

19 石木ダム第 30 号

石木ダム地質調査等業務委託(2)

報 告 書

平成 20 年 2 月

長崎県 石木ダム建設事務所
株式会社 建設技術研究所

担当者一覧			
会社名	株式会社 建設技術研究所		
住 所	〒810-0041 福岡市中央区大名 2-4-12 シーティーアイ福岡ビル		
TEL	092-714-2211	FAX	092-714-6307
担当者	所属部課名	氏 名	
管理技術者	地圏環境室		
照査技術者	〃		
担当技術者	〃		
〃	〃		
〃	〃		



調査検討位置図 縮尺 1 : 200000 ※国土地理院発行 1/20 万地勢図「長崎」を使用

まえがき

本業務は、長崎県石木ダム建設事務所の御委託により、株式会社建設技術研究所が実施した「19 石木ダム第 30 号 石木ダム地質調査等業務委託(2)」の成果を取りまとめたものである。

平成 20 年 2 月

株式会社 建設技術研究所

目 次

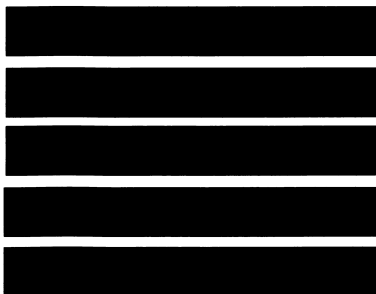
1. 業務概要	1-1
2. 地形・地質概要	2-1
2.1 広域の地形・地質概要	2-1
2.1.1 広域の地形概要	2-1
2.1.2 広域の地質概要	2-3
2.2 ダムサイトの地形・地質概要	2-5
2.2.1 ダムサイトの地形概要	2-5
2.2.2 ダムサイトの地質概要	2-7
3. 調査項目と調査数量	3-1
4. 調査方法	4-1
4.1 ボーリング調査	4-1
4.2 竖坑内調査	4-8
4.3 左岸鞍部トレンチ調査	4-11
4.3.1 トレンチスケッチ	4-11
4.3.2 コンクリート付着試験	4-13
4.3.3 原位置簡易試験	4-18
4.3.4 大孔径ボーリング	4-20
4.3.5 室内岩石試験	4-21
5. 調査結果	5-1
5.1 ボーリング調査	5-1
5.2 竖坑内調査	5-6
5.3 左岸鞍部トレンチ調査	5-11
5.3.1 トレンチスケッチ	5-11
5.3.2 コンクリート付着試験	5-17
5.3.3 原位置簡易試験	5-25
5.3.4 大孔径ボーリング	5-36
5.3.5 室内岩石試験	5-38
6. 岩盤強度の検討・整理	6-1
7. 取りまとめ	7-1
7.1 取りまとめ	7-1

1. 業務概要

本業務の概要は下記のとおりである。

- (1) 委 託 者 : 長崎県石木ダム建設事務所
- (2) 業 務 名 : 19 石木ダム第 30 号 石木ダム地質調査等業務委託(2)
- (3) 業務地名 : 東彼杵郡川棚町岩屋郷外
- (4) 業務目的 : 本業務は、河床部縦坑から掘削されている横坑を対象に、坑壁ならびに既往のせん断試験箇所に対する岩級の再評価を行い、実施設計におけるせん断強度検討の基礎資料を得ることを目的とする。また、左岸側鞍部の CLL 級岩盤に対してコンクリートとの付着の程度を評価する他、一軸圧縮強さ等の対応が図れる簡易試験を行うことで、D 級岩盤との差異を定量的に把握することを目的とする。

- (5) 業務担当 : 受 託 者 ; 株式会社 建設技術研究所 九州支社 長崎事務所
住 所 ; 長崎県長崎市元船町 13-5 第二森谷ビル(長崎事務所)
福岡県福岡市中央区大名 2-4-12CTI 福岡ビル(九州支社)
電 話 番 号 ; 095-826-6086(長崎事務所)
092-714-6750(九州支社地圏環境室直通)
F A X 番 号 ; 092-714-6307(九州支社地圏環境室直通)
担 当 者 ;



- (6) 業務内容 : 本業務の内容は、下記のとおりである (図-1.1 参照)。

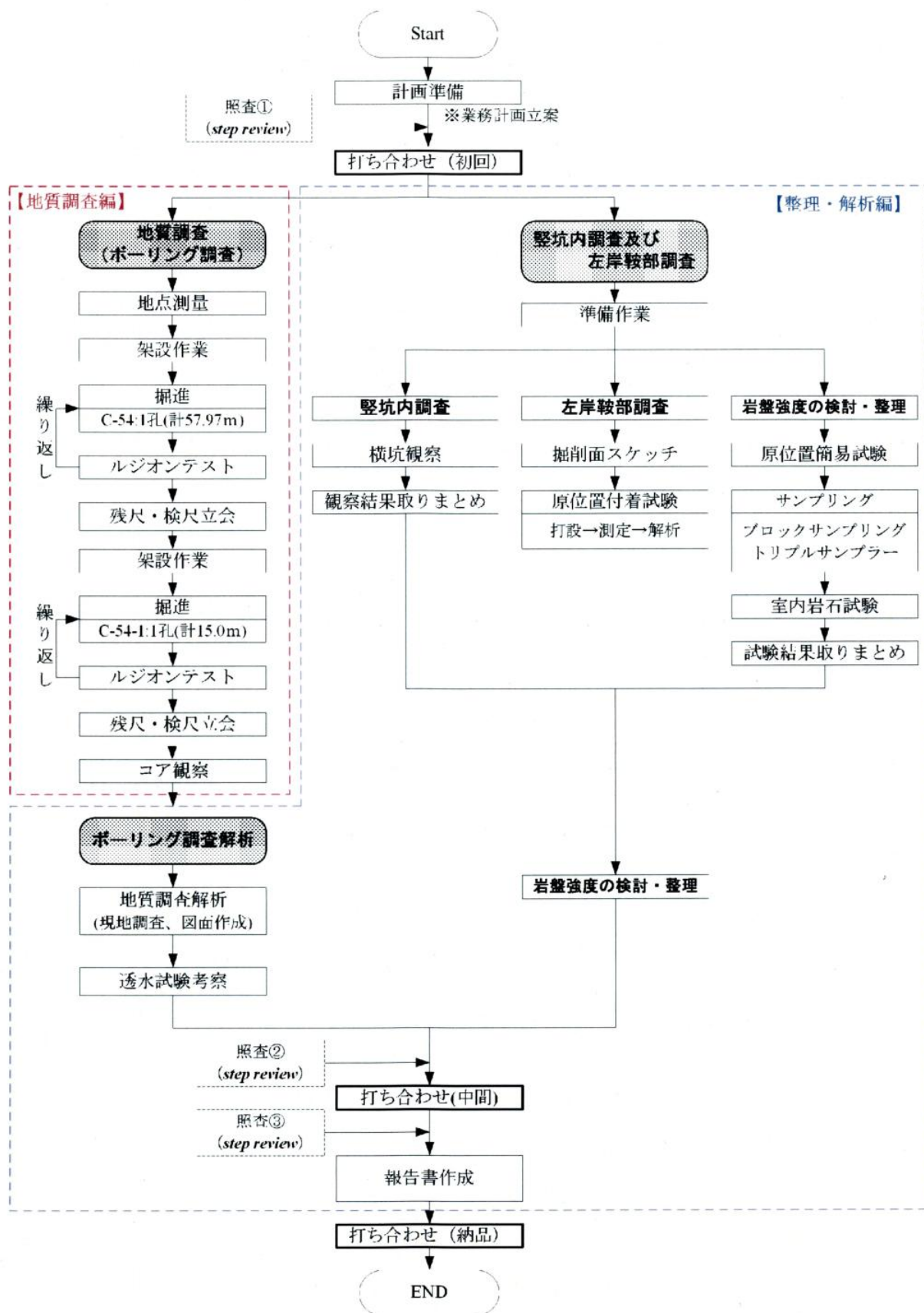
(地質調査)

- 1)機械ボーリング 3 孔, 79m
(うち、2.03m は横坑区間削孔によりコアなし)
- 2)ルジオンテスト 9 回
- 3)孔内水圧変動測定 9 回

(整理・解析業務)

- 1)打ち合わせ協議 3 回
- 2)ボーリング調査解析..... 1 式
- 3)豎孔内調査及び左岸鞍部調査..... 1 式
 - ①準備作業 1 式
 - ②豎坑内調査 1 式
 - ③左岸鞍部調査 1 式
 - ④岩盤強度の検討・整理 1 式
 - ⑤報告書作成 1 式

(7) 業務工期 : 平成 19 年 10 月 11 日～平成 20 年 2 月 28 日



2. 地形地質概要

2.1 広域の地形・地質概要

2.1.1 広域の地形概要

広域地形の概要は以下に述べるとおりである（図－2.1.1 参照）。

- (1) ダムサイトの位置する石木川は、虚空蔵山^{こくぞうやま}（標高 608.5m）北方の山腹（標高 250m 付近：川棚町木場郷重付近）に源を発し、西方ないしは南西に流下した後、川棚川に左支川として合流する。源流から川棚川との合流点までの延長は約 5.5km であり、その標高差は約 200m である。
- (2) ダムサイトは川棚川との合流地点から約 2km 上流に位置しており、ダムサイトから約 0.5km 上流では岩屋川が左支川として合流する。
- (3) 稜線は、石木川および岩屋川と概ね平行する北東ないしは東西方向に延びており、その標高差は約 200m である。また、東方の稜線上（上流側の稜線上）には、塔状ないしはドーム状をなす虚空蔵山や高見山が位置する。
- (4) 石木川および岩屋川沿いには、沖積低地（段丘面）が比較的広く形成されており、耕作地となっている。なお、段丘面の幅はダムサイト付近で急激に狭くなっている（ダムサイト直下流は、左右岸ともに碎石場となっている）。
- (5) ダムサイトおよび貯水池周辺では、比較的明瞭な地形要素として、①鞍部、②直線状谷、③遷急線、④遷緩線、⑤山腹緩斜（平坦）面および⑥急崖が認められる。
- (6) 鞍部は稜線沿いや山腹に認められるが、特定方向の配列は認められない。
- (7) 直線状谷は連続性には乏しく、他の地形要素との関連性も認められない。
- (8) 遷急線と遷緩線は、山腹斜面上で対をなして分布することが多く、山腹緩斜面（平坦面）を形成していることが多い。
- (9) 山腹緩斜（平坦）面は、上流域、中流域（貯水池周辺）および下流域（ダムサイトから下流側）で概ね一定の高さに分布する傾向が強く、上流側から下流側に向けて徐々にその分布高度を下げている。



図-2.1.1 ダムサイトおよび貯水池周辺の広域地形 縮尺 1:25,000

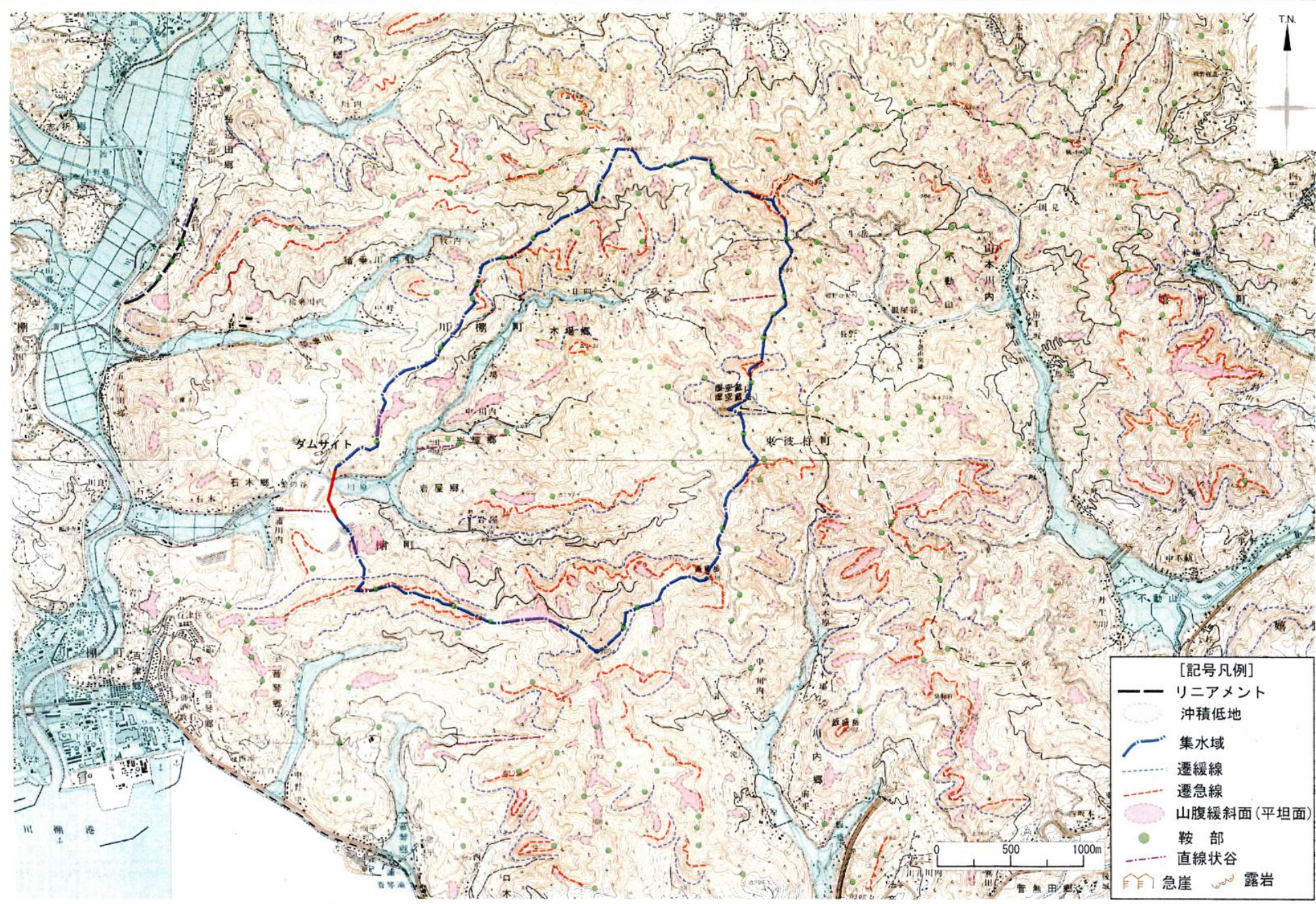


図-2.1.1 ダムサイトおよび貯水池周辺の地形 縮尺 1:25,000

2.2 ダムサイトの地形・地質概要

2.2.1 ダムサイトの地形概要

ダムサイトの左岸側、河床部および右岸側の地形的特徴は、以下に述べるとおりである（図－2.2.1 参照）。

【左岸側】

- 1) 左岸側は、標高 65m 付近が鞍部となっていることから、幅約 20m の凹地部がサーチャージ水位（EL. 69. 8m）以下となる。また、常時満水位（EL. 63. 3m）に対する上下流方向の水平距離は約 85m である。
- 2) 鞍部からさらに左岸側にかけては厚い山体を形成するが、碎石によって現在では幅 100m 程度にわたる台地状の地形が形成されている。
- 3) 左岸側直下流の碎石場（旭碎石）は、EL. -20m 程度まで掘削されているが、現在では河床標高よりやや高い EL. 33m 付近まで埋め戻されている。

【河床部】

- 1) 河床部のダム軸付近は、左右岸山体が押し迫る狭窄(きょうさく)部である。
- 2) ダム軸付近より上流側では、石木川が左岸側山裾を流下しており、右岸側山裾にかけては幅 160m 程度にわたって段丘面(標高 38m 前後)が形成されている。

【右岸側】

- 1) 右岸側は、EL. 145m まで山腹勾配 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の山体を形成している。
- 2) 直下流には、石木川とほぼ直交する方向に谷が形成されているため、下流側に対して比較的やせ尾根となる。

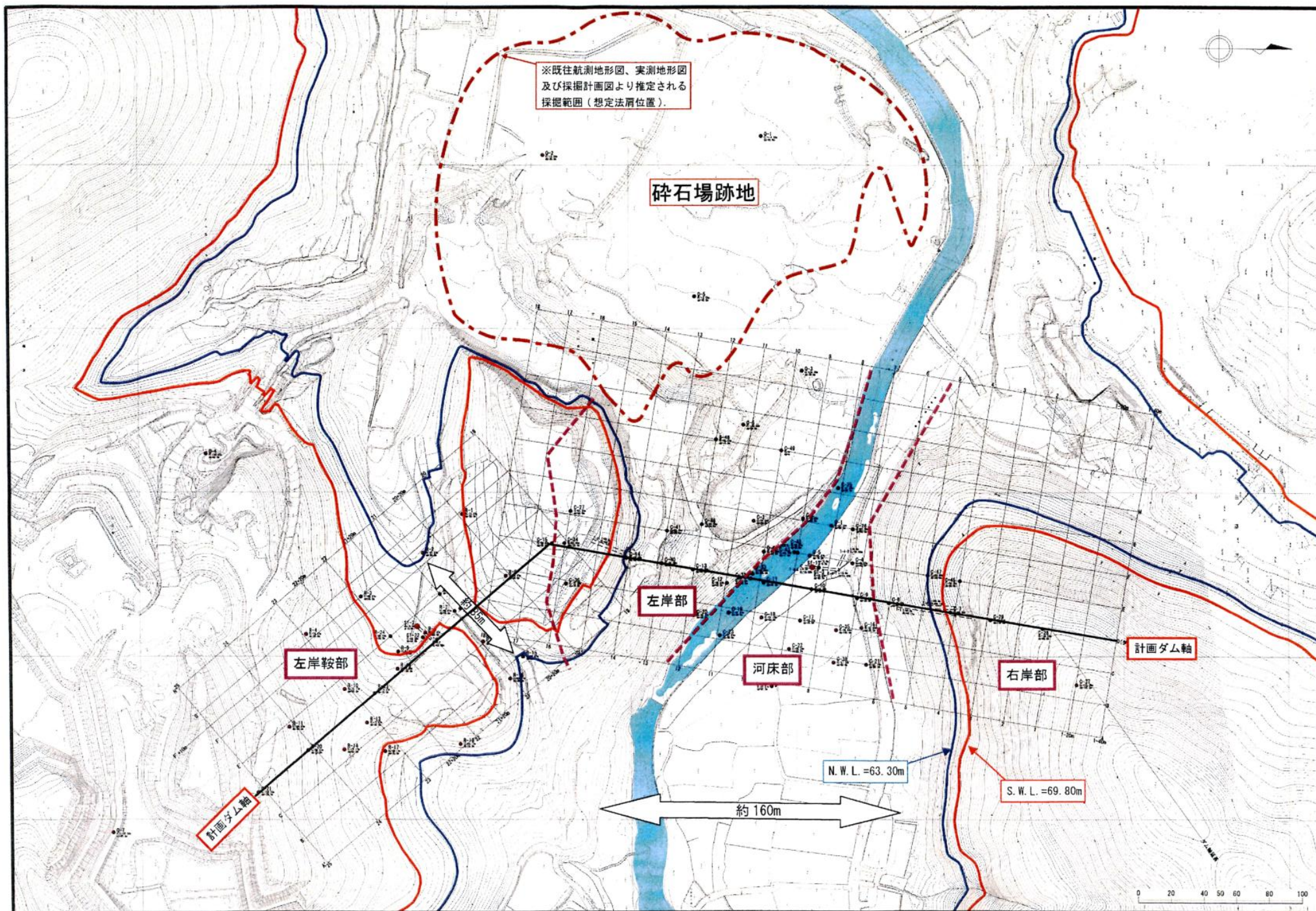


図-2.2.1 ダムサイトの地形

2.2.2 ダムサイトの地質概要

(1) 層序と岩相

ダムサイトには、新第三紀虚空蔵山火山岩類のうち、最下部の不動山安山岩が基盤地質として分布する。また、これら基盤地質を覆う未固結被覆層として、2 層の段丘堆積層 (tr1, tr2)、崖錐堆積層 (dt)、現河床堆積層 (rd) および盛土 (ba) が分布する (表-2.2.1、図-2.2.2、図-2.2.3 参照)。

ダムサイトに分布する不動山安山岩の層序と岩相は、以下のとおりである (代表的な岩相は写真-2.2.1 参照)。なお、地質形成史を図-2.2.4 に示す。

- 1) ダムサイトに分布する不動山安山岩は、①安山岩溶岩(自破碎状安山岩を含む)、②火山角礫岩 (Vb)、③軽石火山角礫岩 (Vb-p)、④火山礫凝灰岩 (Ltf) に区分され、安山岩溶岩は更に安山岩 I ~ V に 5 区分される。
- 2) 安山岩 I と安山岩 II は、その岩相から角礫状安山岩 (-b)、緻密安山岩 (-c)、多孔質安山岩 (-v) に区分され、他の安山岩に比べて暗色である。
- 3) 安山岩 I と安山

表-2.2.1 ダムサイトの地質層序

地質時代	地質名	色調記号	記 事
未固結被覆層	盛 土	ba ▲	砂石入り。ダムサイト下流の砂石場に分布。
	現河床堆積層	rd ▲	砂礫を主体とする。現在の河床にうすく分布。
	崖錐堆積層	dt ▲	土砂。断面からなる。ダムサイト左右岸の山腹を覆って広く分布。
	段丘堆積層 II	tr2 ○	砂礫を主体とする。ダムサイトおよびダムサイト上流の右岸谷間に平坦面をなして広く分布。
	段丘堆積層 I	tr1 ○	砂礫よりなるが、強風化の影響で一層くさり硬くなっている。左岸側の断崖付近に分布する。
新第三紀火山岩類	※ 虚空蔵山火山岩類 (鮮新世)		
	※ 安山岩 V (角礫石多量)	An5	輝石の他、角閃石、長石を含む。流理が発達する。上部の一部では、流理帯が確認される。
	※ 同自破碎状安山岩	Ab5	赤色を帯びる自破碎砂。
	※ 貫入岩	Dy	An4の活動に伴う貫入岩。左岸下流の地帯砂石場内におけるAn4の流理から方向を推察している。
	※ 安山岩 IV (角礫石多量)	An4	An5と同様。輝石の他、角閃石、長石を含む。流理のみでの分布であり、下流の地帯砂石場内では高角度で傾斜する。
	※ 同自破碎状安山岩	Ab4	An5と同様。赤色を帯びる自破碎砂。
	※ 火山角礫岩	Vb	多孔質安山岩と質褐色を呈す基質部よりなり、火山角礫状を呈す。
	※ 同色緻密安山岩 (多孔質部)	An3-v	緻密安山岩の多孔質部。緻密安山岩へは移行する。
	※ 灰色緻密安山岩	An3-c	輝石の他、角閃石、長石を含む。An5と比較し、角閃石は若干少ない。長石は黒部ほど多く見られる。流理はやや不明瞭。
	※ 同自破碎状安山岩	Ab3	自破碎砂。大半の岩片が多孔質である。赤色を帯びない場合がある。
	※ 軽石火山角礫岩	Vb-p	岩片間が軽石質の基質で充填される凝灰岩。岩片にはガラス質、多孔質のほか、自破碎砂も含まれる。
	※ 同自破碎状安山岩	Ab2	赤褐色を呈する自破碎砂。河床の一部のボリングで確認される。
	※ 複層石安山岩 II (ガラス質多孔質安山岩)	An2-p	ガラス質緻密安山岩の多孔質部。緻密安山岩へは移行する。
	※ 複層石安山岩 II (ガラス質緻密安山岩)	An2-c	暗灰～灰色を呈すガラス質の凝灰岩。肉眼では長石が確認される。
	※ 複層石安山岩 II (ガラス質角礫状安山岩)	An2-b	暗灰～黒褐色を呈す凝灰岩で、割れ目に沿って、黄褐色～深褐色の基質が充填される。多孔質の岩片は黄褐色、一部黒褐色が確認される。
	※ 火山礫凝灰岩	Ltf	ガラス質、自破碎状凝灰岩など様々な岩片を含む凝灰岩。最上部は火山灰質。
新第三紀火山岩類	※ 複層石安山岩 I (ガラス質多孔質安山岩)	An1-p	ガラス質緻密安山岩の多孔質部。緻密安山岩へは移行する。
	※ 複層石安山岩 I (ガラス質緻密安山岩)	An1-c	暗灰～灰色を呈すガラス質の凝灰岩。
	※ 複層石安山岩 I (ガラス質角礫状安山岩)	An1-b	暗灰～黒褐色を呈す凝灰岩で、割れ目に沿って、黄褐色～深褐色の基質が充填される。多孔質の岩片は黄褐色、一部黒褐色が確認される。

※ 地質時代、地質名は 1/5 万早岐図幅より引用

岩Ⅱの間には、安山岩Ⅱの初期活動による緻密に固結した火山礫凝灰岩 (Ltf) が分布する。

- 4) 安山岩Ⅱと安山岩Ⅲの間には黄色を呈する軽石火山角礫岩 (Vb-p) が分布する。直径数 cm 大～数 10cm 大にまで及ぶ角礫周辺は、軽石を含む火山灰が密に充填しており、全体に固結している。
- 5) 安山岩Ⅲは、緻密安山岩 (-c) と多孔質安山岩 (-v) に区分される。緻密安山岩 (-c) では、僅かに角閃石を含む特徴を有しており、流理が発達する箇所が認められる^{※1}。
- 6) 安山岩Ⅲの上位には、火山角礫岩 (Vb) が分布している。軽石火山角礫岩 (Vb-p) よりは黄色味が弱い、含有礫の大きさや全体の固結度合いは類似している。
- 7) 安山岩Ⅳは、左岸側直下流で噴出した溶岩流であり、緻密部のみからなる。角閃石を含む。左岸側直下流の旭碎石場内ではほぼ垂直の流理を確認している。
- 8) 安山岩Ⅴは、流理が明瞭に発達する溶岩流であり、角閃石を含む。
- 9) 安山岩Ⅳと安山岩Ⅴの間に位置づけている貫入岩 (Dy) は、左岸側鞍部のボーリングコアで確認されている (コアで貫入面を確認) が、その境界部は密着しており、強度的ないしは透水性上の弱部は伴っていない。

(2)地質分布

基盤地質および未固結層の分布は、以下のとおりである。

【右岸側】(6 グリッド付近～右岸側一帯)

- 1) 基盤地質は、山裾から常時満水位 (EL. 63. 3m) 付近に分布する急崖付近までが安山岩Ⅲ (An3-v、An3-c) であり、急崖から上部が安山岩Ⅴ (An5、Ab5) である。
- 2) 地下深部には、軽石火山角礫岩 (Vb-p) 及び安山岩Ⅱ (An2-c、An2-b、An2-v) が分布するが、それぞれ地下深部で平行に堆積している。
- 3) 急崖下部の山裾部は厚さ 2～3m の崖錐堆積層 (dt) に覆われている。

【河床部】(6～11 グリッド付近)

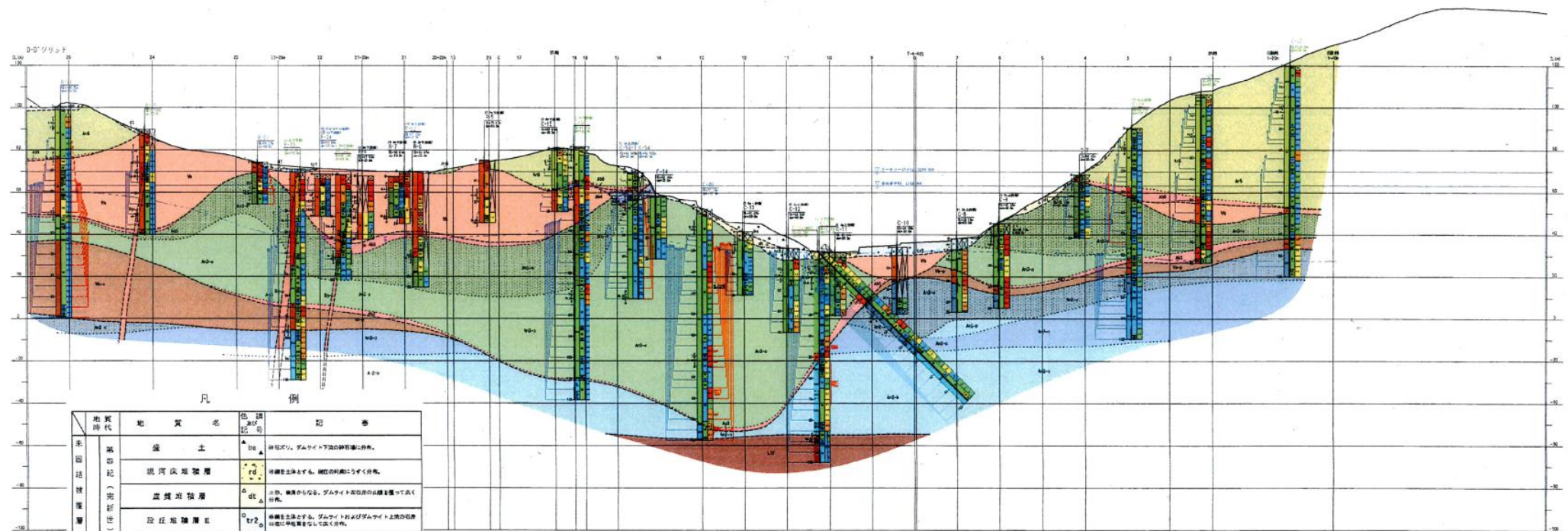
- 1) 河床部の基盤地質は、火山角礫岩 (Vb) 及び安山岩Ⅲ (An3-c、An3-v、Ab3) が主体をなし、安山岩Ⅲの浸食部 (谷地形) を火山角礫岩 (Vb) が埋積した分布となっている。
- 2) 河床部の地下深部には、軽石火山角礫岩 (Vb-p) 及び安山岩Ⅱ (An2-c、An2-b、An2-v) が分布する。特に安山岩Ⅱについては、8 グリッド付近から左岸側に向けて急斜面をなす。
- 3) 現河道の左右岸両脇には、層厚約 6m の段丘堆積層 (tr2) が分布する。また、現河道には現河床堆積層 (rd) が層厚約 2. 5m で分布する。

【左岸側】(11～16 グリッド付近)

- 1) 山裾～中腹部では、安山岩Ⅳ (An4) が主体をなし、高標高部には安山岩Ⅴ (An5) が薄く分布する。両者の境界部には、部分的に自破碎部 (Ab4・Ab5) が分布する。安山岩Ⅳは 13-14 グリッド付近で約 40m の層厚となっている。
- 2) 河床レベルよりも深部には安山岩Ⅲ (An3-v、An3-c) が分布し、その下位に安山岩Ⅱ角礫状部 (An2-b) および火山礫凝灰岩 (Ltf) が分布する。
- 3) 左岸側山腹の表層には盛土 (ba) が分布しており、11-12 グリッド間で最大層厚は約 8m である。

