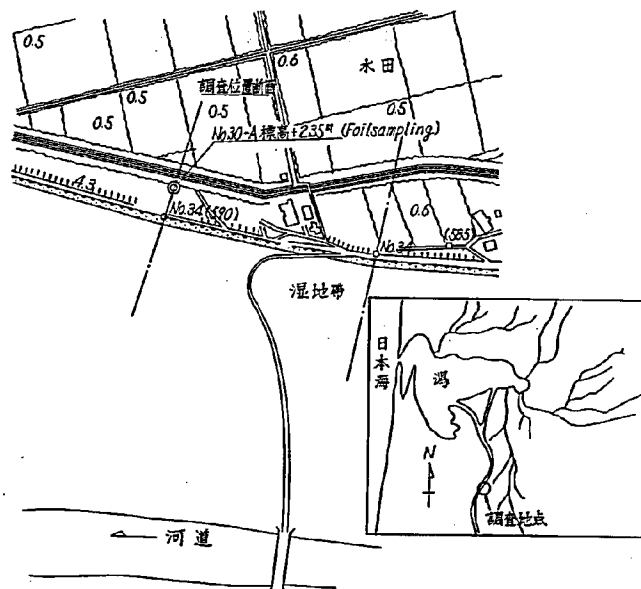


図-13 破壊場所平面図

このため一時工事を中止して地盤の土質調査を行なって安定、沈下の検討を行ない、堤防断面を小段を有する複断面に変更し緩速施工を行なって昭和43年度に計画高さ(6m)まで盛土を完成した。

2. 地盤の特性

当該区間の基礎地盤は河口部に存在する湖の堆積物である砂、粘土が厚さ25 m以上も堆積しており、その下位には層厚20 m程度の $N = 6 \sim 10$ の砂と粘土の互層が分布し、さらにその下位に $N > 50$ の非常に締った礫層が続いている。

層厚1.6 m程度の表層は有機質土で自然含水比140 %程度でこれに続くゆるい砂層は層厚4.4 mとなっている。この下位に層厚17 m程度の粘土層が分布している。この粘土は統一分類でCHに属する粘土で自然含水比100 ~ 120 %、土粒子比重2.65 ~ 2.74、 $N < 2$ できわめて軟弱である。

3. 破壊の特性

破壊の状況を示すと次図のようである。

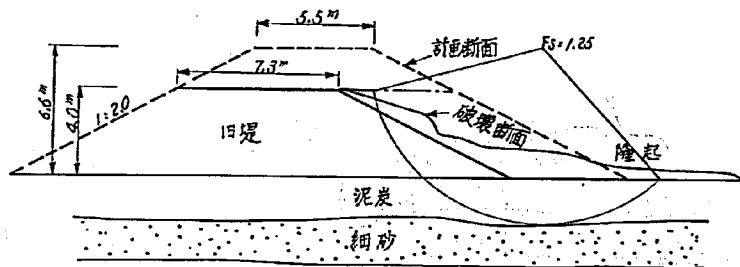


図-14 6206破壊の状況

道 路 盛 土	破壊時期：昭和35年11月 昭和39年3月	№207
---------	--------------------------	------

1. 概 要

国道の改良工事において、線形改良のため付替え道路を新設する計画である。新設道路はほぼ東西に走り、当該地点付近では丘陵と丘陵間の水田を横断する高盛土（計画盛土高約7.0m）の区間である。この区間の両端はいずれも丘陵の切土区間になる。

この盛土区間で盛土施工中に道路の南北両側の水田が隆起し、盛土が沈下した。このため盛土を切り下げてサンドドレーン工法によって地盤改良を計ると共に押え盛土を併用して盛土を再開したところ、再度盛土が沈下すると共に道路両側の田面が再び隆起した。このため計画盛土高を4.5mまで減じ、押え盛土の幅を広げて工事を完陸した。

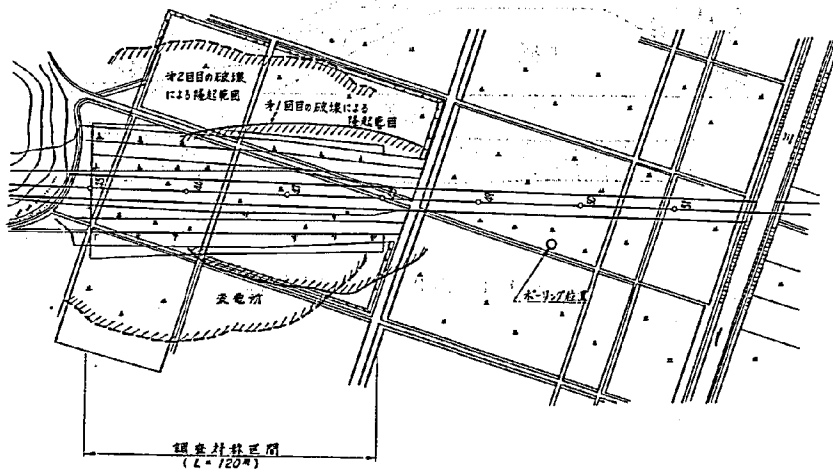


図-15 №207破壊力所平面図

† $h = 2$ の下位関数

下生还厚式。 2

280 143

赴江皖游踪記

1. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

(b) 第2回目の破壊

(昭和39年3月)

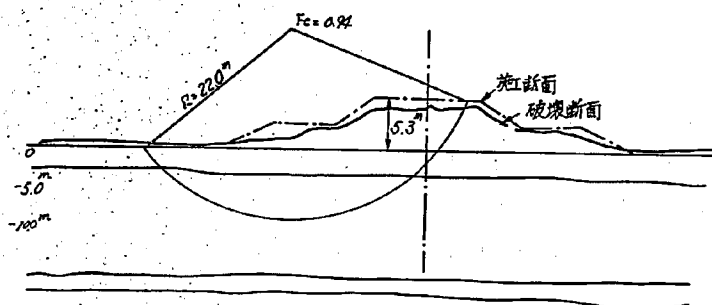


図-16 №207破壊の状況

道 路 盛 土	破壊時期：昭和43年2月12日	牒208
---------	-----------------	------

1. 概 要

国道の改良工事における新設道路区間である。当該間はまだかな起伏のある平野部の盛土区間で計画盛土高さは7.0 mである。基礎地盤に軟弱な有機質土層が存在するため昭和42年12月初旬よりサンドドレーン工法により地盤改良をはかった(ドレーンパイル $l=7.2\text{ m}$ 、 $\phi=0.4\text{ m}$ 、三角形配置1.5 m間隔)。同年12月17日より盛土を開始し、昭和43年2月12日には約5 mまで達したが同日より当該区間牒97付近の下り線側(東方)に設けた変位杭の水平移動量が急激に増加したため盛土を中止した。この後3月13日にいったん約3 mまで盛土高さを減じて同年8月中旬まで放置し、地盤の強度改復をはかった。8月中旬より盛土を再開して9月に計画高さまで完了した。

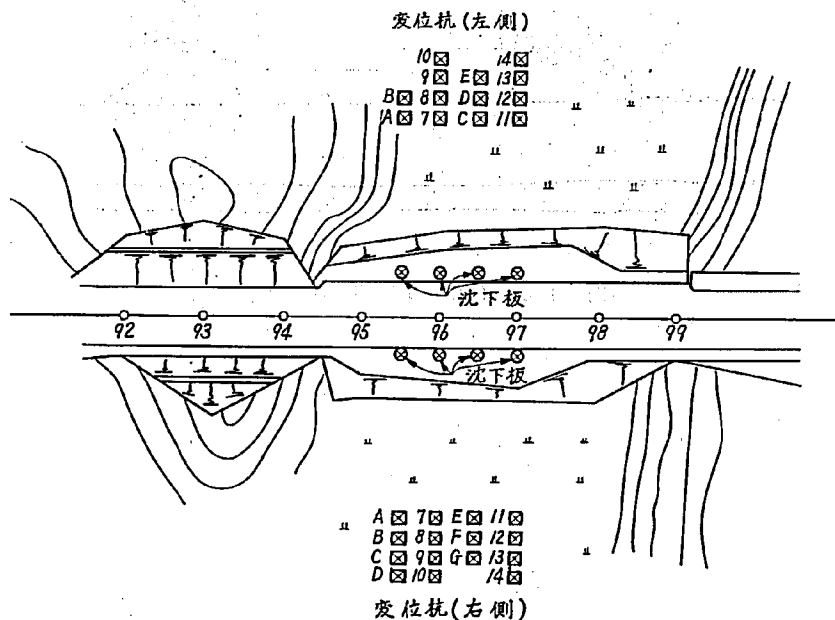


図-17 牒208破壊力所平面図

2. 地盤の特性

表土の下に層厚約7 m程度の有機質土が分布しており、その下位にはN>20程度の砂層が存在する。有機質土の自然含水比は表層に近いところでは480%程度できわめて高く、下位の砂層近くで105%程度で、土粒子比重は2.13~2.62となっている。有機質土層の一軸圧縮強度は下位の砂層に近いところでは $qu = 0.26 \text{ Kg/cm}^2$ 近い値を示しているが、深度4~5 mまでは0.19~0.20 Kg/cm^2 の値となっている。

3. 破壊の特性

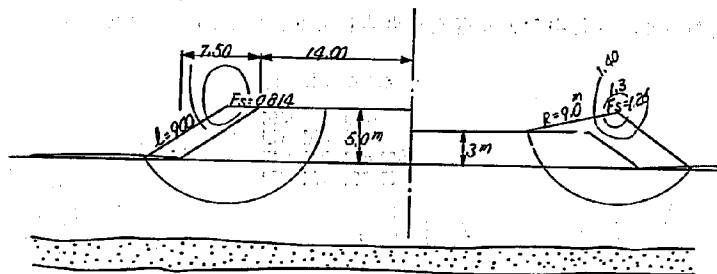


図-18. №208破壊の状況

1. 概要

国道の改良工事で、現道の鉄道との平面交差を立体交差に改築すると共に線形を改良する計画である。当該地点では国道はほぼ東西に走っており、北側に水田があり、また南側には小河川が流れている。この計画のうち鉄道と小河川を同時に跨ぐ橋梁の東側取付部は延長約150mの盛土となっている。この取付部盛土の施工中盛土法尻付近の田面が隆起し、橋台袖石積にキ裂が発生した。このためサンドドレーン工法により地盤改良をはかり押え盛土を併用して盛土を再開したところ、再び基礎地盤に破壊を生じた。対策工法として格子桁工法を採用し工事を完結した。なおこの調査では地盤改良後の再度の破壊を対象としている。

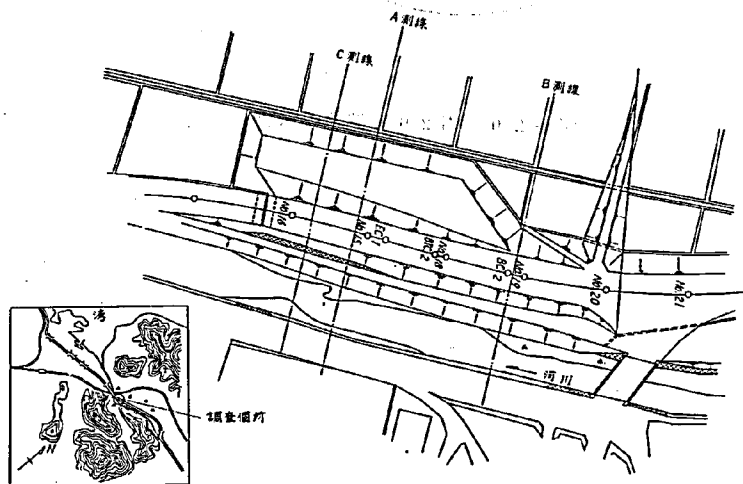


図-19 No. 209 破壊箇所平面図

2. 地盤の特性

厚さ約10mのほぼ均一な軟弱層が分布しており、その下位には $N > 10$ の砂礫層が存在する。ただし道路中心線直下では昭和41年12月の破壊の影響

を受けて軟弱層の厚さは約 8 m 程度になっている。

軟弱層は塑性の大きい無機質粘土で、統一分類法では CH に属し、自然含水比 60 ~ 80 %、土粒子比重 2.60 ~ 2.69 で、一軸圧縮強度はほぼ $q_u = 0.2 \sim 0.5 \text{ Kg/cm}^2$ となっている。

3. 破壊の特性

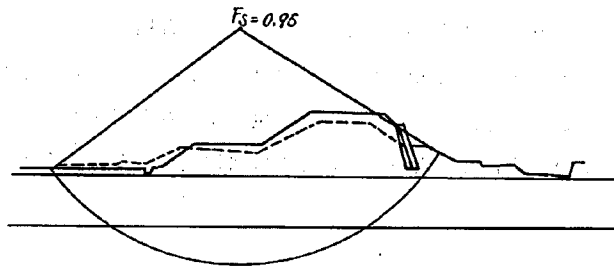


図-20 №209 破壊の状況

道 路 盛 土	破壊時期：	昭和210
---------	-------	-------

1. 概 要

国道の改良工事で、当該区間は国鉄線とほぼ平行に南北に走っている。計画盛土高さは約3mである。

昭和40年12月24日より盛土を開始し緩速施工によって昭和42年1月中旬には盛土高2.5mを完成し、アスファルトによる暫定舗装を3月10日には完成した。

なお破壊の生じた時期、規模、様相に関する資料がないため、不明であるが、盛土の施工段階から盛土中に上り線側（東方、国鉄線のある側）の厚地盤に隆起、水平変位等の異常が見られたために国鉄線との間に押さえ盛土を施工したと推定される。

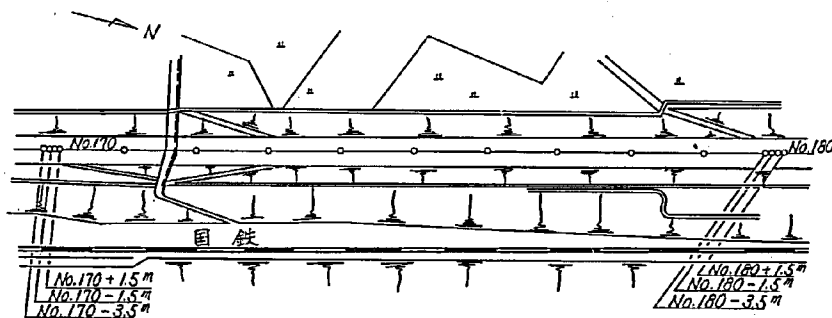


図-21 昭和210破壊場所平面図

2. 地盤の概要

昭和40年9月～10月に行なった土質調査結果によると当該区間の基礎地盤は統一分類法でMHに属するほぼ均質な軟弱層からなると考えられる。自然含水比80～100%、土粒子比重2.65～2.71で、深度0～4mまでは一軸圧縮強度は0.16～0.26Kg/cm²ときわめて軟弱であるが、それ以深9m程度までは一軸圧縮強度0.29～0.49Kg/cm²と若干強さを増している。

3. 破壊の特性

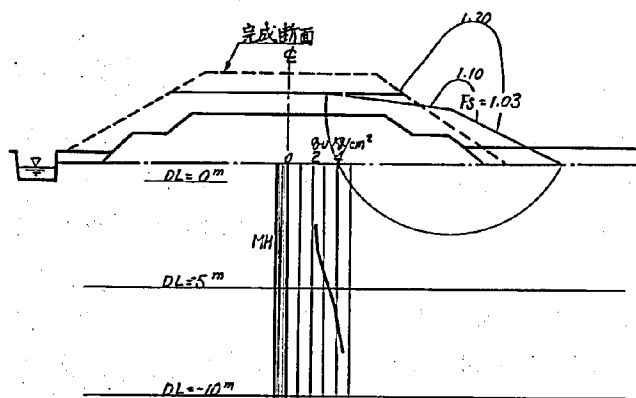


図-22 №210破壊状況

道 路 盛 土	破壊時期：昭和 3 6 年 1 1 月	№ 2 1 1
---------	---------------------	---------

1. 概 要

国道の改良工事における新設道路区間である。延長 2 km の当該工事区間内で、地盤が軟弱なため盛土の沈下ならびに側方地盤の隆起を見た箇所は 3 カ所あるが、いずれも計画盛土高さはほぼ 2 m であり、また基礎地盤の土質構成も類似のものである。ここではそのうちの 1 カ所について調査をすゝめた。

昭和 3 6 年 7 月中旬より盛土を開始し、同年 1 1 月始めにはほぼ計画高さまで完成した。盛土工事中にも沈下の傾向はあったが、盛土完了後も沈下が継続しかつ隣接する側方地盤が延長 1 2.0 m にわたって 3 ~ 5 m の幅で 2 0 ~ 3 0 cm 程度隆起した。このため 3 7 年 9 月より押え盛土を実施現在に至っているがなお年々沈下が認められている。

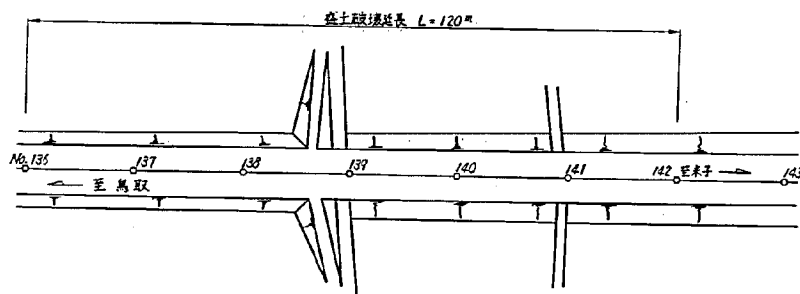


図-23 №211 破壊カ所平面図

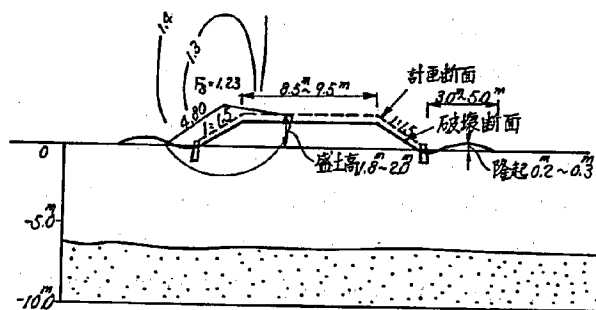
2. 地盤の特性

地表より深度 7 m までは自然含水比 1 2 3 ~ 3 4 3 %, 土粒子比重 1.9 5 ~ 2.4 5 の有機質土が分布しており、その下位には $N = 1 1$ 程度の砂層が続いている。

有機質土層は表層ほど有機成分を多く含み、深くなるにつれて減少している。一軸圧縮強度は 0.1 5 ~ 0.2 2 Kg/cm^2 の値を示し、下層ほど大きな値を示して

る。

3. 破壊の特性



図一 2 4 破壊の状況

海岸堤防	破壊時期：昭和42年8月8日	No 212
------	----------------	--------

1. 概要

海岸堤防の改修工事で、嵩上げ、断面拡幅のため堤内側に腹付けを行なう計画である。

昭和42年6月20日より延長77.5mにわたって、腹付け盛土を開始した。計画断面は腹付け部の天端幅約10m、高さ約2.5mで、別図に示すとおりである。

昭和42年8月8日、ほぼ計画断面まで盛土が完了した時、工事区間77.5mのうち中央部の延長約70mの部分が基礎地盤の破壊のため崩落した。この破壊によって旧堤部分には外見上大きな変動は見られなかったが、腹付け盛土の部分が約1m沈下するとともに、法尻に続く隣接地が約1m隆起した。

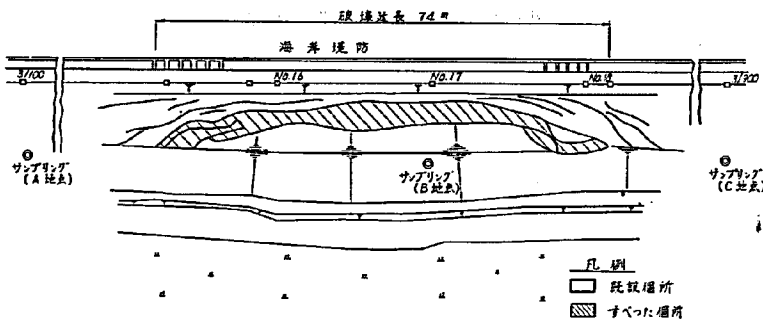


図-25 No 212 破壊場所平面図

2. 地盤の特性

当該地域は内湾の海岸に沿ってきわめて軟弱な粘土層が広く分布したところである。当該区間の基礎地盤は地表から2~4mの粘土層、その下位に厚さ1m程度の砂層をはさみ、さらにその下位に粘土が分布している。当該盛土区間の中でも破壊した断面付近では第1層の粘土層がもっとも厚く(4m程度)分布している。この粘土層は統一分類法でCHに属し自然含水比90~120%

土粒子比重 2.52~2.58 で、自然含水比は液性限界より大きく、また一軸圧縮強度は $qu = 0.13 \sim 0.2 \text{ Kg/cm}^2$ できわめて軟弱な層である。

3. 破壊の特性

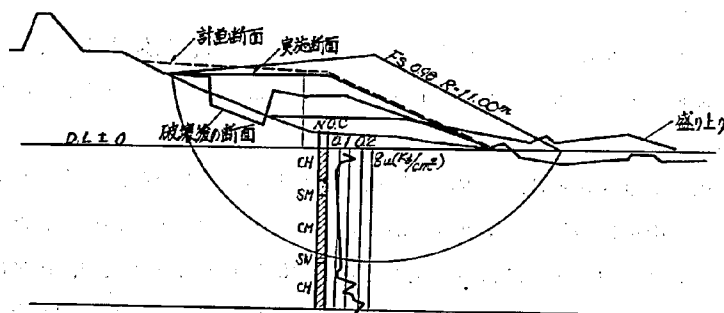


図-26 No. 212 破壊状況

2. 地盤の特性

当該区間はほぼ一様な粘土が堆積しており、深度9 mまでの土質調査結果では自然含水比10.6～13.8%、土粒子比重2.63～2.65で一軸圧縮強度は0.19～0.42 kg/cm²である。

3. 破壊の特性

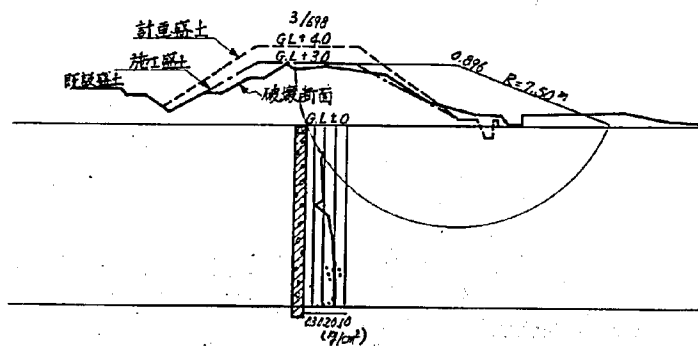


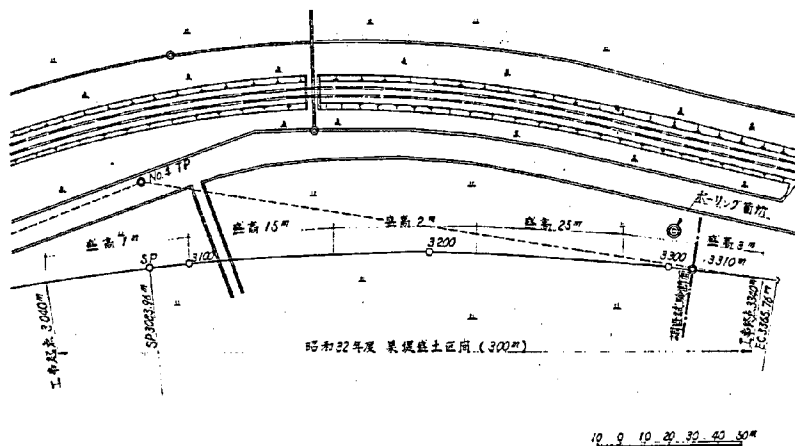
図-28 No.213破壊の状況

道 路 盛 土	破壊時期：昭和32年12月27日	№214
---------	------------------	------

1. 概 要

国道の改良工事における試験盛土である。

当該区間は泥炭ならびに粘土層よりなるきわめて軟弱な地帯の未舗装区間であり、改良に伴う盛土の安定性、沈下特性を調査するために行なった試験盛土である。当該試験盛土のうち計画盛土高さ3mの区間において、昭和32年11月6日より盛土を開始し12月27日に盛土高約2.5mに達したとき盛土が沈下するとともに両側の基礎地盤が約0.4m隆起した。



図—29 №214破壊力所平面図

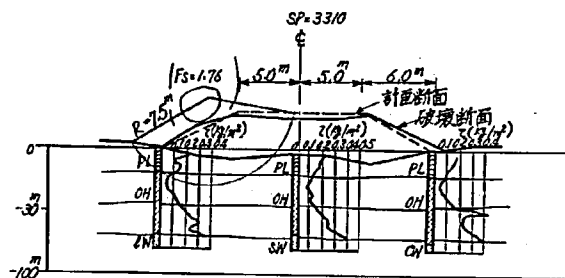
2. 地盤の特性

地表から2m程度までは泥炭が分布しておりその下位には粘土ならびに泥炭混り粘土が互層になっており、深度7m程度以下には細砂層が分布している。

泥炭の自然含水比は600～800%、土粒子比重1.6～1.8で粘土ならびに泥炭混り粘土は自然含水比50～200%、土粒子比重2.5～2.7である。

コーン貫入試験による調査結果では深度7m程度まではほぼ一様な貫入抵抗を示し、その値は約1.8 Ky/cmである。

3. 破壊の特性



図—30 №214 破壊の状況

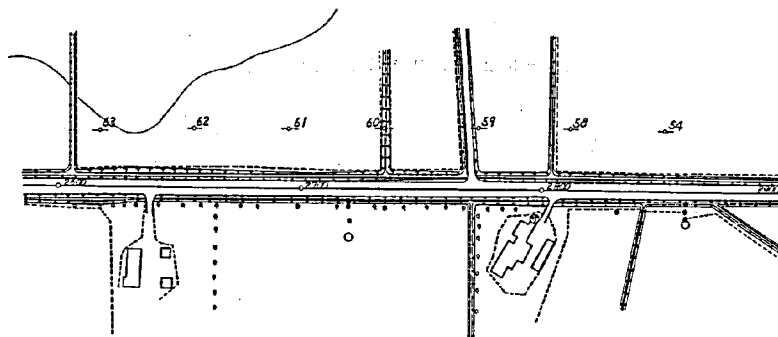
道 路 盛 土	破壊時期：昭和42年7月30日	№215
---------	-----------------	------

1. 概 要

国道の改良工事において旧道を約1m嵩上げし、拡張する計画である。当該区間は海岸線に沿った平地部で、海岸線と反対の側にはなだらかな山地がせまっている。計画路線沿いの地形は殆んど平坦であるが、盛土区間の殆んどは開折谷を横断する形となっている。

昭和42年6月20日より盛土を開始し7月30日に計画高さまで施工完了したところ翌31日早朝に盛土天端が沈下し、側方の地盤が隆起した。

このため再度土質調査を行なう一方、交通確保のため粗朶沈床、格子桁を施工して砂利を敷きならした。



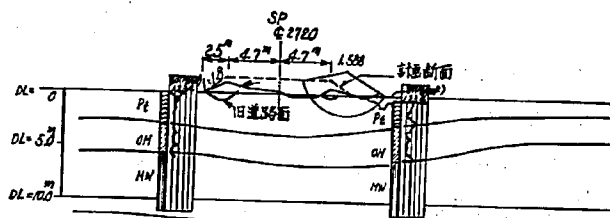
図—3 1 №215破壊力所平面図

2. 地盤の特性

当該区間の基礎地盤は5層に区分される。地表から5mまでは自然含水比200～700%程度の泥炭で、その下位に深度12m程度まで(層厚7m)統一分類法でMHに属する粘土が分布している。第3層は層厚4m程度の砂層であり第4層は砂を含む粘土である。深度18m以下には密に締った砂礫層が分布している。これらのうち第3層および4層は $N=5\sim8$ 程度で比較的ゆる

い層である。第1層および2層の泥炭ならびに粘土の一軸圧縮強度は $q_u = 0.01 \sim 0.15 \text{ Kg/cm}^2$ ときわめて軟弱である。

3. 破壊の特性



図一 3 2 No. 2 1 5 破壊の状況

道 路 盛 土	破壊時期：昭和40年9月	№216
---------	--------------	------

1. 概 要

地方道の改良工事における破壊例である。当該区間は低湿地帯と段丘との境界付近を通っており土層構成は錯雑であるが、軟弱な泥炭が土層構成の主体をなしている。

旧道は原野の中に自然発生的に発達した未改良道路であるが、漸増する交通に対処すべく昭和40年度より舗装を前提とした工事に着手した。計画盛土高さは約3mである。第1段階盛土を施工するため敷砂工を行ない、一般交通を確保しつつ、盛土を開始したところ盛土高さ0.6～0.9mに至って盛土天端が沈下すると共に側方地盤が隆起した。

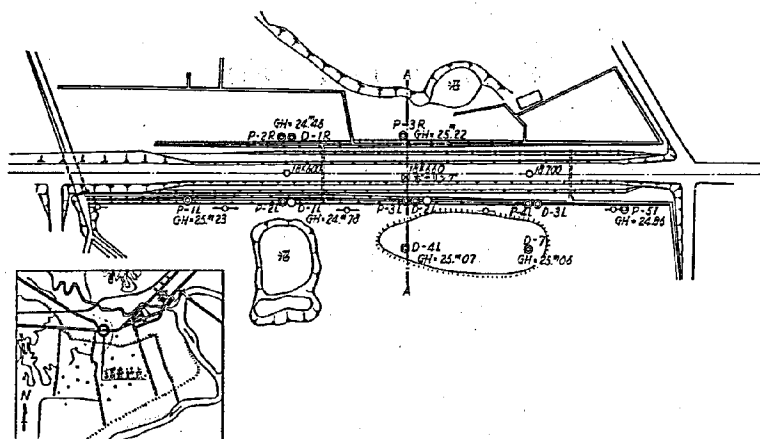


図-33 №216破壊力所平面図

2. 地盤の特性

当該区間の基礎地盤は地表より約9mまで統一分類でPtに属すきわめて軟弱な有機質土が堆積しており、その下位に2～3mの粘土が堆積しさらにその下位には礫層が分布している。礫層よりなる基盤は当該道路の両端で深度が大きく変化しており、軟弱層の下端は図に示すように傾斜していると考えられる。

(1)



- 40 -

道 路 盛 土	破壊時期：昭和38年8月4日	No 217
---------	----------------	--------

1. 概 要

国道の改良工事における試験盛土である。当該区間は台地にはさまれた開析谷を横断する区間で、河川に沿ってきわめて軟弱な有機質土層が厚く堆積し台地に向うに従って軟弱層厚は減じている。計画盛土高さは約4 mである。

昭和37年度に沈下板、間ゲキ水圧計などの計器を埋設し、約1 m程度の盛土を実施している。引き続き38年5月下旬より盛土を再開し、8月4日、盛土高約3 mに達したとき側方の地盤が隆起し、法尻に亀裂が発生した。このため一時工事を中止したがその後10月初旬には盛土を計画高まで完了し12月より一般交通の開放を行なったが特に異常は認められなかった。

2. 地盤の特性

当該区間には地表より2 mまで統一分類でP1に属する泥炭が分布し、その下位に地表面より約2.6 m程度までOHに属する有機質土層が分布している。P1の自然含水比は200～800%、OHでは200%となっており、土粒子比重はそれぞれ1.6～1.7および2.0～2.2程度である。コーン貫入試験の結果によれば当該地点(測点6735 m)では深度1.7 mまでほぼ一様に $qc = 2.5 \text{ Kg/cm}^2$ となっており、1.7～2.6 mまでは自重により貫入するきわめて軟弱な層となっている。またペーン試験結果では2.5 m付近まで一様に $\tau = 0.25 \sim 0.3 \text{ Kg/cm}^2$ となっている。

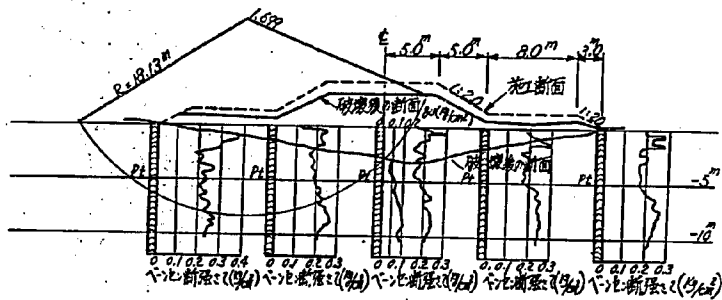
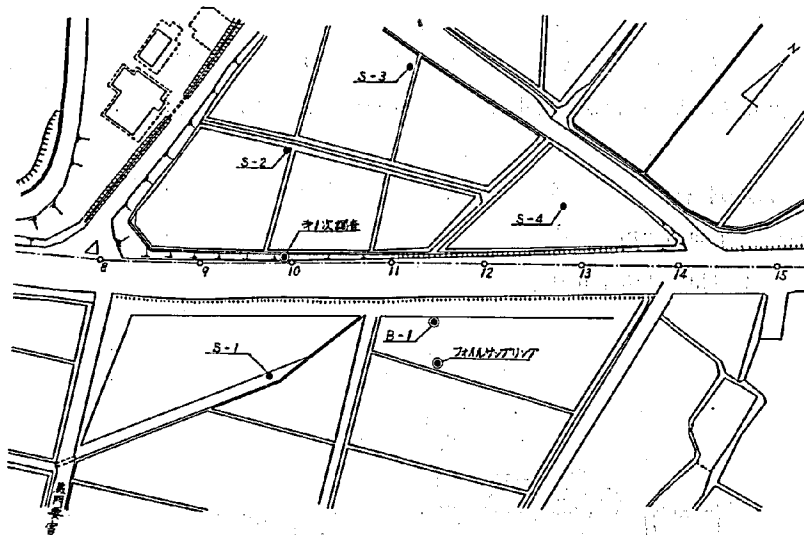


図-35 №217破壊の状況

道 路 盛 土	破壊時期：昭和43年10月14日 昭和44年 3月16日	№221
---------	---------------------------------	------

1. 概 要

国道の改良工事で、現道を拡幅するとともに縦断勾配は正のため、盛土を行なって路面を高くする計画である。計画盛土高さは約2.5mで、このうち下り車線に相当する部分の盛土を暫定施工し、路盤工まで完了して、上り線の盛土を実施するため交通開放したところ路面が急速に沈下し、上り線側の水田が隆起した。このため押え盛土を行なって盛土工事を行なったが、路盤工事中に再び基礎地盤の破壊が生じたものである。なお破壊延長は約50mで、第1回目の破壊よりも深いすべり面に沿う破壊である。



図一36 №221破壊力所平面図

2. 地盤の特性

当該区間の地盤は厚さ9~18mの軟弱層とその下の $N=3\sim15$ 程度の冲積砂層およびさらにその下位の $N=20\sim50$ 程度の洪積砂層とから構成されている。

軟弱層は表土、有機質土、粘土の3層に区分され、第1層および第2層はほぼ水平に分布しているが、第3層の粘土は下り車線側（西北方）で浅く、上り車線側（南東方）に向って深くなっている。

第1層の表土は自然含水比70~100%、土粒子比重2.57~2.59の砂質シルトで、層厚はおよそ3mである。その下位に統一分類法でPtに属する有機質土が3m程度の厚さで分布している。この層の自然含水比は320~500%、土粒子比重は1.77~2.09である。第3層は統一分類でMHに属する塑性の高い粘土で、自然含水比120~200%、土粒子比重は2.42~2.66である。

一軸圧縮強度から推定される地盤の強度は第3層中央部で低くなっており、盛土荷重による圧密が進行中である状態と推定されている。

3. 破壊の特性

(a) 第1回目の破壊

（昭和43年10月）

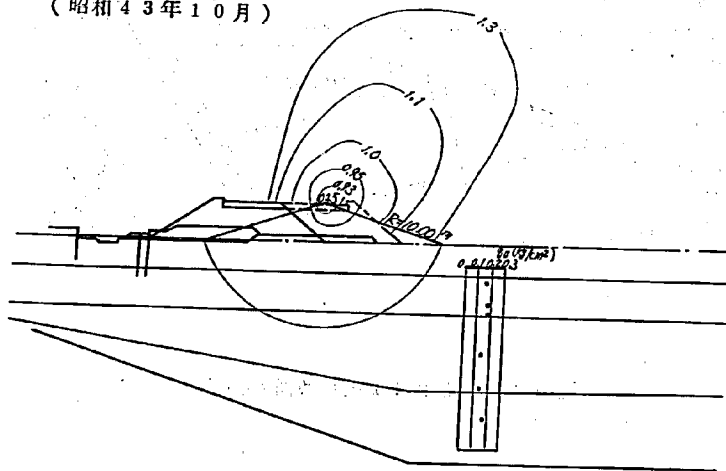


図-37 A221 破壊の状況

(b) 第2回目の破壊

(昭和44年3月)

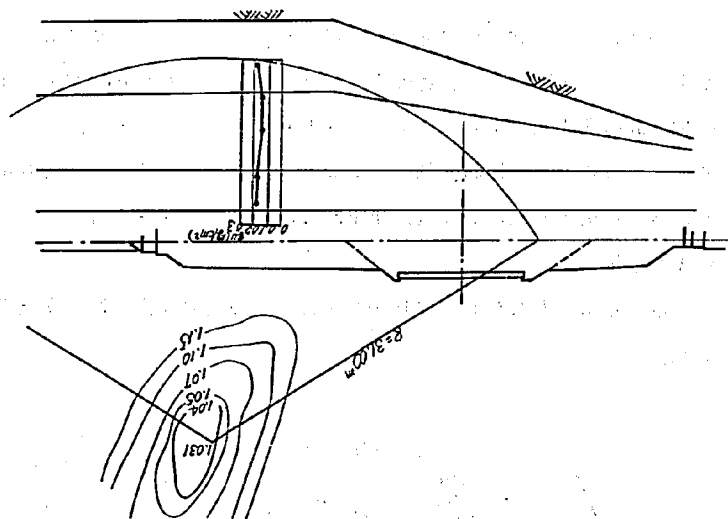


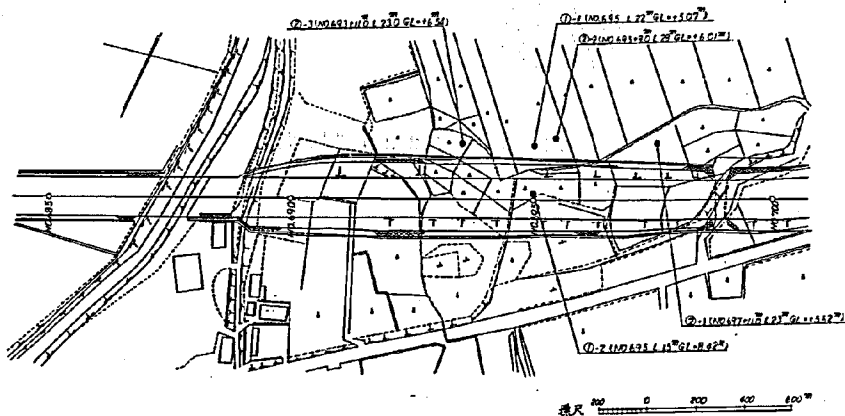
図-37 №221破壊状況

道路盛土	破壊時期：昭和43年1月23日	№222
------	-----------------	------

1. 工事の概要

国道の改良工事において現道をつけ替え、4車線に拡幅する計画のうち暫定2車線で工事を実施した。このうち平面図に示す $\text{Km} 690 \sim \text{Km} 700$ の盛土区間では計画盛土高約7.0 mである。約5.0 m程度まで盛土を行なったところ $\text{Km} 693 \sim \text{Km} 698$ の区間、延長約120 mにわたって盛土法尻より田面が隆起し、盛土が沈下した。この為盛土下部に埋設したヒューム管（呼径1000 mm）にキ裂を生じた。

事故の対策としてサンドドレーン工法による地盤改良と押え盛土工法を採用した。



図一 3 8 №222 調査カ所平面図

2. 地盤の特性

当該地点では道路はほぼ南北に走っており、その西方には山地がせまり、東には水田に続いて小河川が流れている。西方の山地側では沖積層はきわめて薄く、東方の水田側の河川に向って厚くなっている。

盛土の下では横断面図に示すとおり軟弱層はほぼ10 mの厚さに分布し、軟弱

層の下位には $N > 30$ の砂礫層が発達している。軟弱層は表土の下に統一分類でOHに属する有機質土とMHに属するシルト質粘土とが互層をなしている。有機質土層は自然含水比200%、土粒子比重2.4、シルト質粘土は自然含水比65~70%、比重2.56~2.69でいずれも $N = 0$ ときわめて軟弱である。

3. 破壊の特性

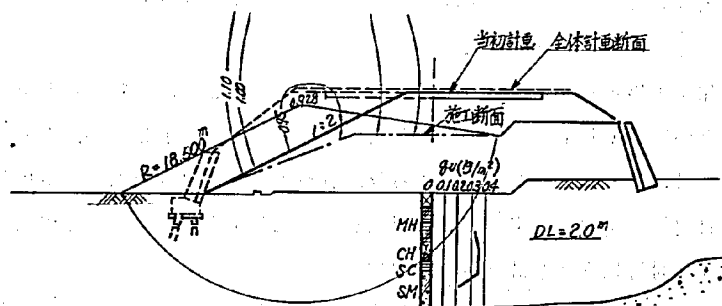


図-39 №222破壊の状況

海岸堤防	破壊時期：昭和41年11月25日	No 223
------	------------------	--------

1. 概要

海岸堤防の改修工事で、旧堤の堤内側法面に腹付け盛土を行ない、前面にパラベットウォールを設けて堤防天端高を3.5m嵩上げる全体計画である。当該区間は内湾の埋立地の一線堤で、基礎地盤はきわめて軟弱なため段階施工により盛土計画のうち的一部分を行なって、盛土部の天端高を1.5m嵩上げる計画で、延長1017mの区間である。

昭和41年8月23日までに裏法の段切りを完了し、ただちに盛土を開始した。その後11月中旬までに計画盛土量の約2/3を完了したが、11月13～14日に降雨量100mmに達する降雨があったため数日間工事を中止した。24日再開したが搬路である旧堤天端が泥濘化してトラックの前進が困難なためNo 41付近に置土し計画高まで引均した。