【左岸鞍部】（16 グリッド付近～左岸側一帯）

- 1) 基盤地質としては、火山角礫岩（Vb）が表層の広範囲を覆っている。
その厚さはD'グリッド沿い断面で概ね 30～40m であるが、22 グリッド～23 グリッド間で下位の An3-v が尾根を形成するため、その厚さが 5m 程度と薄くなる。Vb と An3-v との境界には、一部で An3 自破碎部（Ab3）の分布を確認している。
- 2) 左岸側鞍部のダム軸より下流側では、盛土（ba）や崖錐堆積層（dt）が厚さ 3～5m 程度で分布する。また、一部ではあるが段丘堆積層（tr1）も確認される。段丘堆積層（tr1）は、河床部の段丘堆積層（tr2）とは異なり、混入礫の風化が進んでおり、周辺を充填する基質部も粘土質である。



凡 例

地質時代	地質名	色 調 記号	説 明
第四紀 (近代)	堆 土	bl	砂質シルト、シルト下位の砂質層に分布。
	河川堆積層	rd	河川を土堆とする。礫石の砂質層に分布。
	礫石堆積層	dl	土砂、礫石からなる。シルト下位の砂質層を覆って広く分布。
	礫石堆積層 II	tr2	礫石を主とする。シルト下位の砂質層を覆って広く分布。
	礫石堆積層 I	tr1	礫石を主とする。礫石の砂質層を覆って広く分布。
第三紀 (新第三紀)	(黒色安山岩)	An5	黒色の砂、礫石、角閃石、石英を主とする。礫石の砂質層に分布。
	(同白磁状安山岩)	Ab5	白色を帯びる白磁状砂。
	(黒色安山岩)	Dy	シルト下位の砂質層に分布。火山角閃岩の多量な分布。
	(同白磁状安山岩)	An4	白色を帯びる白磁状砂。
	(黒色安山岩)	An4	黒色の砂、礫石、角閃石、石英を主とする。礫石の砂質層に分布。
	(同白磁状安山岩)	Ab4	白色を帯びる白磁状砂。
	火山角閃岩	Vd	多量な黒色と白色の多量な分布。火山角閃岩を主とする。
	(同白磁状安山岩)	Ab3	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An3	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An3	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An3	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An3	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An3	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An3	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An3	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An3	白色を帯びる白磁状砂。
第三紀 (古第三紀)	火山角閃岩	Vd	多量な黒色と白色の多量な分布。火山角閃岩を主とする。
	(同白磁状安山岩)	Ab2	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An2	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An2	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An2	白色を帯びる白磁状砂。
第三紀 (新第三紀)	火山角閃岩	Vd	多量な黒色と白色の多量な分布。火山角閃岩を主とする。
	(同白磁状安山岩)	Ab1	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An1	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An1	白色を帯びる白磁状砂。
	(同白磁状安山岩)	An1	白色を帯びる白磁状砂。

※ 地質時代、地質名は1/5万地形図より引用

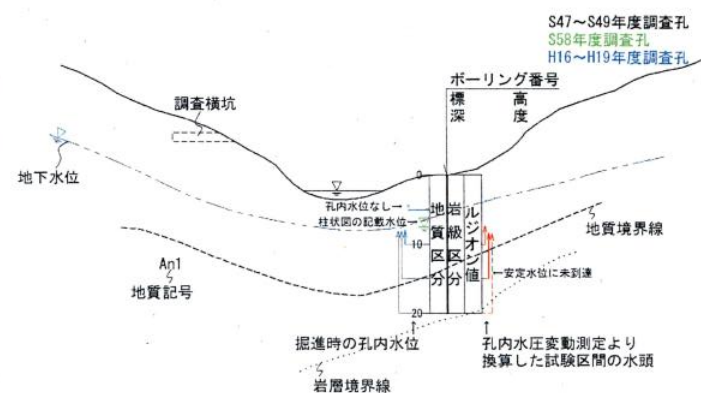


図-2.2.3 ダム軸地質断面図

既往検討時の
地質層序

見直し後の 地質層序

記事

鏡下観察での特徴

対比される標準的なコア写真

	An5	An5	○安山岩 V (An5) ・白灰～灰～赤紫色を呈す。少量の珪晶を含む安山岩溶岩。 ・本体は流理の発達する板状岩である。 ・上部には、変質による珪化帯あり。 ・下部には自破砕部が分布する(上部は未確認)。
An5	Ab5	Ab4	○安山岩 IV (An4) ・白灰～灰～赤紫色を呈す。少量の珪晶を含む安山岩溶岩。 ・本体は流理の発達が顕著で線状の模様が見られる。 ・本体の上下部には自破砕部が分布する。
Ab5	Ab4	Vb	○火山角礫岩 (Vb) ・灰黒色～赤褐色の安山岩角礫と黄褐色の基質部よりなる火山角礫岩である。 ・角礫は、ガラス質、多孔質の緻密な安山岩よりなり、直径1～30cmに達する。 ・基質部は、粗粒火山灰を主とし、固結している。
Ab3	Ab3	An3多孔質部 (An3-v)	○安山岩 III (An3) ・淡灰～灰～暗灰色を呈す下部に安山岩溶岩。 ・下部に緻密な安山岩 (An3-c) が分布し、上部に発泡した多孔質部 (An3-v) が分布する。 ・流理が発達し、板状となる箇所と塊状部が分布する。 ・下部には、薄く自破砕部を含む (Ab3) を含む。
An4		An3	○軽石火山角礫岩 (Vb-p) ・暗灰色の角礫と黄褐色の基質部よりなる。 ・角礫は、ガラス質、多孔質および緻密な安山岩よりなり、径1～50cmに達する。 ・基質部は、極細粒火山灰、粗粒火山灰および軽石よりなる。 ・基質部は固結している。
Ab3	Ab3	Vb-p	○安山岩 II (An2) ・一部水中堆積により破砕した灰黒色を呈す無斑晶質安山岩溶岩。 ・最下部は、角礫状安山岩 (An2-b) で、黄褐～淡褐色の自破砕状粉体化が著しい。 ・角礫状安山岩 (An2-b) の上位には、ガラス質緻密部 (An2-c) が分布し、最上位に発泡した多孔質部 (An2-v) が分布する。 ・割れ目沿いに変質が進んでいる。
Pvb	Vb-p	An2多孔質部 (An2-v)	○火山角礫凝灰岩 (Ltf) ・淡灰色を呈す火山角礫凝灰岩。 ・非常によく固まっている。
An2-v	An2多孔質部 (An2-v)	An2緻密部 (An2-c)	○安山岩 I (An1) ・塊状の無斑晶質安山岩。 ・最下部にガラス質緻密な安山岩 (An1-c) が分布し、上部に発泡した多孔質部 (An1-v) が分布する。 ・割れ目沿いに変質が進んでいる。
An2-c	An2緻密部 (An2-c)	An2角礫状部 (An2-b)	
Ab2	Vb		
An2-b	An2角礫状部 (An2-b)	Ltf	
Ltf	Ltf	An1多孔質部 (An1-v)	
An1-v	An1多孔質部 (An1-v)	An1緻密部 (An1-c)	
An1-c	An1緻密部 (An1-c)		

岩石名称	斑 晶	石 基
含角閃石角輝石 安山岩	オパサイト化角 閃石、単斜輝石、 斜方輝石、斜長石	インターグラニ ュラー組織(斜長 石、磁鉄鉱、單 斜輝石)
含カンラン石 単斜輝石安山岩	斜長石、單斜 輝石、カンラン 石仮像、少量の オパサイト化角 閃石	きわめて細粒で 不均等、マグマ 混合と急冷の効 果
閃輝石安山岩	単斜輝石、斜方 輝石、斜長石 少量のオパサイ ト化角閃石、 カンラン石仮像	インターグラニ ュラー組織(単斜 輝石、斜長石、 磁鉄鉱)



石木ダムサイト周辺の地質構造形成過程模式図

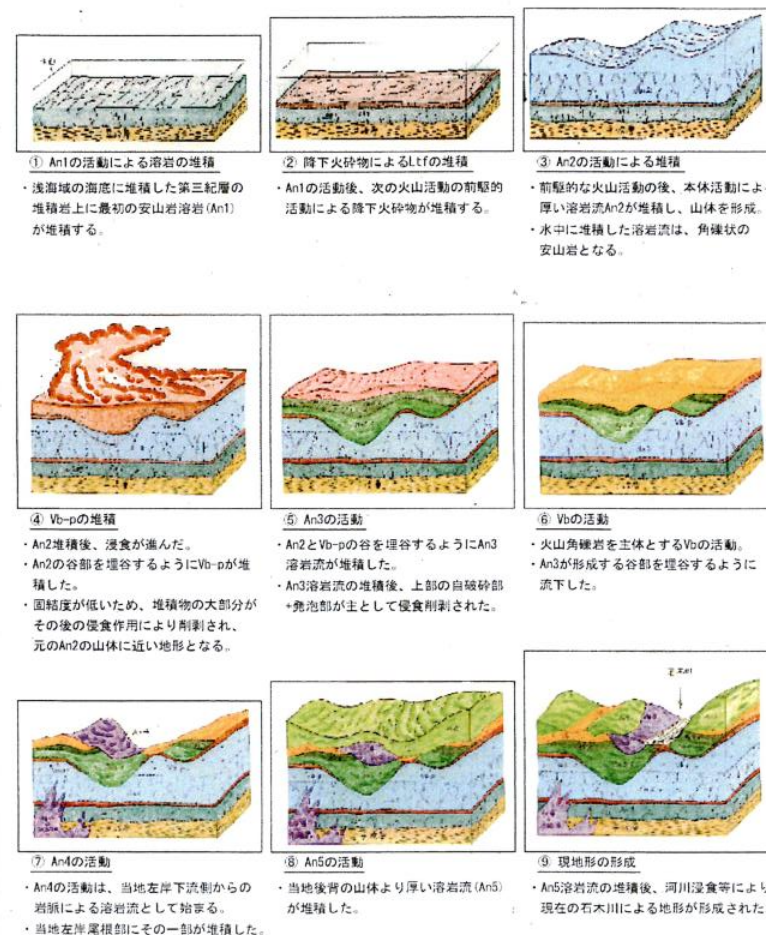


図-2.2.4 石木ダムサイトにおける地質形成史

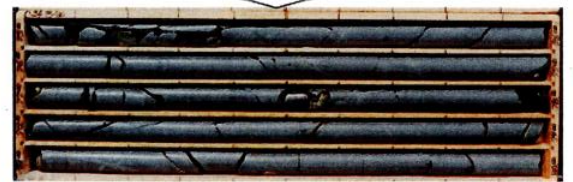
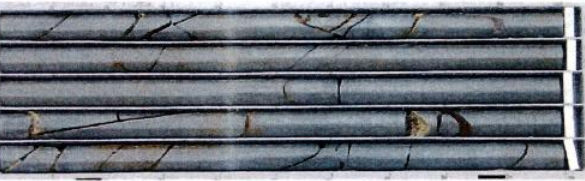
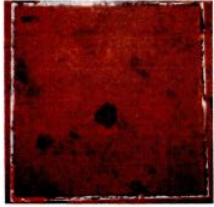
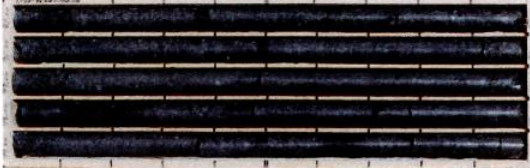
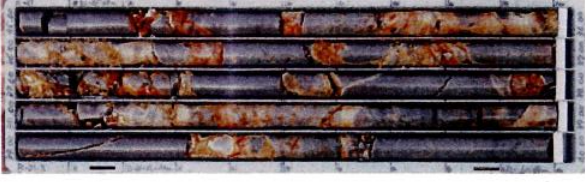
An5 R-21 孔 10～15m		An3-v C-47 孔 15 ~ 20m		An2-v An2-c C-29 孔 75～82m	
Ab5 C-34 孔 17～21m		An3-c C-34 孔 75 ~ 80m		An2-b R-19 孔 90～95m	
An4 C-40 孔 25～30m		Ab3 C-32 孔 30～ 33.3m	  河床部 T-4 横坑で確認される Ab3 (T-4+1 ブロック) ※ Ab3 中には、下位の軽石凝灰角礫岩 (Vb-p) の巻き込みと推定されるブ ロックが分布する。 ※ 33.3～33.9m 間は、軽石凝灰角礫岩 (Vb-p)。	Ltf C-33 孔 95 ~ 100m	
Vb R-21 孔 35～40m		Vb-p C-29 孔 63 ~ 69m		An1-v C-35 孔 100 ~ 104m An1-c C-35 孔 104 ~ 108m	

写真-2.2.1 各地質の代表的岩相

3. 調査項目と調査数量

本業務で実施した地質調査とその数量は、一覧として表－3.1 に示すとおりである。

表－3.1 調査数量一覧

項目	孔番	孔径(mm)	掘進方向	掘進長 (m)	掘削区分(m)				低圧ルジ オンテス ト(回)	水圧変動 測定(回)	備考														
					砂質土	礫混じり 土砂	軟岩	中硬岩																	
ボー リ ン グ 調 査	C-54	66	鉛直	57.97	0	1.05	3.02	53.9	9	9															
	C-54-1	66	鉛直	15	0	0.75	0.75	13.5	1	0															
	TB-1	88	鉛直	4	0	4	0	0	—	—															
	合計			76.97	0	5.8	3.77	67.4	10	9															
ブ ロ ッ ク サ ン	採取地点	採取方向	試料直径 (mm)	試料採取 箇所数	※ルジオンテスト1回分は補足として実施。																				
	PT-1～8	鉛直	100	8																					
ト リ ブ ル サ ン	採取地点	採取方向	試料直径 (mm)	採取延長 (m)								備考													
	TB-1-1	鉛直	88	3															直径90mmアクリルパイプ使用						
	PT-3	水平	88	2															直径90mmアクリルパイプ使用						
	合計			5																					
岩 石 室 試 験	試料地点	密度試験	含水比試験	一軸圧縮試 験								三軸圧縮試験 (UU)	備考												
	PT-1～8	8	8	24								8(24供試体)							一軸圧縮試験の16供試体および三軸圧縮試験24供						
	TB-1-1・PT-3	0	0	0								3(9供試体)							試体は、補足として実施。						
	合計			8								8							24	11(33供試体)					
原 位 置 試 験	試験項目	数量																							
	付着試験	4																							
	簡易試験	8																							

4. 調査方法

4.1 ボーリング調査

ボーリング調査（C-54 孔）は、ダム軸沿い左岸側高標高部における地質分布、岩盤性状、透水性（特に安山岩 4（An4）下部境界付近に推定された高透水箇所の有無確認）を把握するため、図－4.1.1 に示す位置において実施した。ボーリング調査箇所の公共座標は表－4.1.1 に示すとおりである。C-54-1 孔においては、横坑で確認されている An4 および Ab4 をボーリングコアで確認するために補間した。

表－4.1.1 C-54 孔調査位置の公共座標（世界測地系）

孔番	X 座標	Y 座標	地盤高（EL.m）
C-54	9389.728	36138.111	69.651
C-54-1	9389.390	36169.257	69.645

※C-54-1 孔の地盤高は、現地において C-54 孔の地盤高との差を計測して算出した。

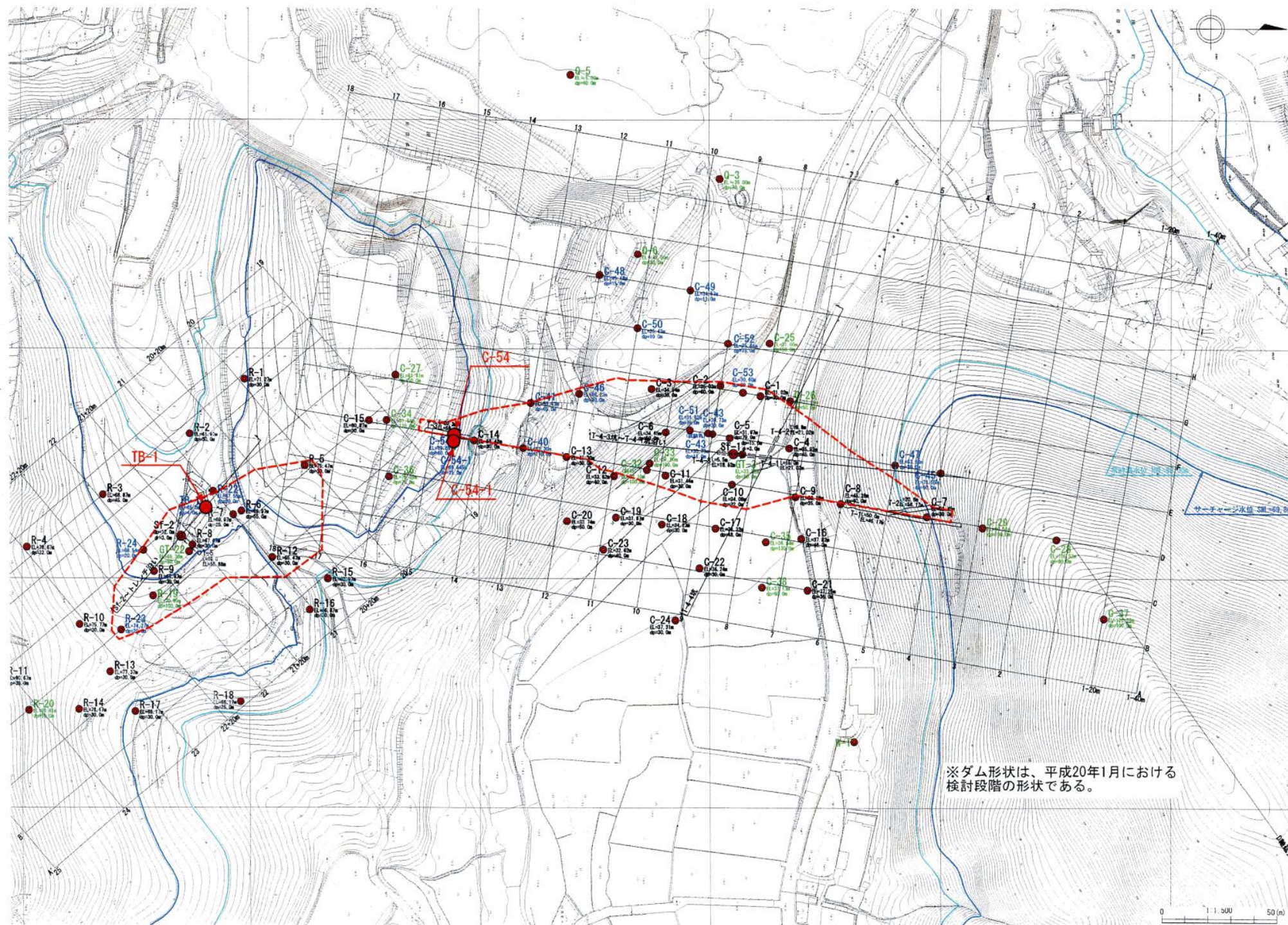


図-4.1.1 ボーリング調査位置図

ボーリング掘削にはロータリー式ボーリングマシンを用いた(図-4.1.2 参照)。

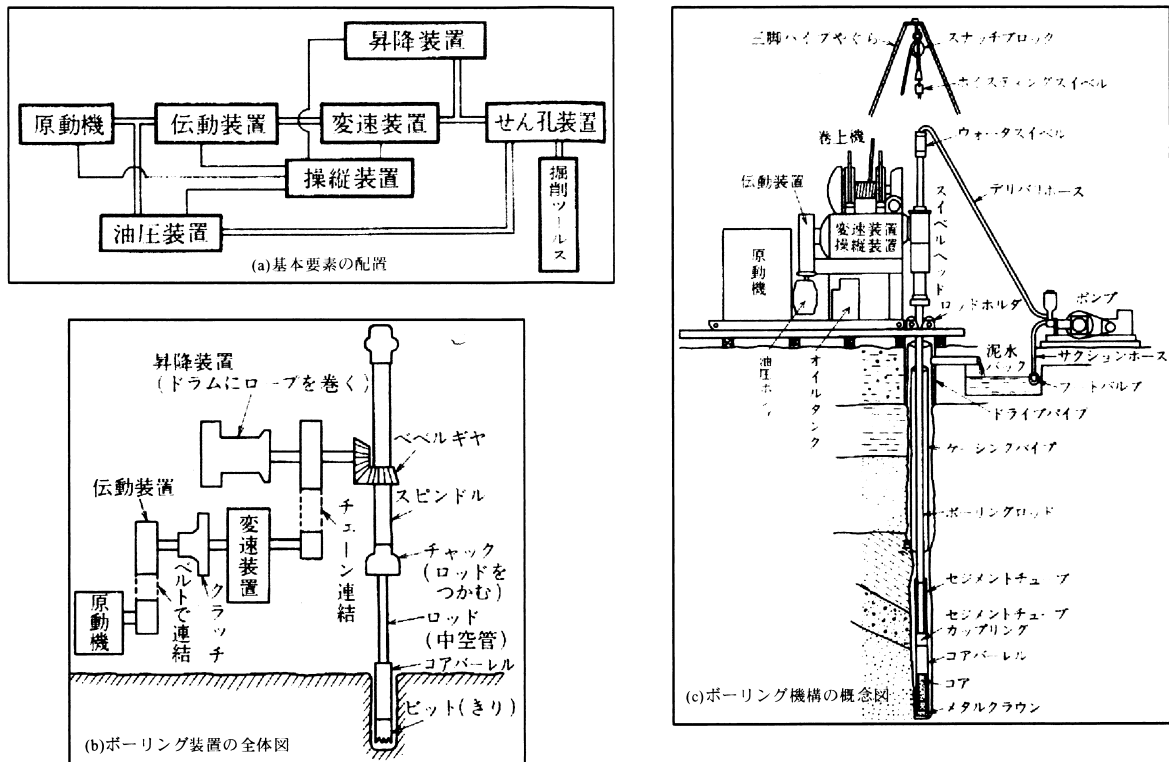


図-4.1.2 ボーリングマシンの概要

※「新版ボーリングポケットブック,第1版,第5刷,1997,2.」より引用

ボーリング掘削はいずれも孔径 66mm のオールコアボーリングとし、掘削には設計深度を十分に達成できる機械を使用した。また、表土・盛土は無水掘り、岩盤は清水掘りで掘削を行った。採取されたコアは、5m 収容のプラスチックコア箱に収めた。

また、ボーリング掘削終了時には、監督職員立会いのもとでボーリングロッド引き抜き法による検尺を実施した。

(1) 孔内水位測定

孔内水位は掘進中毎日測定し、次の日の作業前の孔内水位を前日終了深度の孔内水位とした。

(2) 掘進終了

掘削終了基準は予定深度に達した時点で、監督職員と協議の上決定した。また、掘削終了後は各孔とも地下水観測などの必要性がなかったため閉塞した。

(3) 現地調査及び柱状図の作成

ボーリングコア観察は、コア表面のマッドケーキを入念に洗い落とした上でコア写

真撮影を行った後に実施した。

コア観察結果は「国土建設情報総合センター：ボーリング柱状図作成要領(案)，解説書，昭和 61 年 11 月．」に準拠した縮尺 1：100 の柱状図様式に記載した。また、地質区分や岩級評価については「18 石木ダム第 18 号 石木ダム地質解析業務委託，平成 19 年 3 月．」で整理されている基準に準拠した(表－4.1.2 参照)。

表-4.1.2 岩級区分基準(案)

細区分基準案 (ボーリングコア)

塊 状 岩 (安山岩溶岩)			礫 質 岩 (角礫状安山岩, 自破砕状安山岩, 火山角礫岩, 火山礫凝灰岩)		
区分要素	記 号	状 況	区分要素	記 号	状 況
硬軟区分	A	極硬。ハンマーで容易に割れない。	硬軟区分	A	極硬。ハンマーで容易に割れない (火山角礫岩の一部のみが該当する)。
	B	硬。ハンマーの打撃で金属音を発する。強打で数cmの角礫状に飛び散り、流理沿いに分離する。		B	硬。数10cmの岩塊部は硬質岩と同程度の堅さを有し、基質部も硬質で礫と分離しない。一部数cm程度に変色し、やや強度の劣る部分を挟むこともある。
	C	中硬。ハンマーの打撃で鈍い音を発し、比較的容易に傘大の大きさに割れ、流理沿いは分離し易い。		C	中硬。基質部ないしは淡黄緑色に変色した箇所はハンマーの打撃で角礫状に砕ける。
	D	軟。ハンマーの軽打で分離ないしは細礫状に砕ける。		D	軟。ハンマーの軽打で分離ないしは細礫状に砕ける。自破砕部で基質部が卓越する範囲または一様に岩内部まで風化が進んだ軟質部はこれに相当する。
	E	(該当なし)		E	極軟。細粒部主体の自破砕風化部や火山角礫岩の強風化部がこれに相当し、指圧で変形する。砂状ないし、粘土状部もこれに含める。
割れ目 間隔	I	長さが30cm以上の棒状コア。	割れ目 間隔	I	長さが30cm以上の棒状コアないし、一部孔隙部を挟む長さが30cm以上の連続コアをなす。
	II	長さが30～15cmの棒状コア。		II	長さが30～15cmの棒状コア。性状はIと同
	III	長さが15～5cmの棒状～片状コア。		III	長さが15～5cmの棒状～片状コア。角礫部ないしは基質部の一部に起伏があるが全般的に棒状をなす。
	IV	長さが5cm以下の棒状～片状コアで、かつコアの外周の一部が認められるもの。		IV	長さが5cm以下の短棒状～コア形状を残す(片状)コアで、かつコアの外周が認められるもの。
	V	主として角礫状のもので、一部に分離しない短棒状コアも混在する。		V	主として角礫状のもので、コア形状を復元できないもの。
	VI	(該当なし)		VI	主として細礫を含む砂状のもの。
	VII	(該当なし)		VII	強風化し一部粘土化したコア、または全般的に粘土状のもの。スライムも含む。
割れ目 の状態	a	密着。あるいは分離しているが、割れ目沿いの風化は認められない。一部に弱い変質は存在する。	割れ目 の状態	a	密着している。あるいは分離しているが、割れ目沿いの風化・変質は認められない。変質部は存在するが強度劣化はない。
	b	割れ目面に黄褐色の風化は認められるが、コアの縁辺部までは達していない(淡黄色の変色部は存在する)。		b	岩塊部は硬質岩と同。基質部はやや軟質化する箇所もあるが、褐色風化は弱い。
	c	割れ目に沿い一様な風化(変質)が認められる。または見かけ上開口気味であり、割れ目に流入粘土を挟む。		c	塊状岩塊部は硬質岩と同。変色した孔隙部沿いに分離ないしは細礫状化。または粘土を付着ないしは挟む。
	d	割れ目として認識できない角礫状、砂状、粘土状コア。		d	割れ目として認識できない角礫状、砂状、粘土状コア。

細区分基準案 (調査横坑)

塊 状 岩 (安山岩溶岩)			礫 質 岩 (角礫状安山岩, 自破砕状安山岩, 火山角礫岩, 火山礫凝灰岩)		
区分要素	記 号	状 況	区分要素	記 号	状 況
硬軟区分	A	極硬。ハンマーで容易に割れない。角部はハンマーの打撃で数cmのチップ状に飛散する。	A	(該当なし)	
	B	硬。面はハンマーの打撃で金属音を発する。角部はハンマーの強打で数cmの角礫状から小岩塊状に砕ける。流理が発達した岩塊は、流理沿いに分離する。	B	硬。数10cmの岩塊部は硬質岩と同程度の堅さを有し、ハンマーの打撃で岩塊部は砕けるが、基質部と岩塊部とは分離しにくい。一部数cm程度に変色し、やや強度の劣る部分を挟むこともある。	
	C	中硬。ハンマーの打撃で鈍い音を発し、比較的容易に傘大の大きさに割れ、流理や割れ目の発達した箇所は分離し易い。	C	中硬。岩塊部の一部や淡黄緑色に変色した箇所はハンマーの打撃で角礫状に砕ける。基質部はハンマーの打撃で先端部が数mmの打撃痕が残る。	
	D	(該当なし)	D	軟。ハンマーの先端打撃で分離ないしは細礫状に砕ける。自破砕部の基質には一部に軟質部を深く挟むこともある。一様に岩内部まで風化が進んだ軟質部もこれに相当する。	
	E	(該当なし)	E	極軟。細粒部主体の自破砕風化部や火山角礫岩の強風化部がこれに相当し、指圧で変形する。	
割れ目 間隔	I	割れ目間隔は概ね30cm以上で、微細な割れ目の発達とはほとんど認められないかあっても不連続。	I	割れ目はほとんど存在しない。ないしは30cm以上の間隔でまれに分布する。	
	II	割れ目間隔は30～15cmで、ほぼ一様に割れ目が発達する。一部に30cm以上の間隔箇所を挟むこともある。	II	割れ目間隔は30～15cmであるが、直線的な連続性はない。	
	III	割れ目間隔は15～5cm、30～15cm間隔の箇所をも混在する。	III	割れ目間隔は15～5cmを代表とし、15cm以上の割れ目間隔箇所をも混在する。連続性はない。	
	IV	割れ目間隔は5cm以下。全体に連続性に欠ける割れ目が密集する。	IV	割れ目間隔は5cm以下で、比較的に分布する。連続性はほとんどない。	
割れ目 の状態	a	密着。あるいは表面のみ開口状を示すが、割れ目沿いの風化は認められない。一部に弱い変質は存在する。	a	密着。表面のみ開口状を示すが、割れ目沿いの風化・変質は認められない。変質部は存在するが強度劣化はない。	
	b	割れ目面に黄褐色の風化は認められるが、割れ目全周には発達していない(淡黄色の変色部は存在する)。	b	岩塊部は硬質岩と同。基質部はやや軟質化する箇所もあるが、褐色風化は弱い。	
	c	割れ目に沿い一様な風化(変質)が認められる。または見かけ上開口気味であり、割れ目に薄い粘土分を挟むこともある。	c	岩塊部は塊状岩と同。変色した孔隙部沿いに分離ないしは細礫状化。または粘土を付着ないしは挟む。	
	d	割れ目は数mm以上開口し、流入粘土を共有することもある。	d	(該当なし)	

細区分組み合わせ

塊状岩（安山岩溶岩）						礫質岩（角礫状安山岩、自破砕状溶岩、火山角礫岩、火山礫凝灰岩）					
硬軟区分	割れ目 間隔	割れ目の状態				硬軟区分	割れ目 間隔	割れ目の状態			
		a	b	c	d			a	b	c	d
A	I	CH	CH	CH	—	A	I	CH	CH	CH	—
	II	CH	CH	CH	—		II	CH	CH	CH	—
	III	CH	CH	CM	—		III	CH	CH	—	—
	IV	—	CM	CM	—		IV	—	—	—	—
B	I	CH	CH	CM	—	B	I	—	CH	CM	—
	II	—	CH	CM	CL _H		II	—	CH	CM	—
	III	CM	CM	CM	CL _H		III	CM	CM	CM	—
	IV	—	CM	CL _H	CL _H		IV	—	CM	CL _H	—
	V	—	(CM)	—	—	V	—	—	—	—	
C	I	—	—	—	—	C	I	—	CM	CM	—
	II	—	CM	CM	CL _H		II	—	CM	CM	—
	III	—	CM	CL _H	CL _H		III	CM	CM	CL _H	—
	IV	—	CL _H	CL _H	CL _H		IV	—	CL _H	CL _H	—
	V	—	CL _H	CL _H	D	V	—	—	CL _H	—	
D	I	—	—	—	—	D	I	—	CL _L ^{2,3)}	—	—
	II	—	—	—	—		II	—	CL _L	CL _L	—
	III	—	—	CL _L	—		III	—	CL _L	CL _L	CL _L
	IV	—	(CL _L)	CL _L	CL _L		IV	—	—	CL _L	—
	V	—	—	—	D		V	—	—	CL _L	D
	VI	—	—	—	—		VI	—	—	—	D
	VII	—	—	—	—	VII	—	—	—	D	
E	V～VII	—	—	—	—	E	V～VII	—	—	—	D