翌朝11月25日にこの部分が延長63mにわたって天端が約3m沈下し、隣接地盤が隆起するとともに旧堤表法にもキ裂を生じた。

対策工法としてサンドドレーンによる地盤改良工法を採用した。

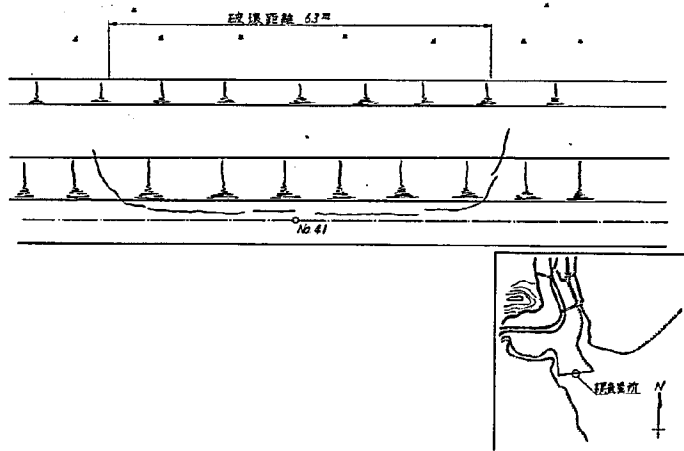


図-4 0 No 223調査カ所平面図

2. 地盤の特性

当該区間は内湾の湾奥部で厚く軟弱粘土が堆積している個所の埋立地である。当該区間の破壊後の土質調査結果によるとほぼ一様な粘土が層厚 10 m 以上にわたって分布している。粘土層の一軸圧縮強度は $0.1 \sim 0.2 \text{ Kg/cm}^2$ で極めて軟弱である。

3 破壊の特性

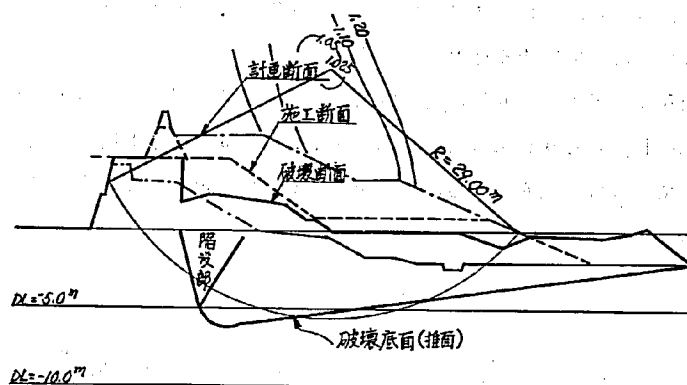


図-41 №223 破壊の状況

道 路 盛 土	破壊時期：昭和41年6月9日	№224
---------	----------------	------

1. 概 要

高速道路の新設工事ともなり試験盛土工事である。当該区間には開析谷に堆積した有機質地盤が広く分布しておりこの地盤上に盛土を行なうに当ってその安定性を検討するために破壊試験を主体とする試験盛土を行なった。ここでは比較のためにサンドコンパクション工法による改良区間と無処理区間を設けて破壊するまで盛土を行なっている。

昭和41年4月26日に改良区間の地盤処理を完了し、5月12日より盛土を開始し、6月9日に無処理区間で盛土高さ6.5mに達し破壊を生じたが処理区間では破壊に至らずさらに盛土を14.5mまで継続施工したが破壊に至らなかった。

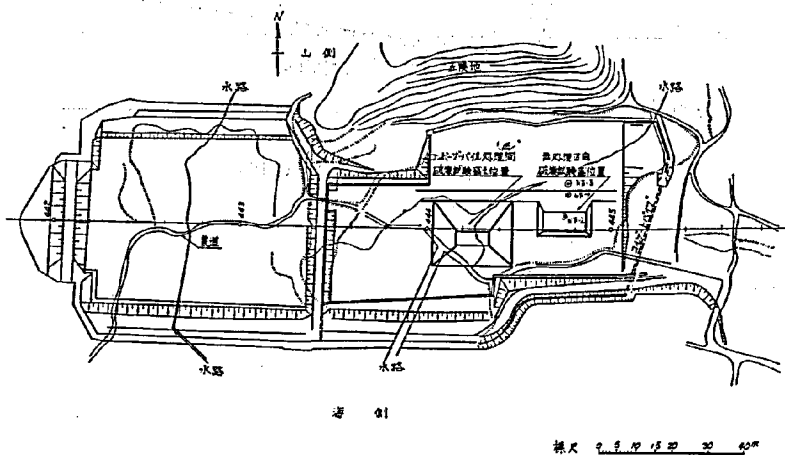


図-42 №224調査カ所平面図

2. 地盤の特性

当該地域には開析谷に堆積した有機質土を主体とする沖積層が広く分布している。当該区間の道路はほぼ東西に走っておりこのような開析谷の1つを横断している。

無処理区間の軟弱層厚は3.5 m程度で、処理区間では5 m程度であり、これらの層の下位には $N=10$ 程度のゆるい砂層が分布している。この軟弱層は統一分類法でPtに属する有機質土で自然含水比は最高700%近くに達する。一軸圧縮強度は0.1~0.3 Kg/cm^2 程度できわめて軟弱である。

3. 破壊の特性

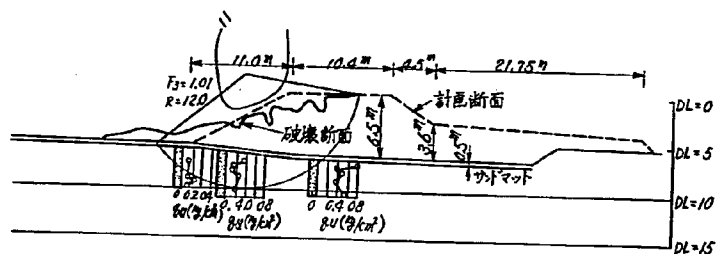
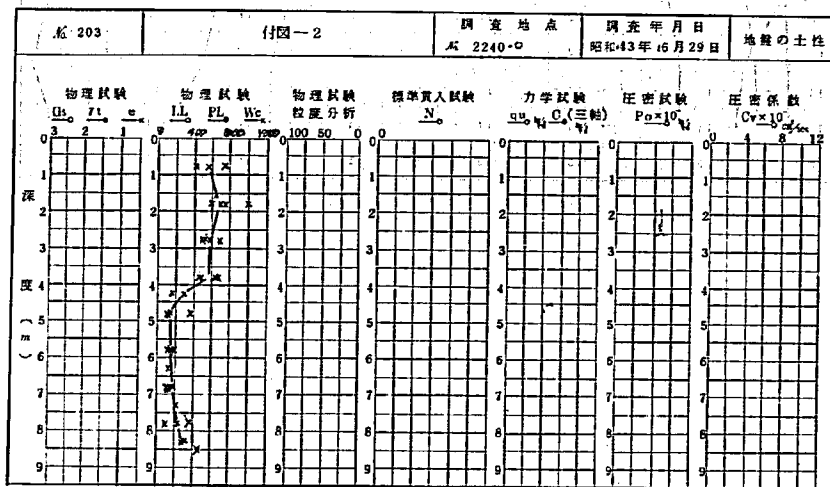
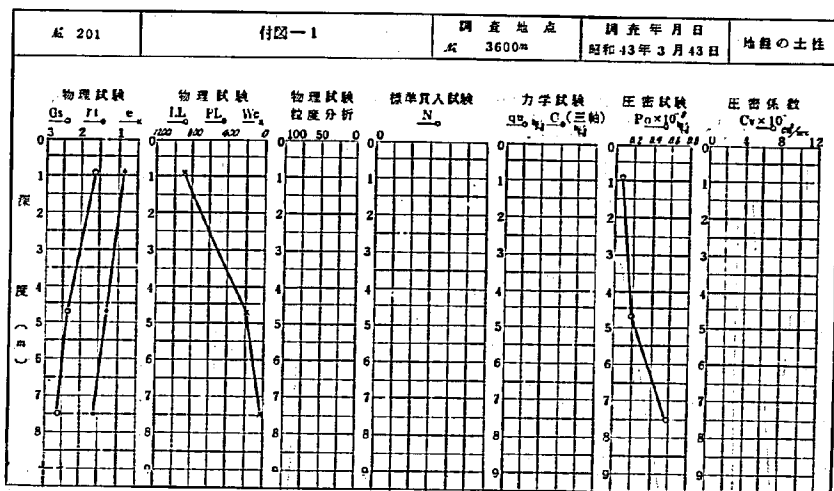
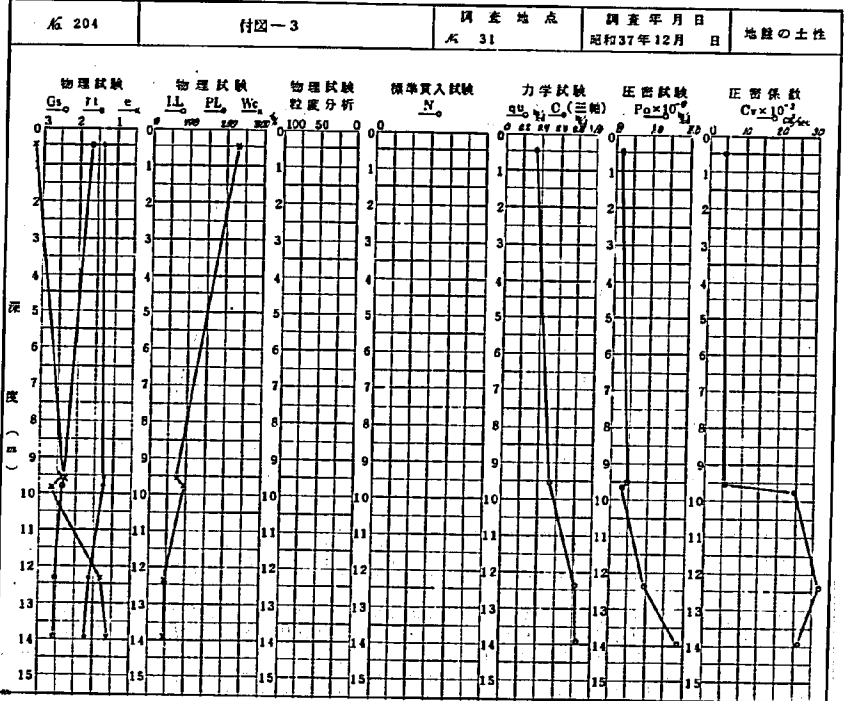
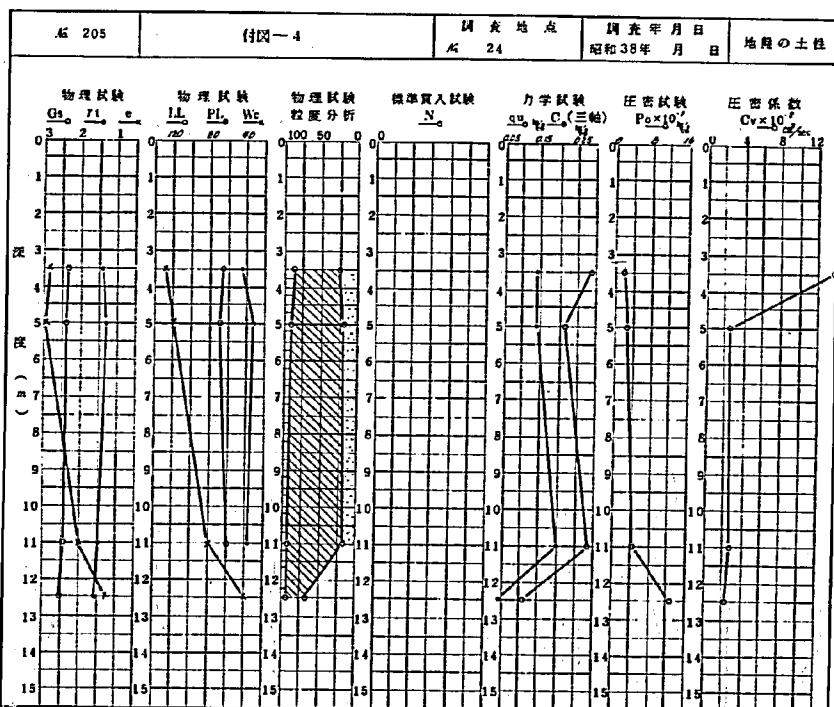


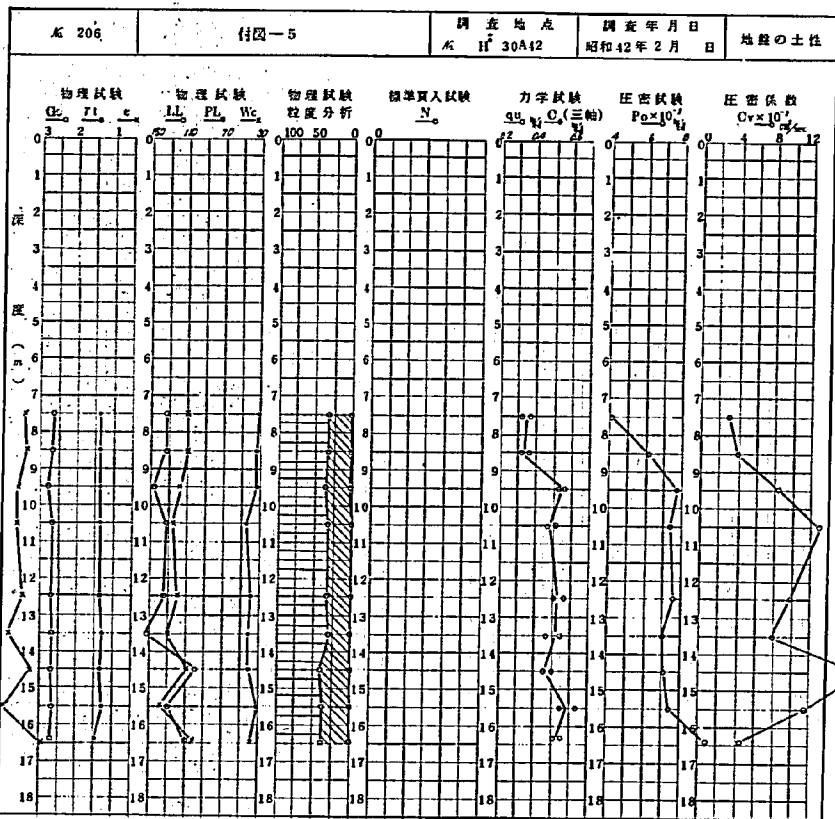
図-43 №224 破壊の状況

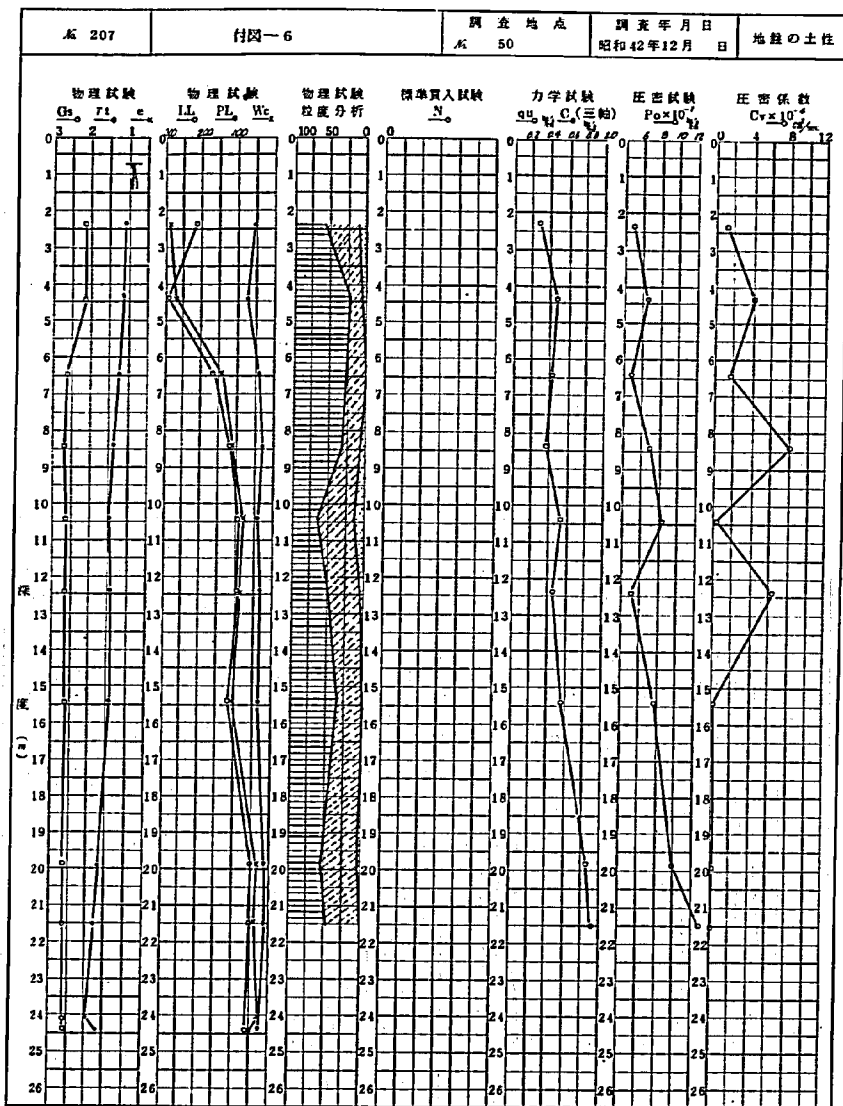
付図 その1 ボーリングデータ

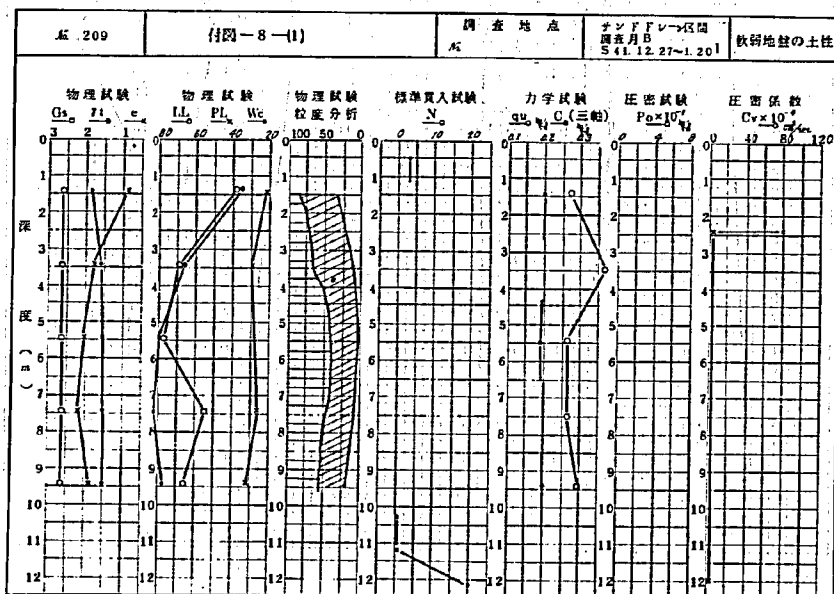
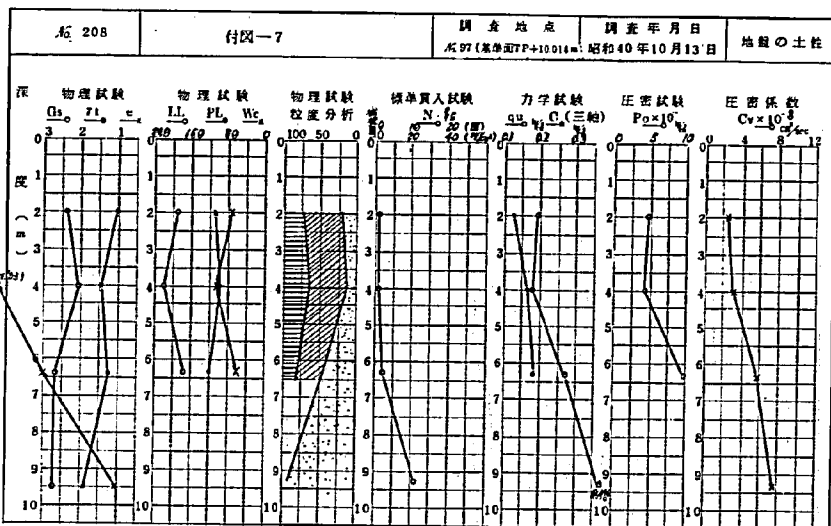


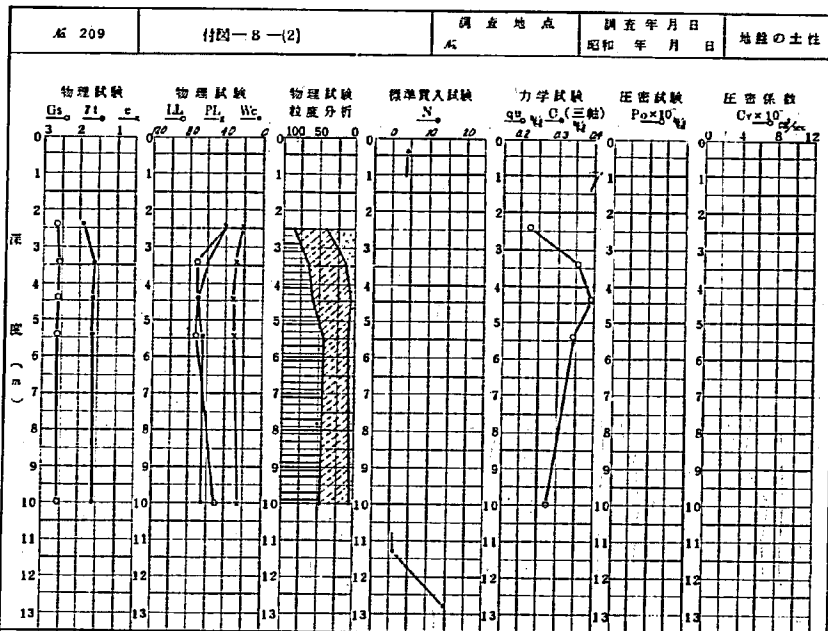


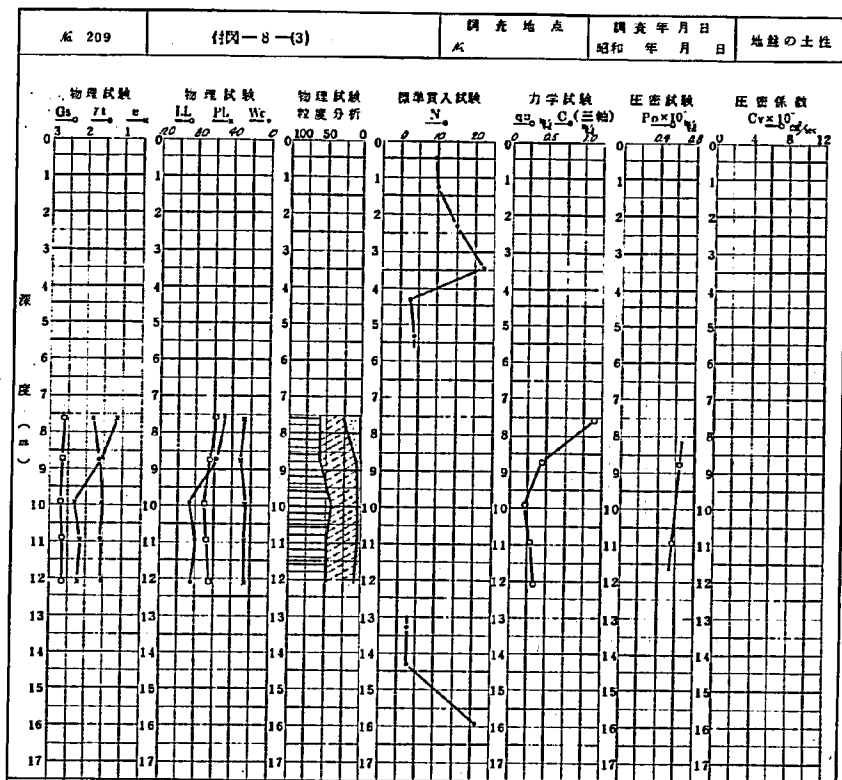


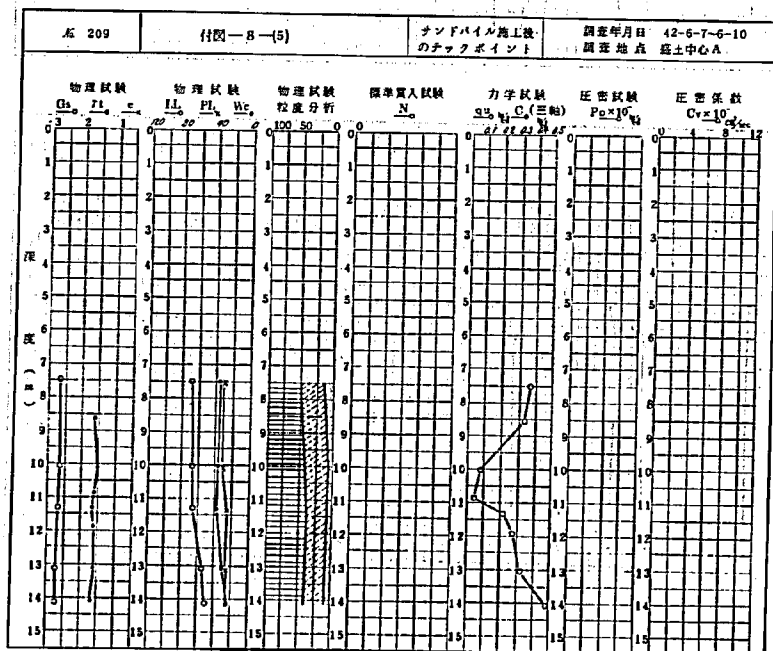
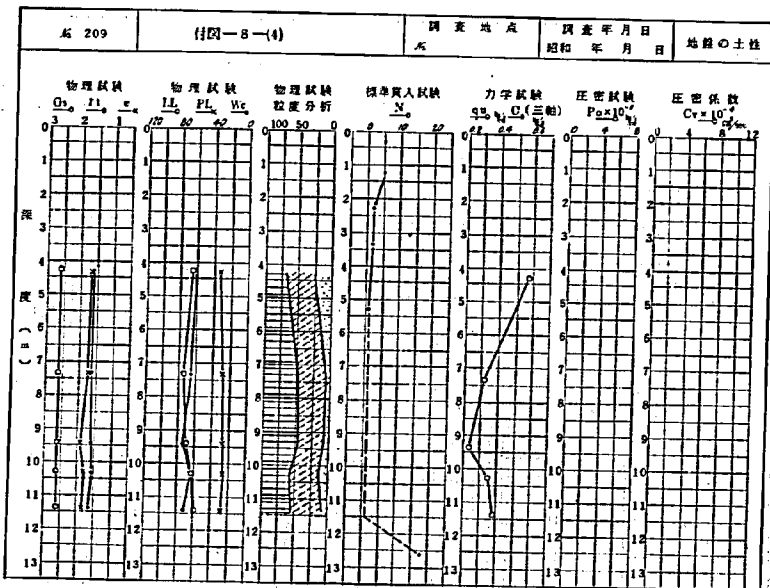


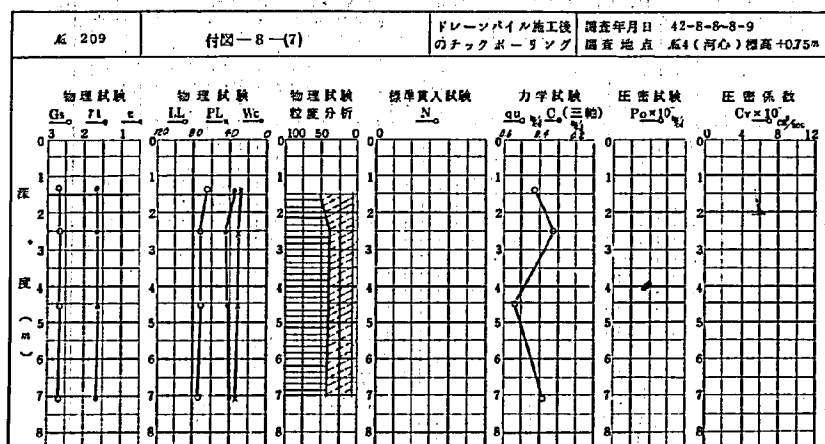
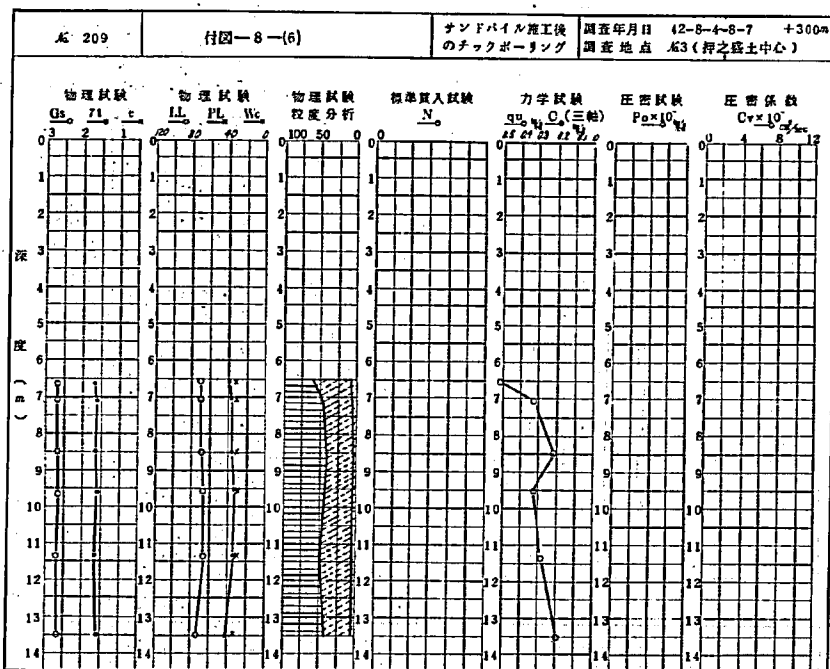


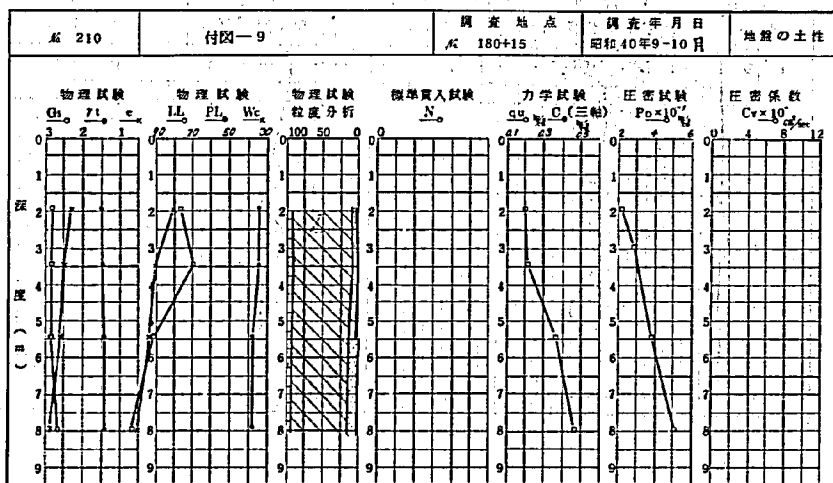
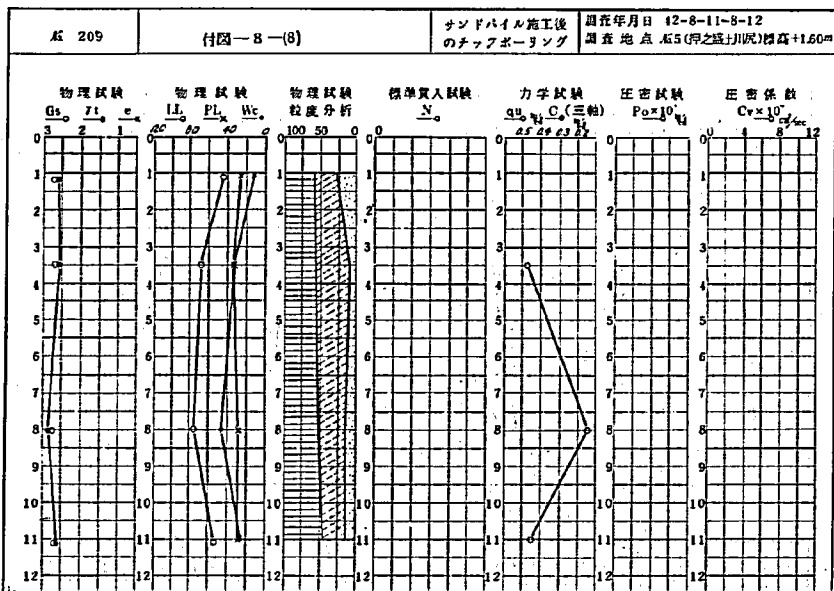


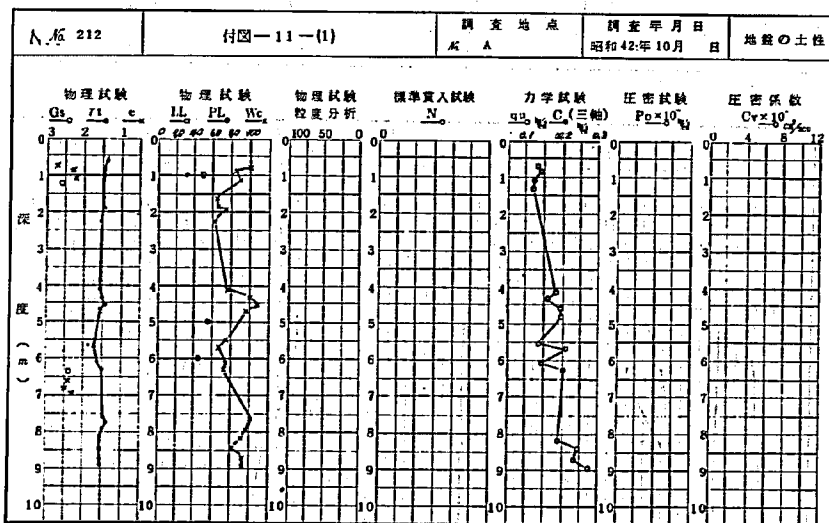
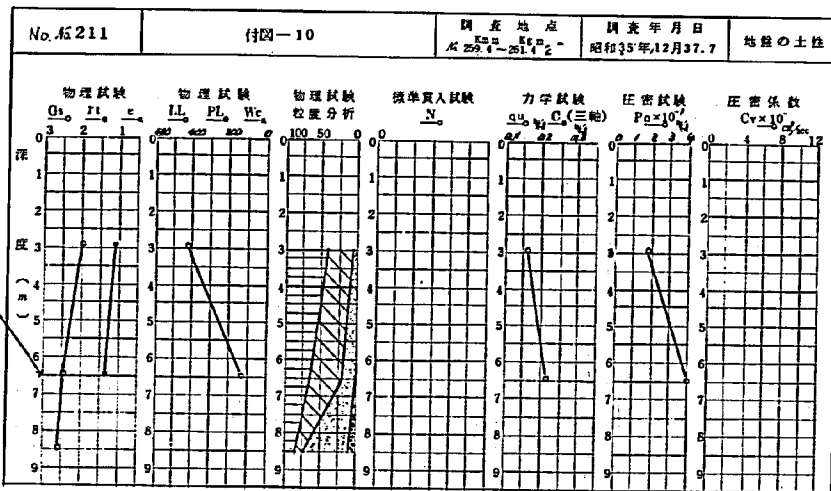


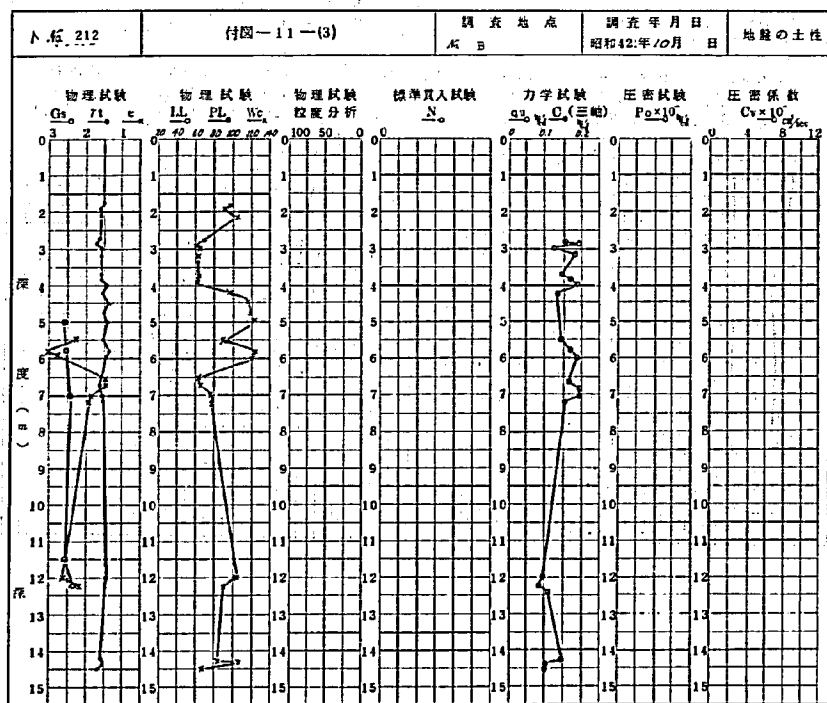
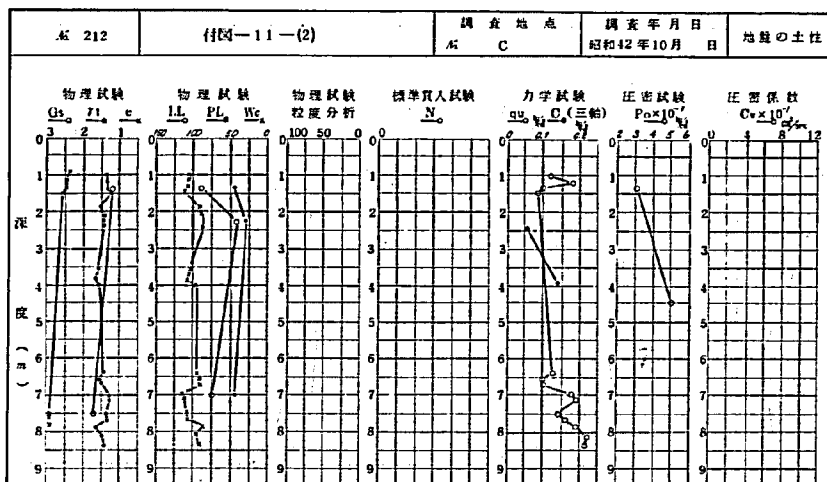


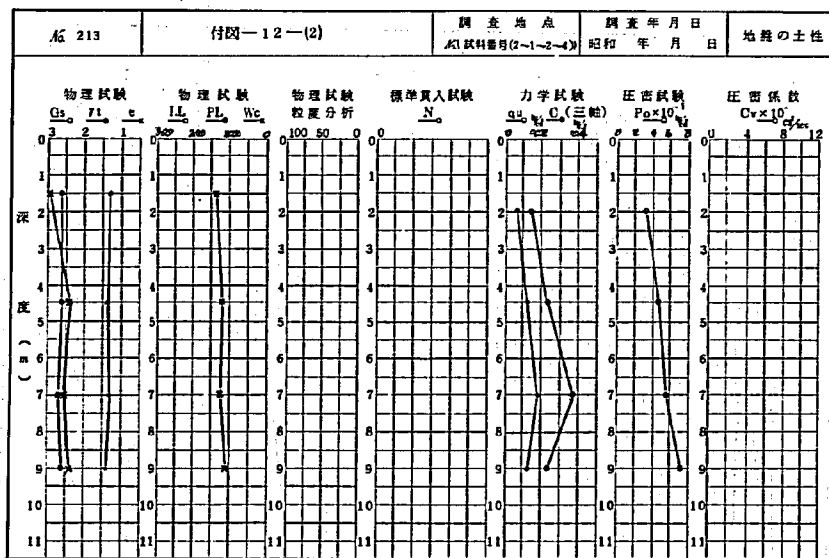
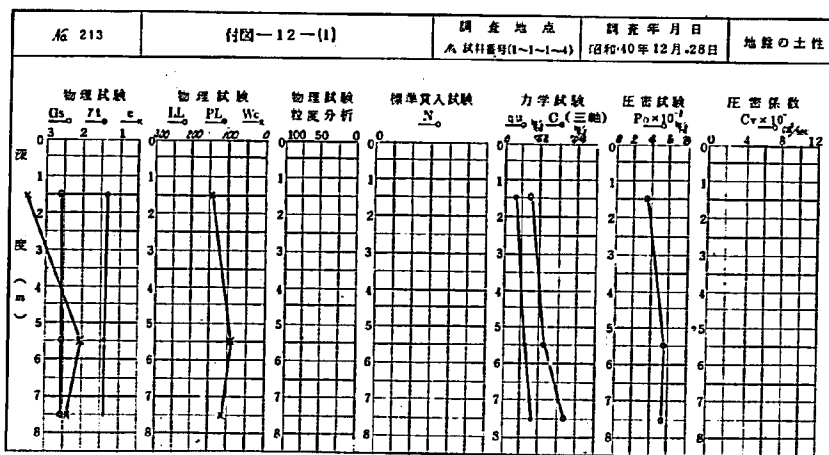