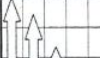
注1 D I b (礫質岩)は、河床部横坑(T-4)で認められ、硬さCと硬さDの中間に位置づけられる硬さを有する。全体に締まっており、割れ目も殆ど認められないことから、CL_H級に位置づけられている。

※ CL_L級は、左岸鞍部の強風化ゾーンを特徴づける区分である。

※ の組み合わせは、調査横坑のみで確認される。

※ B・V・b(塊状岩)およびD・IV・b(塊状岩・礫質岩)は採取率の低い昭和40年代実施のボーリングコアに認められる。

コア形状イメージ

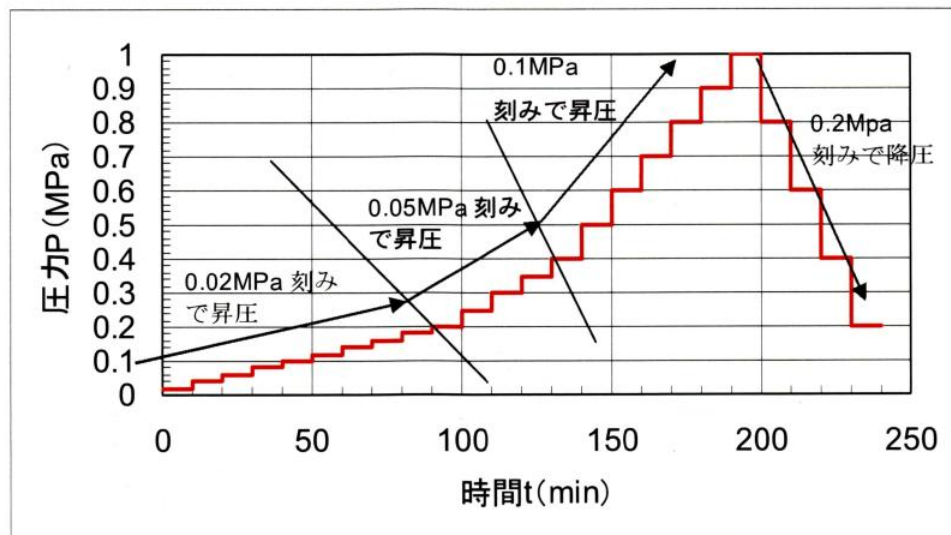
硬質岩						コア	軟質岩					
A	B	C	D	E	コア形状	形状	A	B	C	D	E	コア形状
硬軟区分範囲						I						
						II						
						III						
						IV						
						V						
						VI						
						VII						

(4) 透水試験

透水試験では、ルジオンテストを行った。また、ルジオンテスト対象区間が有する水頭を測定することを目的とした孔内水圧変動測定も合わせて行った。

1) ルジオンテスト

ルジオンテストは「国土技術研究センター：ルジオンテスト技術指針・同解説、平成18年7月」に基づき実施した。また、本業務で実施したルジオンテストは層流条件下での透水性を把握するため、低圧段階の昇圧ステップを細かく刻んだ低圧ルジオンテストとした。なお、低圧域の各昇圧は、0～0.2MPa間は0.02MPa刻み、0.2～0.4MPa間は0.05MPa刻みの各10分間計測とした（図－4.1.3参照）。

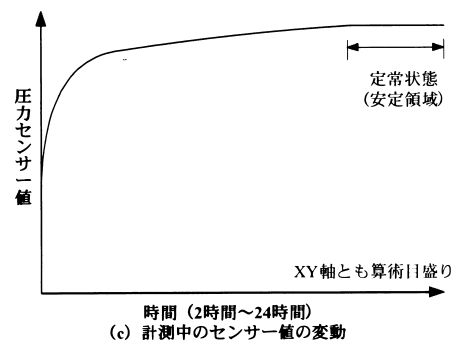
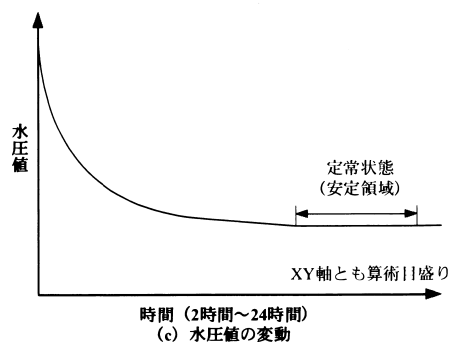
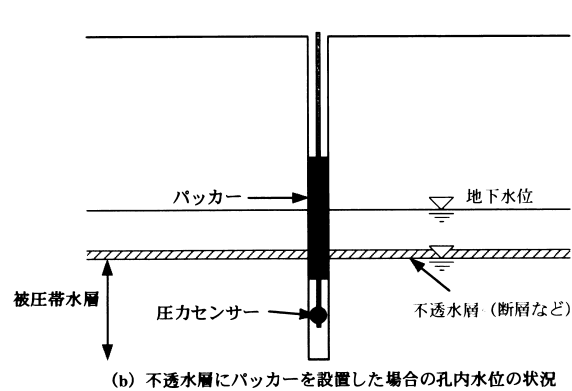
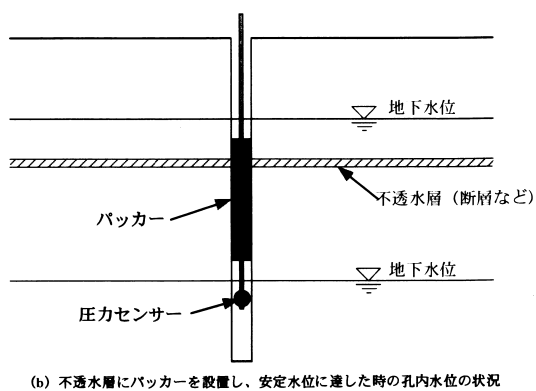
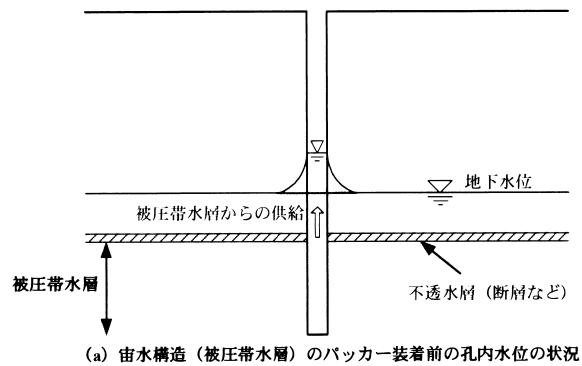
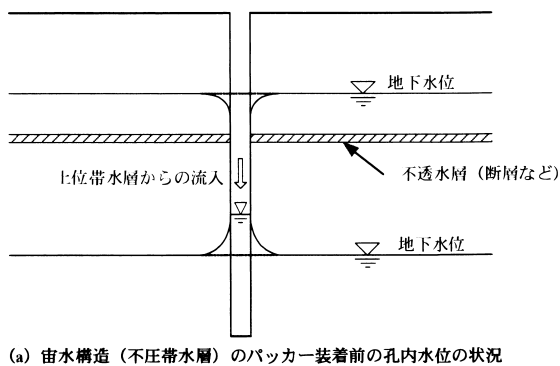


図－4.1.3 低圧ルジオンテストの昇圧パターン（1kgf/cm²=0.1MPaで換算）

2) 孔内水圧変動測定

孔内水圧変動測定は、掘進 5m 間隔で実施することを原則とした。孔内水圧変動測定は、ルジオンテスト開始前の 2 時間を原則としたが、水圧値が不安定な場合は安定するまで続行した（図－4.1.4 参照）。記録間隔は以下に示す間隔とした。

- ・ 初期圧力（パッカー装着前後）の水圧値
- ・ 1 分目までは 10 秒間隔の水圧値
- ・ 10 分目までは 1 分間隔の水圧値
- ・ 10 分目以降は 10 分間隔の水圧値



(a) 不圧帯水層の場合

(b) 被圧帯水層の場合

図－4.1.4 孔内水圧変動測定の概要

4.2 豎坑内調査

河床部の豎坑（SF-1）は、計画ダム軸の下流約 10m に地点において掘削されており、豎坑内から横坑調査（T-4-1 坑・T-4-2 坑・T-4-3 坑）が行われている（図－4.2.1 および図－4.2.2 参照）。

本業務では、横坑内の地質分布と岩級の再確認を行った他、横坑内で実施されているブロックせん断試験箇所についても地質および岩級の再確認を行った。また、地質分布や岩級区分の再確認結果は、スケッチとして取りまとめた。

なお、SF-1 坑のポンプアップならびに仮設階段設置は、別途業務で行っている。

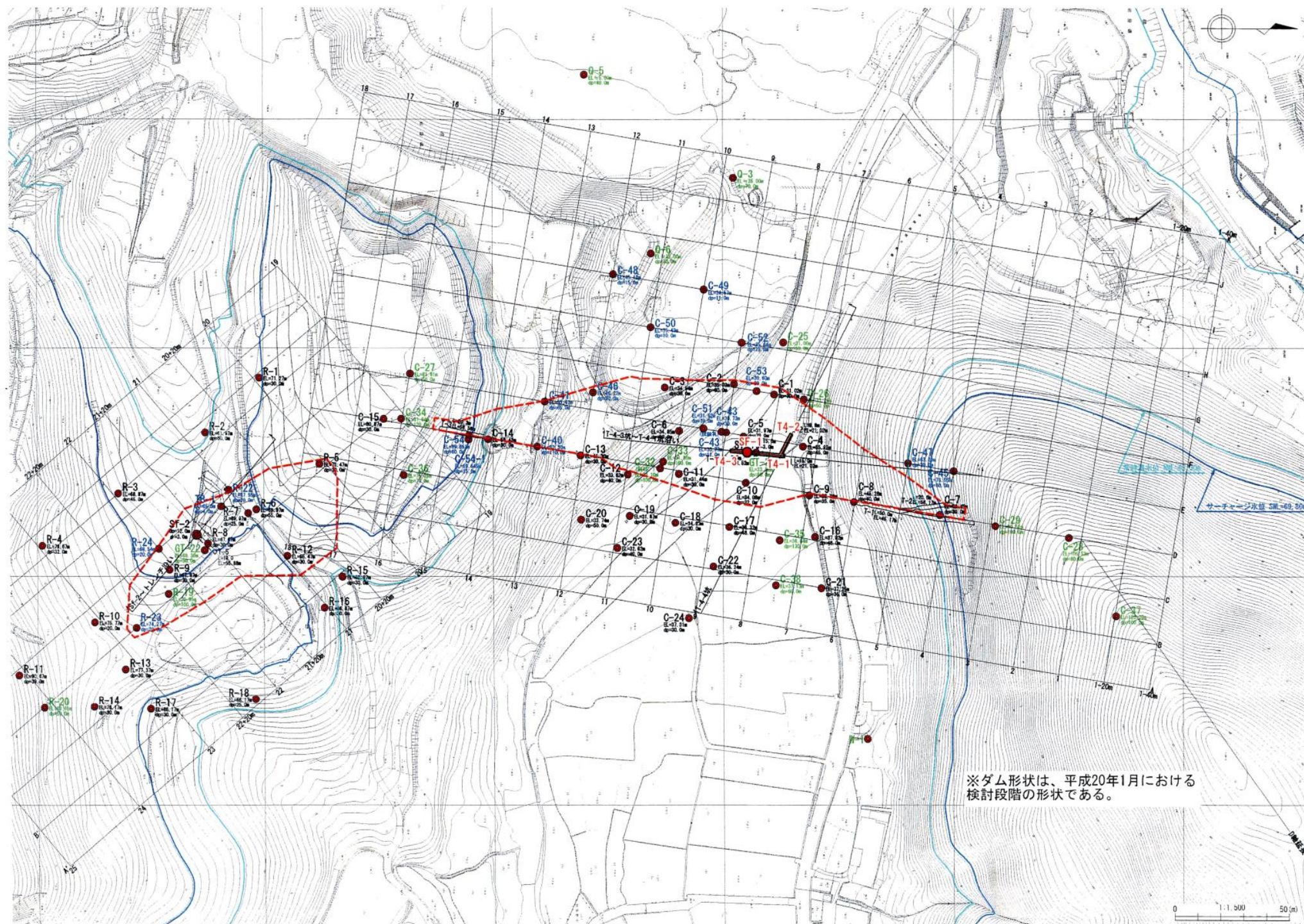
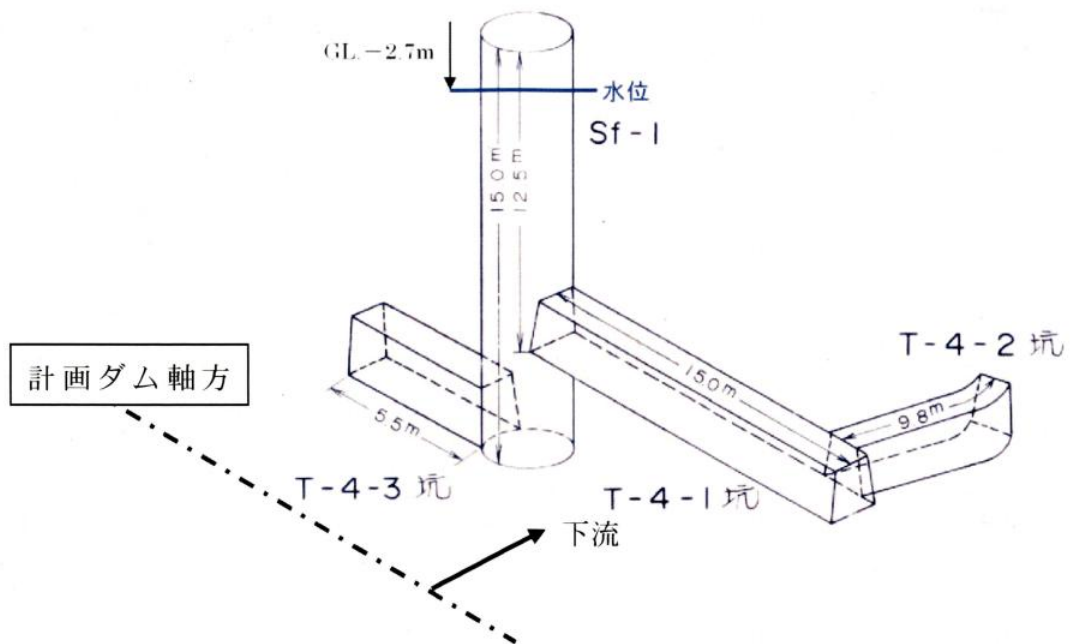


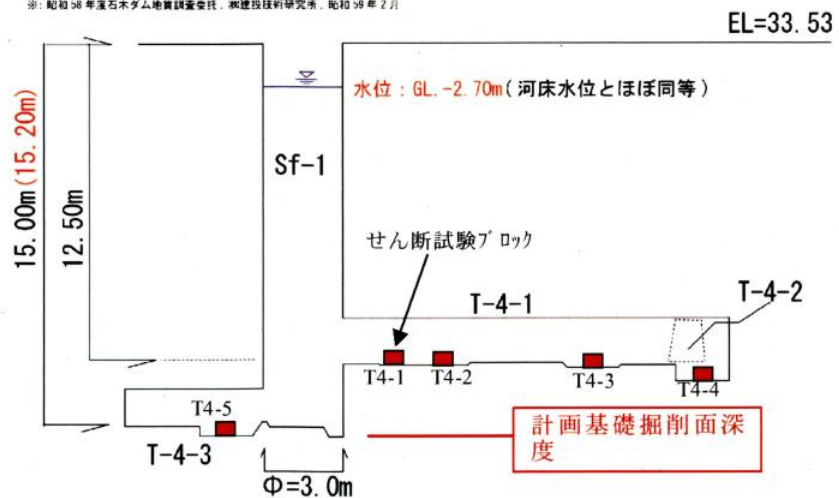
図-4.2.1 河床部縦坑 (SF-1) 位置



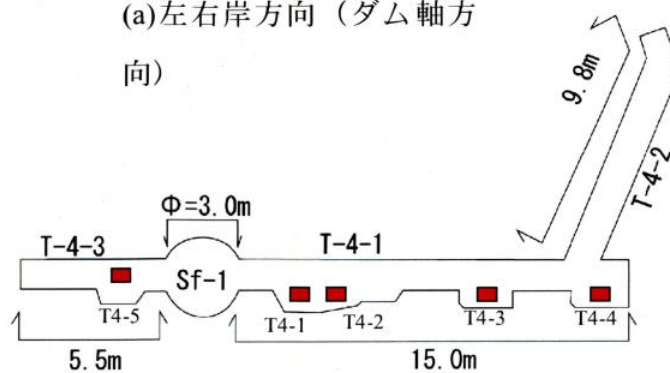
【Sf-1 概念図】 ※上流側からの断面

触針式水位計による計測により、水位は GL. -2.70m にあり、河床とほぼ同レベルの水位であることが判明した。また、孔底は GL. -15.20m であり、堆積物の沈殿も数 cm 程度と考えられる。

(黒文字寸法：昭和 59 年報告書 (※)、赤文字寸法：今回測定値)
※：昭和 58 年度石木ダム地質調査委託、建設技術研究所、昭和 58 年 2 月



(a) 左右岸方向 (ダム軸方向)



(b) 上面図

図-4.2.2 河床部縦坑および調査横坑概要図

4.3 左岸鞍部トレンチ調査

4.3.1 トレンチスケッチ

CLL 級岩盤の確認ならびにコンクリート付着試験の実施を目的としたトレンチ掘削は図-4.3.1 に示す計画ダム軸下流側において、別途業務で実施されている。

本業務では、トレンチ箇所の測量を実施し、縮尺 1:100 のスケッチを行うことで地質分布および岩級区分の詳細を明らかにした。

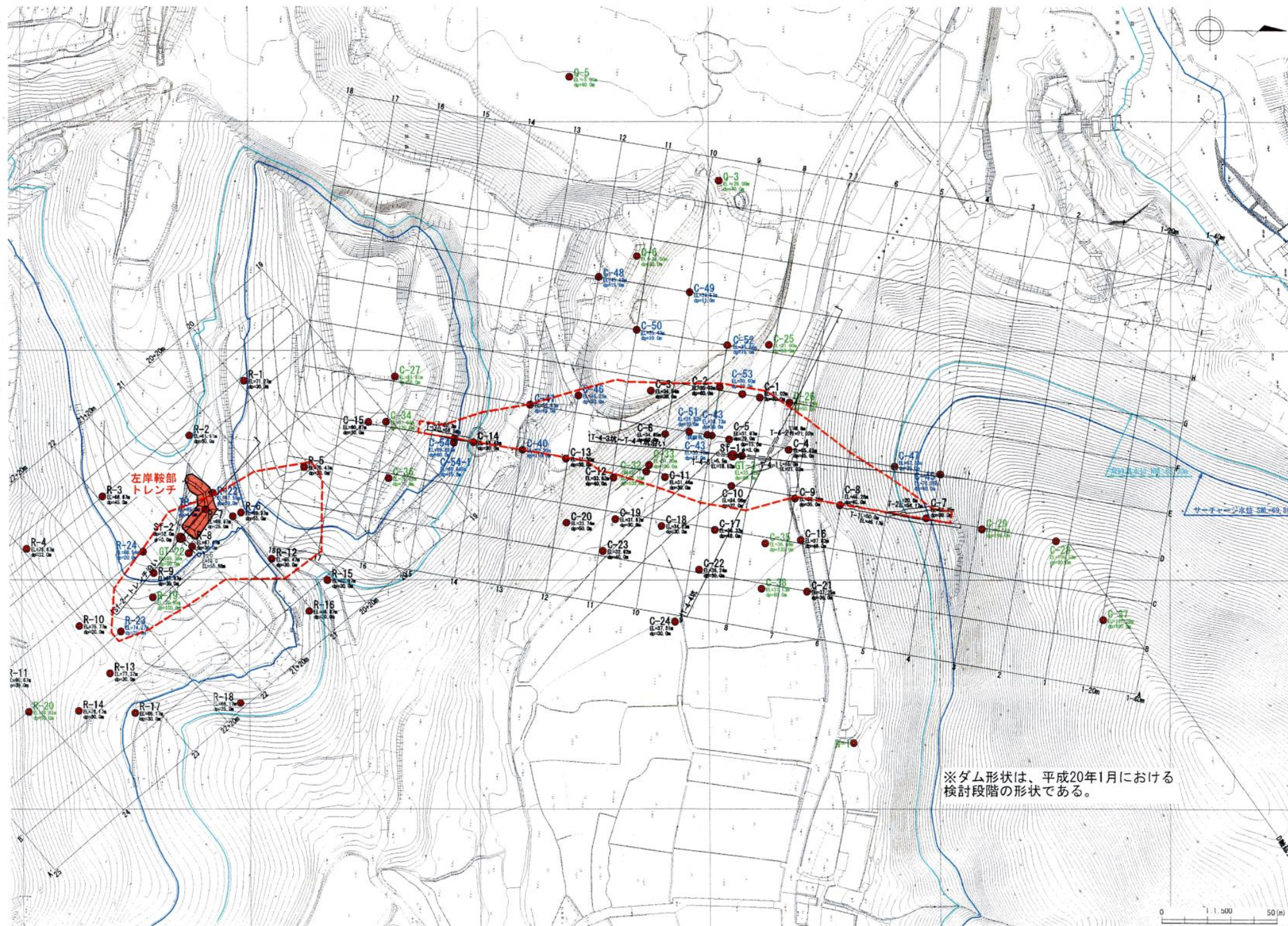
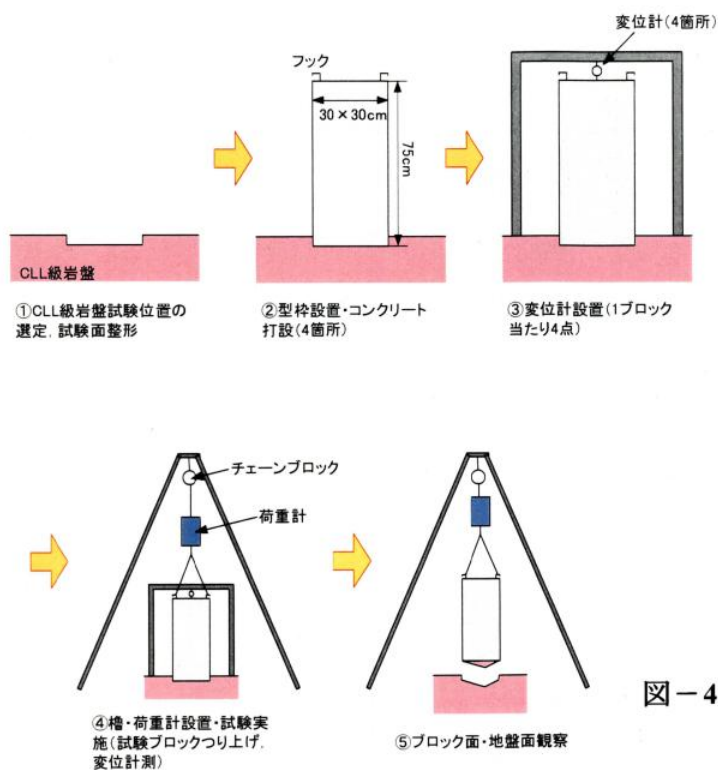


図-4.3.1 左岸鞍部トレンチ調査位置図

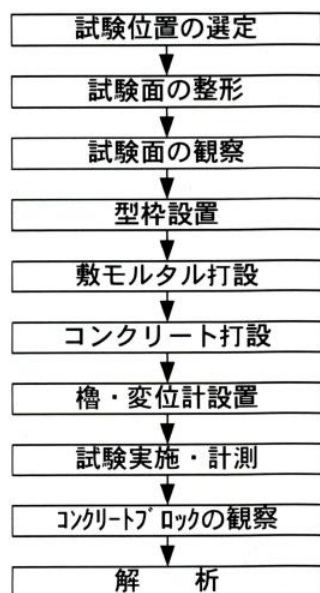
4.3.2 コンクリート付着試験

コンクリート付着試験は、トレンチ踏前（底盤）を対象に打設した長さ 30cm×幅 30cm×高さ 75cm の直方体コンクリートをチェンブロックによる段階的な荷重で引き上げるにより、打設面の岩盤付着状況を確認した。

試験位置の選定から試験実施までの作業手順は、図－4.3.2 および図－4.3.3 に示すとおりであり、試験は図－4.3.4 に示す 6 カ所で実施した。なお、コンクリート供試体の仕様は、図－4.3.5 に示したので参照されたい。



図－4.3.2 コンクリート付着試験の概要



図－4.3.3 コンクリート付着試験の手順

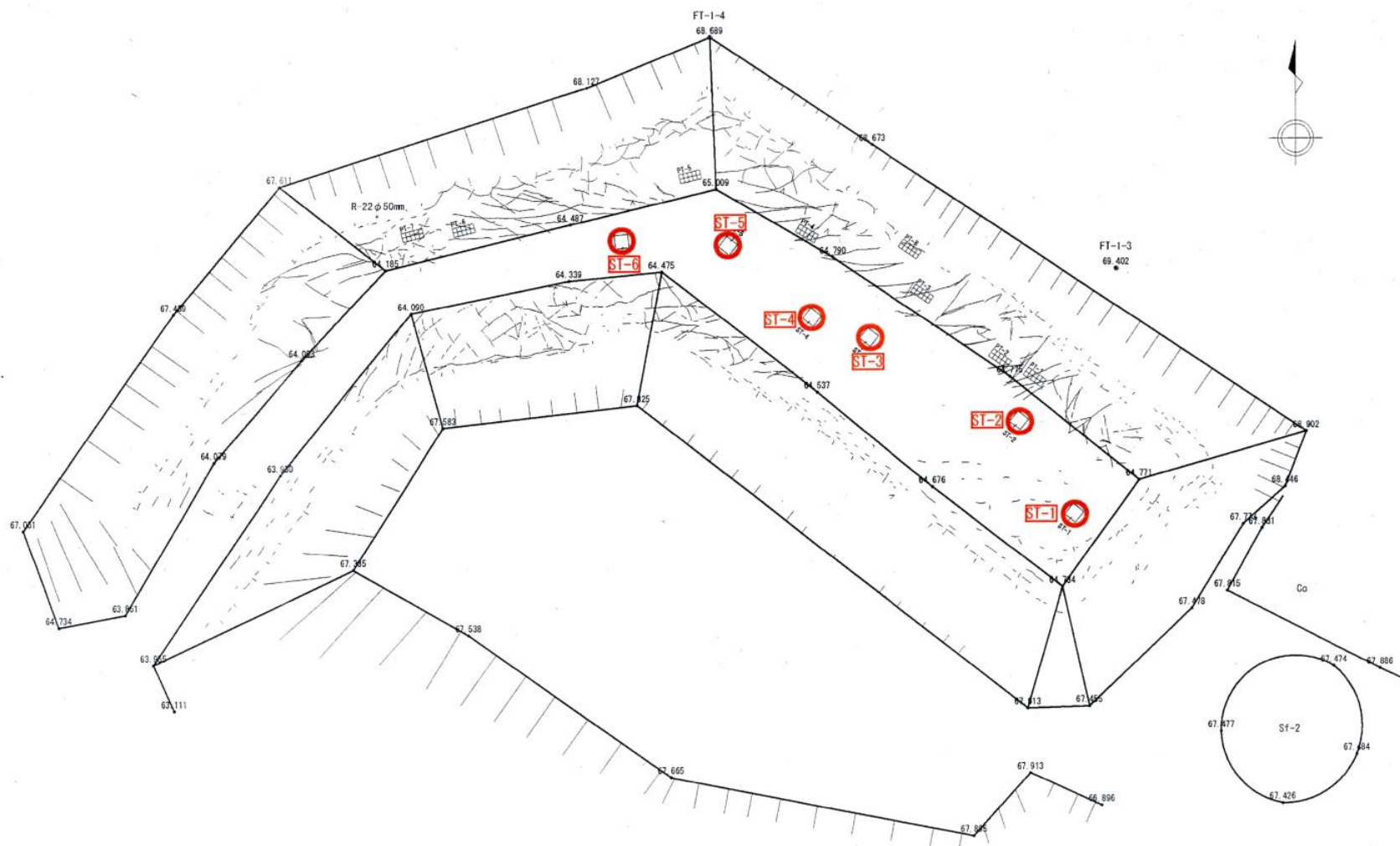
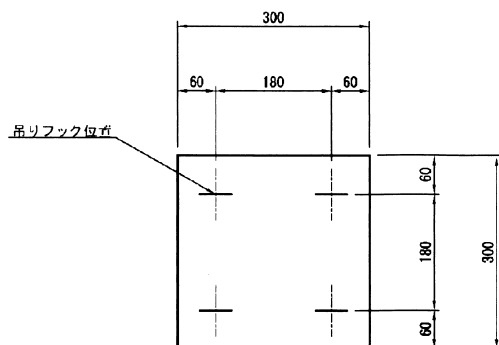


図-4.3.4 コンクリート付着試験実施位置

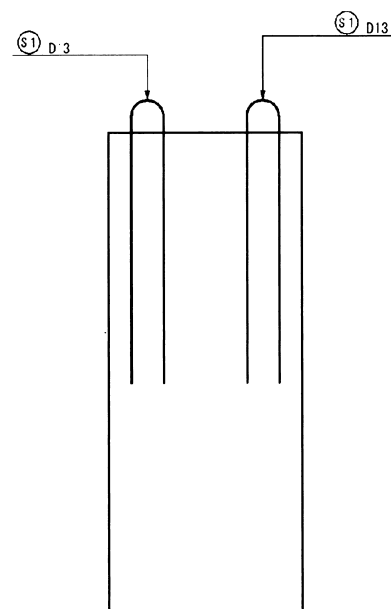
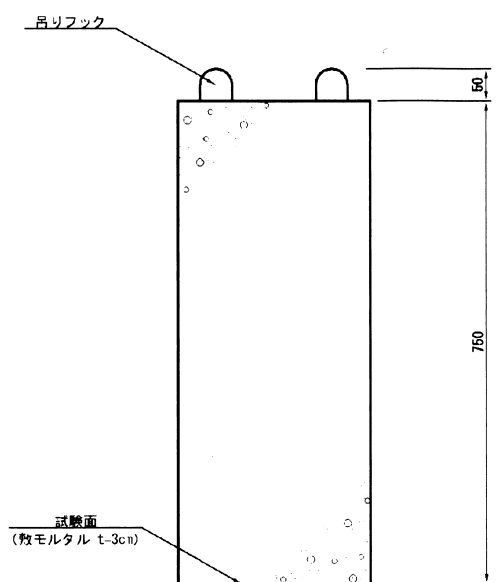
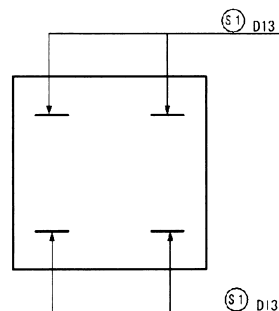
付着強度試験 試験体形状図