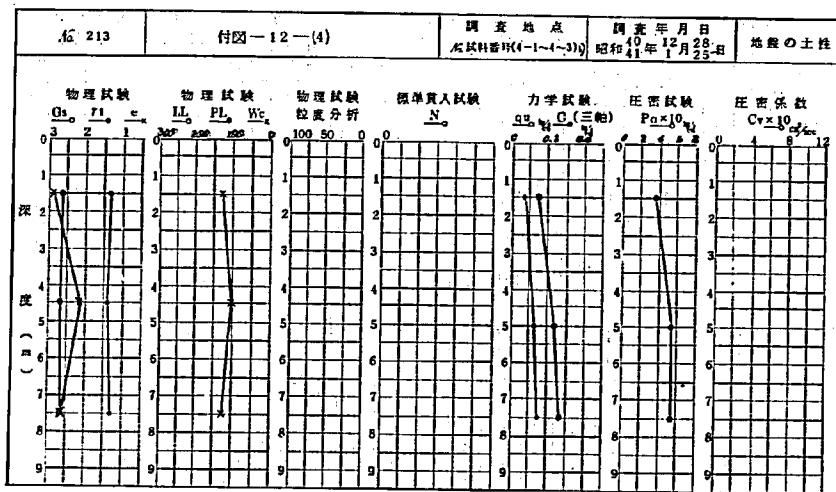
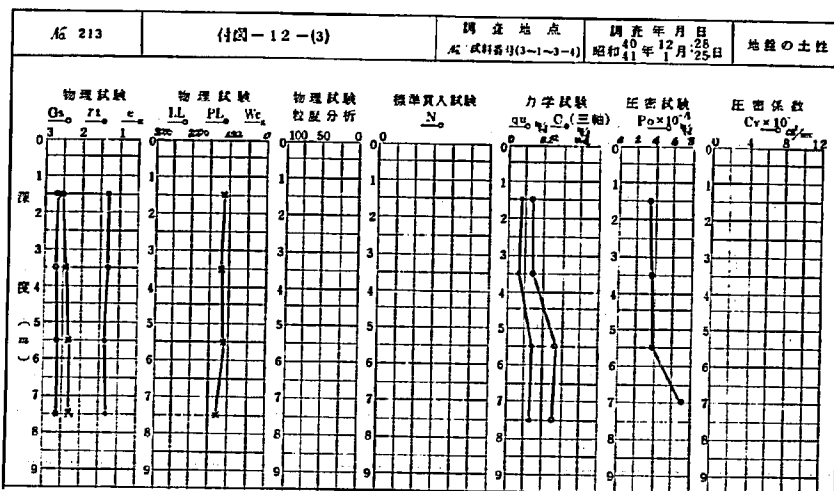


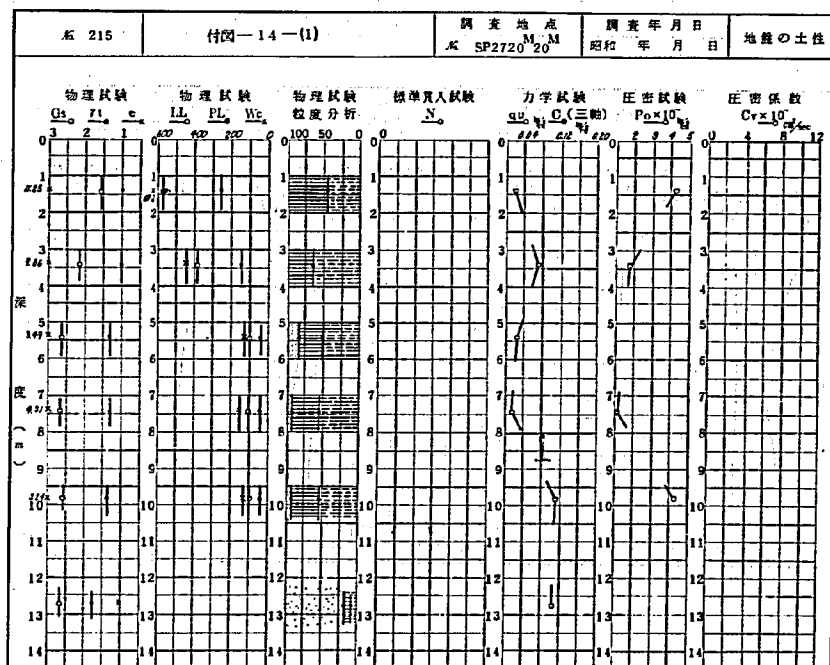
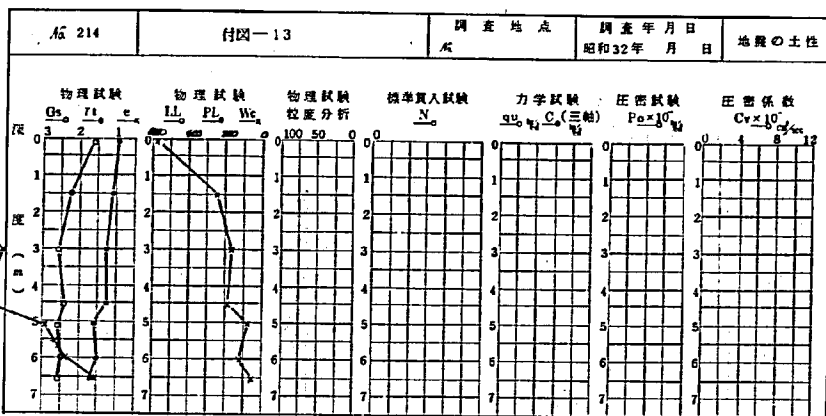


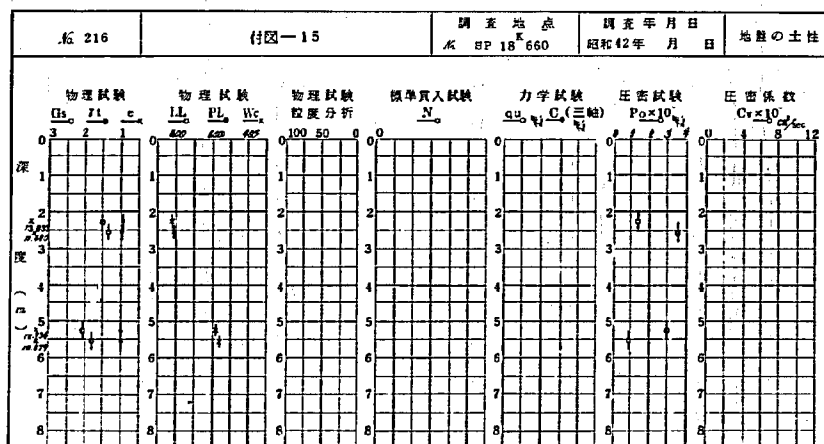
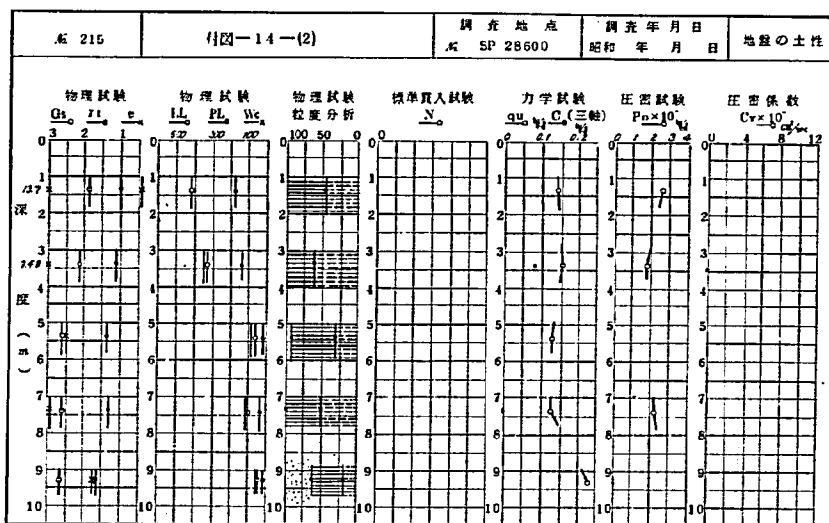


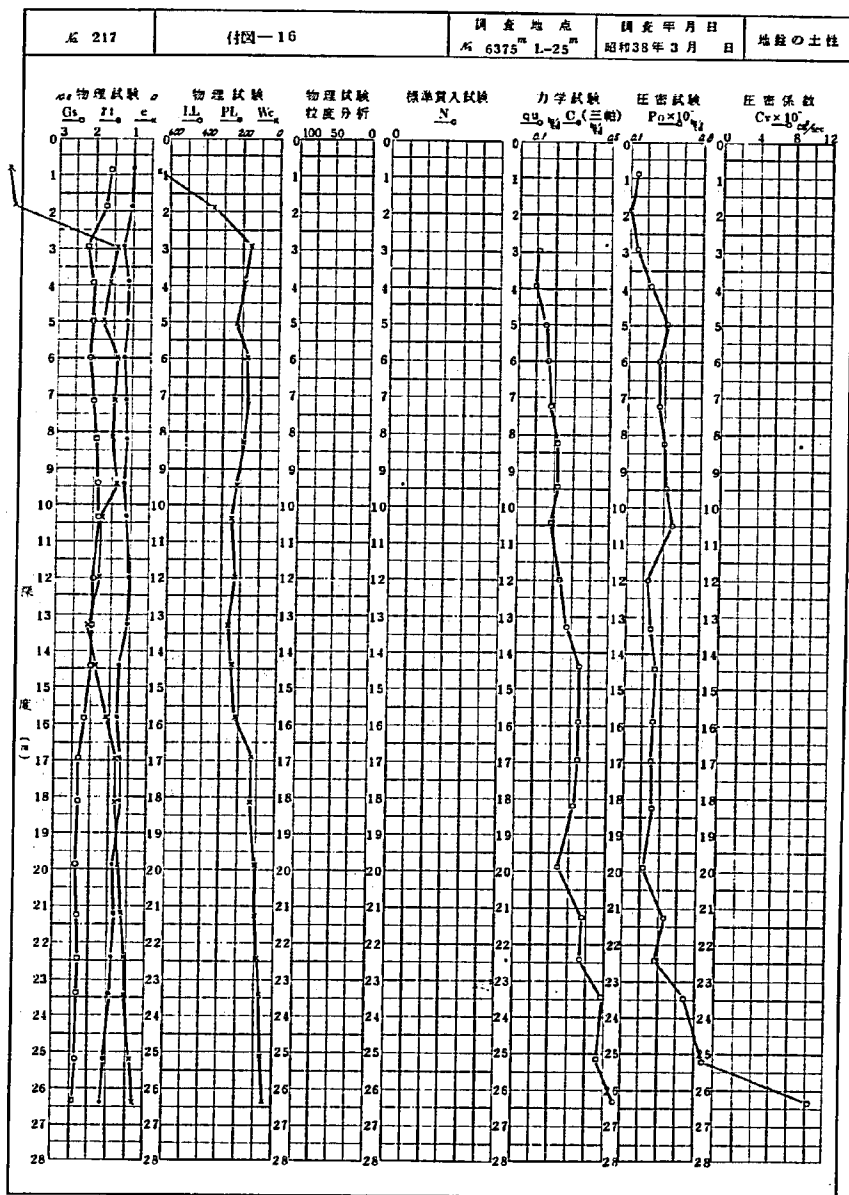


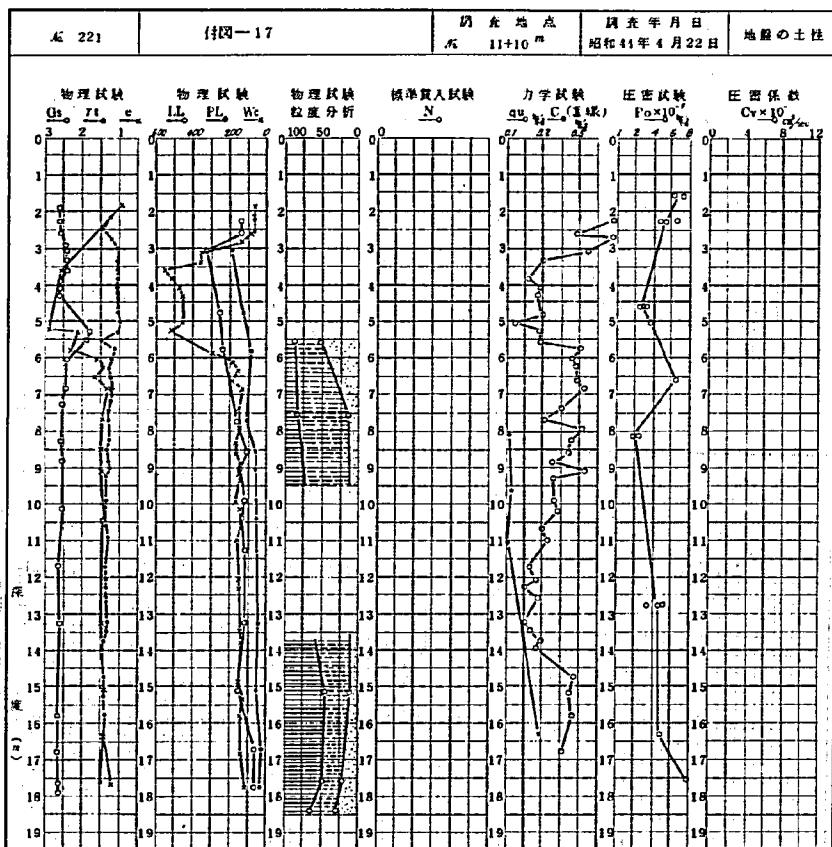


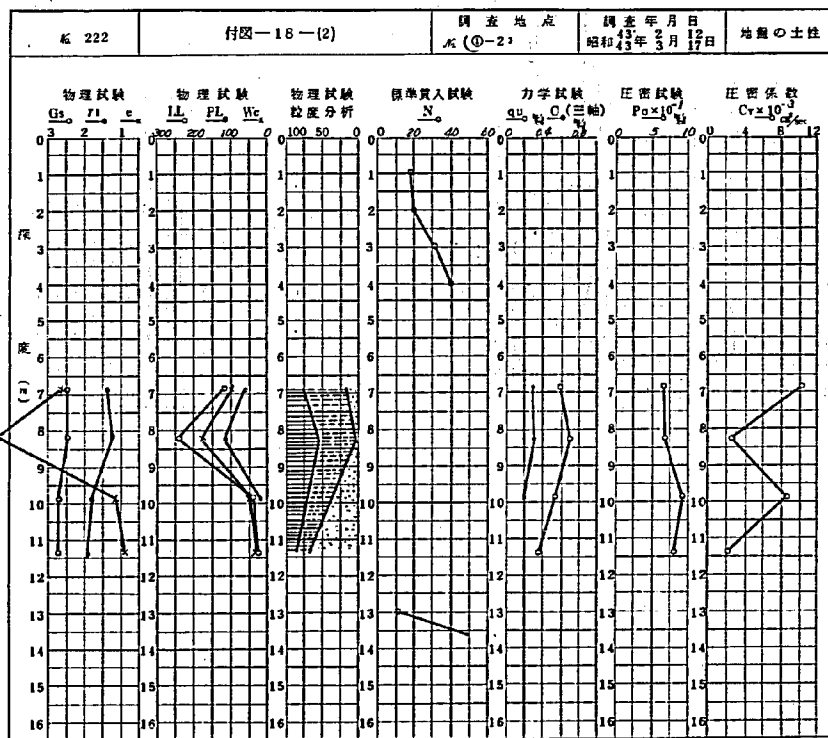
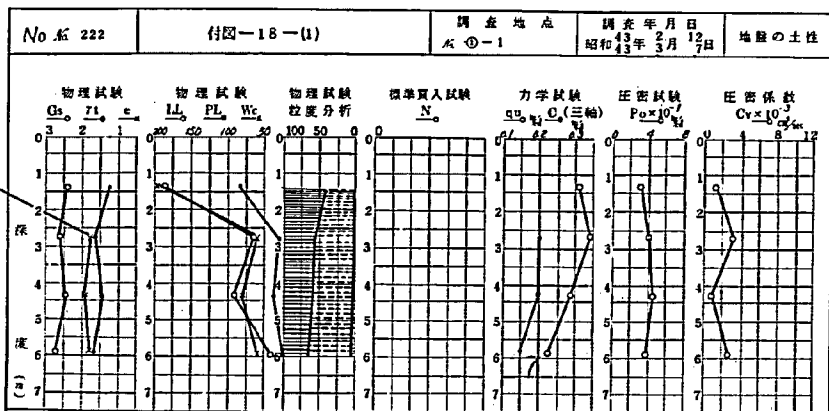


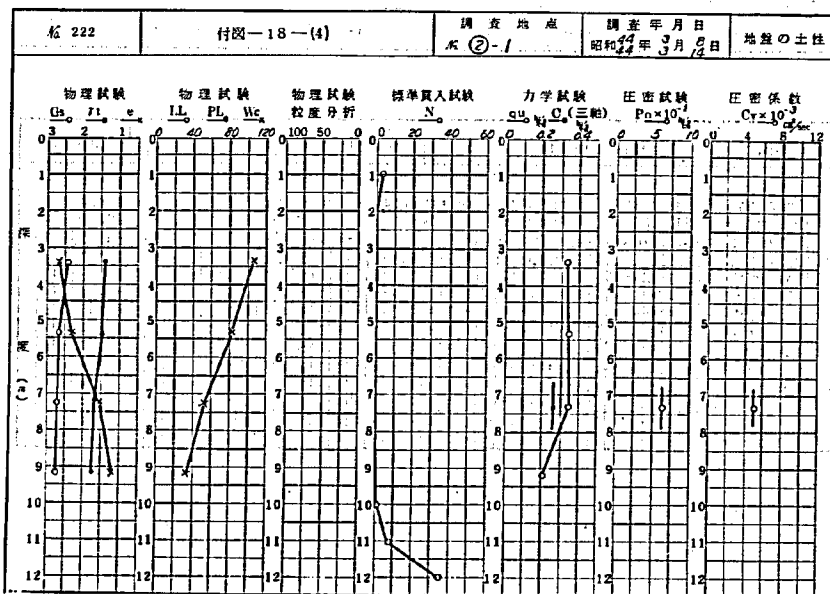
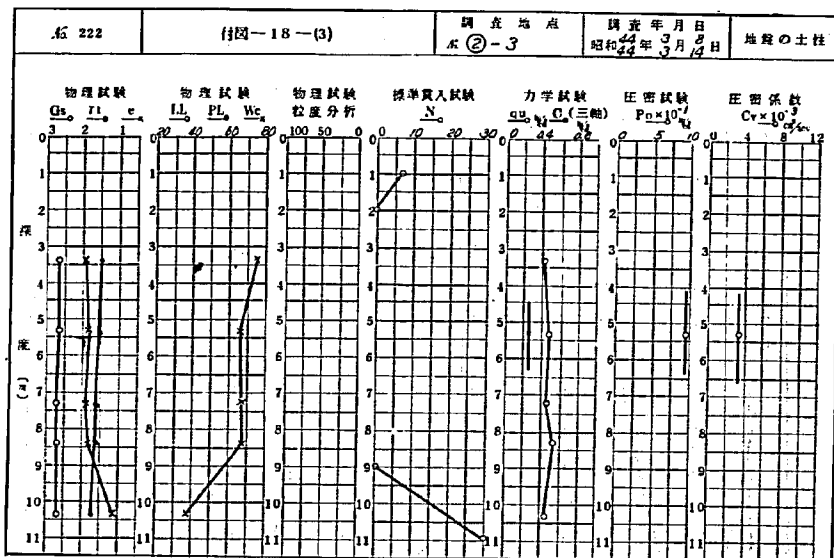


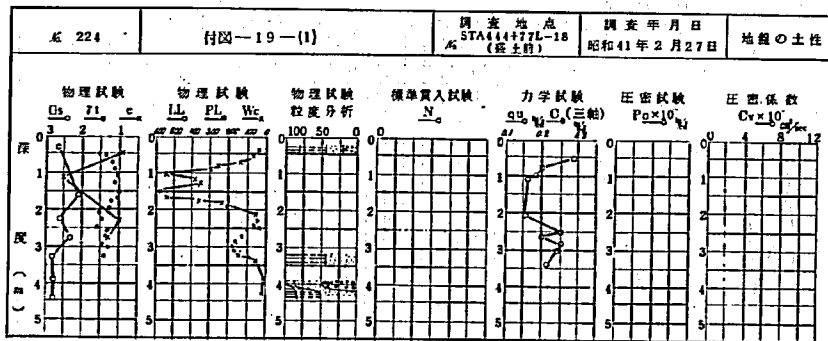
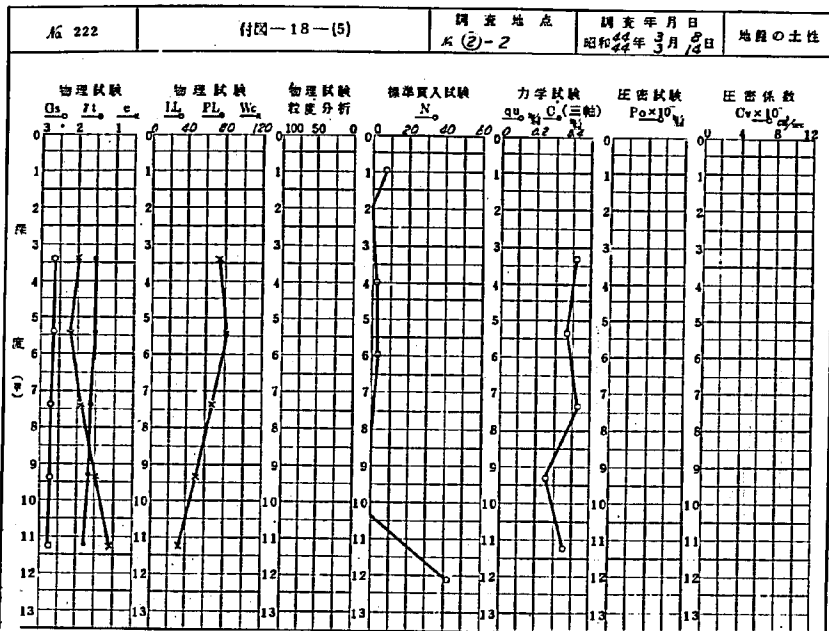


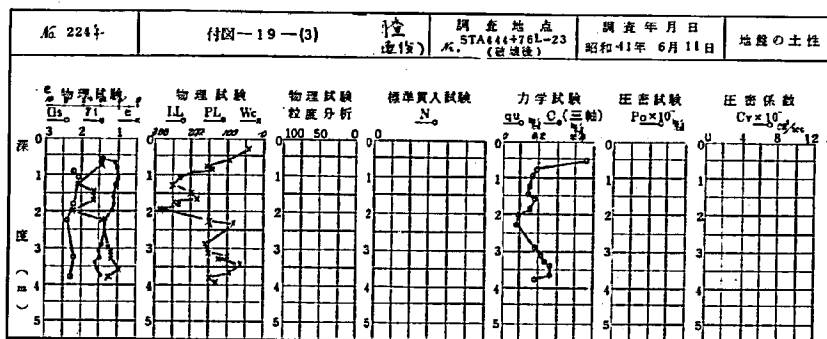
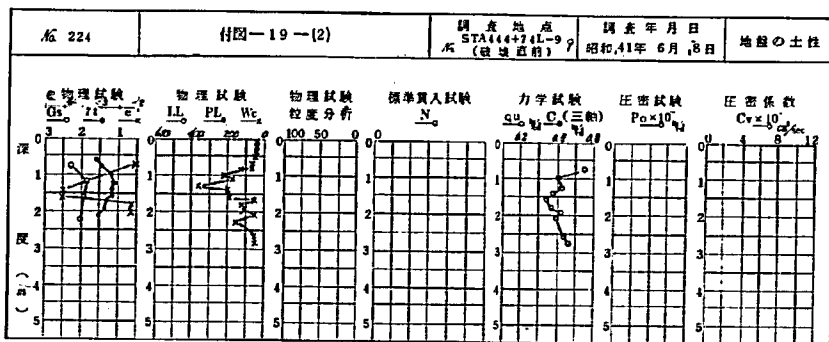