S=1/10

試験体形状図



試験体配筋図



鉄筋数量表

種別	径	長さ (mm)	本数	単位質量 (kg/m)	1本あたり 質量 (kg/本)	質量 (kg)
S1	D13	987	4	0.995	0.98	3.9
合 計						4

試験体数量 (1体あたり)

コンクリート : $V = 0.300 \times 0.300 \times 0.750 = 0.0675m^3$

鉄 筋 : $W = 0.004 t$ (上表参照)

型 枠 : $A = 0.300 \times 0.750 \times 4 = 0.9m^2$

敷モルタル : $V = 0.300 \times 0.300 \times 0.030 = 0.0027m^3$

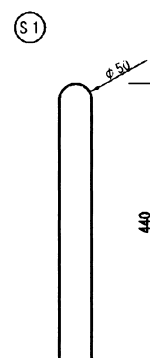
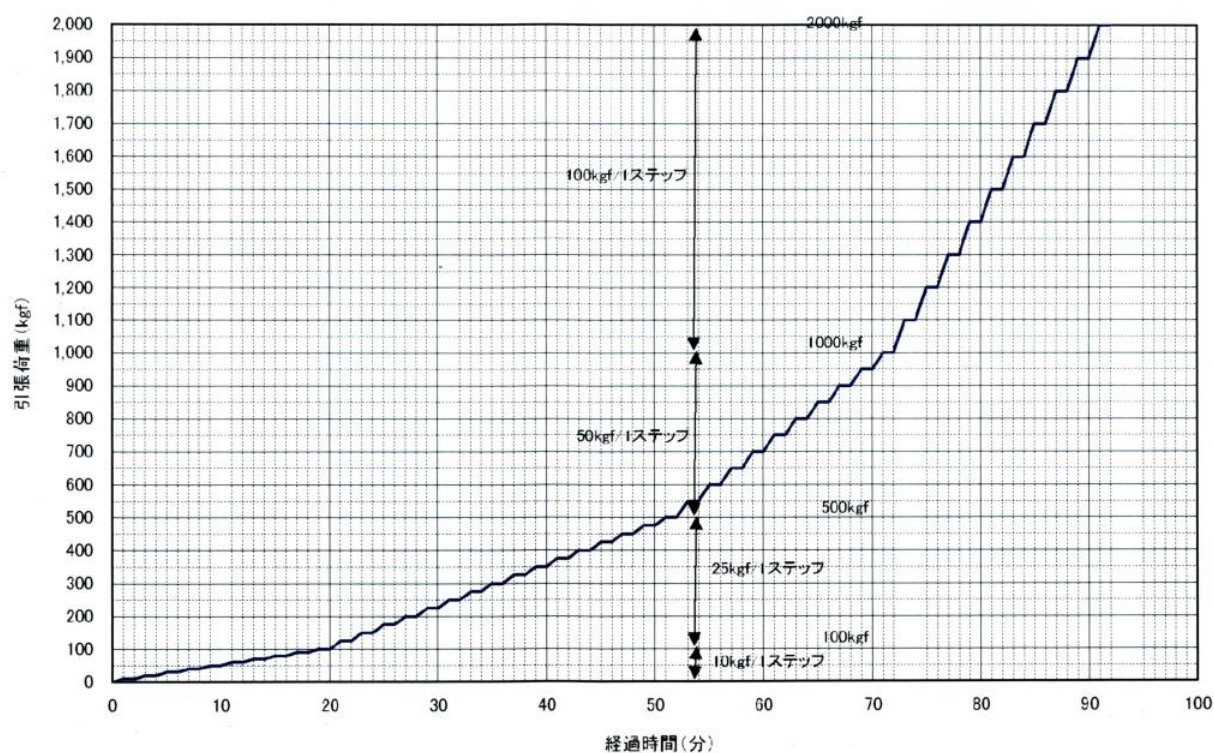


図-4.3.5 コンクリート供試体の仕様

試験の実施はコンクリート打設の 10 日後とし、図－4.3.6 に示す荷重パターンを目安とした引き上げを行った。



図－4.3.6 コンクリート付着試験の荷重パターン

引き上げ荷重の計測や、供試体頭部の 4 隅に設置した変位計測には、自記録装置を用いた。

コンクリート打設箇所は 6 カ所であり、このうち 5 カ所の打設面 (ST-2～ST-6) が CLL 級に評価され、1 カ所の打設面 (ST-1) が D 級に評価される。

コンクリート付着試験の状況は、写真－4.3.1 に示したので参照されたい。



試験面の選定



エア－洗浄



敷モルタル打設



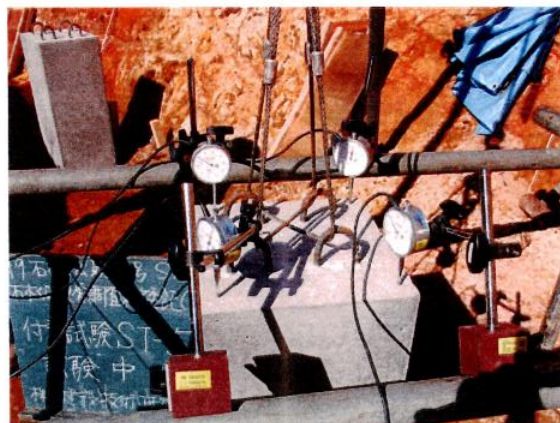
生コン打設



養生



データロガー（自記録装置）荷重・変位量



ダイヤルゲージ（変位計）



試験状況



試験状況

4.3.3 原位置簡易試験

原位置簡易試験は、トレンチ側面の D 級岩盤と CLL 級岩盤の 8 カ所を対象に針貫入試験およびピック貫入試験を行った（写真－4.3.2 および図－4.3.7 参照）。



(a) 針貫入試験器



(b) ピック貫入試験器

写真－4.3.2 針及びピック貫入試験器

針及びピック貫入試験は、高さ 20cm×幅 50cm の試験対象面を平滑に整形し、2.5cm×2.5cm の領域内で両試験を各 1 回実施した。また、試験値は、各貫入荷重 (N) を貫入量 (mm) で除した貫入勾配 (N/mm) として評価した（針貫入勾配は NP(N/mm)、ピック貫入勾配は PP(N/mm)）。

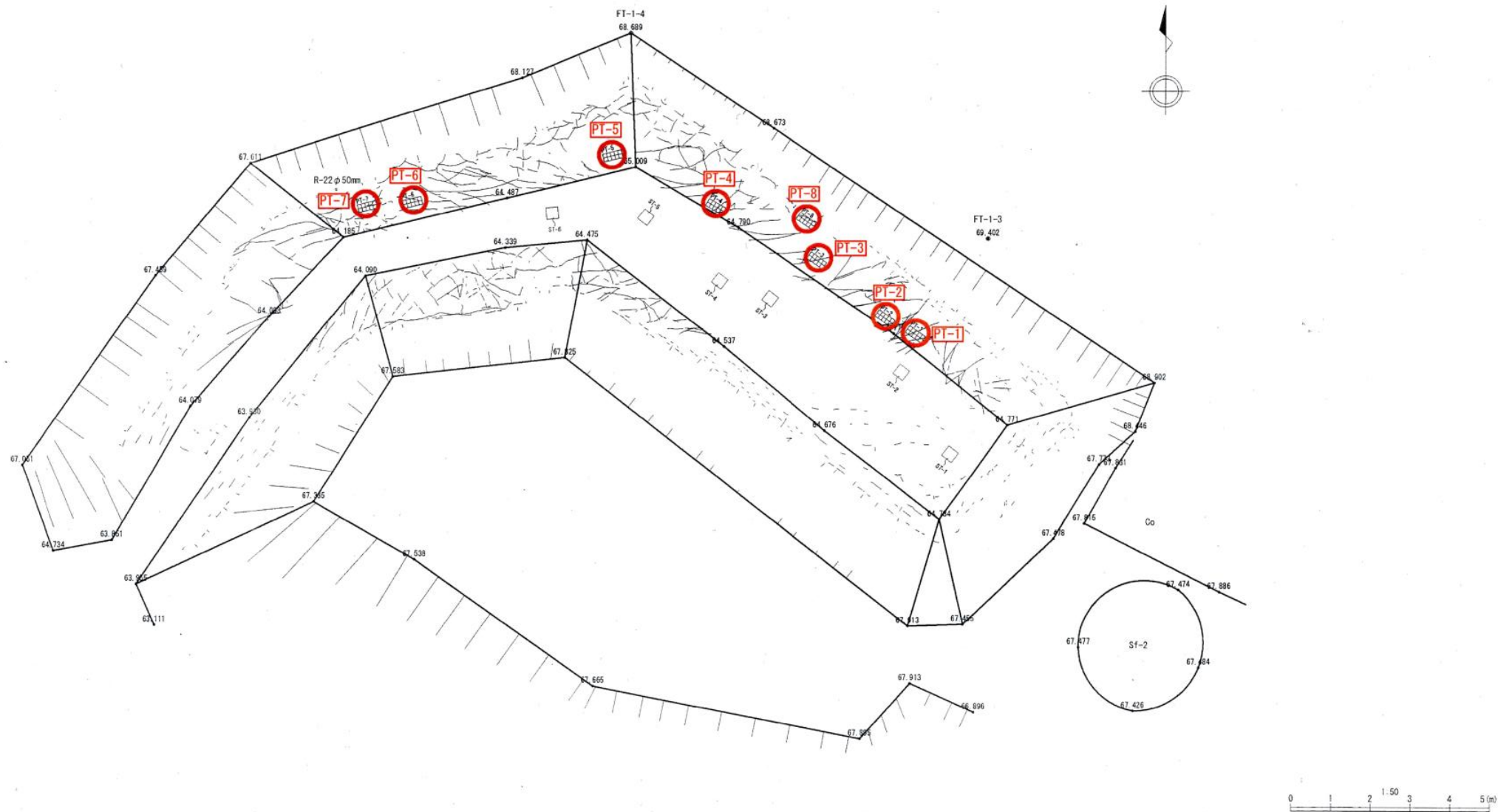
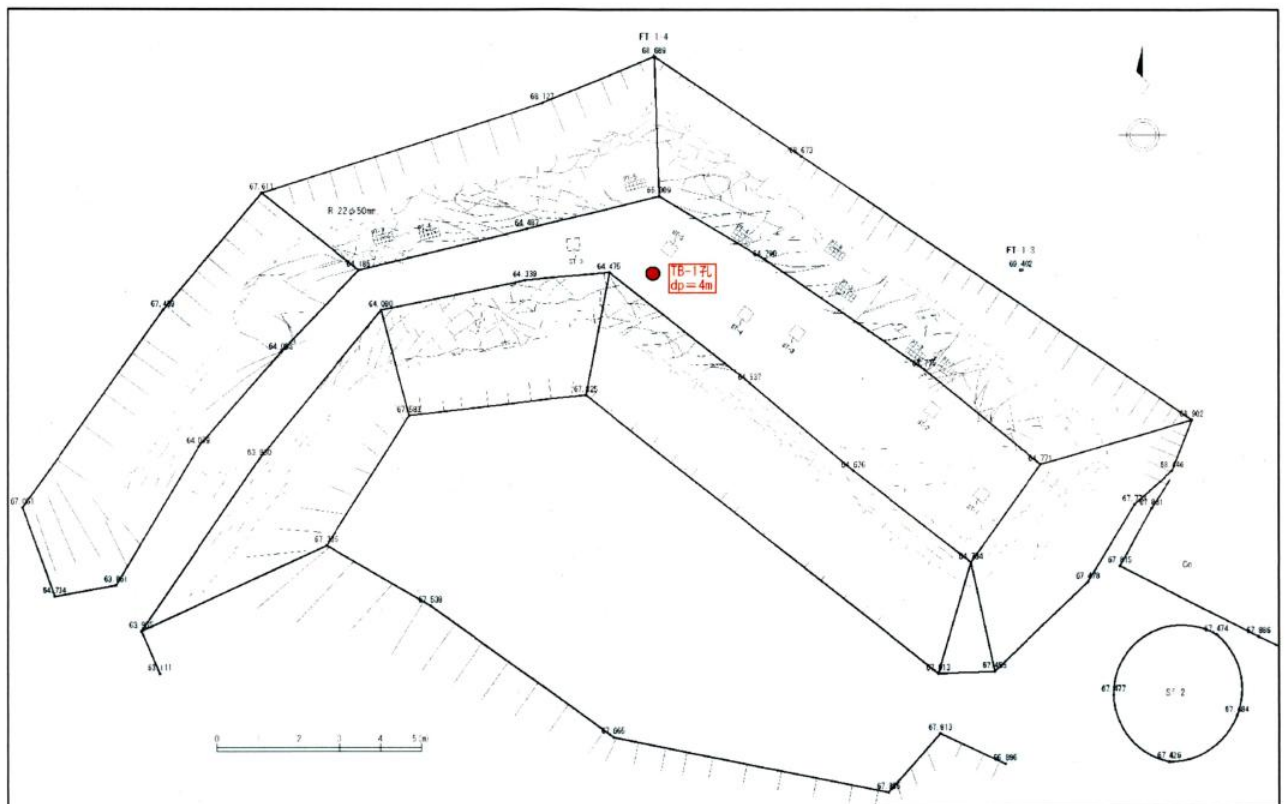


图-4.3.7 原位置簡易試驗實施位置

4.3.4 大孔径ボーリング

大孔径ボーリング（TB-1 孔）は、左岸鞍部トレンチ底盤より下部に分布する CLL 級岩盤をより地山状況に近い状態で確認し、後述するトリプルサンプラーによる乱さない試料の採取位置を検討するために行った。

調査位置は図－4.3.8 に示すとおりであり、採取コアの直径は 86mm、掘進長は 4m である。



図－4.3.8 大孔径ボーリング（TB-1 孔）調査位置

4.3.5 室内岩石試験

室内岩石試験は、左岸鞍部トレンチ内の D 級岩盤と CLL 級岩盤を対象に実施したブロックサンプリングおよびトリプルサンプラーによる乱さない試料を用い、物理性状や一軸圧縮強さを把握することを目的とした室内岩石試験（密度試験、含水比試験、一軸圧縮試験および三軸圧縮試験（UU））を行った。

乱さない試料の採取は、針及びピック貫入試験を実施した箇所を拡幅し、ブロックサンプリングにより採取した。また、追加岩石試験として、トレンチ底盤から深度 3.5m までの範囲と針・ピック貫入試験箇所の PT-3 地点を対象にトリプルコアサンプラーによる試料採取を行った。

ブロックサンプリングとトリプルサンプラーの概要は図-4.3.9 および図-4.3.10 に示すとおりであり、室内岩石試験については、表-4.3.1 に示す基準に準拠した。

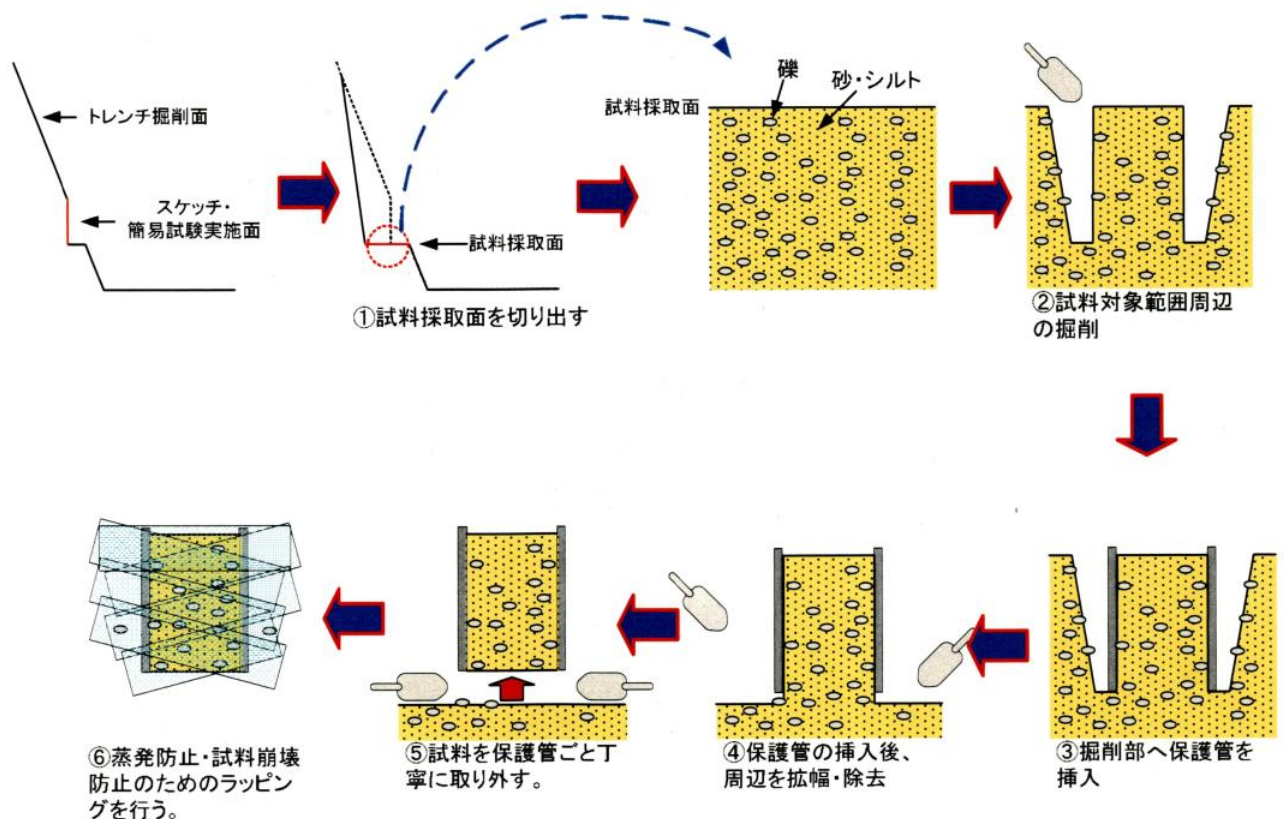


図-4.3.9 ブロックサンプリングの手順

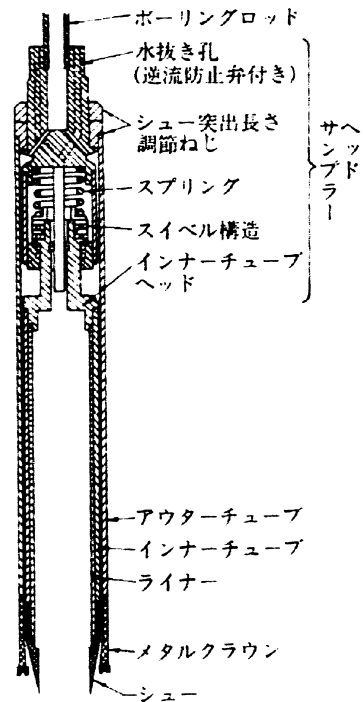


図-4.3.10 トリプルサンプラーの概要

表-4.3.1 室内岩石試験準拠基準

試験の項目	準拠基準	
	基準名	基準番号
密度試験	ノギス法 パラフィン法	JIS A-1225:2000
含水比試験	恒温乾燥炉 (110±5° C) による方法	JIS A-1203:1999
一軸圧縮試験	一軸圧縮試験	JIS A-1216:1998
三軸圧縮試験 (UU)	非圧密-非排水 (UU)	JGS 0521

5. 調査結果

5.1 ボーリング調査

ダムサイト左岸側で実施した C-54 および C-54-1 は、左岸アバット部に推定された An4 の分布ならびに An4 下面付近に推定された高透水部の有無を確認する目的で実施した。

ボーリング調査結果に基づく地質分布、岩盤状況および透水性は以下のとおりである。なお、ボーリングコア写真および柱状図は巻末資料として添付したので参照されたい。

【地質分布】

- (1) An4 は、T-3 横坑で確認されており、C-54 孔では深度 40～45m 付近まで分布することを推定していた。しかし、C-54 孔では深度 13.3m 付近に An4 下面境界と推定される自破碎部が確認され、これより深部では安山岩 3 緻密部 (An3-c) が分布する。
- (2) An3-c では、左岸側方向に高角度で傾斜する流理が認められる (図-5.1.1 参照)。
- (3) 既往検討で An4 下面と推定していた C-40 孔の深度 34.1m の白色部は、ボアホールテレビ観察の結果、左岸側に $60^{\circ} \sim 65^{\circ}$ で傾斜する節理 (二次的に生成された白色鉱物が充填) であることが判明した (写真-5.1.1 参照)。
- (4) 以上より、計画ダム軸 (D-D') においては、An4 は左岸アバット高標高部の狭い範囲での分布と推定される。

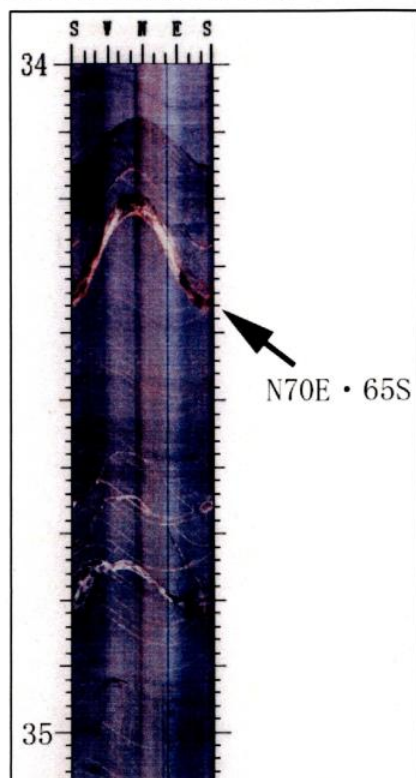


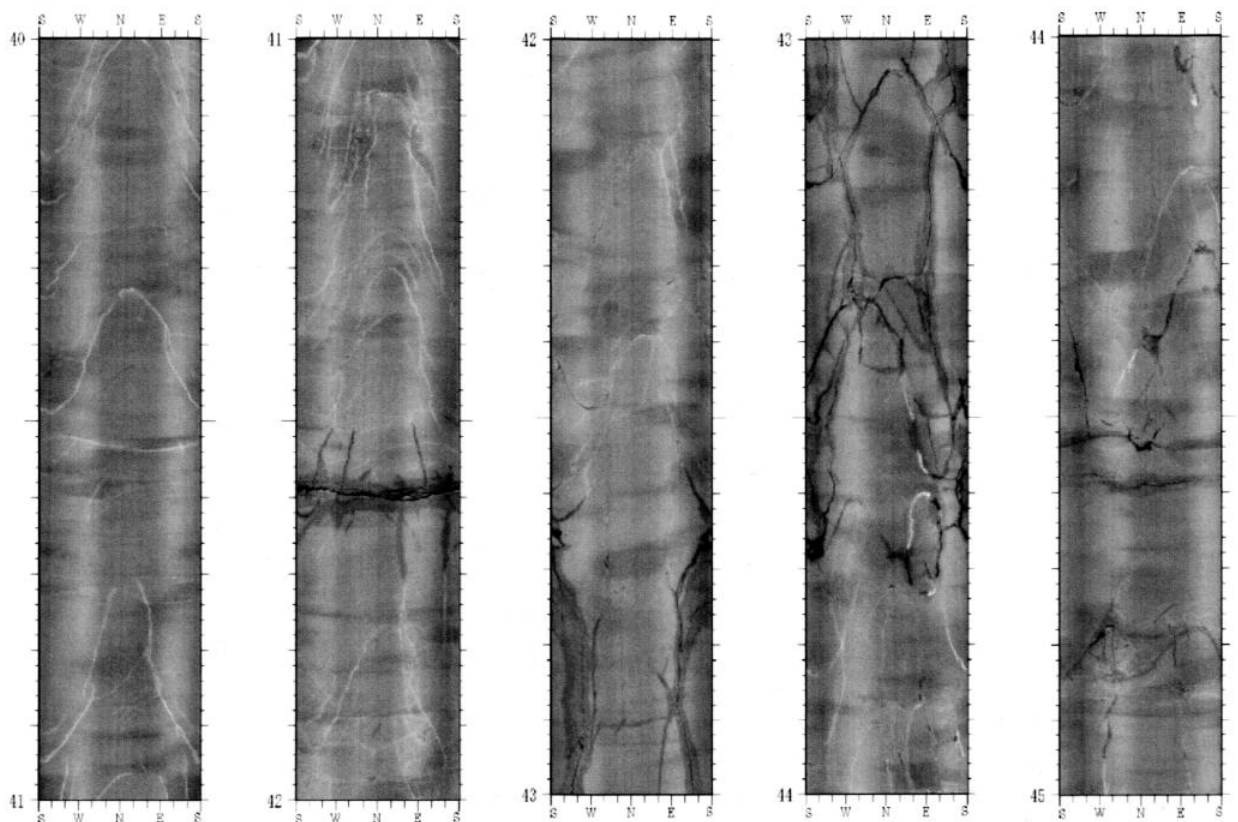
写真-5.1.1 C-40 孔に推定した An4 下部境界ボアホールテレビ展開画像

【岩盤状況】

- (1) 岩盤状況は、当初推定どおり、浅部から CM 級以上の岩盤が分布する（図－5.1.2 参照）。

【透水性】

- (1) C-54 孔では浅部から連続して 2Lu 未満が確認され、左岸側アバット部は浅部から 5Lu 未満ゾーンであることが推定される（図－5.1.3 参照）。
- (2) 但し、深度 40～45m 区間は 5.5 ルジオンが得られており、この区間には水平節理が 1 カ所に分布する（写真－5.1.2 参照）。
- (3) 当初、C-40 孔において An4 下面付近における高透水部と推定した箇所（深度 30～35m）は、An3-c 中にスポット的に分布すると推定される高角度節理に起因すると高ルジオン区間と推定される。



写真－5.1.2 C-54 孔の深度 40～45m 間のボアホールテレビ展開画像

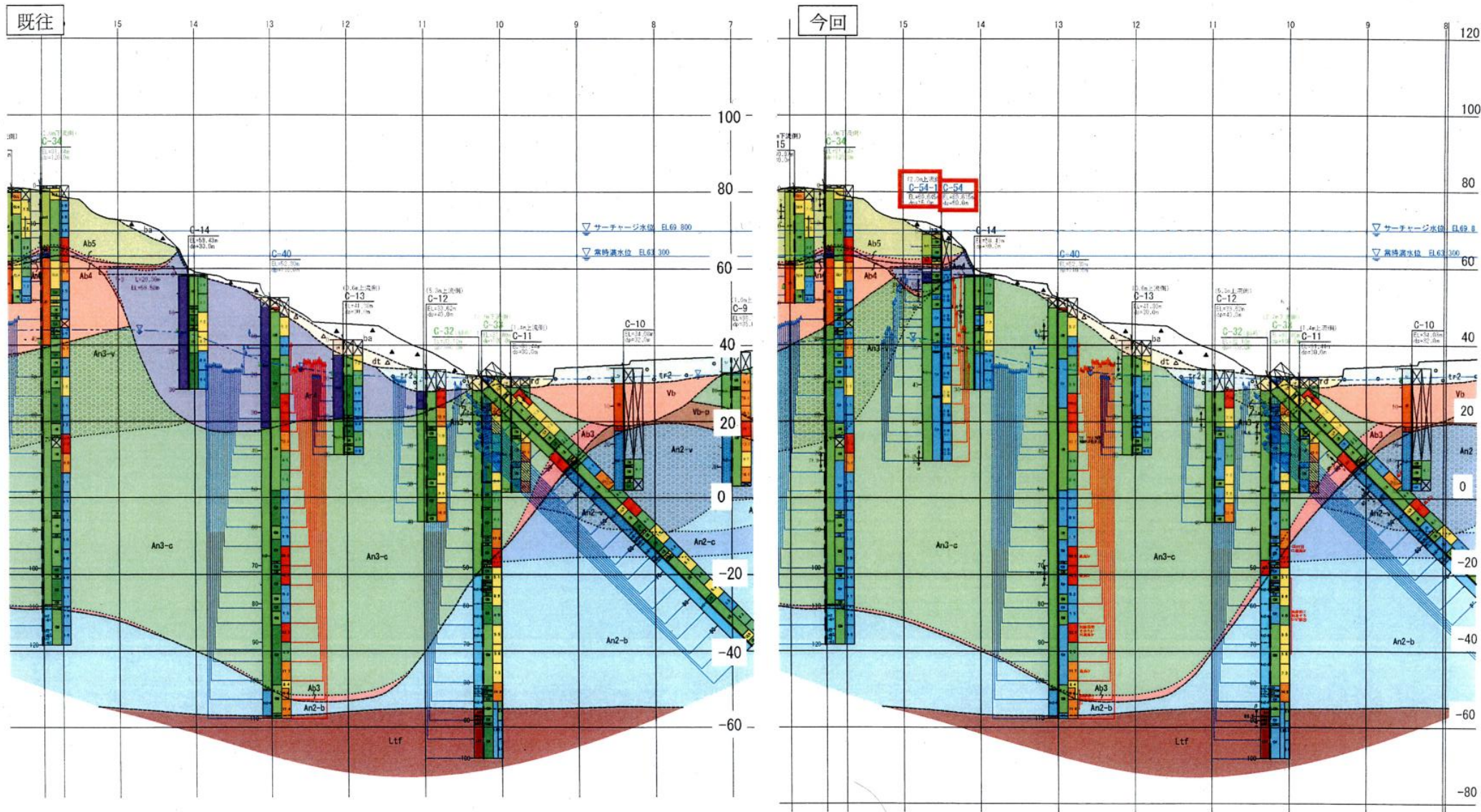


図-5.1.1 計画ダム軸 (D-D') 沿い左岸アバット部地質断面図 (新旧対比)