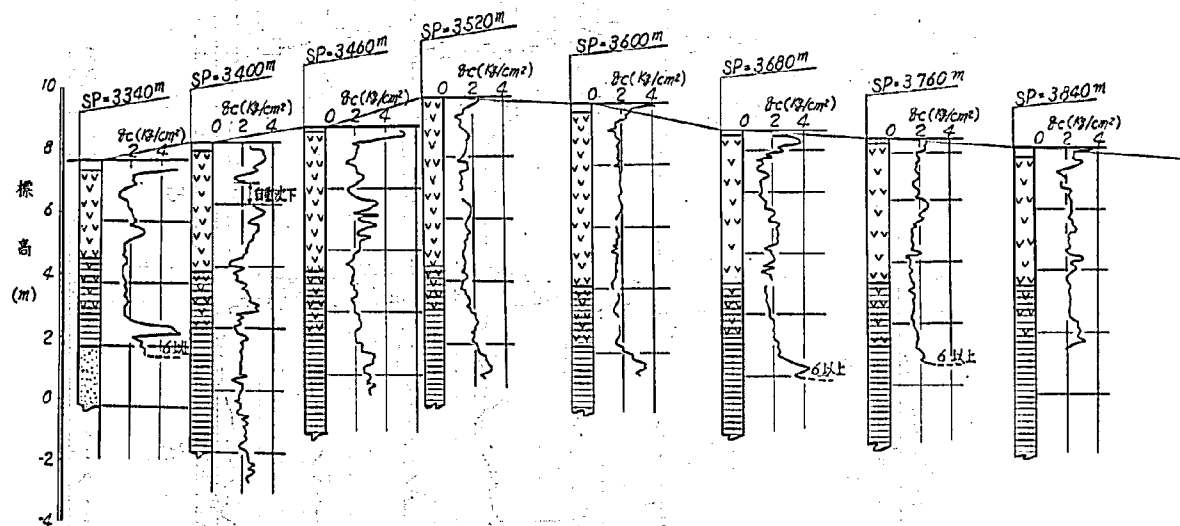






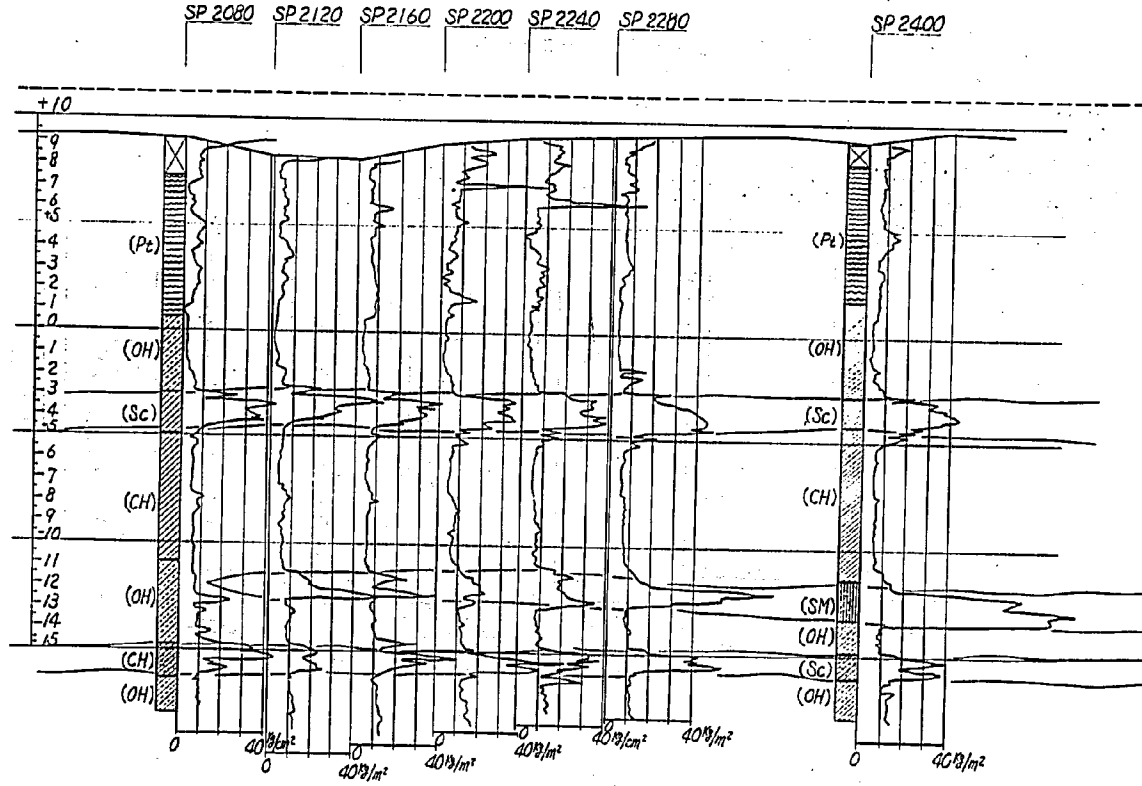


付図その2 地質縦断図

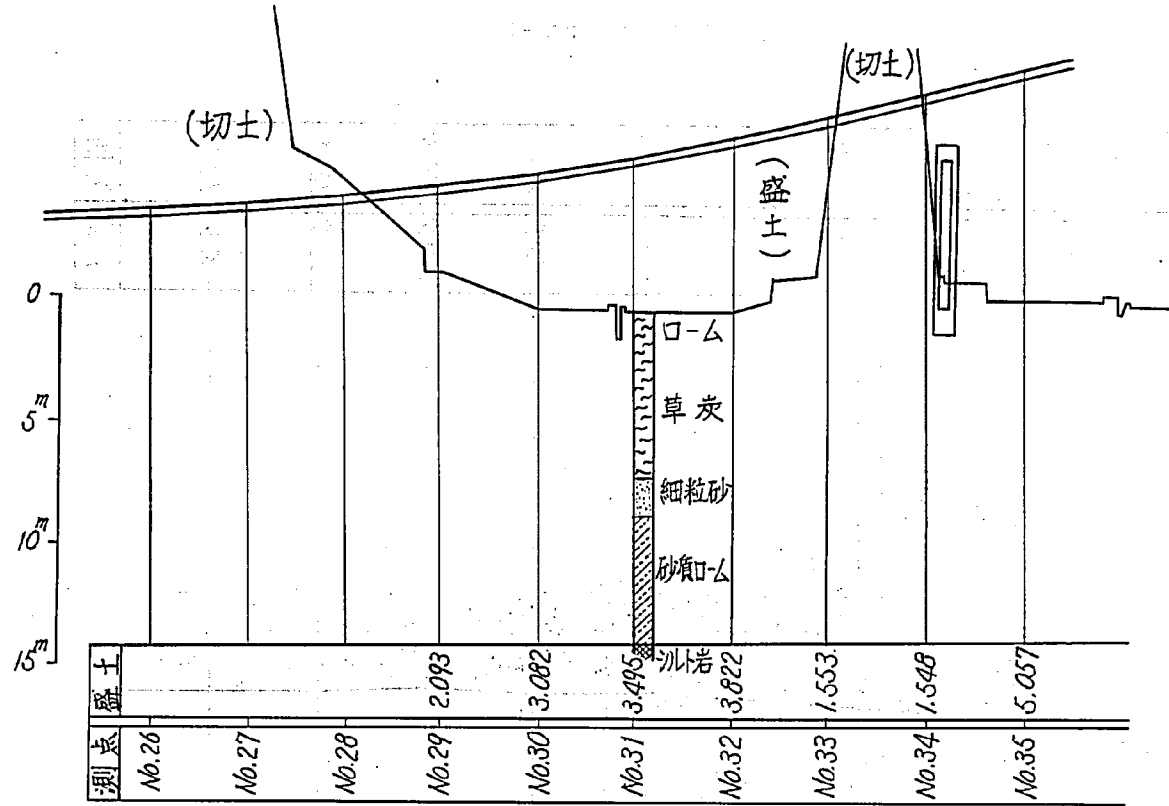


付図-20 地質縦断面

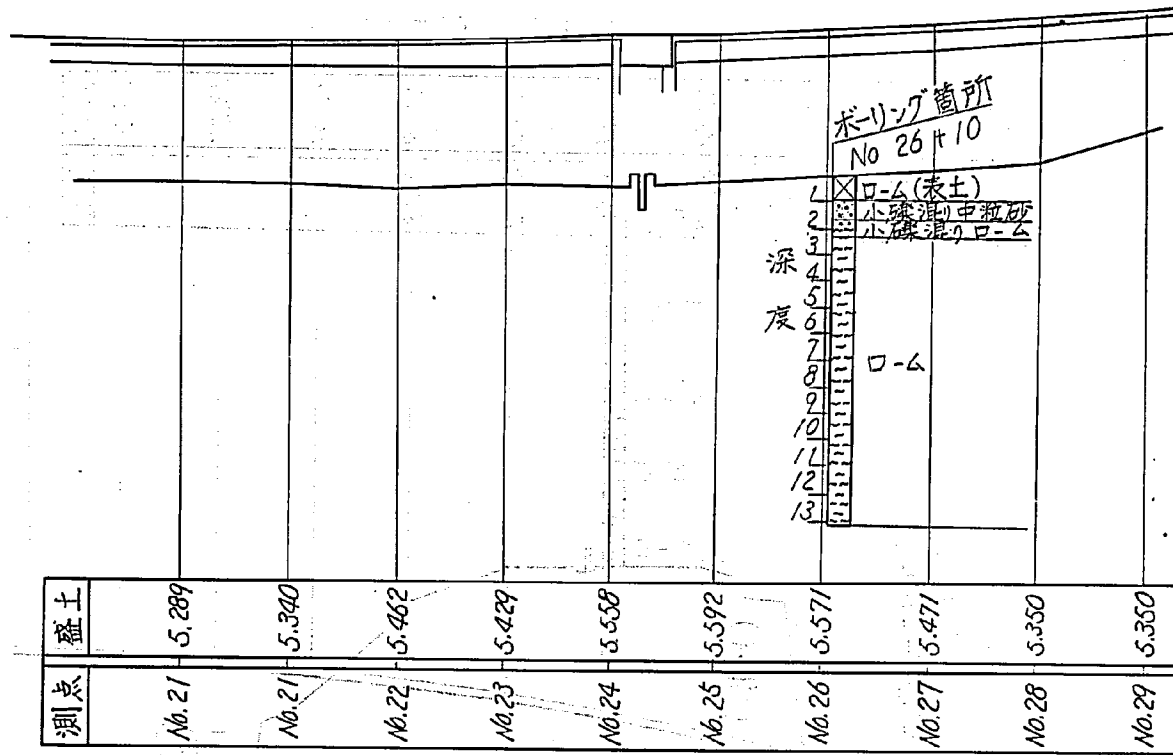
No. 203 土質縦断面図



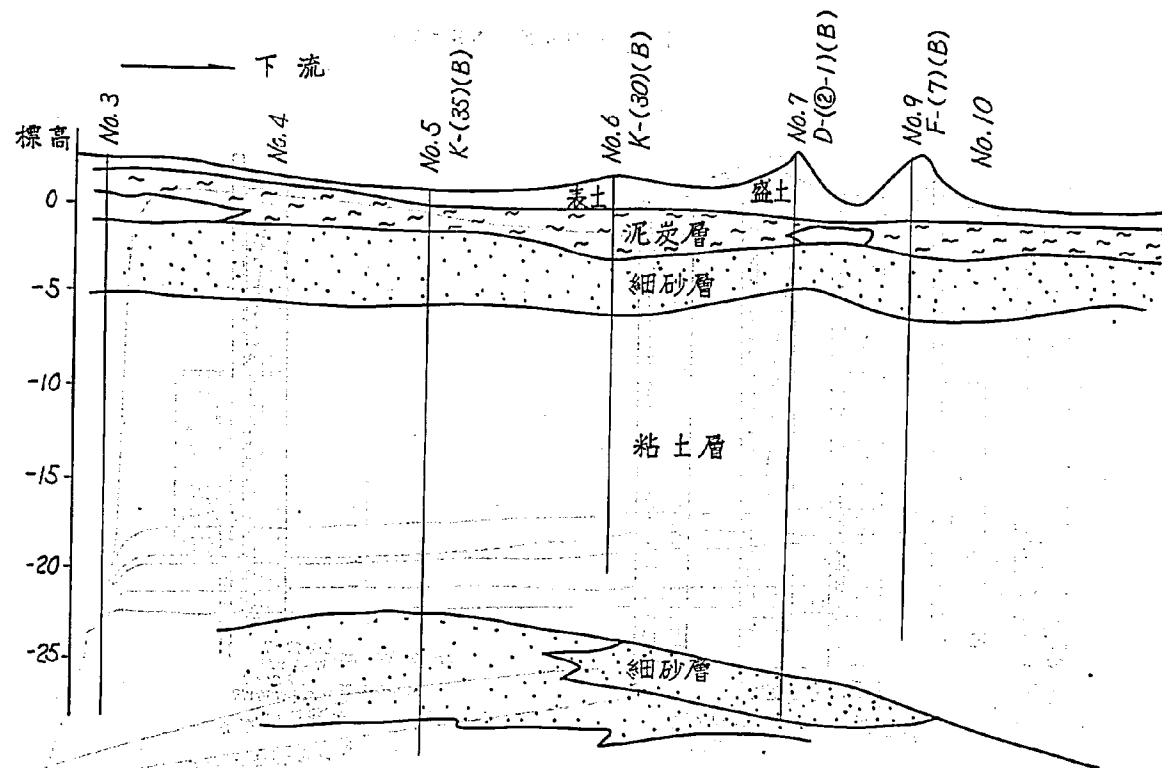
付図 - 21 No. 203 土質縦断面図



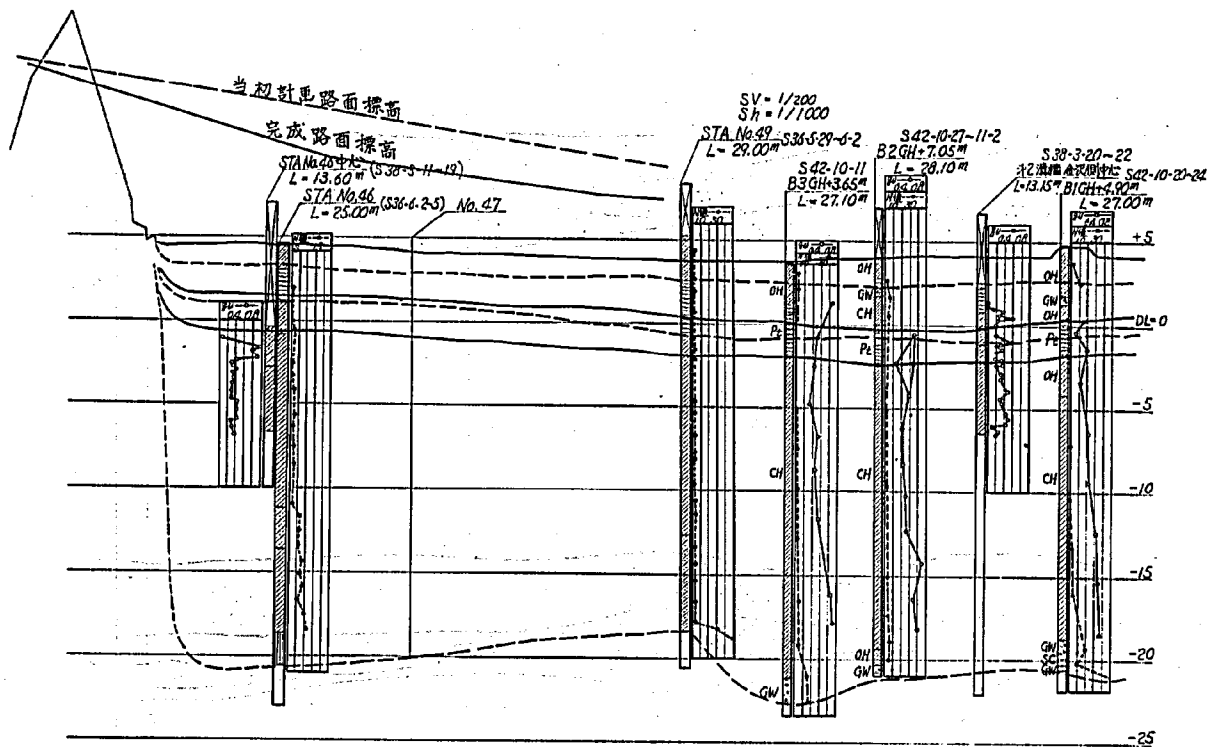
付図-22 4204 縦断面図



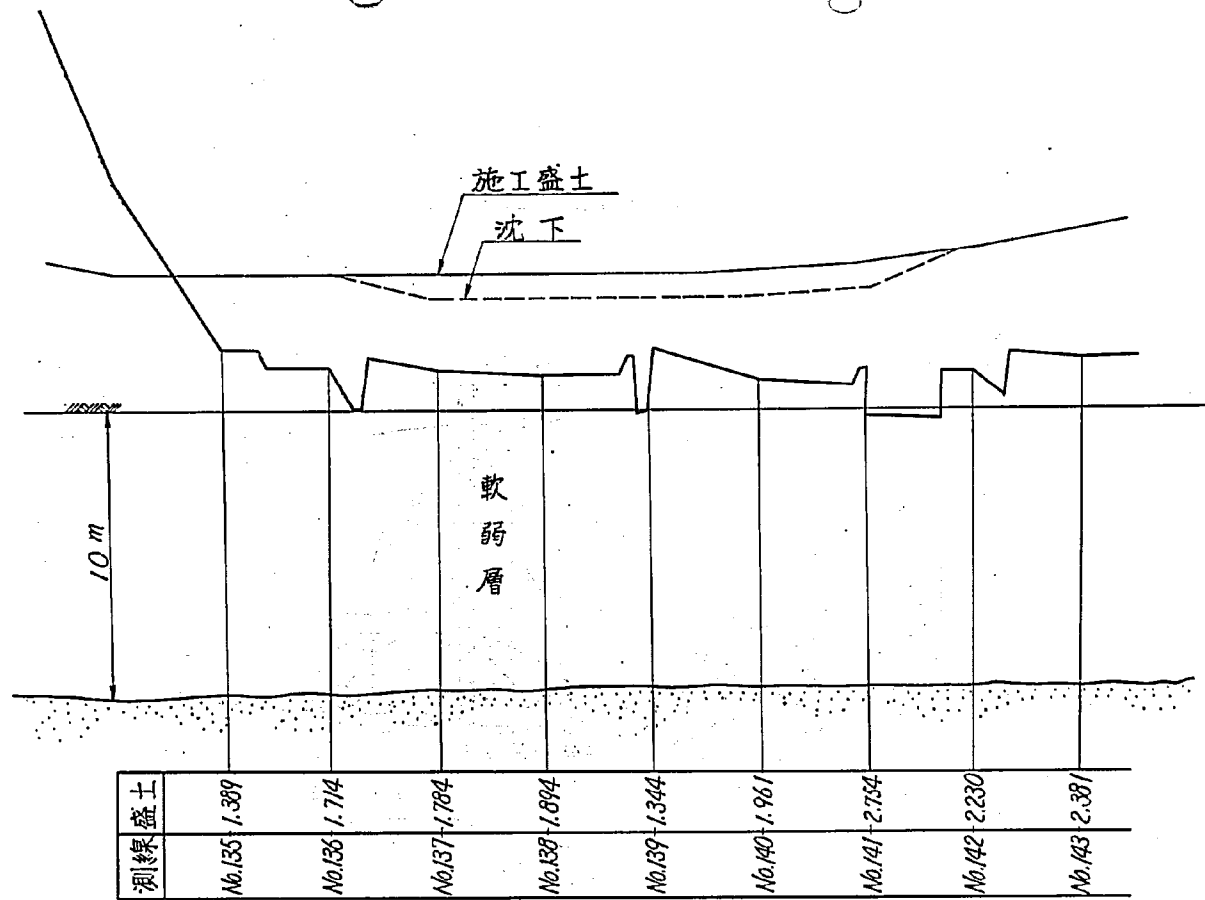
付図 - 23 No.205 縦断面図



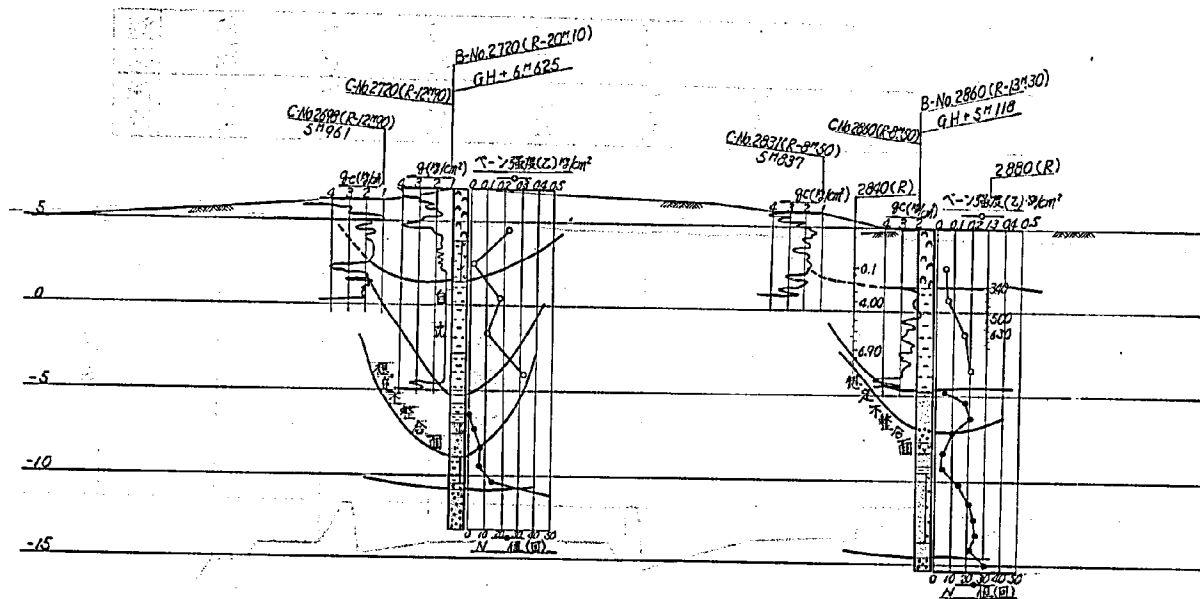
付図 - 24 №206 縦断面図



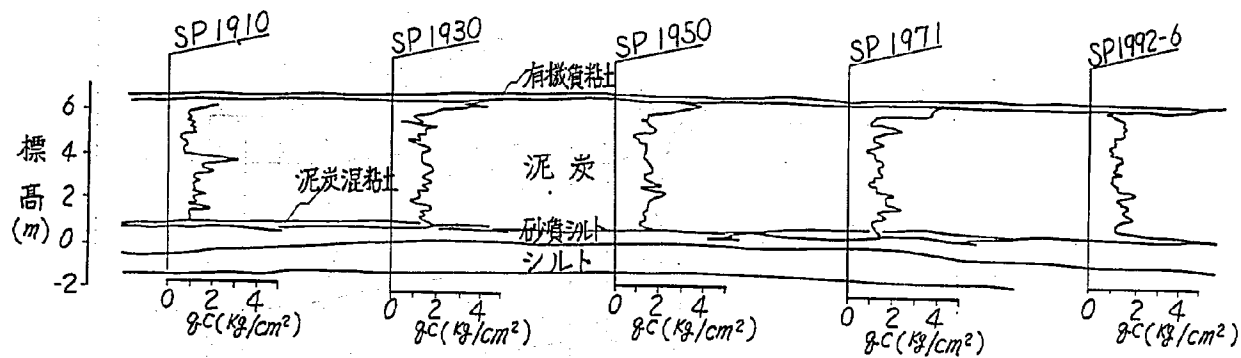
付図 - 25 №207 縦断面図



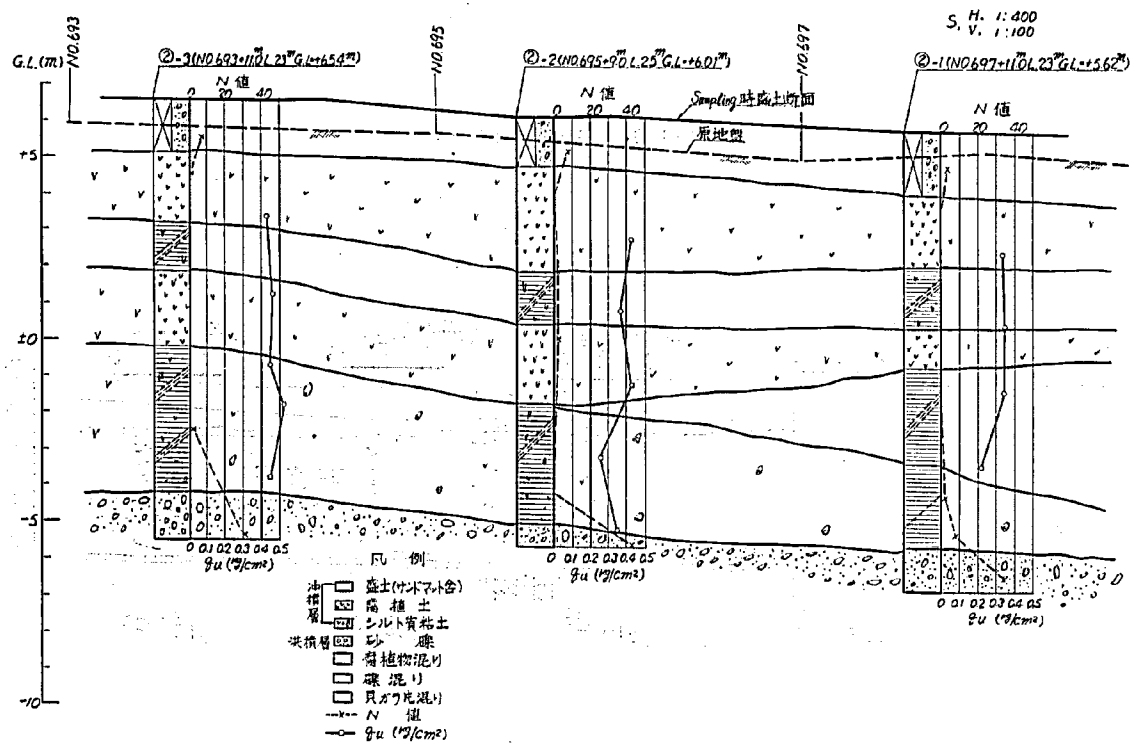
付図 - 26 No. 211 縦断面図



付図 - 27 No. 215 縦断面図

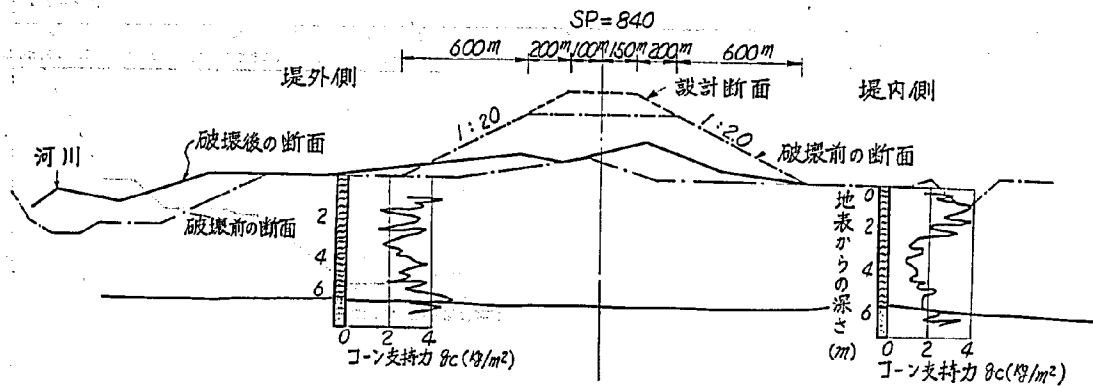
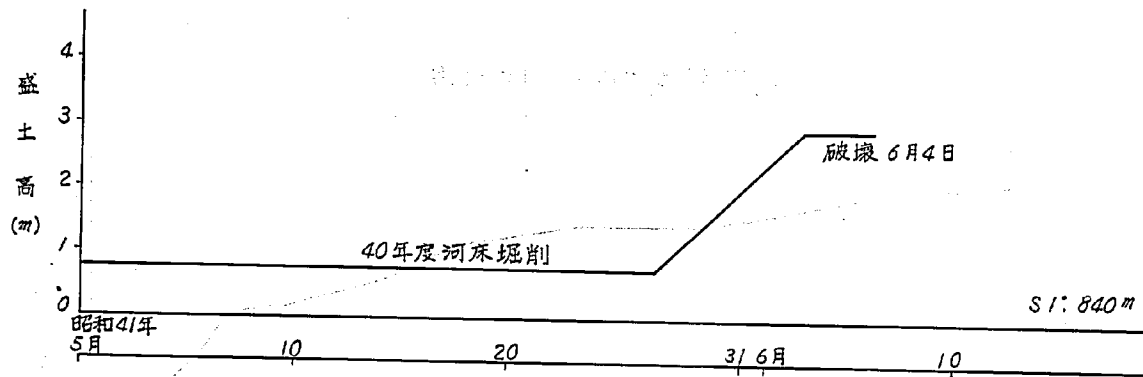


付図 - 28 Ⅱ 219 縦断図

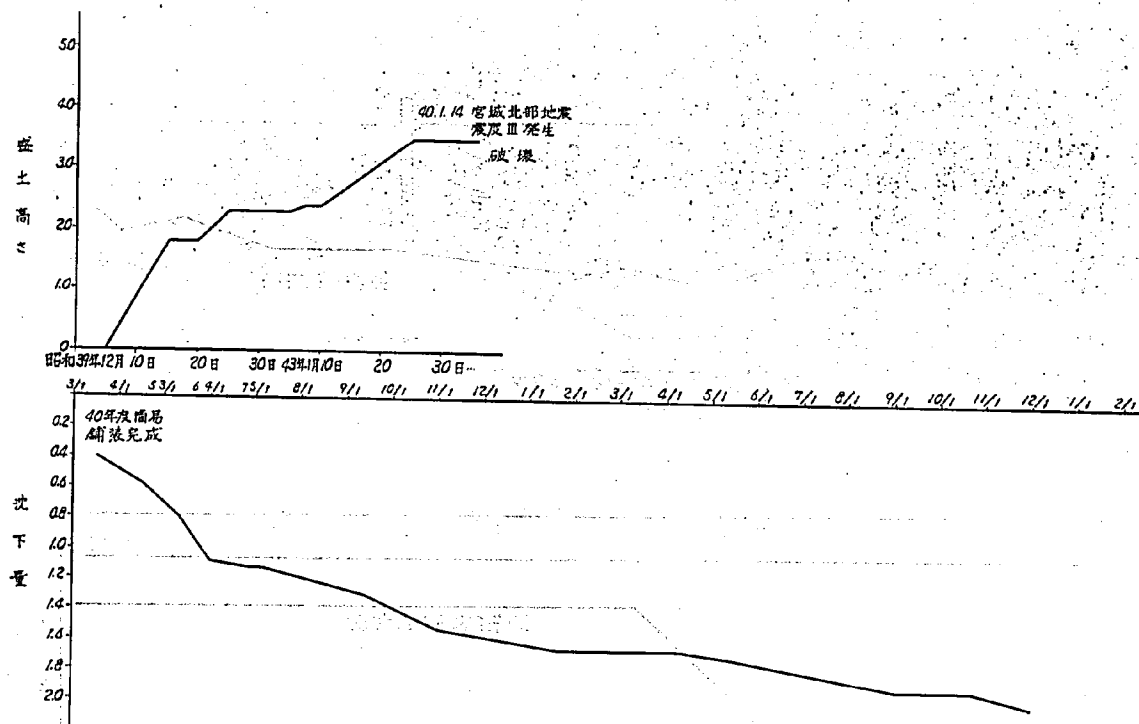


付図-29 No. 222 地盤縦断面図

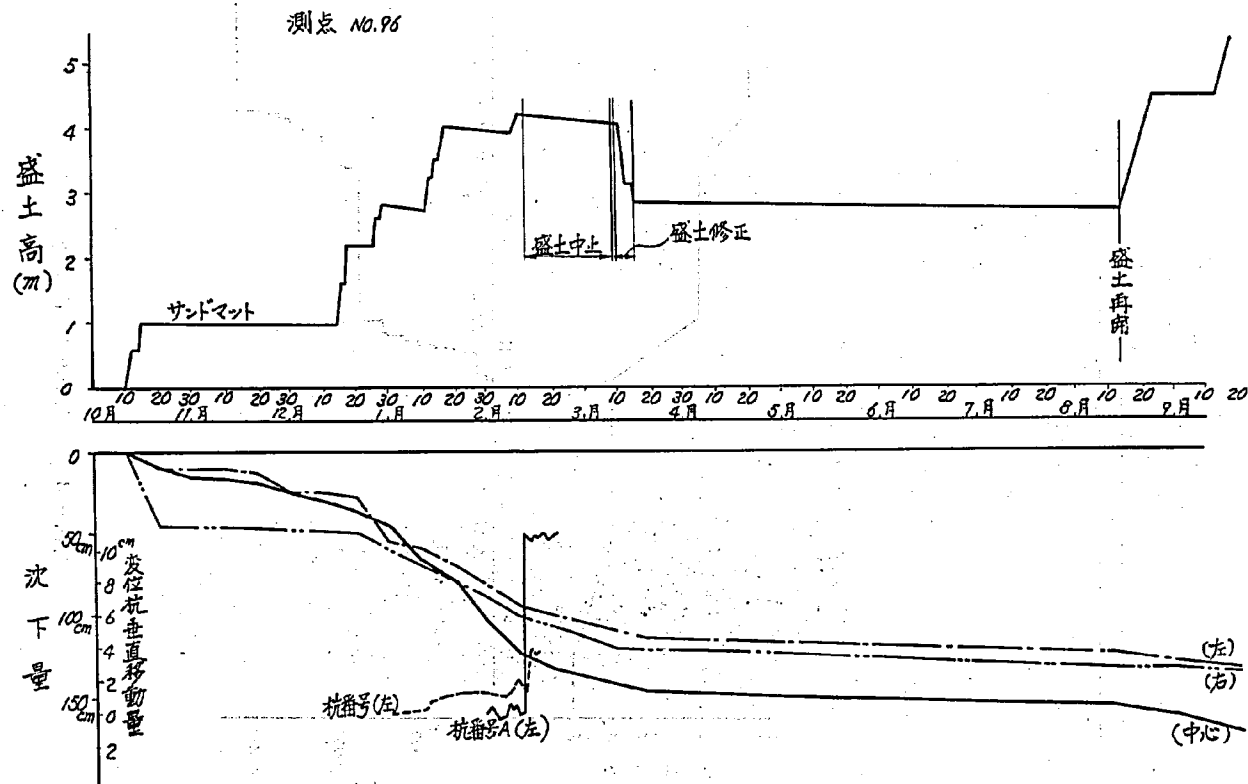
付図その3 施工経過と事後措置



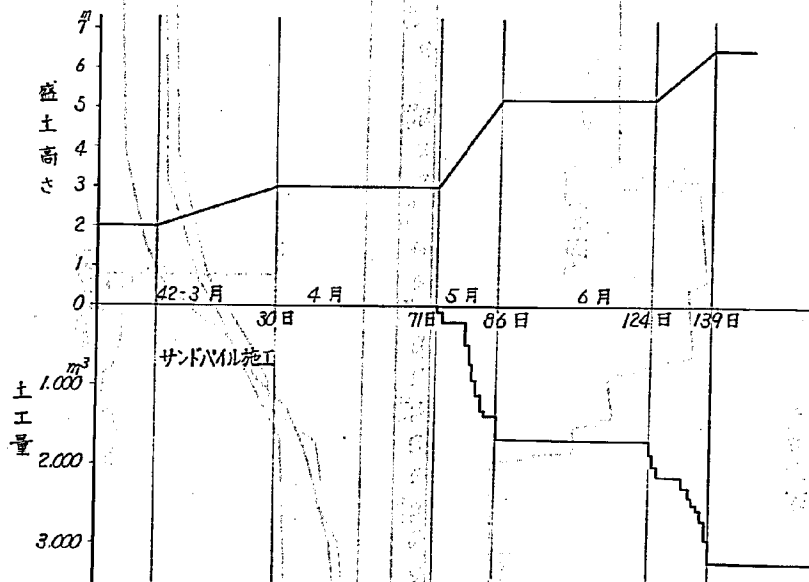
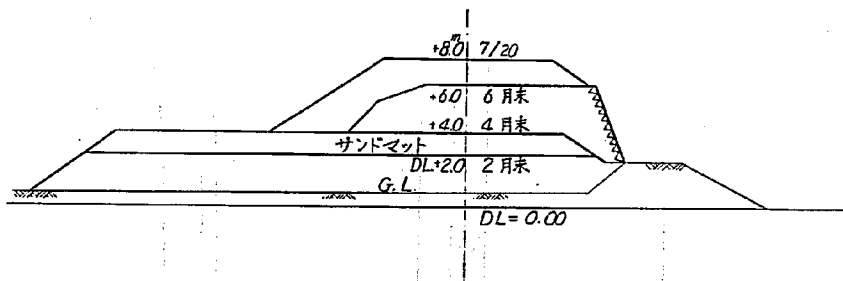
付図-30 第202 施工経過



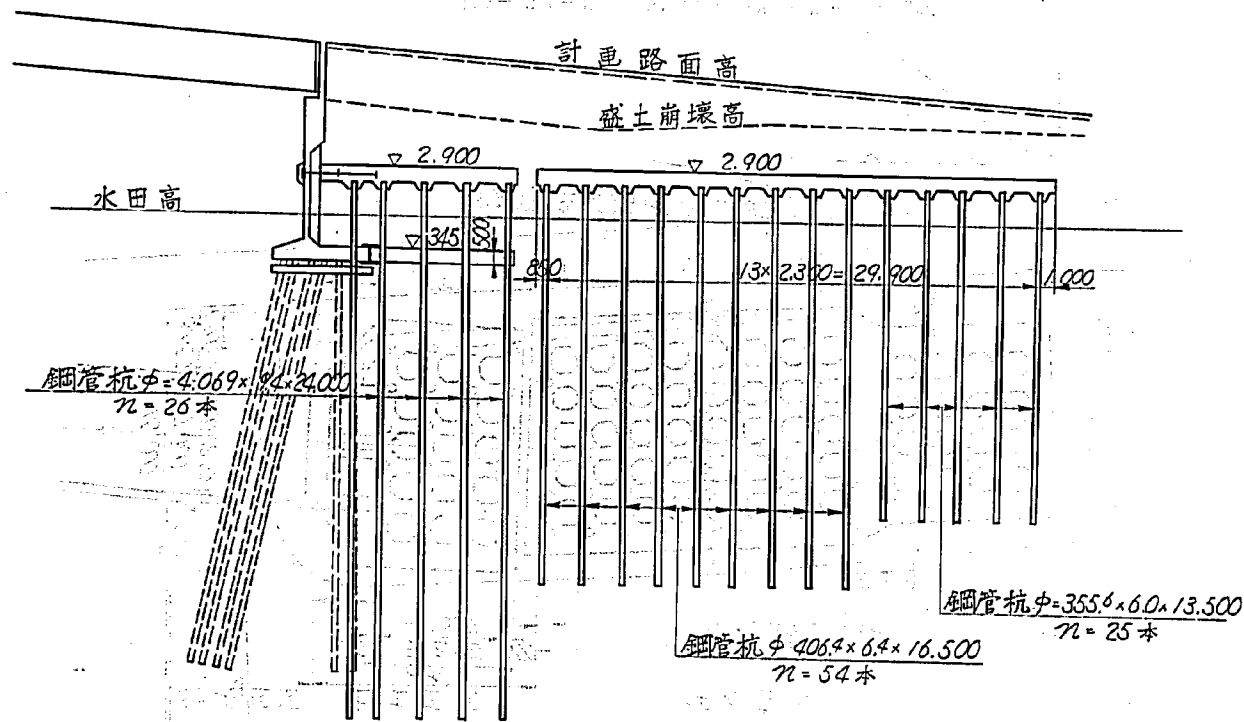
付図-31 №205 盛土施工速度



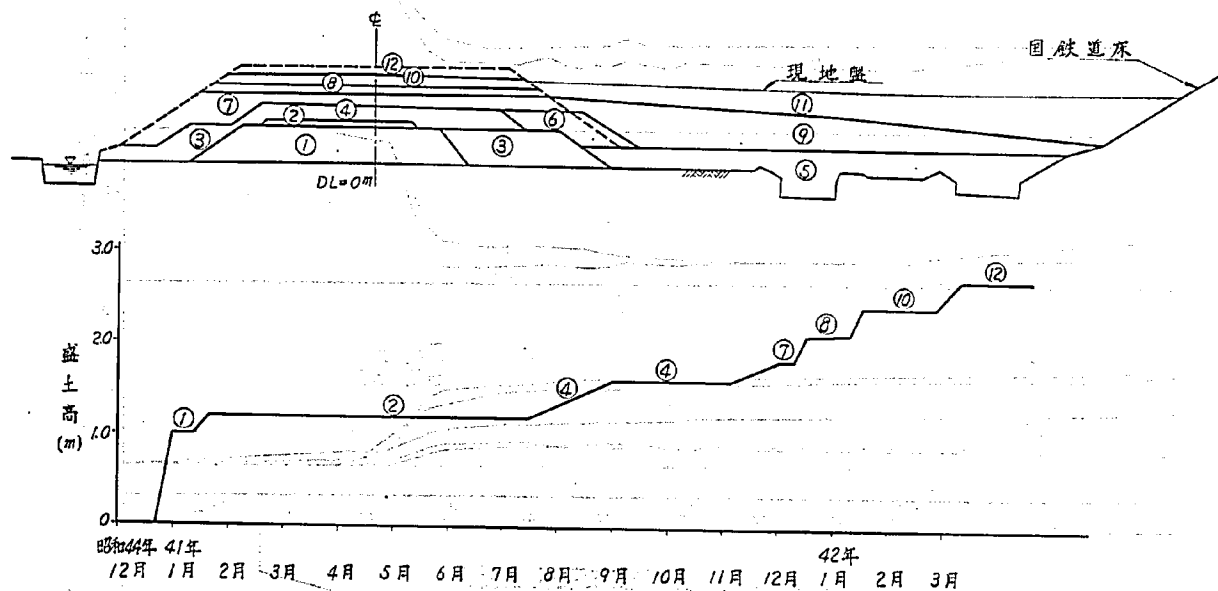
付図-32 6a 208 施工段階図



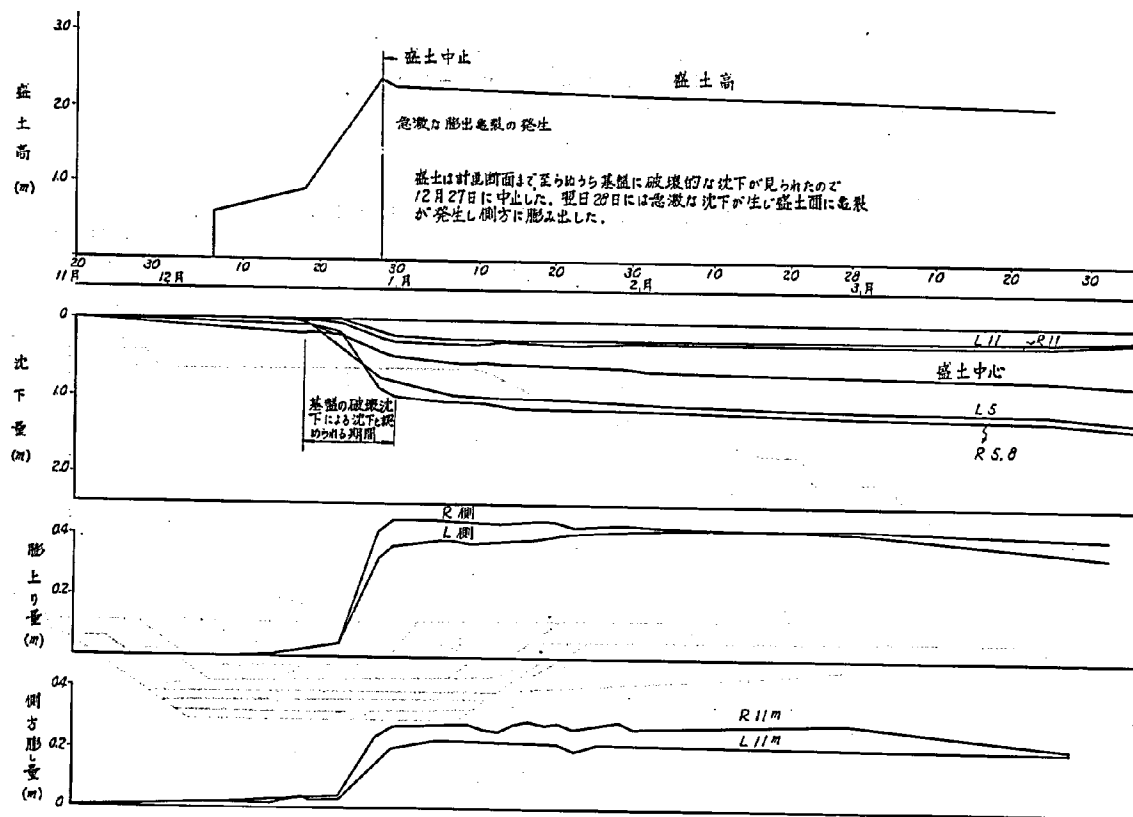
付図-33 42209 施工段階



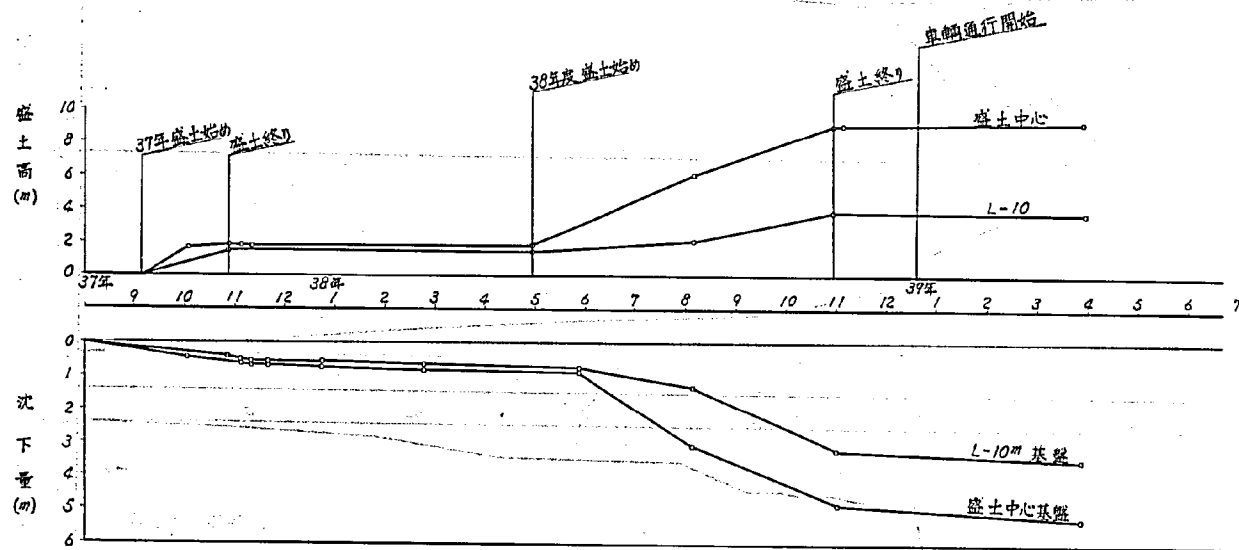
付図 - 34-(2) 16209 事後措置格子桁側面図



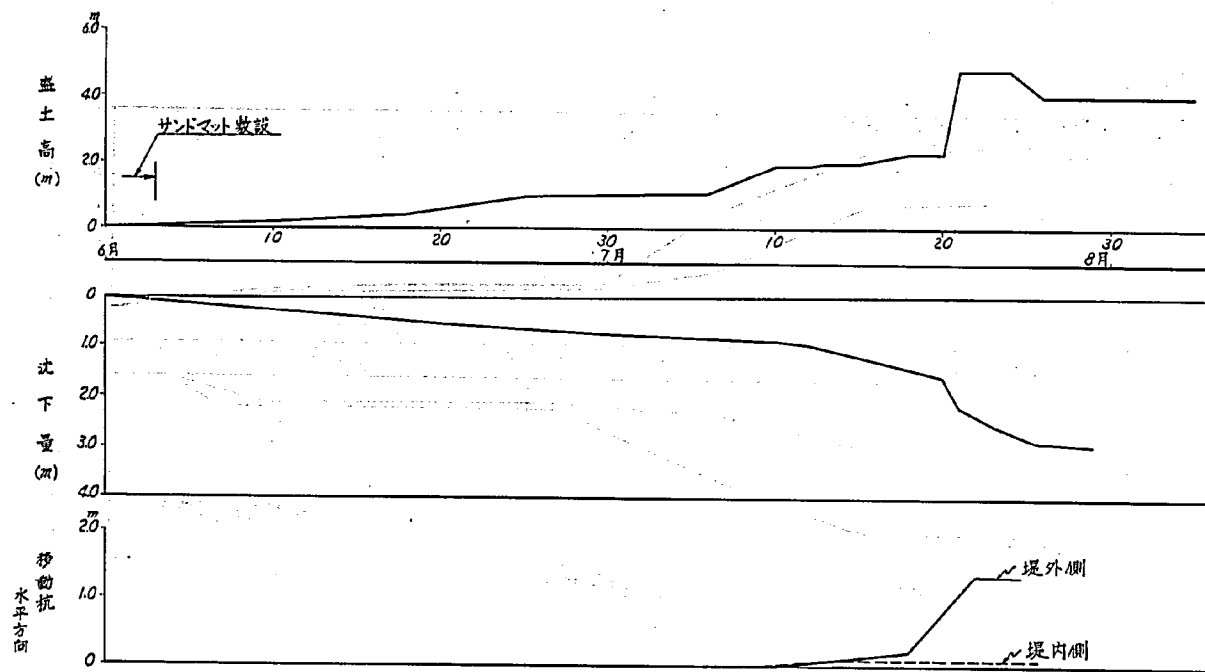
付図-35 №210 施工段階



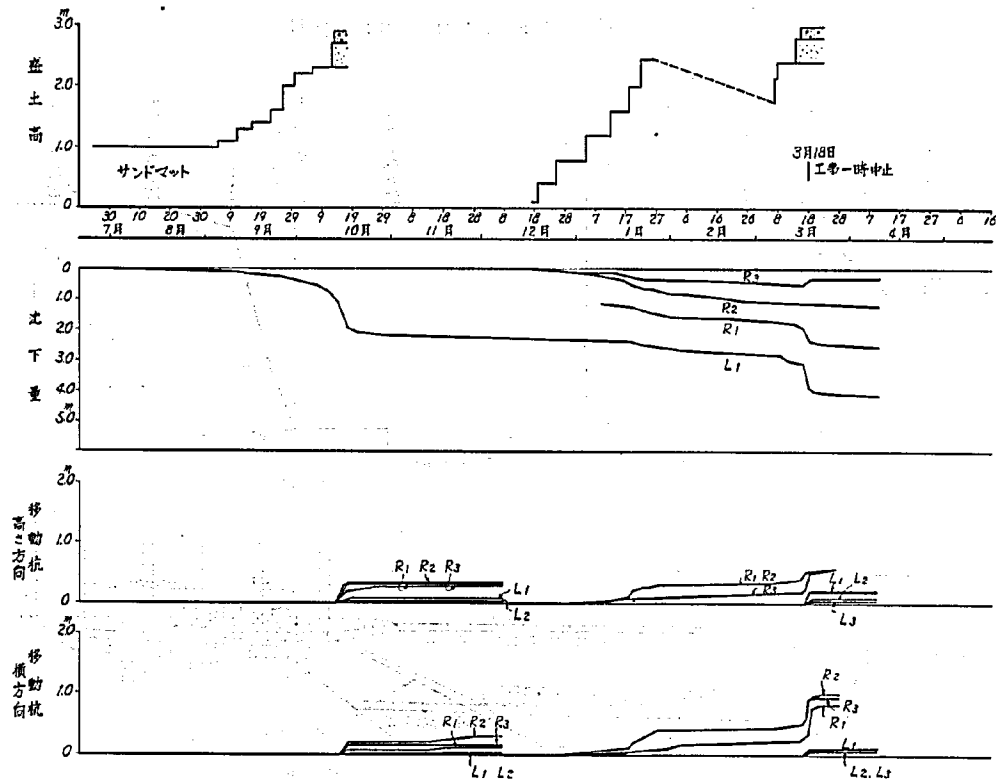
付図-36 №214 施工段階図



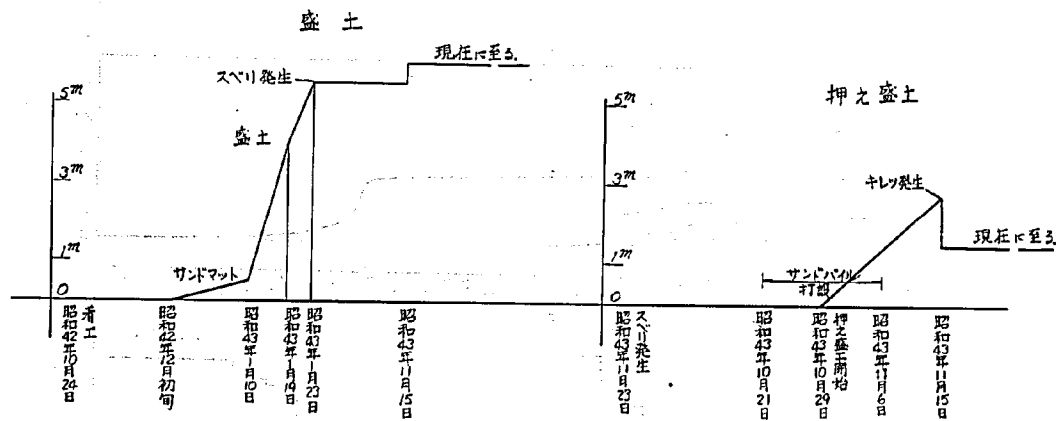
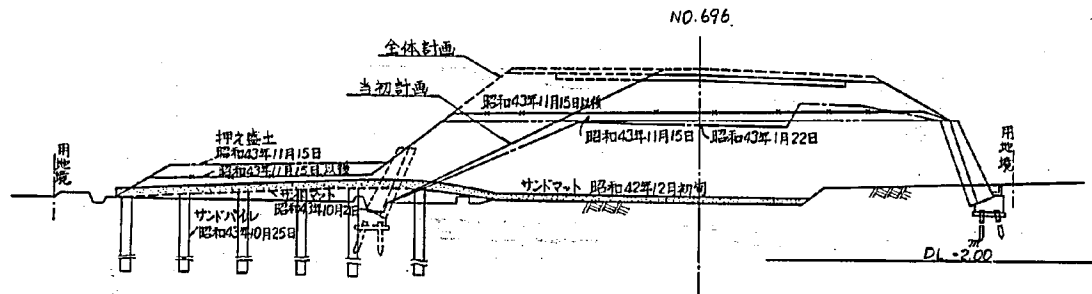
付図 - 37 №217 施工段階図



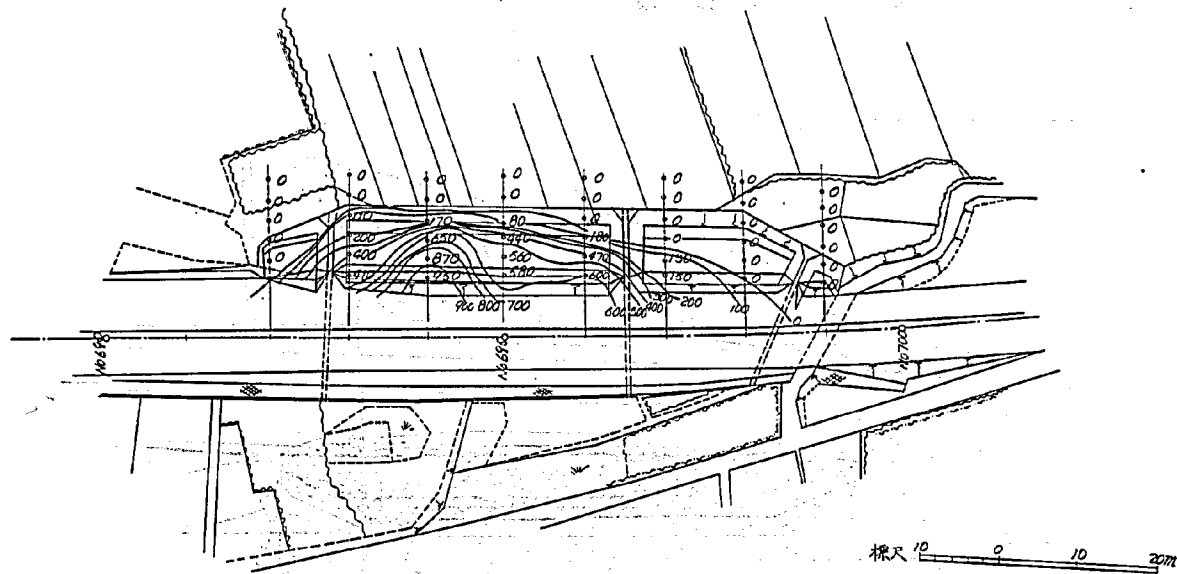
付図-38 第219 施工段階図



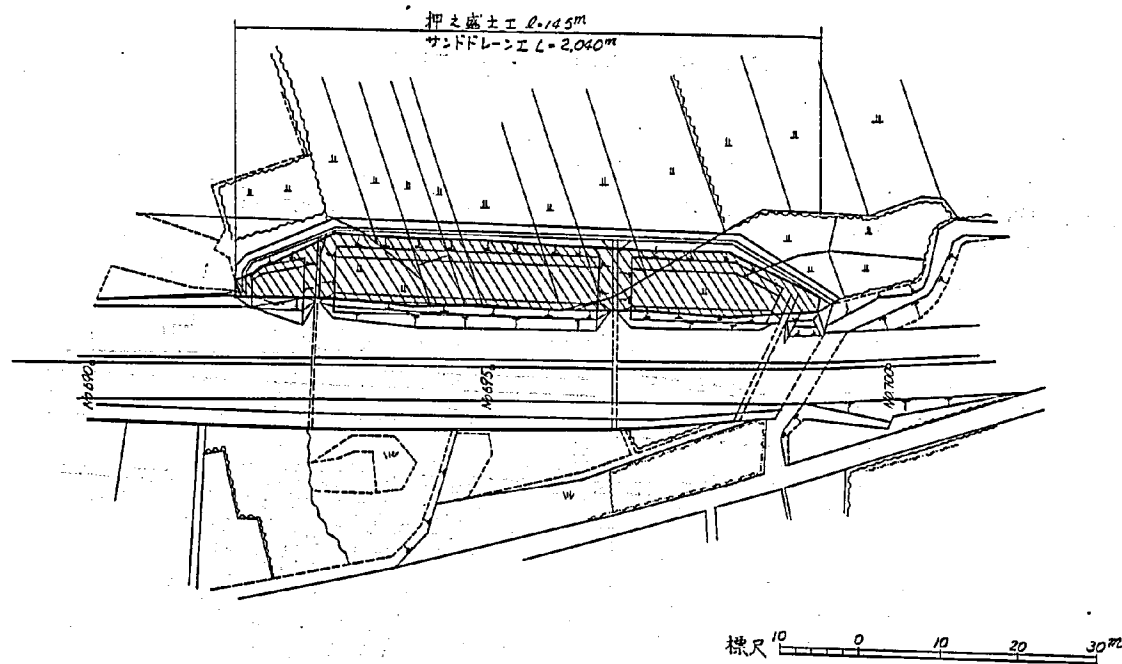
付図-39 No.221 施工段階



付図 - 40 622 施工段階

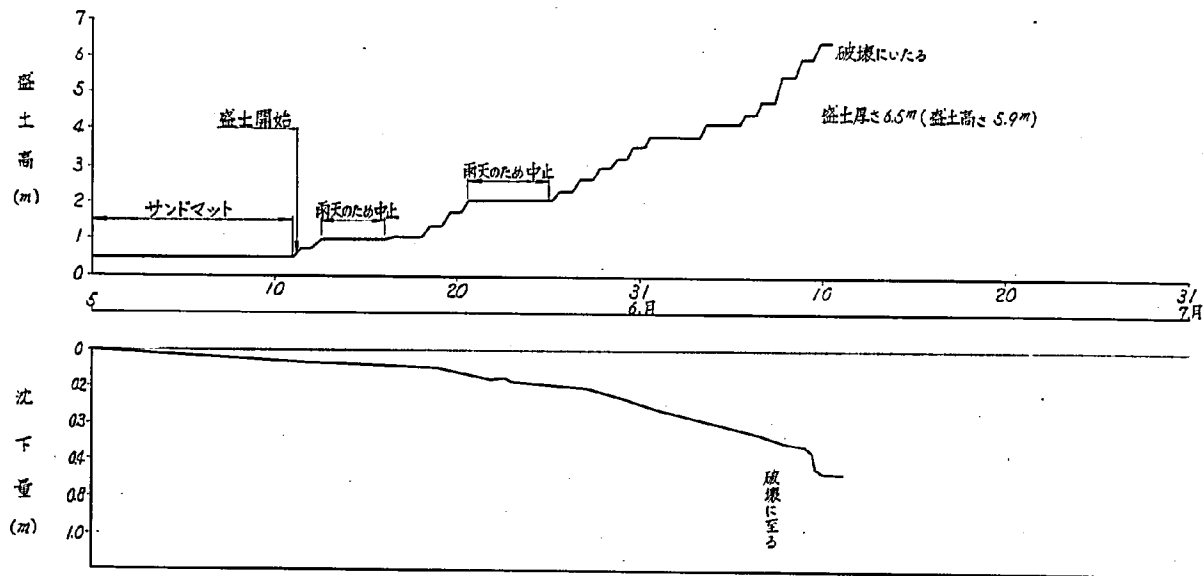


付図 - 41 - (I) 6222 破壊後の地盤隆起



破壊時期 S.43-1-22 (夜間中の破壊)

付図-41-② 尾222 事後措置



付図 - 42 №224 施工段階