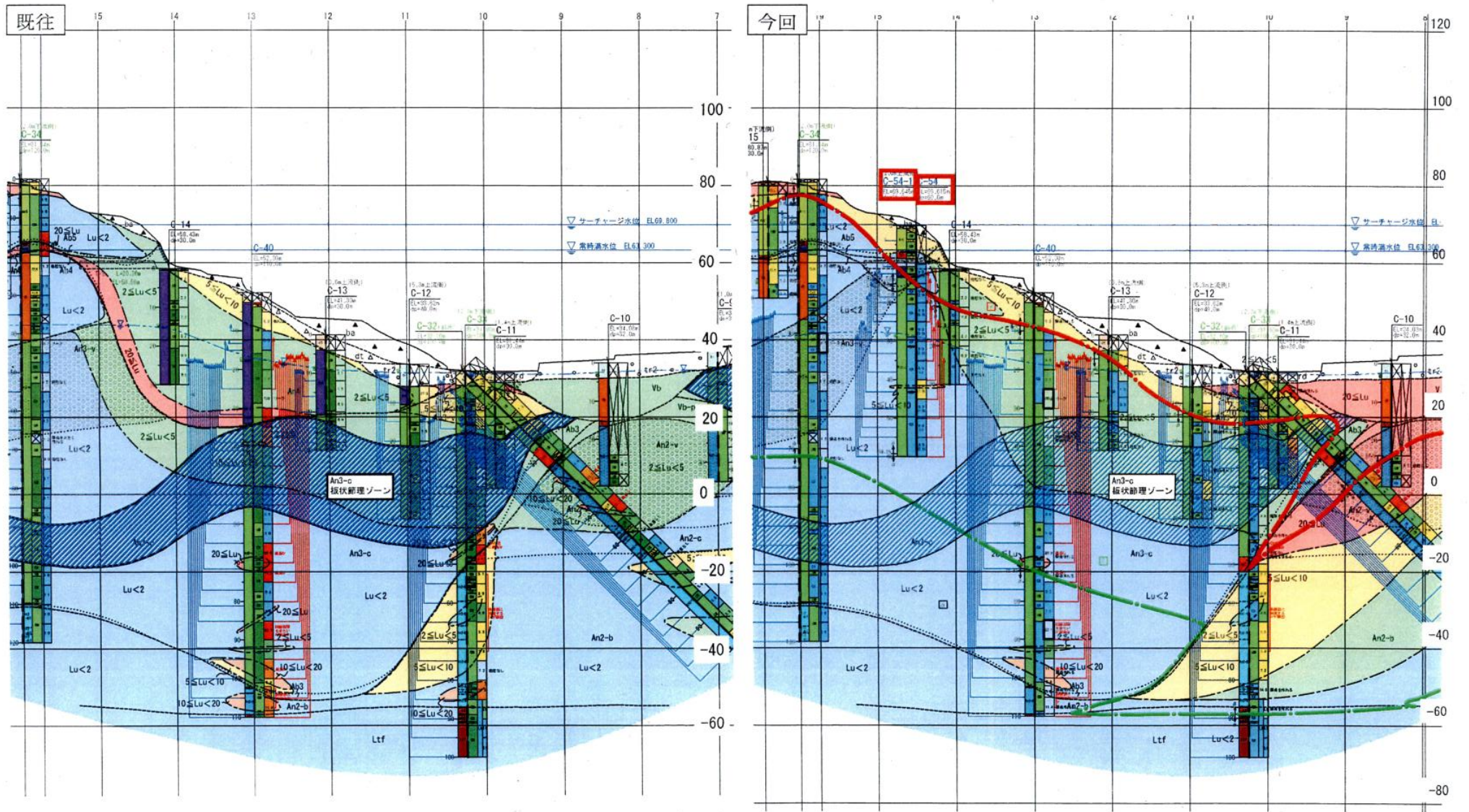


図-5.1.3 計画ダム軸 (D-D') 沿い左岸アバット部ルジオンマップ (新旧対比)

5.2 豎坑内調査

豎坑内調査の結果は以下のとおりである（図－5.2.1、図－5.2.2 および写真－5.2.1 参照）。

- (1) 調査横坑 T-4-1 坑および T-4-2 坑では、安山岩 3 緻密部 (An3-c)、安山岩 3 自破碎部 (Ab3)、軽石火山角礫岩 (Vb-p) の分布が確認された。
- (2) T-4-1 坑切羽付近から下流方向に延びる T-4-2 坑では、安山岩 3 緻密部 (An3-c) 中に低角度の板状節理が発達するゾーンが認められる。
- (3) T-4-3 坑では、安山岩 3 自破碎部 (Ab3)、軽石火山角礫岩 (Vb-p)、安山岩 2 角礫状部 (An2-b) の分布が確認された。
- (4) T-4-3 では、安山岩 3 自破碎部 (Ab3) と軽石火山角礫岩 (Vb-p) が左岸側方向に高角度で傾斜している。
- (5) 安山岩 3 自破碎部 (Ab3) は、CLH 級岩盤を主体とし、一部に軟質な CLL 級岩盤を伴う。
- (6) 軽石火山角礫岩 (Vb-p) は、全体に良く締まった性状を有しており、CM 級岩盤を主体とし、一部に CLH 級岩盤を伴う。
- (7) 安山岩 3 緻密部 (An3-c) および安山岩 2 角礫状部 (An2-b) は CM 級岩盤である。

ブロックせん断試験箇所の見直し結果は、表－5.2.1 に一覧として示したとおりであり、見直し前後の岩級は以下のように対応する。

T-4-1 : (見直し前) CL～CM 級	→	(見直し後) CLH 級
T-4-2 : (見直し前) CL～CM 級	→	(見直し後) CLH 級
T-4-3 : (見直し前) CM 級	→	(見直し後) CM 級 (67%)・CLH 級 (33%)
T-4-4 : (見直し前) CM～CL 級	→	(見直し後) CM 級
T-4-5 : (見直し前) D 級※	→	(見直し後) CH 級 (58%)・CM 級 (42%)

※T-4-5 ブロックの当初評価は、試験ブロックが弛んでいたことを踏まえて D 級と評価している。本業務では、試験後の試験面のみの評価であるため、弛みは考慮せず岩級評価を行っている。但し、せん断強度評価では最終的に試験ブロックが弛んでいたと評価し、棄却対象としている。

地質区分	Ab3	An2-b
岩級区分	CLH	CM
硬軟区分	D	C
割れ目間隔	I	I
割れ目の状態	b	b

Ab3	Vb-p	Ab3	地質区分
CLH	CLL	CLH	岩級区分
D	B	C	硬軟区分
I	II	I	割れ目間隔
b	b	b	割れ目の状態

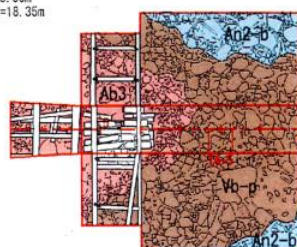
地質区分	Vb-p	Ab3	An3-c
岩級区分	CM	CLH	CH
硬軟区分	C	D	B
割れ目間隔	I	I	II
割れ目の状態	b	b	b

T-4-3 L=5.50m
EL=18.35m

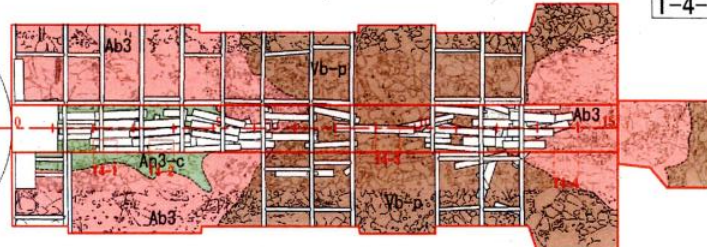
(下流壁)

(天端)

(上流壁)



T-4-1 L=15.00m
EL=20.85m

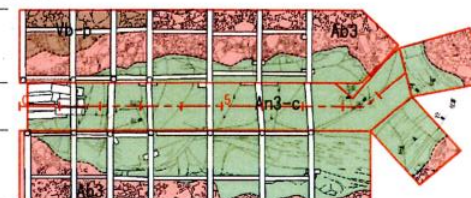


T-4-2 L=9.80m
EL=20.85m

(下流壁)

(天端)

(上流壁)



地質区分	Ab3	Vb-p	An2-b
岩級区分	CLH	CM	
硬軟区分	D	C	
割れ目間隔	I	I	
割れ目の状態	b	b	

An3-c	Ab3	Vb-p	Ab3	地質区分
CLH	CLL	CLH	CLH	岩級区分
C	D	D	C	硬軟区分
III	II	I	I	割れ目間隔
c	b	b	b	割れ目の状態

地質区分	Ab3	An3-c
岩級区分	CLH	CM
硬軟区分	D	B
割れ目間隔	I	IV
割れ目の状態	b	b

- 流入粘土を介する割れ目
- 節理の走向・傾斜
- ブロックせん断試験位置は
踏前で位置を投影

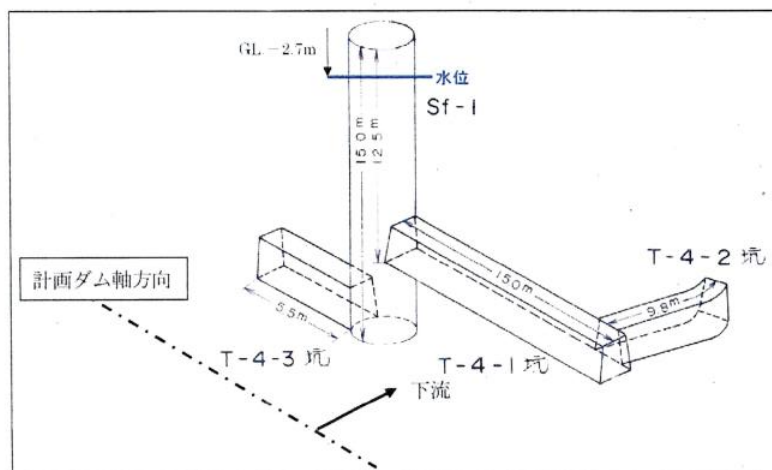


図-5.2.1 T-4-1 坑～T-4-3 坑横坑スケッチ (地質表示)

【Sf-1 概念図】 ※上流側からの断面

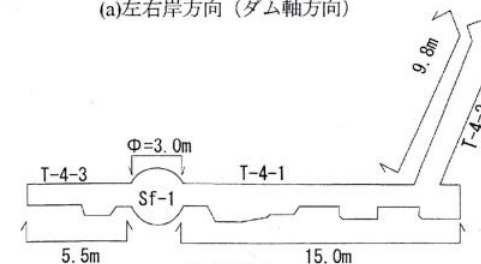
触針式水位計による計測により、水位は GL-2.70m にあり、河床とほぼ同レベルの水位であることが判明した。また、孔底は GL-15.20m であり、堆積物の沈殿も数 cm 程度と考えられる。

〔最大寸法〕昭和59年調査値 (30)、最大寸法、今後調査値
※: 昭和59年度石川ダム地質調査報告書、地質部技術研究部、昭和59年2月

EL=33.53



(a) 左右岸方向 (ダム軸方向)



(b) 上面図

地質区分	Ab3	An2-b
岩級区分	CLH	CM
硬軟区分	D	C
割れ目間隔	I	I
割れ目の状態	b	b

Ab3	Vb-p	Ab3	地質区分
CLH	CLL	CLH	岩級区分
D	D	C	硬軟区分
I	II	I	割れ目間隔
b	b	b	割れ目の状態

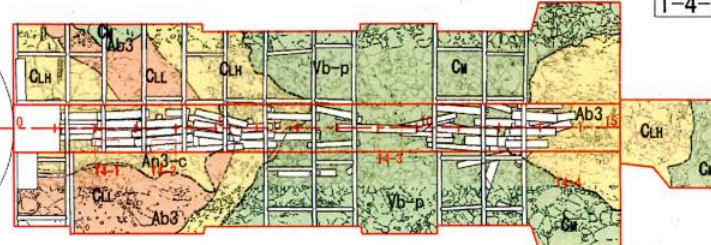
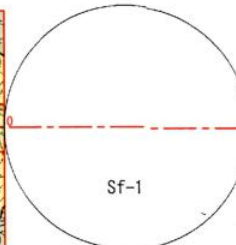
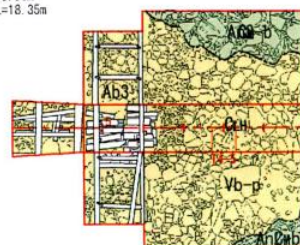
Vb-p	Ab3	An3-c	地質区分
CM	CLH	CH	岩級区分
C	D	B	硬軟区分
I	I	II	割れ目間隔
b	b	b	割れ目の状態

T-4-3 L=5.50m
EL=18.35m

(下流壁)

(天端)

(上流壁)



T-4-1 L=15.00m
EL=20.85m

T-4-2 L=9.80m
EL=20.85m

(下流壁)

(天端)

(上流壁)



地質区分	Ab3	Vb-p	An2-b
岩級区分	CLH	CM	
硬軟区分	D	C	
割れ目間隔	I	I	
割れ目の状態	b	b	

An3-c	Ab3	Vb-p	Ab3	地質区分
CLH	CLL	CLH	CM	岩級区分
C	D	D	C	硬軟区分
III	II	I	I	割れ目間隔
c	b	b	b	割れ目の状態

地質区分	Ab3	An3-c
岩級区分	CLH	CM
硬軟区分	D	B
割れ目間隔	I	IV
割れ目の状態	b	b

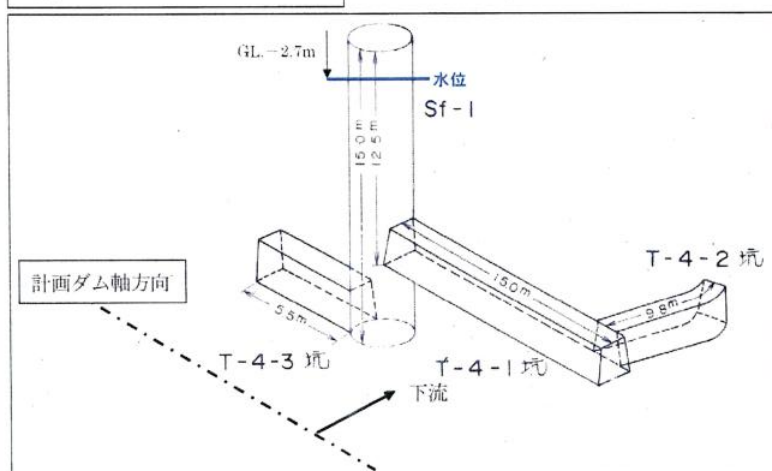
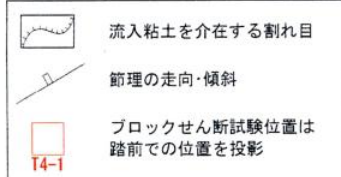
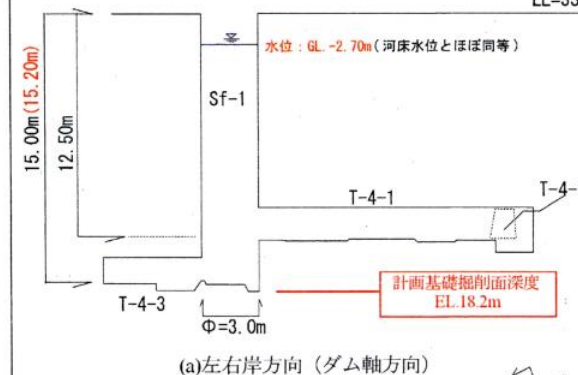


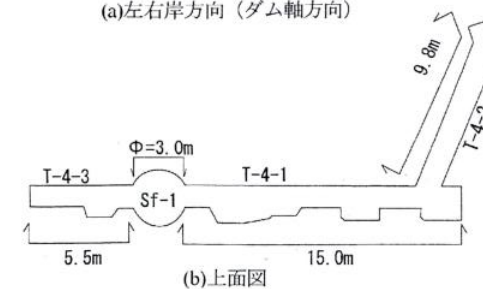
図-5.2.2 T-4-1坑～T-4-3坑横坑スケッチ (岩級表示)

【Sf-1 概念図】 ※上流側からの断面
触針式水位計による計測により、水位はGL-2.70mにあり、河床とほぼ同レベルの水位であることが判明した。また、孔底はGL-15.20mであり、堆積物の沈殿も数cm程度と考えられる。
【参考文献】 昭和59年報告書 (30)、論文等付録、令和3年度2月
※ 昭和34年度石川ダム地質調査資料、調査報告書、昭和34年2月

EL=33.53



(a)左右岸方向 (ダム軸方向)



(b)上面図



安山岩 3 自破碎部 (Ab3)

※写真は細粒部が卓越する箇所



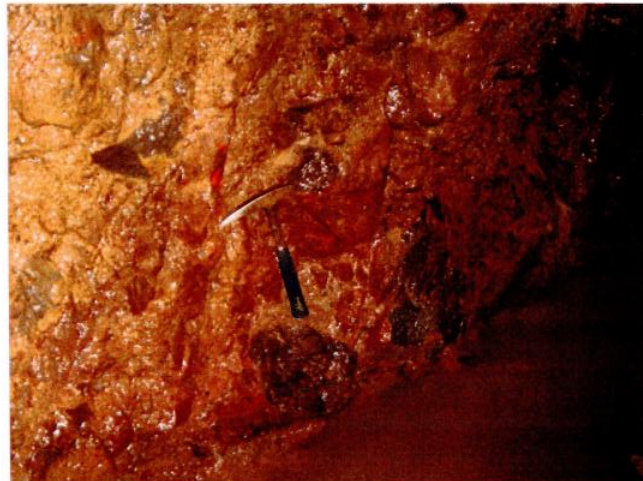
軽石火山角礫岩 (Vb-p)



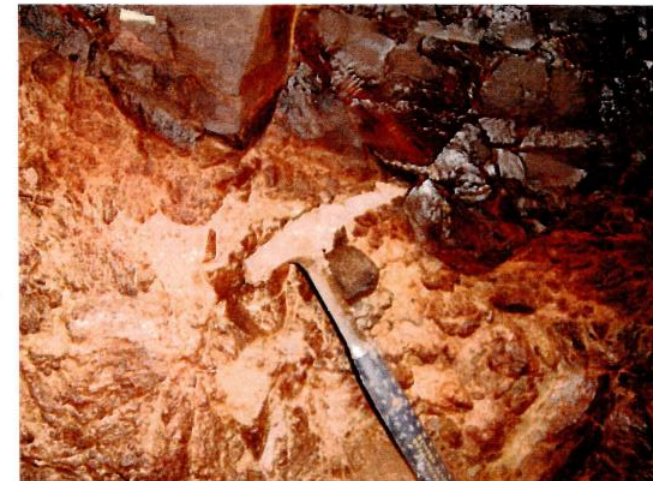
軽石火山角礫岩 (Vb-p)



安山岩 3 緻密部 (An3-c) 板状節理部



安山岩 2 角礫状部 (An2-b)



安山岩 3 緻密部 (An3-c) (上) と自破碎部 (下)

写真-5.2.1 T-4-1 坑～T-4-3 坑で確認される地質の代表的岩相

表-5.2.1 T-4-1ブロック～T-4-5ブロックの観察結果

ブロック名	せん断試験後の岩盤面 (写真) (試験実施時の写真)	せん断試験後の岩盤面 (スケッチと岩級区分) (試験実施時のスケッチを利用)	地質区分		細区分			岩級 区分	既往試験結果 (試験値)	岩盤状況からみた 試験結果の評価 (今回)
			塊状岩	礫質岩	硬軟 区分	割れ目 間隔	割れ目 状況			
T4-5			—	An2-b ・ Vb-p	B C	I I	b b	CH 59% CM 42%	τ_0 (kN/m ²) — ϕ (°) —	試験面の約 60%が CH 級で、約 40%が CM 級である。CH 級は An2-b に該当し、CM 級は Vb-p に該当する。 ↓ 試験時の評価は、Vb-p 中の軽石部が弛んでおり、ブロック下部からの湧水が認められたため、棄却対象としている。
T4-4			—	Vb-p	B C	I I	c b	CM	τ_0 (kN/m ²) 1421.0 ϕ (°) 50.3	全体が CM 級で細区分 B1c が主体をなすが、基質が優勢な範囲では硬さが C となる。 ↓ 試験結果は CM 級 (礫質岩) を代表すると考えられる。
T4-3			—	Vb-p	C D (C)	I I	b b	CM 67% CLH 33%	τ_0 (kN/m ²) 1421.0 ϕ (°) 50.3	試験面の約 70%が CM 級 (C1b) で約 30%が CLH 級 (D1b) である。但し、CLH 級評価範囲の硬さ D は、硬さ C に近い性状を有する。 ↓ CLH 級評価範囲は、CM 級に極めて近い性状を有するため、試験結果は、CLH 級の影響は少ないと考えられる。
T4-2			—	Ab3	D	I	b	CLH	τ_0 (kN/m ²) 627.2 ϕ (°) 46.9	全体が CLH 級で細区分は D1b である。試験面の上位 1/4 の範囲 (写真上部) は細粒部のみからなっており、せん断はこの細粒部で発生し、ブロックがやや回転している。 ↓ 礫質岩 (自破碎部) における CLH 級の下位強度を示すと考えられる。
T4-1			—	Ab3	D	I	b	CLH	τ_0 (kN/m ²) 921.2 ϕ (°) 45	全体が CLH 級で細区分は D1b である。一部に硬質な礫部が認められる。 ↓ 礫質岩 (自破碎部) における CLH 級を代表すると考えられる。

5.3 左岸鞍部トレンチ調査

5.3.1 トレンチスケッチ

(1) 地質分布

左岸鞍部におけるトレンチ内には、基盤地質として火山角礫岩（Vb）が分布し、その上位には未固結被覆層として表土（dt）、盛土（ba1, ba2）が分布する（表－5.3.1 および図－5.3.1 参照）。

表－5.3.1 左岸鞍部トレンチにおける地質層序

地質時代				地質名称		地 質 号	岩 相 ・ 層 相	状 況
未固結被覆層	新 生 代	第 四 紀	完 新 世	盛土 2		B2	礫混じり粘性土	今回の掘削により生じた土砂の盛り立てである。
				盛土 1		B1	礫混じり粘性土	既往調査の立坑掘削およびグラウチングテスト時に生じた土砂の盛り立てで、モルタルやコンクリート片を混入する。
				表 土		dt	礫混じり粘性土	旧表土である。上位のB1やB2の盛り立て時に乱されている。
基盤地質		新 第 三 紀	鮮新世、中新世後期	虚空蔵山火山岩類	不動山安山岩	Vb	火山角礫岩	粘性土状に風化した強風化部（D岩級）と岩組織を残した中風化部（CLL岩級）および風化残留礫部（CLH岩級）よりなる。

基盤地質の火山角礫岩（Vb）に混入する礫は、直径数 cm～数 m 大まで認められるが、直径数 10cm 大～数 m 大の礫が集積しており、基質部に占める割合は少ない（写真－5.3.1 および写真－5.3.2 参照）。



写真-5.3.1 トレンチ内全景



礫の含有率が高く、基質の占める割合が少ない。

写真-5.3.2 火山角礫岩の状況

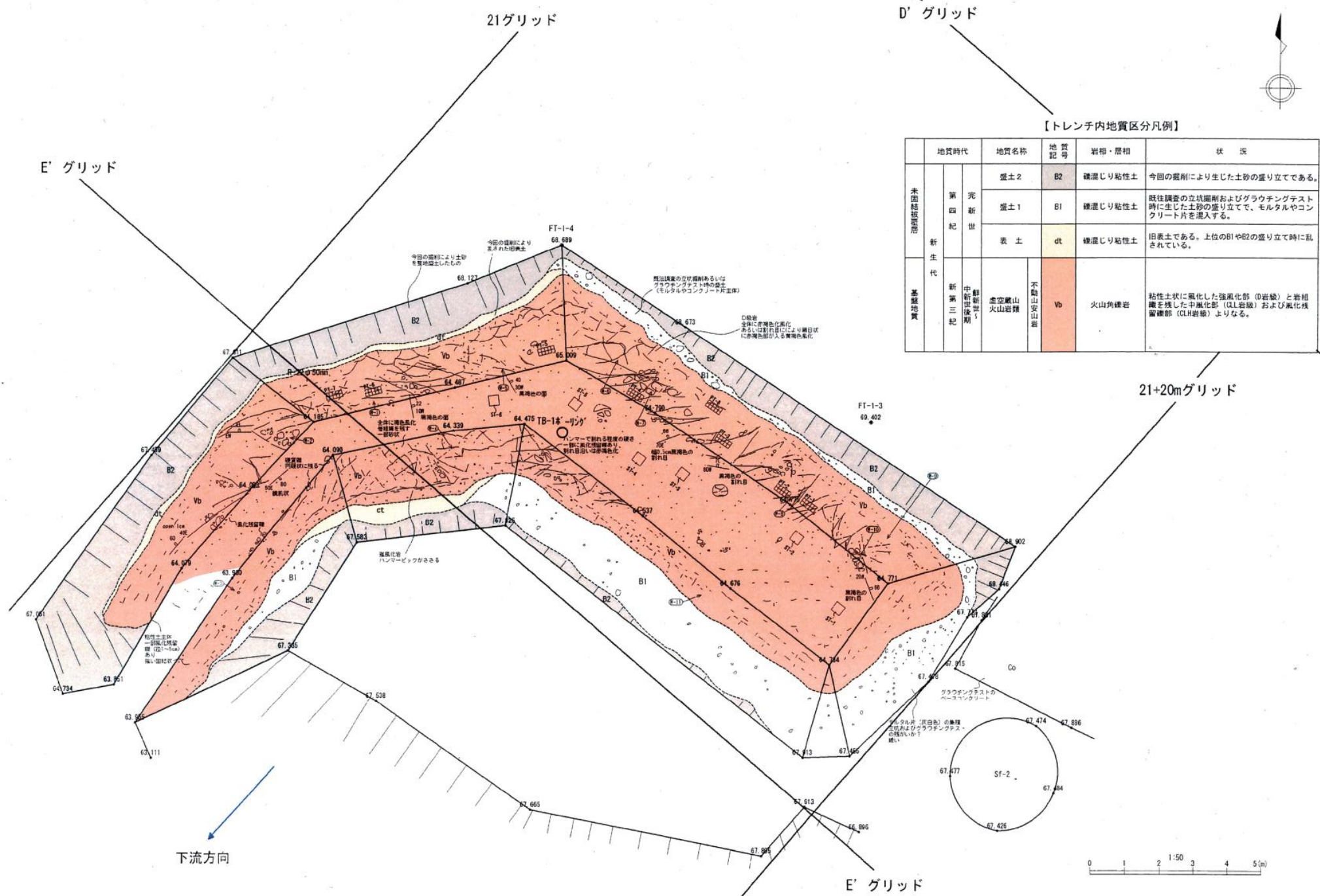
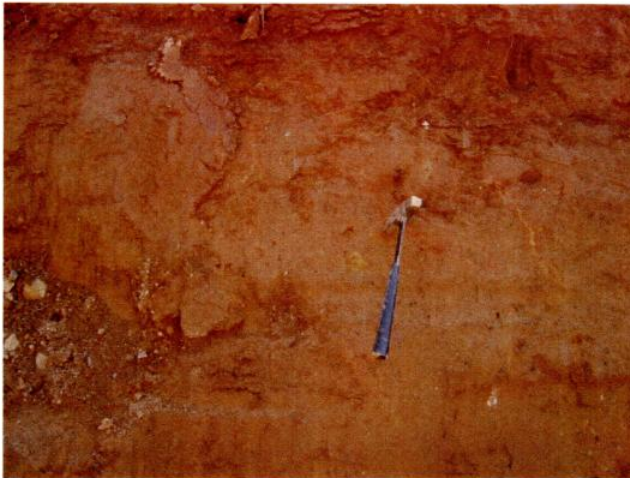


図-5.3.1 トレンチ内スケッチ（地質区分着色）

(2) 岩盤性状

トレンチ内の岩盤状況（岩級区分）は図－5.3.2 に示すとおりであり、トレンチ側面の大半には赤褐色粘性土よりなる D 級岩盤が分布する。また、トレンチ側面の下部ならびに踏前（底盤）には黄褐色（一部赤褐色）の CLL 級岩盤の上部が露出している（写真－5.3.3 および写真－5.3.4 参照）。

CLL 級岩盤のうち、規模の大きい含有礫の内部には、風化の影響が小さい岩塊部が残留しており、局所的には CLH 級相当に評価される。



D 級：軟質な粘性土でハンマーが突き刺さる。



CLL 級：強風化岩塊と基質部が視認でき、D 級岩盤より明らかに硬い。

写真－5.3.3 トレンチ内の岩盤状況

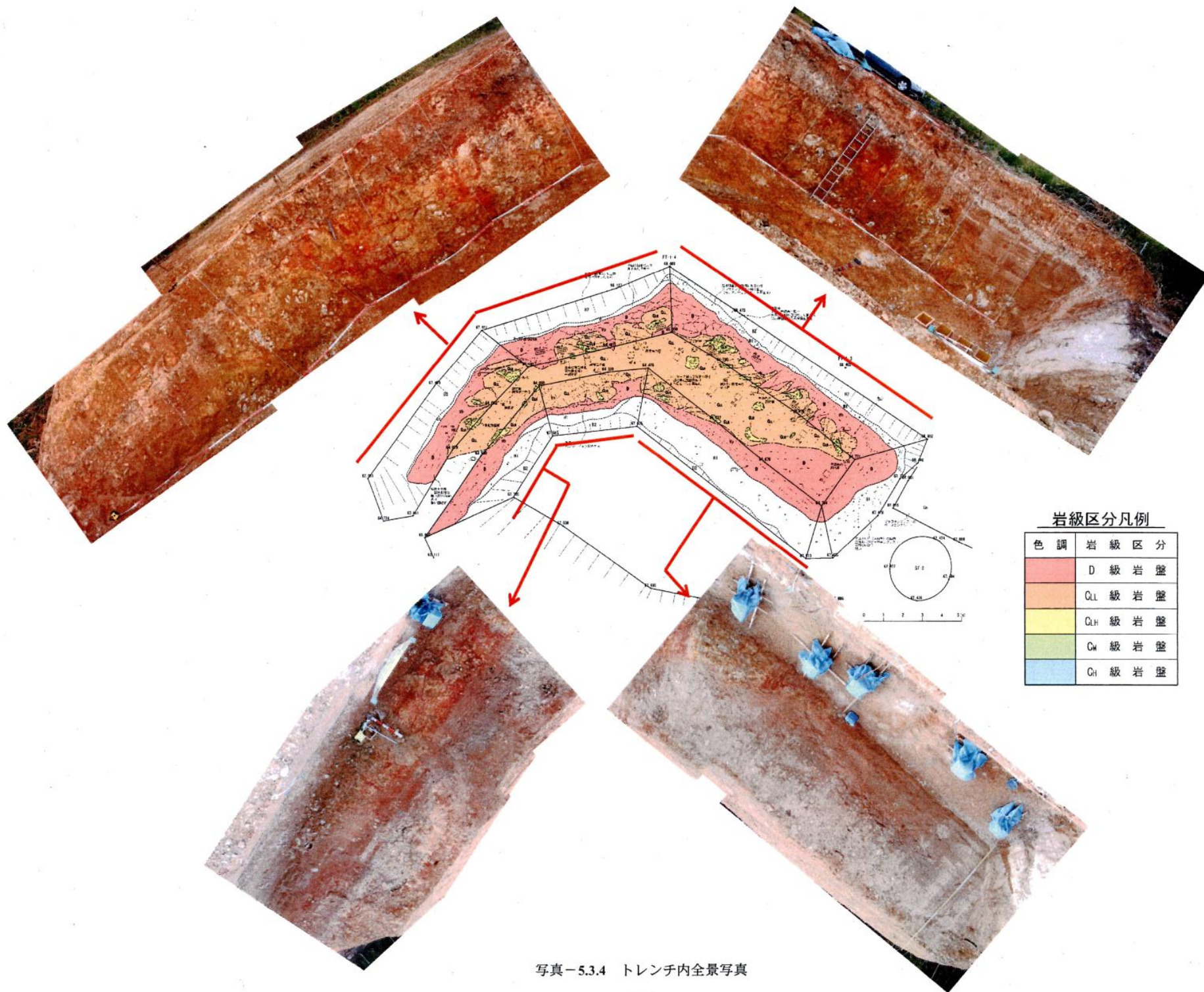


写真-5.3.4 トレンチ内全景写真

5.3.2 コンクリート付着試験

コンクリート打設箇所は6カ所であり、このうち5カ所の打設面（ST-2～ST-6）がCLL級に評価され、1カ所の打設面（ST-1）がD級に評価される。

試験結果は、図－5.3.3(1)～図－5.3.3(6)に示すとおりであり、CLL級岩盤に評価されるST-2～ST-6の5ブロックでは自重分以上の荷重において地盤内で破断が発生し、コンクリート面には岩盤の付着が認められた。一方、D級岩盤に評価されるST-1ブロックでは、コンクリートブロック自重分以上の荷重を与えることはできず、D級岩盤の付着は殆ど認められなかった（写真－5.3.5 参照）。

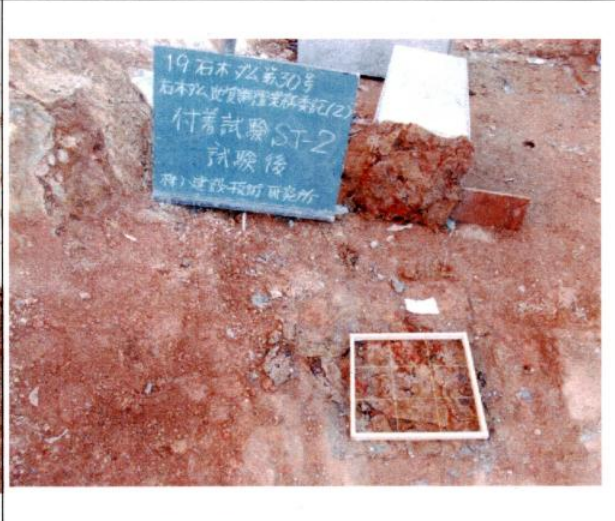
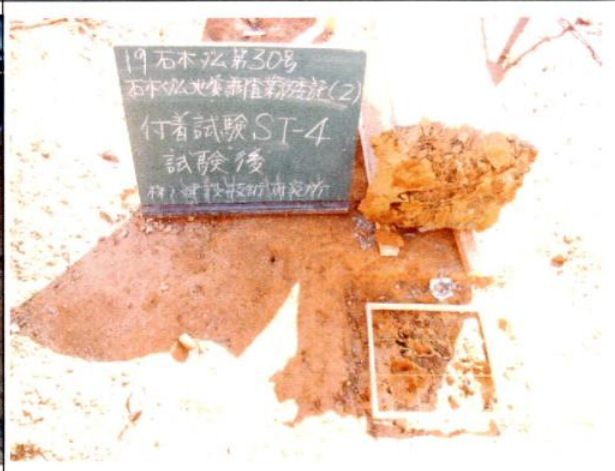
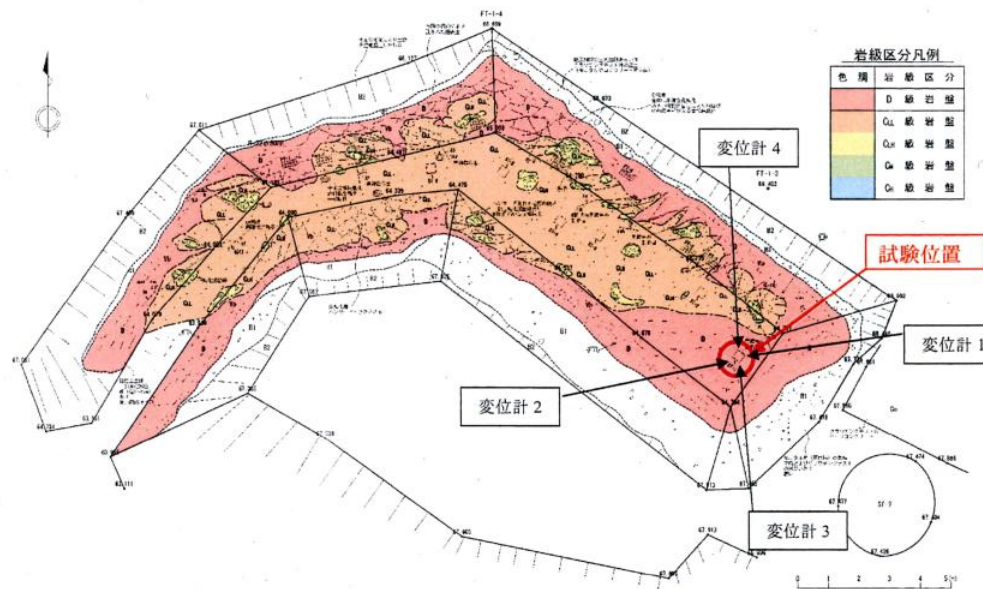
	
ST-1 (D 級)	ST-2 (CLL 級)
	
ST-3 (CLL 級)	ST-4 (CLL 級)
	
ST-5 (CLL 級)	ST-6 (CLL 級)

写真-5.3.5 コンクリートブロックの地盤の付着状況

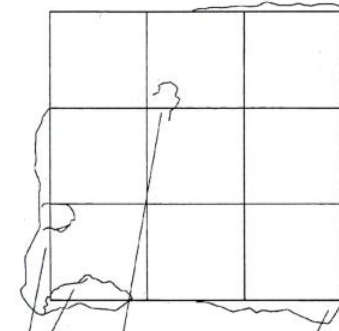
試験位置

スケッチ・写真



〔ブロック付着面〕

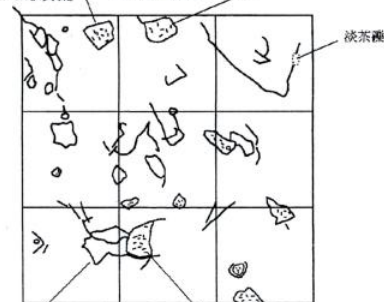
- 破断面
- 伏在した面からの分離
- 敷モルタル面からの分離



ひび割れにより剥れた皮状 敷モルタルの付着により試験部分は3ヶ所のみ。他 壁面の土がついてきた。はない。

緑灰色を呈す風化残留礫、ブロック付着面とともに完全に2分された軟質礫。

〔試験後面〕

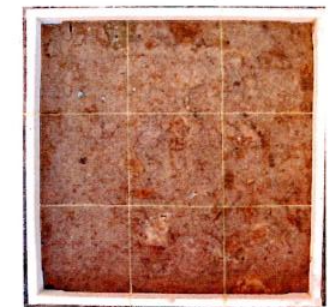
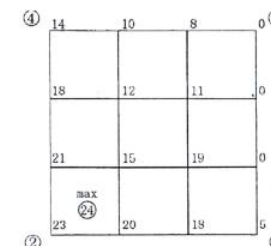


- ・ひび割れ状に厚さ1～5mmの皮状に分離したもの。
- ・不規則な浅い割れ目が多く残る。
- ・これは容易に薄皮状にとれる。

〔同上深さ測定〕

(水平に置いた方形枠からの深さmm)

①～④ブロックのガイダル・ジ位置



- コメント：
- ・自重分の載荷で破断
 - ・ブロック面とはすべて付着していた
 - ・一部に不規則な浅い割れ目が残る。

引張り応力と供試体端部の変位

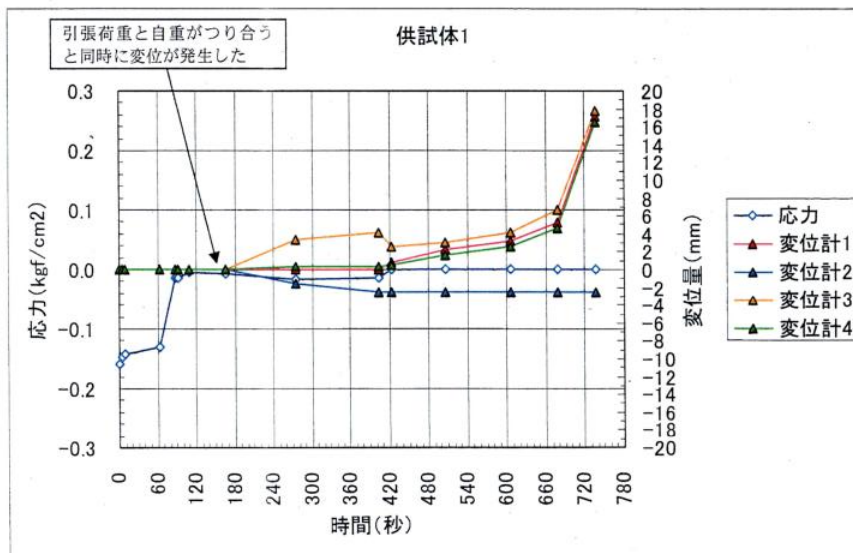
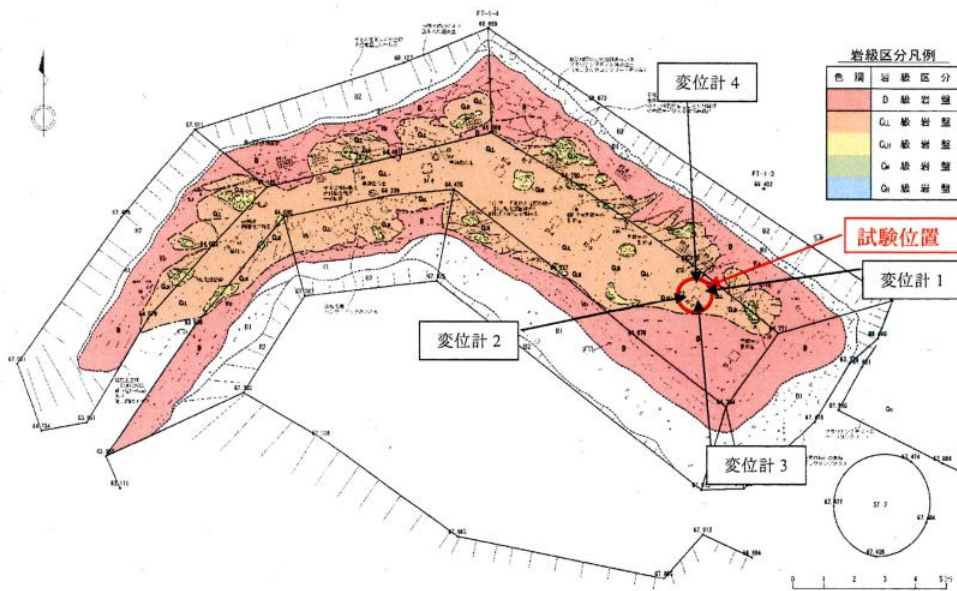


図-5.3.3(1)

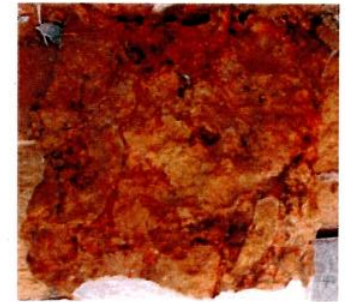
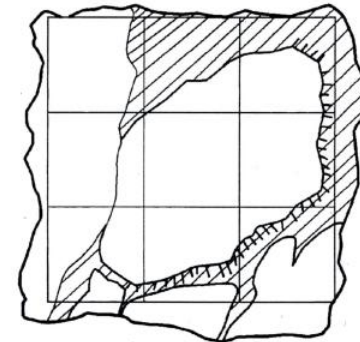
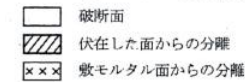
付着試験結果 (ST-1)

試験位置

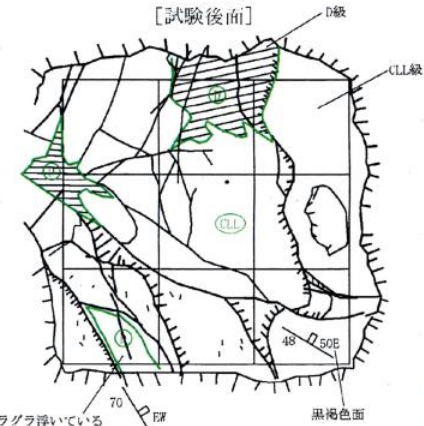


スケッチ・写真

[ブロック付着面]

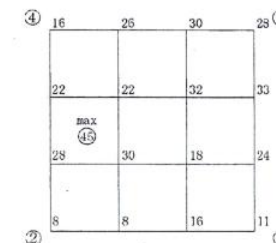


[試験後面]



[同上深さ測定]

(水平に置いた方形枠からの深さmm)
①～④ブロックのダイヤルゲージ位置



コメント：
・350kgfで破断
・典型的なCL岩級と評価され、不規則な割れ目系に支配された。
・ブロックの付着は良好。(ブロックに2～3cmの厚さで岩が付着)
・破断面の一部は伏在する黒褐色面沿いの分離である。

引張り応力と供試体端部の変位

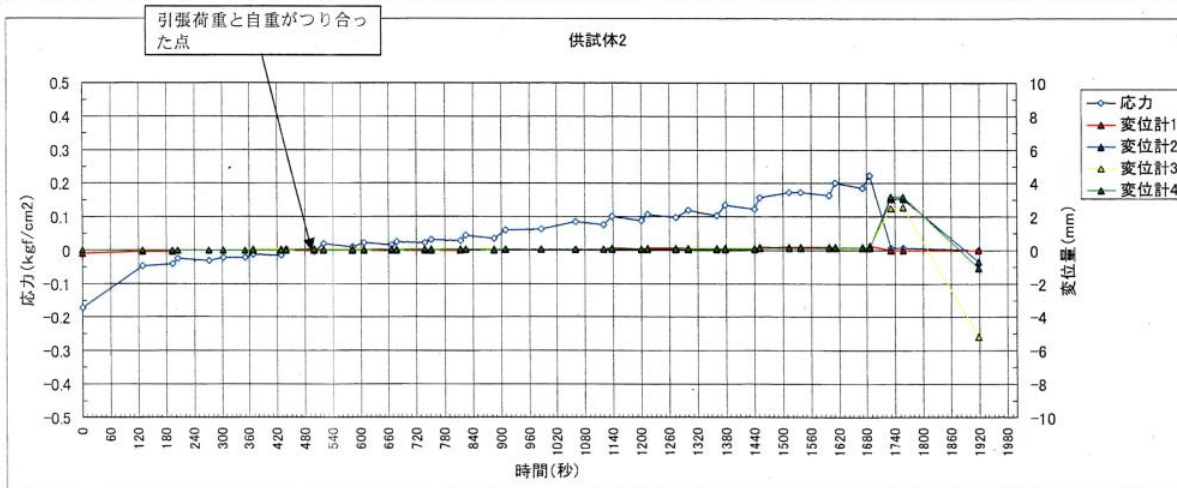
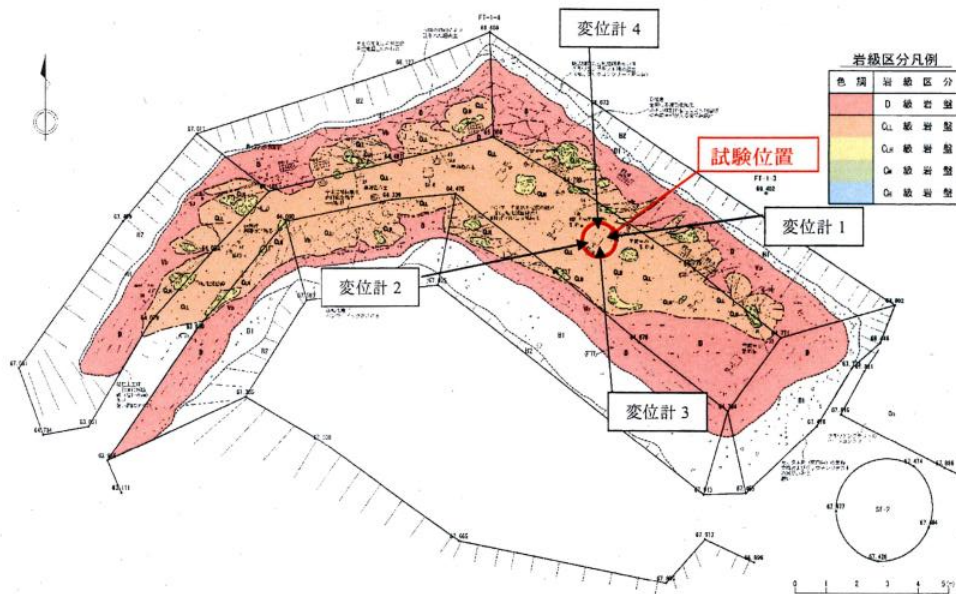


図-5.3.3(2) 付着試験結果 (ST-2)

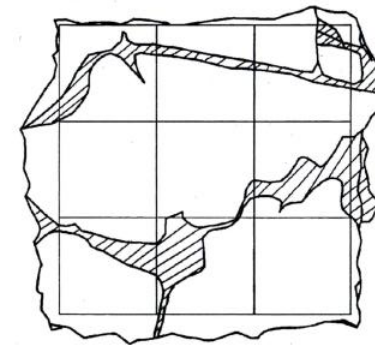
試験位置



スケッチ・写真

[ブロック付着面]

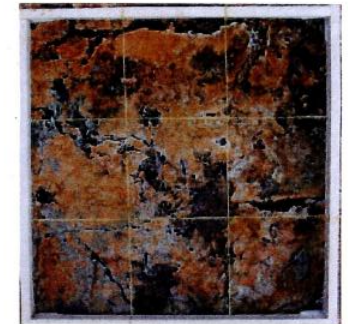
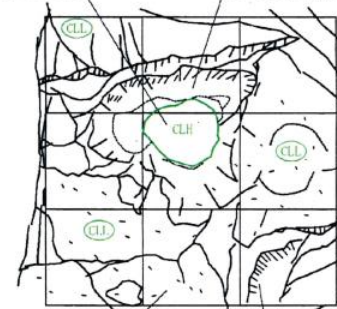
- 破断面
- 伏在した面からの分離
- 敷モルタル面からの分離



[試験後面]

試験前にあったCLH級の硬質礫の抜け
風化殻の外側を残す

淡褐〜ピンク色粘土付着

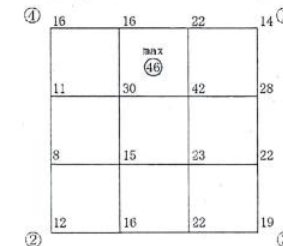


CLLの砂状部
新規の破断面である

ピンク色の粘土付着

[同上深さ測定]

(水平に置いた方形枠からの深さmm)
①〜④ブロックのダイヤルゲージ位置



コメント：
・510kgfで破断
・CLH級の残留礫が厚さ5cmの下面より破断した。
・ほぼ全面にCLL岩級で破断しており、十分な
付着結果である。

引張り応力と供試体端部の変位

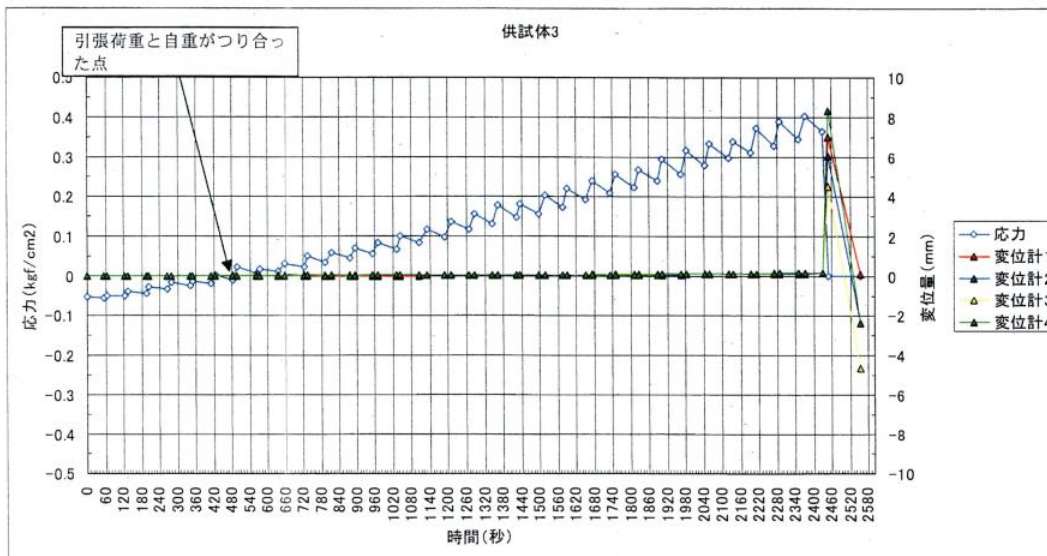
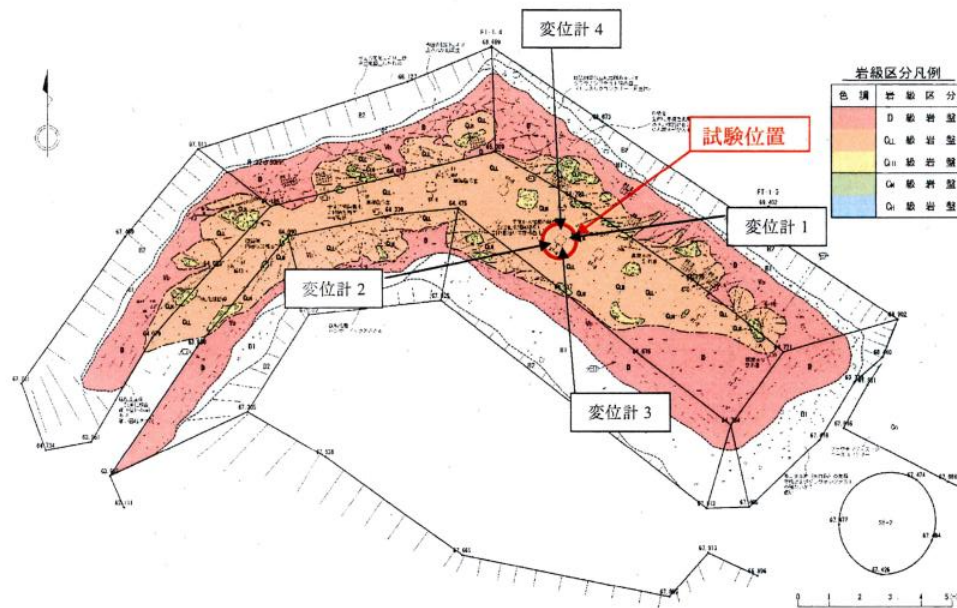
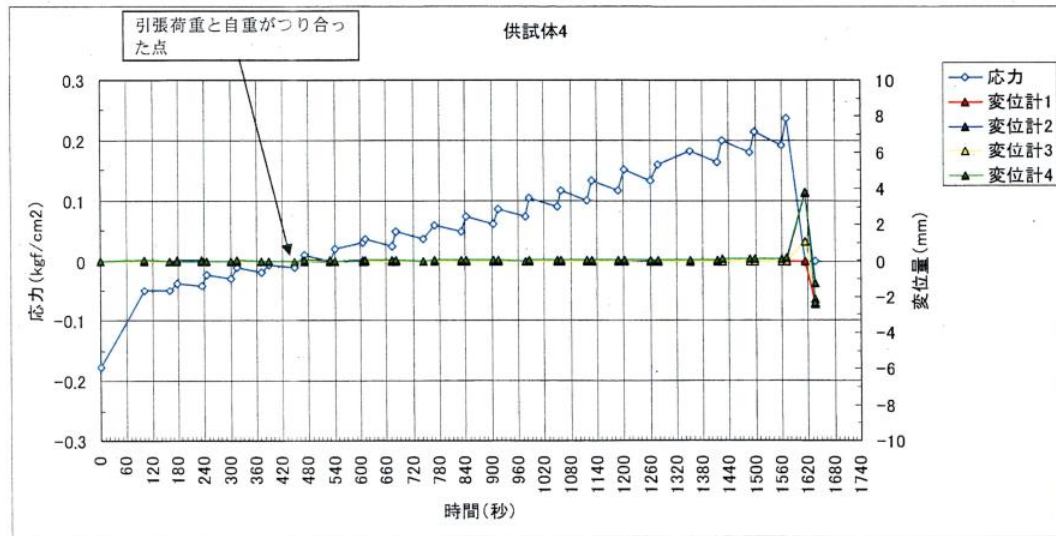


図-5.3.3(3) 付着試験結果 (ST-3)

試験位置



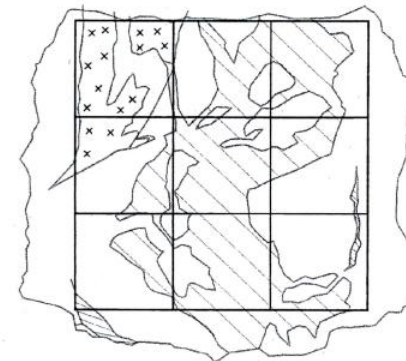
引張り応力と供試体端部の変位



スケッチ・写真

[ブロック付着面]

- 破断面
- 伏在した面からの分離
- 敷モルタル面からの分離

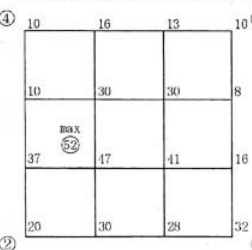


[試験後面]



[同上深さ測定]

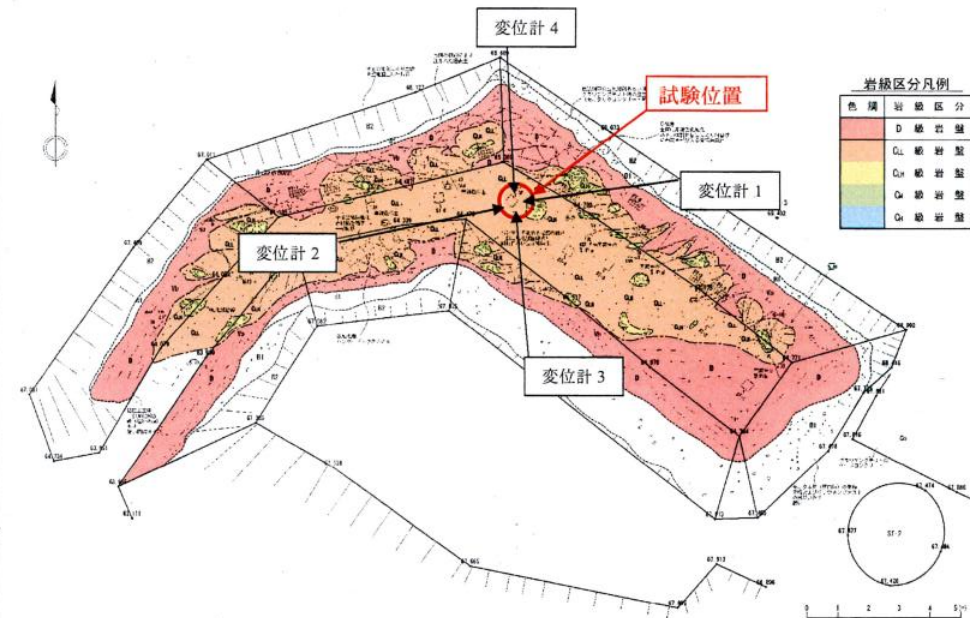
(水平に置いた方形枠からの深さmm)



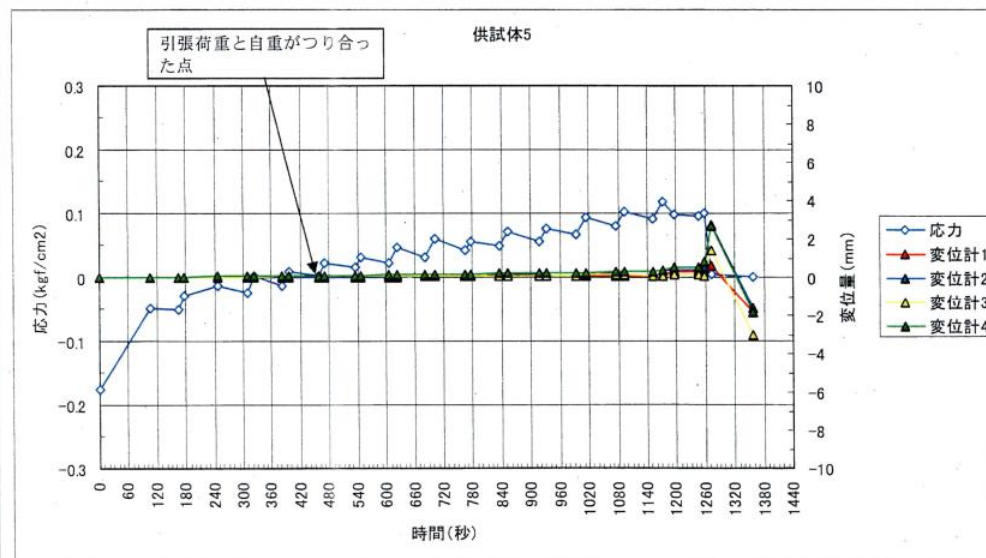
- コメント:
- 370kgfで破断。
 - 一部に敷モルタル面からの分離あり。
 - 試験面中央の低角度割れ目に支配された破断である。
 - このため明瞭な破断は50%以下と推定される。

図-5.3.3(4) 付着試験結果 (ST-4)

試験位置



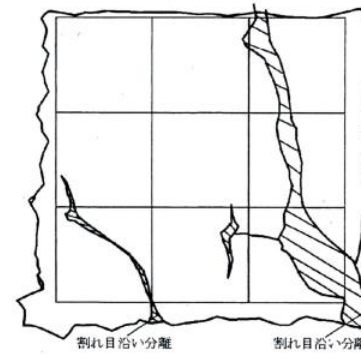
引張り応力と供試体端部の変位



スケッチ・写真

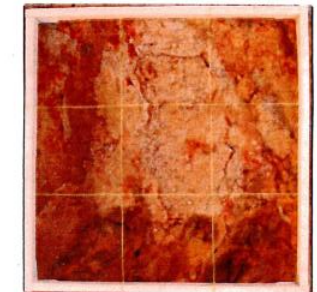
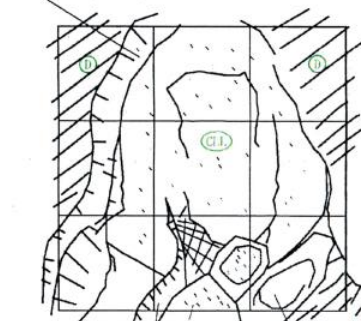
[ブロック付着面]

- 破断面
- 伏在した面からの分離
- 敷モルタル面からの分離



[試験後面]

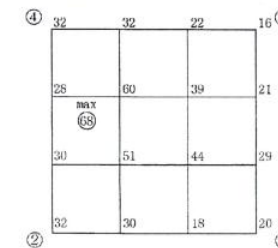
淡ピンク色の粘土を介する
厚さ1~2mmあり。一部に削痕あり



[同上深さ測定]

(水平に置いた方形からの深さmm)

①~④ブロックのダイヤルゲージ位置

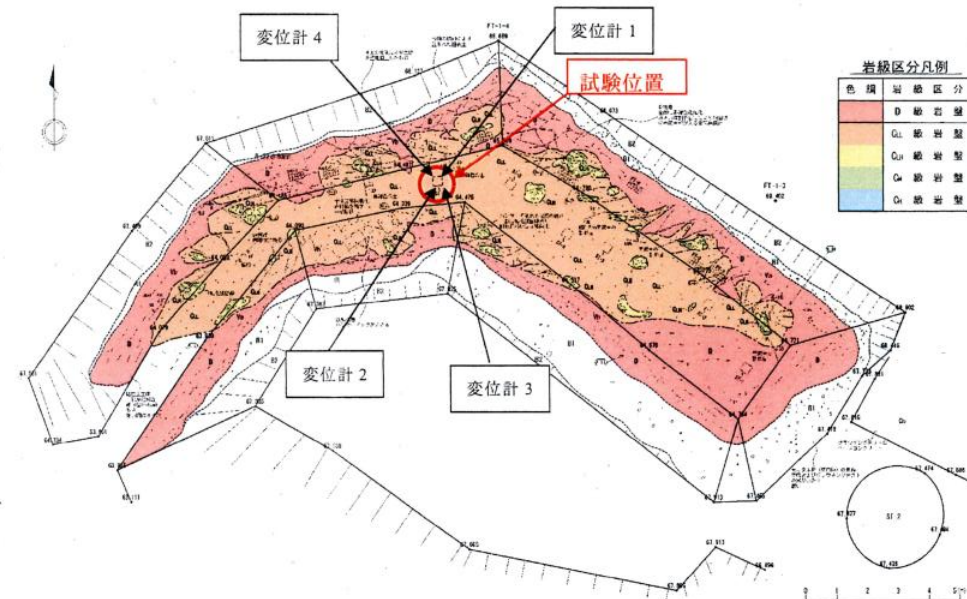


コメント: ・250kgfで破断
・ほぼ全面にわたる深い破断
・40° 傾斜の割れ目に支配された厚さ7cm近いCLL岩を付着させて破断している。割れ目の面には薄い流入粘土を介している。

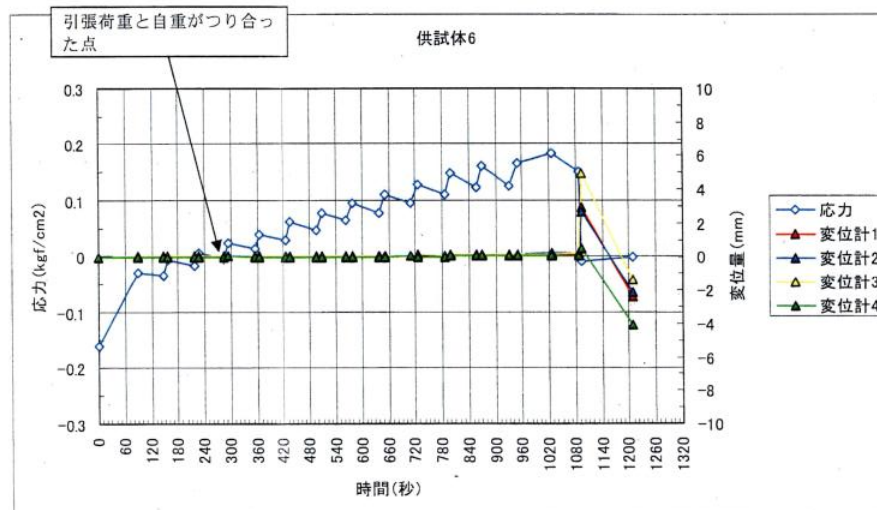


図-5.3.3(5) 付着試験結果 (ST-5)

試験位置



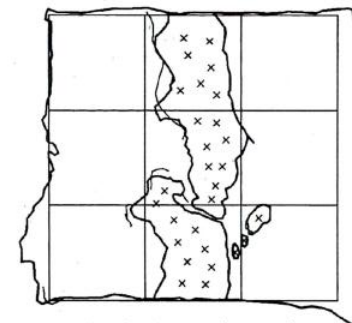
引張り応力と供試体端部の変位



スケッチ・写真

[ブロック付着面]

- 破断面
- 伏在した面からの分離
- 敷モルタル面からの分離

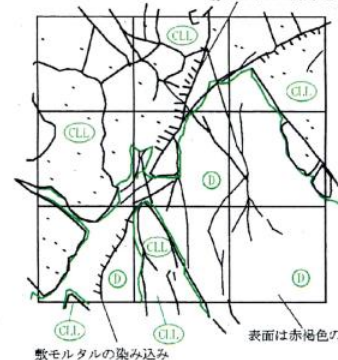


付着した岩は全て数mm程度とかなり薄い



[試験後面]

表面は赤紫～黄褐色の砂状を呈す敷モルタルの染み込み



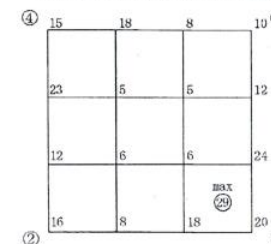
敷モルタルの染み込み



[同上深さ測定]

(水平に置いた方形枠からの深さmm)

①～④はブロックのダイヤルゲージ位置



- コメント:
- 310kgで破断。
 - ブロックへの岩付着は薄いものの、岩内部での破断である。
 - 不規則な割れ目沿いに敷モルタルが少々染み込んでいる。

図-5.3.3(6)

付着試験結果 (ST-6)

5.3.3 原位置簡易試験

針及びピック貫入試験の結果は図－5.3.4(1)～図－5.3.4(8)および表－5.3.2 に示しておりであり、赤褐色ないしは暗灰色の粘性土部では低強度を示し、風化残留礫部では比較的高強度を示す傾向が認められる。

なお、表－5.3.2 に示した試験面 PT-1 と試験面 PT-3 は、D 級岩盤ゾーン直近での CLL 級岩盤であり、試験面範囲内では D 級相当の赤褐色粘土の分布が主体をなしているため、試験結果は D 級評価としている。

表－5.3.2 各試験面の針およびピック貫入勾配

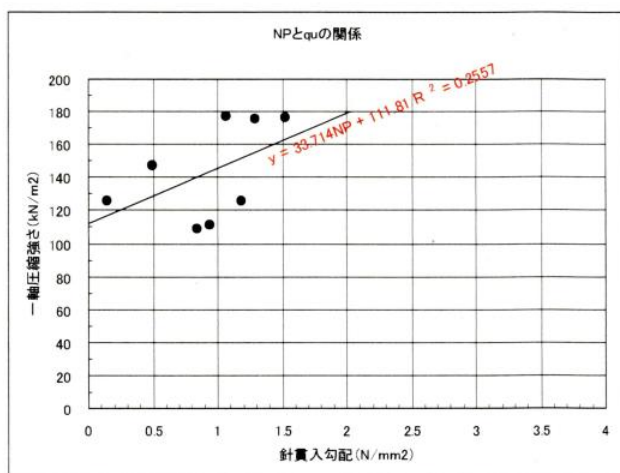
試験箇所	トレンチスケッチによる岩級区分ゾーン	試験面の岩級評価	針貫入勾配NP			ピック貫入勾配NP		
			最低値 (N/mm)	最高値 (N/mm)	平均値 (N/mm)	最低値 (N/mm)	最高値 (N/mm)	平均値 (N/mm)
PT-1	CLL	D	0.0	3.0	0.94	1.0	4.5	1.96
PT-2	CLL	CLL	0.0	5.5	1.53	0.5	7.0	2.98
PT-3	CLL	D	0.0	4.0	0.84	1.0	4.5	1.88
PT-4	CLL	CLL	0.5	5.0	1.29	1.0	8.5	2.93
PT-5	CLL	CLL	0.5	5.0	1.18	1.0	7.5	2.88
PT-6	CLL	CLL	0.5	2.5	1.07	1.5	5.0	3.10
PT-7	D	D	0.0	1.5	0.50	0.5	3.5	1.45
PT-8	D	D	0.0	1.0	0.15	0.5	2.5	1.10

針およびピック貫入試験実施箇所では、ブロックサンプリングを行い、一軸圧縮強さを把握する目的の三軸圧縮試験（UU）を行っている（岩石試験結果の詳細は後述する）。

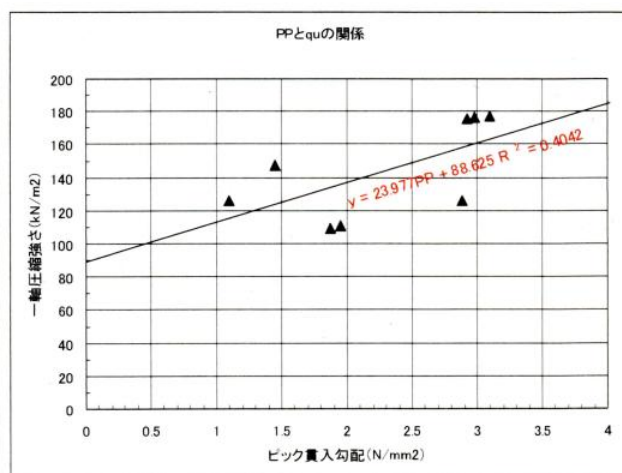
針およびピック貫入試験箇所（PT-1～PT-8）の NP ならびに PP 平均値と一軸圧縮強さ平均値との関係は、図－5.3.5 のように示され、以下のような相関式が得られる。但し、NP および PP ともに一軸圧縮強さと相関においてばらつきが大きい結果となっている。

$$q_u = 33.714NP + 111.81 \quad (R^2 = 0.2557)$$

$$q_u = 23.977PP + 88.625 \quad (R^2 = 0.4042)$$



(a) NP-qu 関係



(b) PP-qu 関係

図-5.3.5 針貫入勾配 NP およびピック貫入勾配 PP と一軸圧縮強さ qu の関係

針貫入勾配 NP は、「土木学会岩盤力学委員会編集：軟岩の調査・試験の指針（案）－1991年版－，第1版・第4刷，1992.12」で解説されており、鍋立山トンネル（新潟県）の泥質岩に対する多数の試験結果に基づく一軸圧縮強さとの対応を以下のように示している。

$$\log(qu) = 1.602 \cdot \log(NP) + 2.017 \quad (\gamma = 0.91)$$

上記換算式で今回の試験面の換算一軸圧縮強さを求めると、表-5.3.3 に示す結果が得られる。

表-5.3.3 針貫入試験結果に基づく換算一軸圧縮強さ

試験箇所	トレンチスケッチによる岩級区分ゾーン	試験面の岩級評価	最低値(試験面全体)			最高値(試験面全体)			平均値(試験面全体)		
			針貫入勾配 NP (N/mm)	換算一軸圧縮強さqu*		針貫入勾配 NP (N/mm)	換算一軸圧縮強さqu*		針貫入勾配 NP (N/mm)	換算一軸圧縮強さqu*	
				(kN/m²)	平均		(kN/m²)	平均		(kN/m²)	平均
PT-1	CLL	D	0	—	D級平均	3	1,511.3	D級平均	0.94	234.7	D級平均
PT-2	CLL	CLL	0	—	—	5.5	3,990.8	1,166.3	1.53	512.9	132.5
PT-3	CLL	D	0	—		4	2,396.1		0.84	198.1	
PT-4	CLL	CLL	0.5	85.7		5	3,425.7		1.29	389.8	
PT-5	CLL	CLL	0.5	85.7	CLL級平均	5	3,425.7	CLL級平均	1.18	339.5	CLL級平均
PT-6	CLL	CLL	0.5	85.7	85.7	2.5	1,128.5	2,992.7	1.07	287.9	382.5
PT-7	D	D	0	—		1.5	497.8		0.50	84.8	
PT-8	D	D	0	—		1	260.0		0.15	12.4	

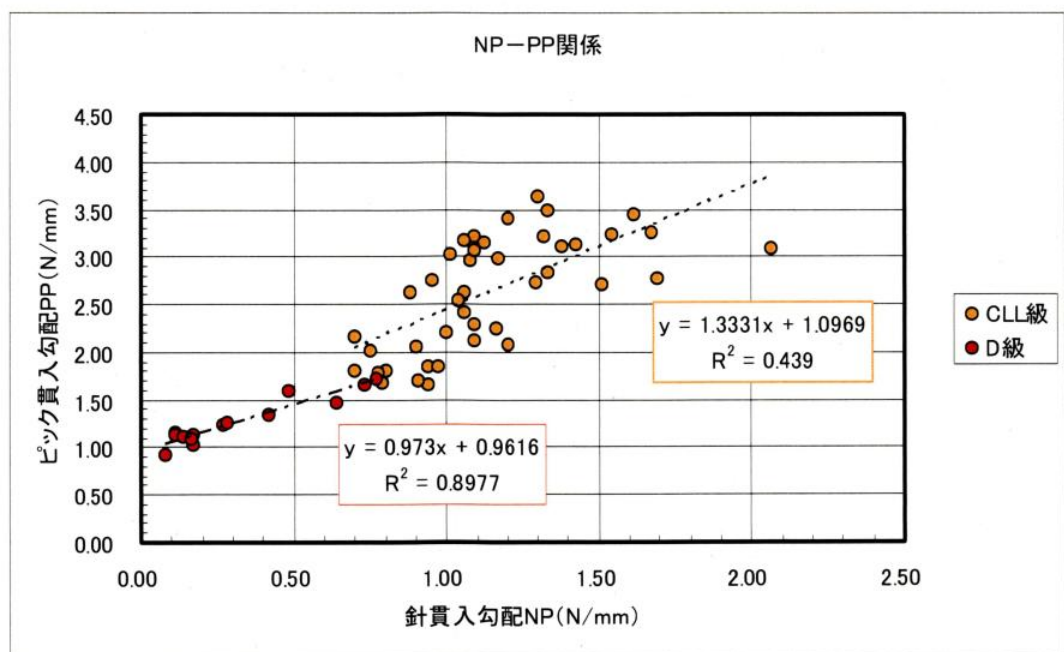
※「土木学会岩盤力学委員会編集：軟岩の調査・試験の指針（案）－1991年版－，第1版・第4刷，1992.12」による鍋立山トンネルの泥質岩における針貫入勾配－一軸圧縮強さ関係に基づく $\log(qu) = 1.602 \cdot \log(NP) + 2.017$ より算出。

針貫入勾配 NP とピック貫入勾配との関係には D 級岩盤と CLL 級岩盤で以下のような関係が認められる（図－5.3.6 参照）。

$$\text{D 級岩盤} : PP = 0.973NP + 0.9616 \quad (R^2 = 0.8977)$$

$$\text{CLL 級岩盤} : PP = 1.3331NP + 1.0969 \quad (R^2 = 0.439)$$

また、針貫入勾配 NP とピック貫入勾配 PP は実測値の幅が広いものの、平均値では D 級岩盤と CLL 級岩盤で比較的明瞭な強度差が認められ、NP では概ね 0.7N/mm 以上が CLL 級岩盤で、PP では概ね 1.7N/mm 以上が CLL 級岩盤となる傾向を示す。



図－5.3.6 針貫入勾配 NP とピック貫入勾配 PP の関係

※ NP と PP の対応は、各試験面における幅 10cm の領域の平均値としている（各試験面で 7 個のデータが分布）

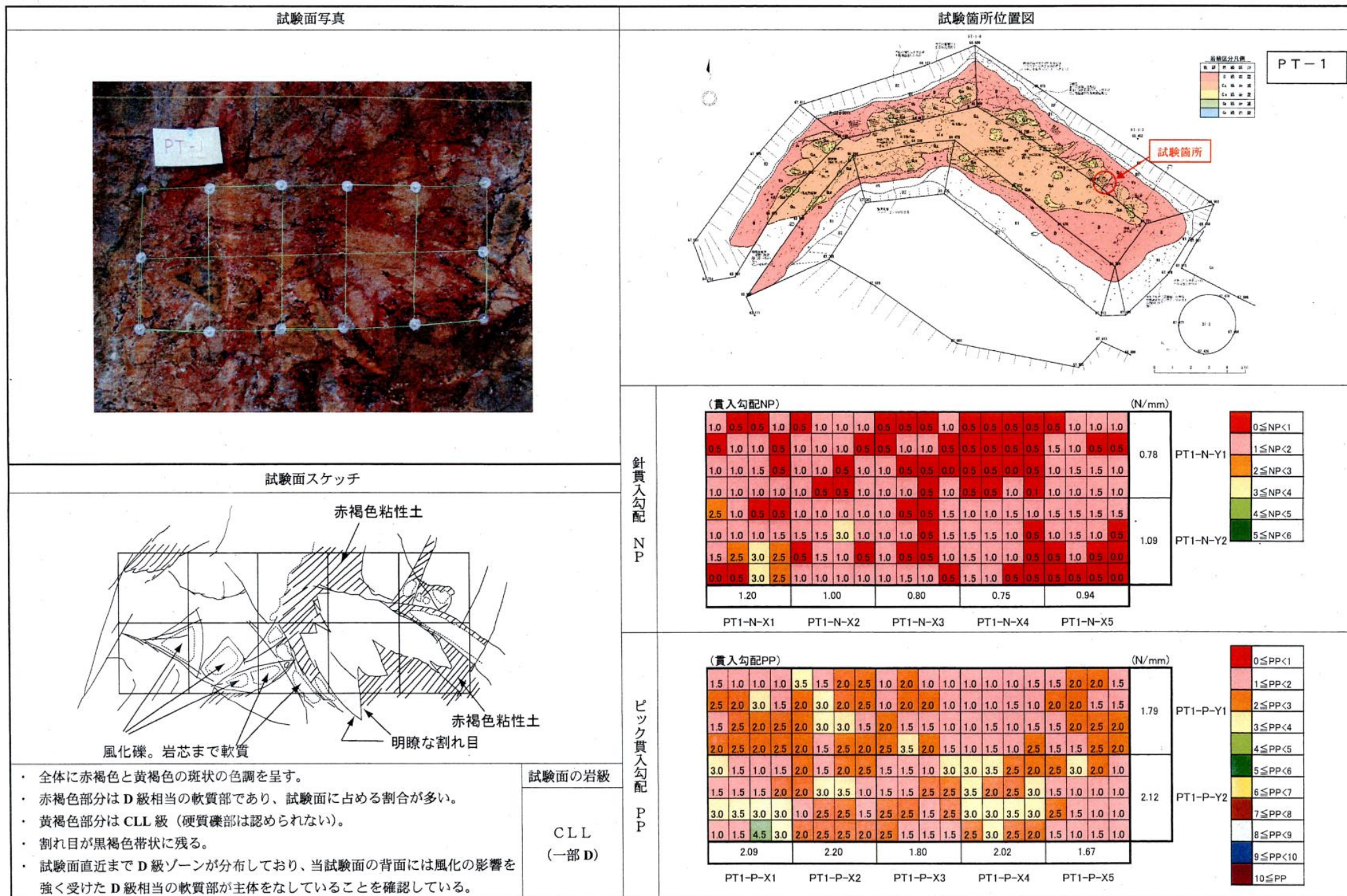
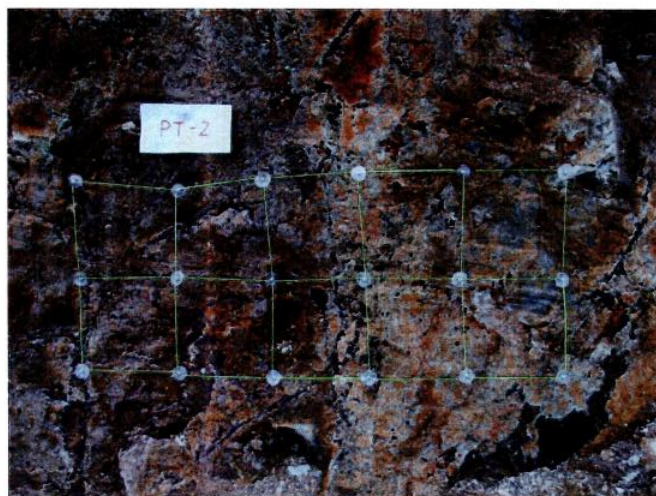
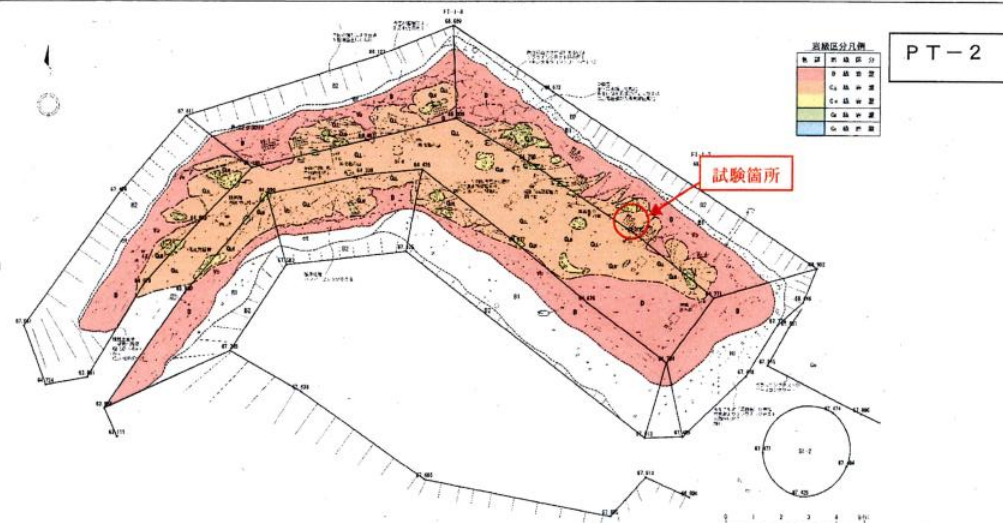


図-5.3.4(1) 針およびピック貫入試験結果 (PT-1)

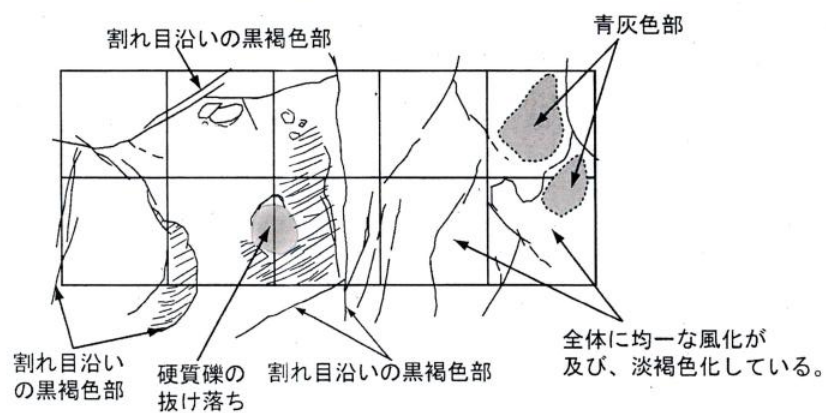
試験面写真



試験箇所位置図



試験面スケッチ



- ・ 全体に黄褐色を呈す。
- ・ 硬質礫を径 1~3cm 大の円礫状に残す。
- ・ 部分的に青灰~灰色の岩芯部分あり。

試験面の岩級

CLL

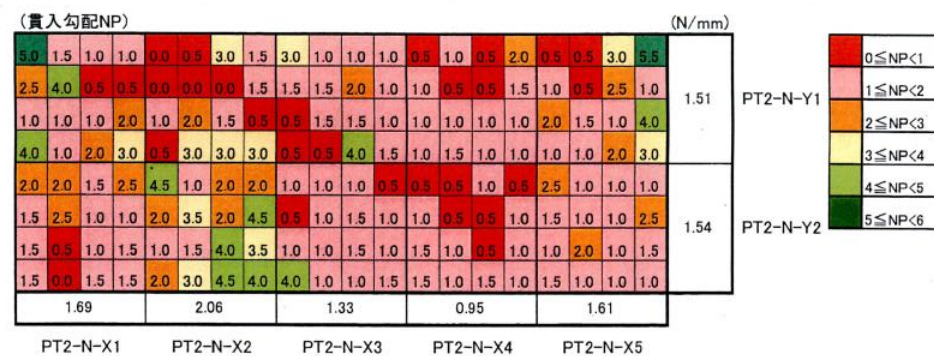
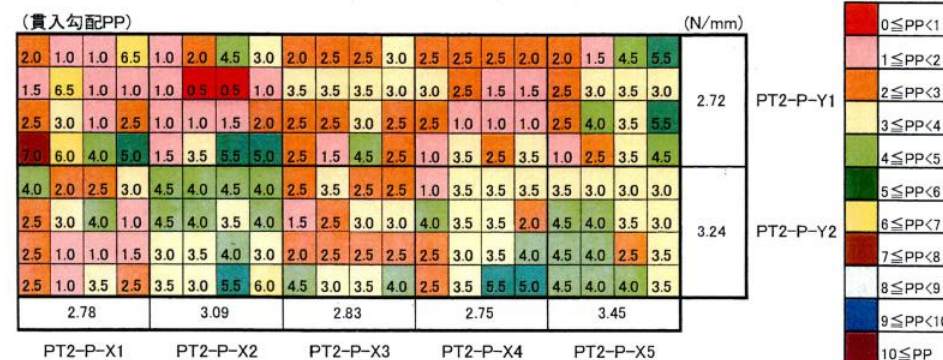
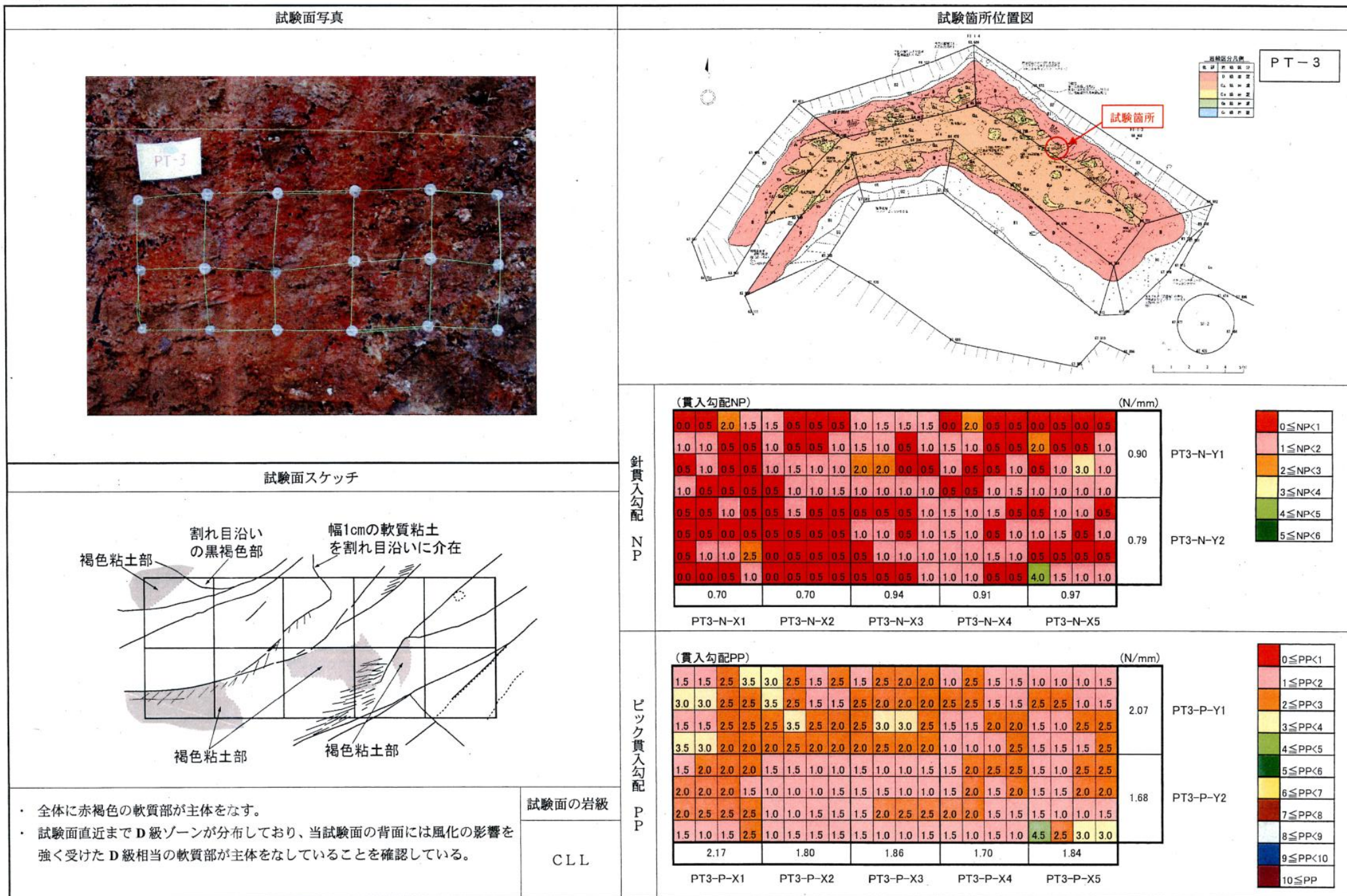
針貫入勾配
NPピック貫入勾配
PP

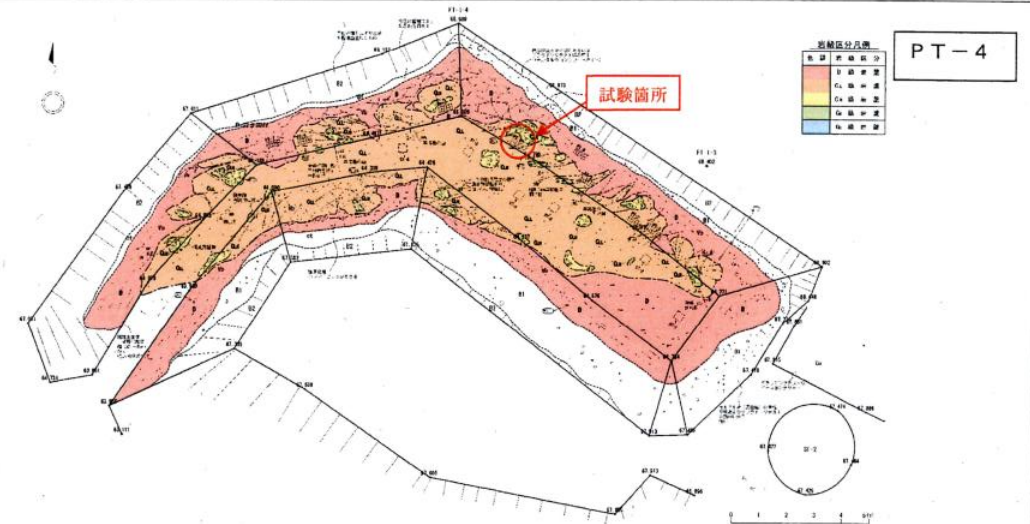
図-5.3.4(2) 針およびピック貫入試験結果 (PT-2)



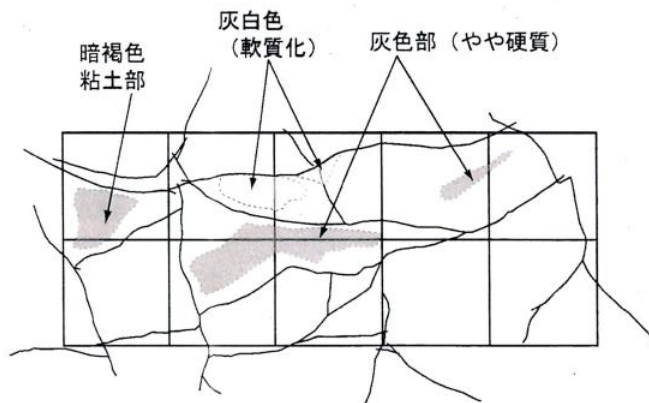
試験面写真



試験箇所位置図



試験面スケッチ

針貫入勾配
NP

(貫入勾配NP)																				(N/mm)	
0.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	2.0	1.5	1.5	2.0	1.5	1.29	PT4-N-Y1
1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0		
2.0	0.5	0.5	1.0	1.5	1.0	2.5	2.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	1.0	1.5			
1.5	0.5	2.5	3.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.0	1.5	1.0	0.5	0.5		
2.0	1.5	1.0	2.0	2.0	1.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0		
1.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	0.5	0.5	0.5	2.5	1.38	PT4-N-Y2
1.5	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	1.5	1.5	3.5		
1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	3.0	2.5	2.0	4.5	3.5	5.0	4.5	2.5
1.09								1.17						1.08						1.42	
																				1.67	
PT4-N-X1					PT4-N-X2					PT4-N-X3					PT4-N-X4					PT4-N-X5	

ピック貫入勾配
PP

(貫入勾配PP)																				(N/mm)	
2.0	2.5	2.0	2.0	2.0	1.0	2.5	3.0	3.5	3.5	2.5	5.0	2.5	3.0	2.5	2.0	5.5	3.5	1.5	2.0	2.73	PT4-P-Y1
3.0	3.0	3.5	1.0	2.0	3.0	2.5	2.5	1.5	1.5	2.0	2.5	2.0	2.5	3.0	6.0	2.5	3.0	5.0	3.5		
1.5	1.0	1.0	1.0	5.5	5.0	2.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	3.0	4.5	3.0	2.0	2.0	3.0	4.0		
3.5	1.5	2.5	3.5	4.0	3.5	2.0	2.0	3.5	3.0	2.0	3.0	4.0	2.0	5.0	2.0	3.0	1.0	4.0	3.0		
4.0	2.0	1.0	3.0	4.0	4.0	7.5	5.5	4.0	4.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	3.5			
5.0	1.0	1.0	1.0	1.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.5	3.5	1.5	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	2.5	3.12	PT4-P-Y2
3.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.5	3.0	1.5	1.0	2.0	4.0	3.0	3.5	1.5	3.5	7.0	8.0	4.5	1.5	5.0		
3.0	3.5	4.0	1.5	2.5	4.0	3.5	1.5	1.0	3.5	4.0	3.0	3.0	3.5	6.0	5.0	8.5	3.5	4.0	2.5		
2.30								2.98						2.97						3.13	
																				3.25	
PT4-P-X1					PT4-P-X2					PT4-P-X3					PT4-P-X4					PT4-P-X5	

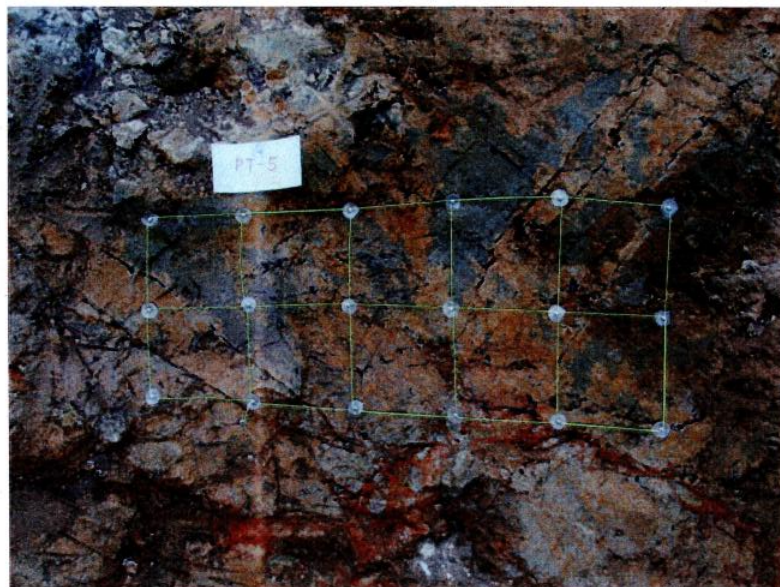
- 全体に淡褐色に風化した岩塊部に相当する。
- 網目状の割れ目沿いに黒褐色介在物あり。

試験面の岩級

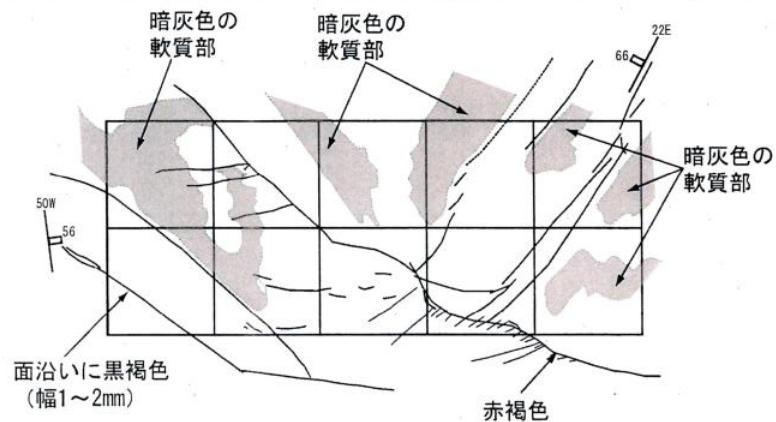
CLL

図-5.3.4(4) 針およびピック貫入試験結果 (PT-4)

試験面写真



試験面スケッチ

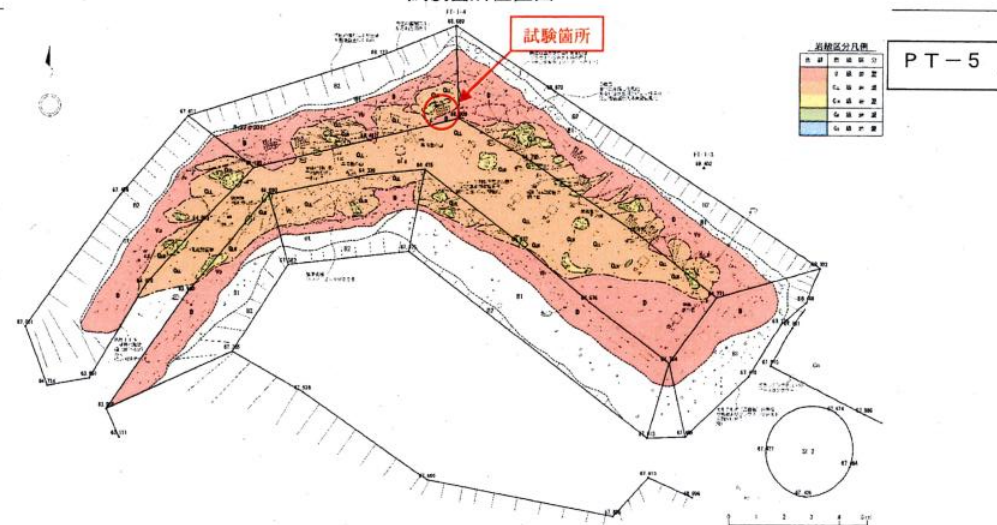


試験面の岩級

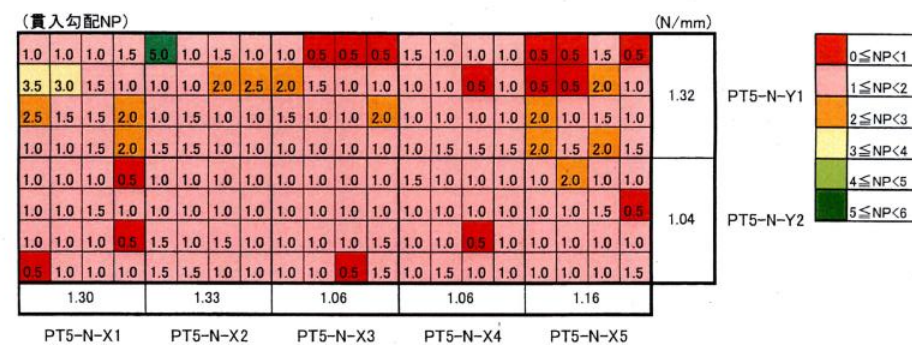
CLL

- ・ 全体に淡褐色を呈すが、青緑灰色残留部も認められる。
- ・ 当範囲の左上には硬質礫の残留部が認められる。(直径 30cm)

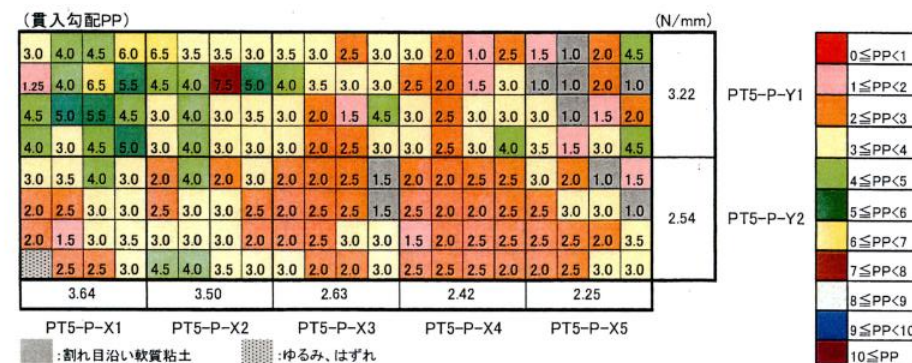
試験箇所位置図



針貫入勾配
NP



ピック貫入勾配
PP

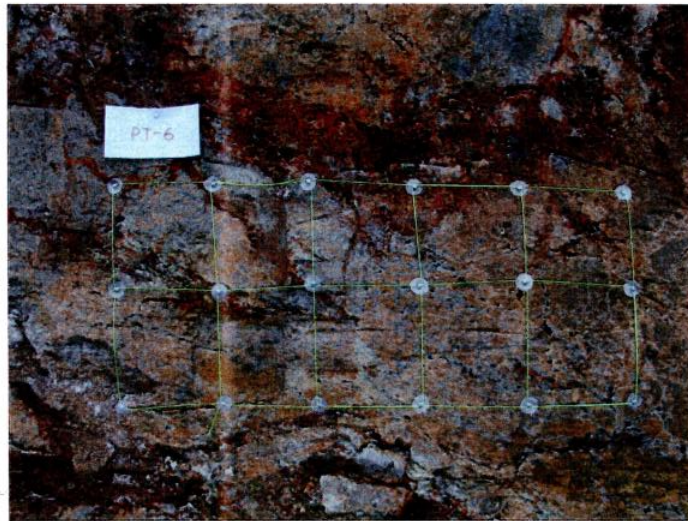


割れ目沿い軟質粘土

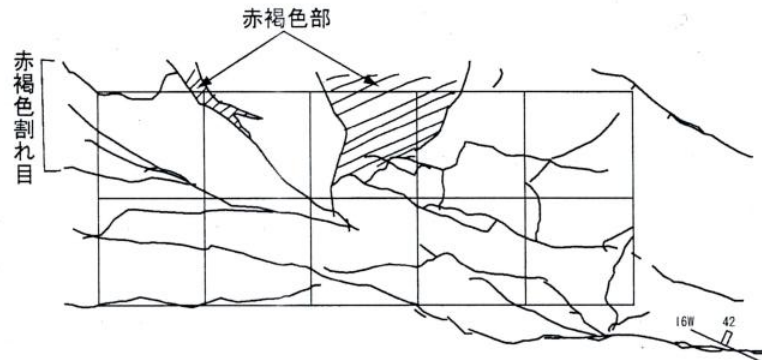
ゆるみ、はずれ

図-5.3.4(5) 針およびピック貫入試験結果 (PT-5)

試験面写真



試験面スケッチ

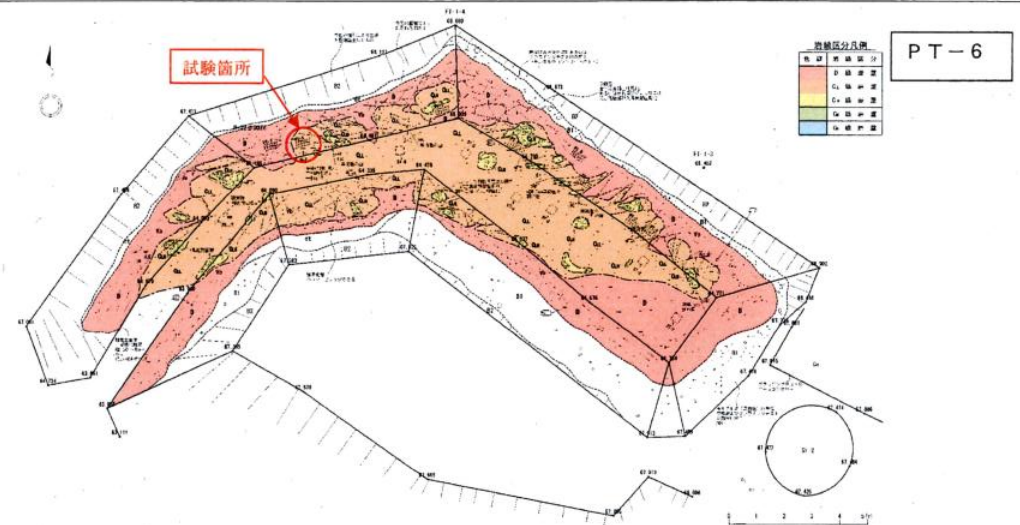


- 大半が礫部に該当するが、風化によって軟質化しており、表面は砂状に削れる。
(一部に硬い箇所が残留する)。

試験面の岩級

CLL

試験箇所位置図

針貫入勾配
NP

(貫入勾配NP)																		(N/mm)			
1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	2.0	1.0	1.5	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	2.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.01	PT6-N-Y1
1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	2.5	1.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0		
1.0	1.0	1.0	2.0	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	1.5	1.0	2.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0		
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	0.5	1.5	2.5	2.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0		
0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.12	PT6-N-Y2
1.0	1.0	2.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5		
1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	0.5	1.5	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5		
1.0	2.0	2.5	1.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5		
1.09		0.88		1.20		1.09		1.06													
PT6-N-X1		PT6-N-X2		PT6-N-X3		PT6-N-X4		PT6-N-X5													

PT6-N-Y1

PT6-N-Y2

ピック貫入勾配
PP

(貫入勾配PP)																				(N/mm)			
3.0	2.0	2.0	2.5	1.5	1.5	3.5	5.0	3.5	5.0	5.0	4.0	2.5	4.0	2.5	3.5	2.5	2.0	3.0	2.5	3.03	PT6-P-Y1		
2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5	3.5	2.5	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	2.5	3.5	2.0	2.0	4.5	2.0				
2.5	3.0	3.5	4.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	2.0	4.5	3.0	3.0	3.5	3.0	2.0	2.5	3.0	3.5				
3.0	3.5	3.5	4.0	3.0	2.5	3.0	3.0	2.5	3.0	5.0	4.5	3.5	4.5	4.5	3.0	2.5	3.0	4.0	2.5				
2.5	3.0	5.0	3.0	2.5	2.0	2.0	3.0	2.0	2.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.5	4.0	3.16	PT6-P-Y2		
3.0	3.0	5.0	1.5	1.5	4.5	3.0	3.0	2.5	3.5	4.0	3.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.5	4.5	3.0				
4.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5				
4.5	3.0	4.5	2.5	2.0	1.5	3.0	3.0	3.5	4.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	3.5	3.0	3.5	3.5	3.5				
3.06				2.63				3.41				3.22				3.17							
PT6-P-X1				PT6-P-X2				PT6-P-X3				PT6-P-X4				PT6-P-X5							

0 ≤ PP < 1
1 ≤ PP < 2
2 ≤ PP < 3
3 ≤ PP < 4
4 ≤ PP < 5
5 ≤ PP < 6
6 ≤ PP < 7
7 ≤ PP < 8
8 ≤ PP < 9
9 ≤ PP < 10

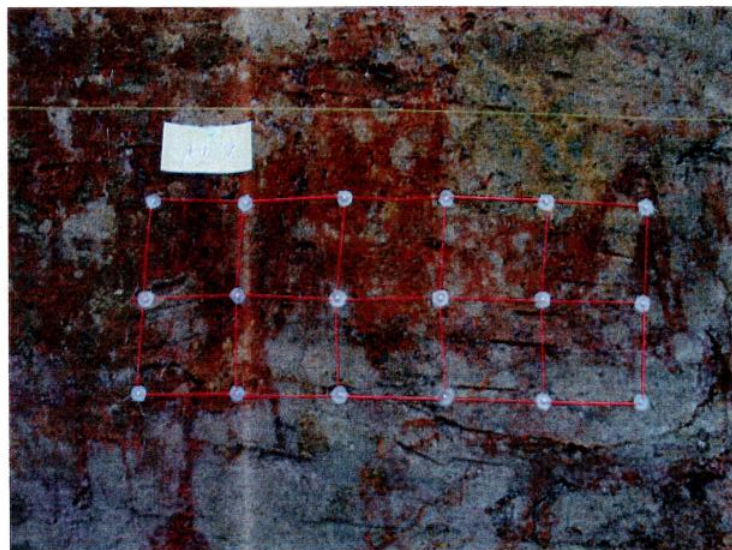
PT6-P-Y1

PT6-P-Y2

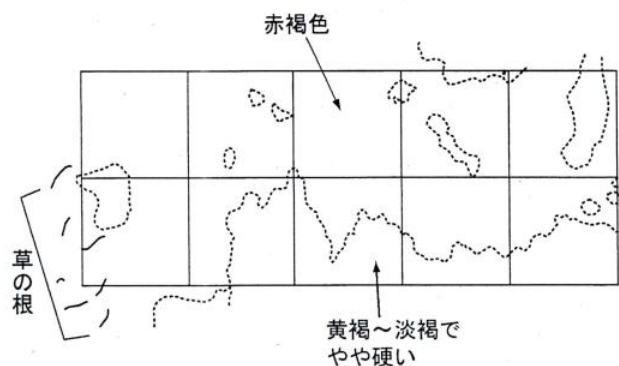
※ 2~4N/mm貫入時の引き抜きには、径1cm $\times$ α の範囲で破壊が生じる。

図-5.3.4(6) 針およびピック貫入試験結果 (PT-6)

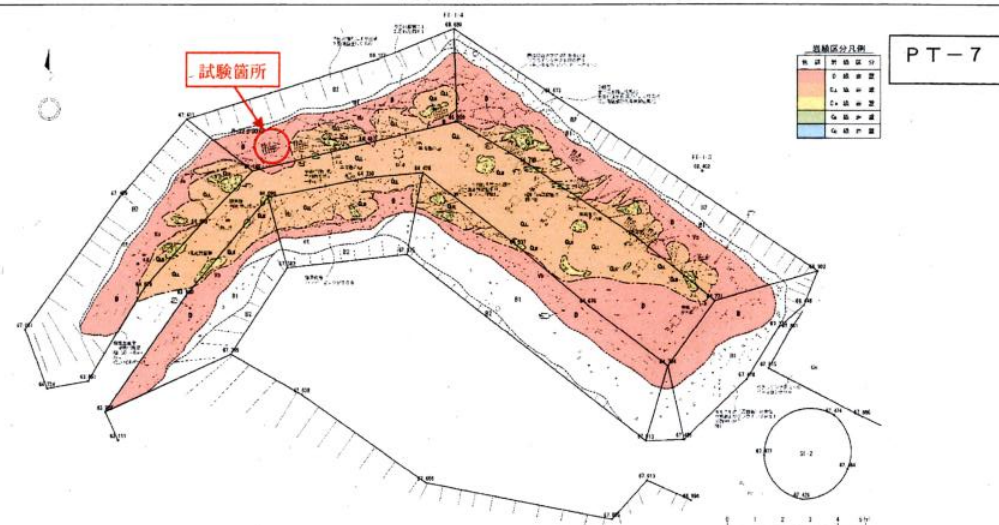
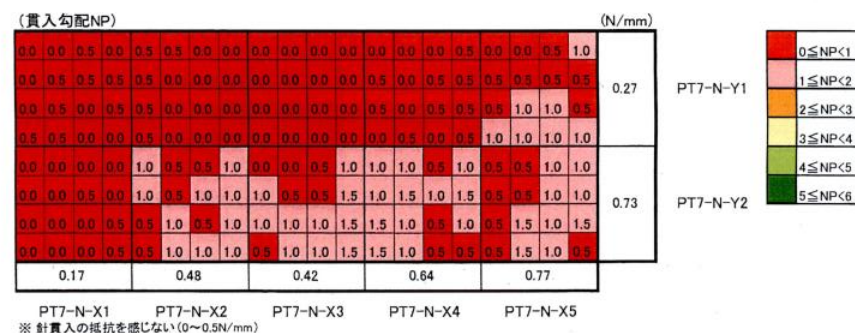
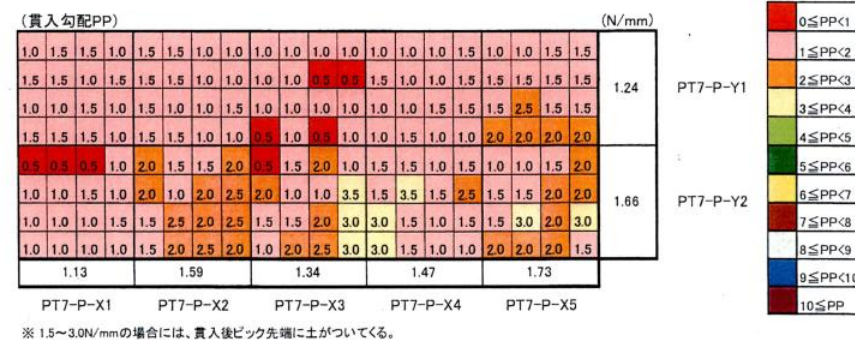
試験面写真



試験面スケッチ



試験箇所位置図

針貫入勾配
NPピック貫入勾配
PP

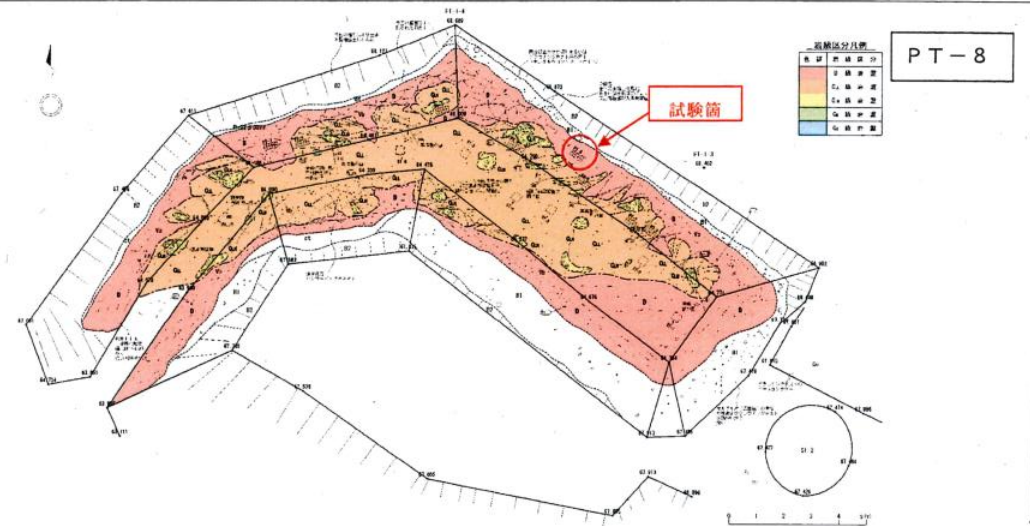
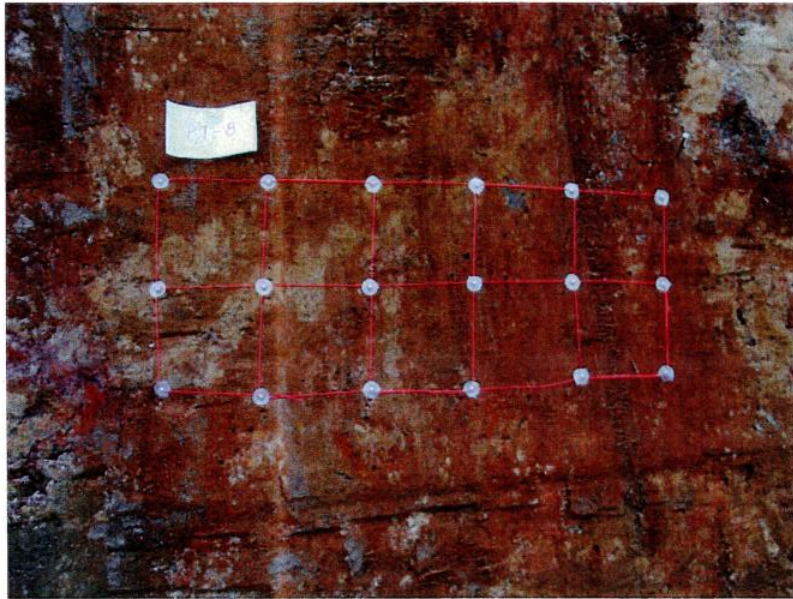
- ・ R-22 孔の深度 1.1~1.3m に該当する。
- ・ 全体に赤褐色を呈し、軟質である。但し、黄褐色部分および黒褐色部分、少々堅い。
- ・ 指圧により容易にへこむ。

試験面の岩級

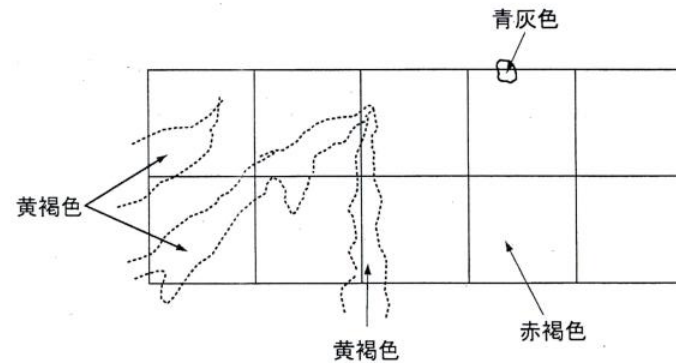
D

図-5.3.4(7) 針およびピック貫入試験結果 (PT-7)

試験箇所位置図



針貫入勾配
NP



(貫入勾配NP)																				(N/mm)						
0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.14	PT8-N-Y1					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0							
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0							
0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.16	PT8-N-Y2					
0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0							
0.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
0.28					0.17					0.11					0.11					0.08						
PT8-N-X1					PT8-N-X2					PT8-N-X3					PT8-N-X4					PT8-N-X5						

※ 針貫入の抵抗を感じない。

ピックアップ入勾配 PP

(貫入勾配PP)																		(N/mm)		
1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	1.11	PT8-P-Y1	0≤PP<1
0.5	1.0	1.0	1.5	1.5	0.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5			1≤PP<2
1.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	2≤PP<3			
1.5	1.0	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	1.0	1.0	3≤PP<4			
1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	1.0	1.0	4≤PP<5			
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	5≤PP<6			
1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	0.5	6≤PP<7			
1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	1.5	2.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7≤PP<8			
1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	8≤PP<9			
1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	9≤PP<10			
1.27				1.02				1.16				1.14				0.92				
PT8-P-X1				PT8-P-X2				PT8-P-X3				PT8-P-X4				PT8-P-X5				

※ ピック貫入による抵抗が小さい。

- ・ 全体に赤褐色の砂質粘土で軟質である。
- ・ 指圧により容易にへこむ。

試験面の岩級

D

図-5.3.4(8) 針およびピック貫入試験結果 (PT-8)

5.3.4 大孔径ボーリング

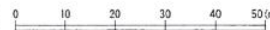
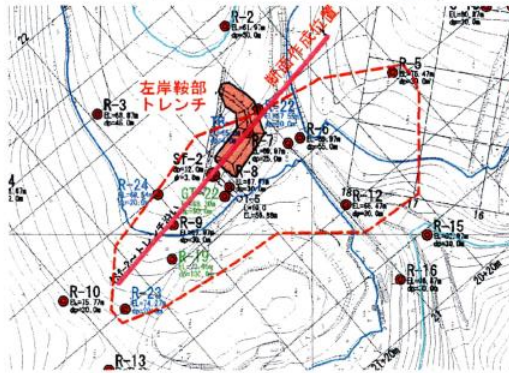
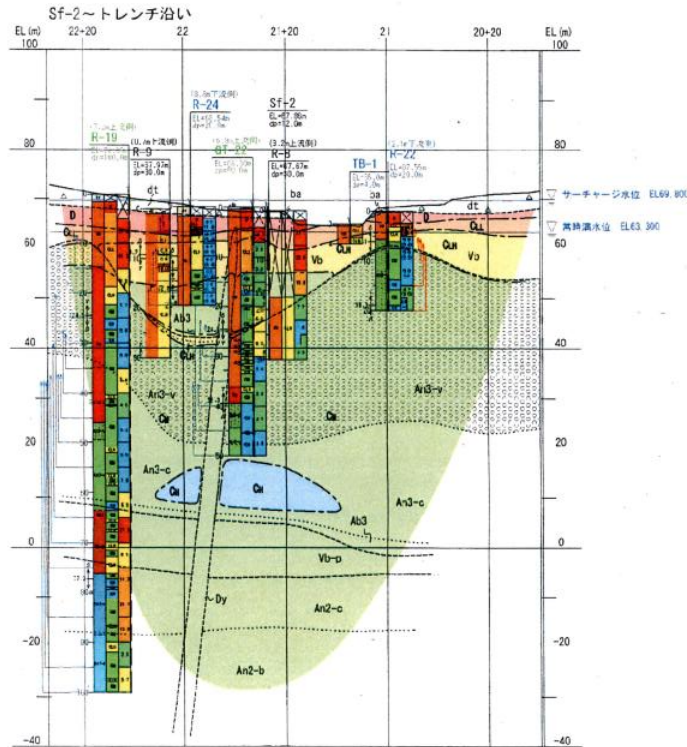
左岸鞍部トレンチ内から実施した大孔径ボーリング TB-1 孔では、トレンチ底盤から深度 2.8m まで CLL 級岩盤が分布し、深度 2.8m 以深で CLH 級岩盤が分布することが把握された（写真－5.3.6 参照）。

TB-1 孔の調査結果に基づくトレンチ付近の岩級区分図は図－5.3.7 に示すとおりである。



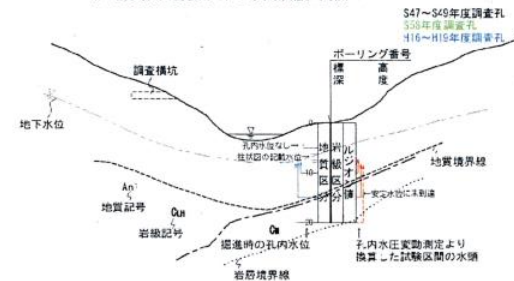
写真－5.3.6 TB-1 孔コア写真

Sf-2～トレンチ沿い岩級区分図 S=1:1,000



		凡 例		
地質時代	地 質 名	色 調 号	記 事	
朱国結核頁岩	第三紀（完新世）	「 礫 二	▲ ba	礫石層。ダムサイト下流の礫石層に分布。
		現河床堆積層	▲ rd	礫層を主体とする。礫の河川より100m分。
		崖堆積層	▲ dt	土砂。河川よりなる。ダムサイト左岸の山麓を広く覆う。
		段丘堆積帯Ⅱ	○ tr-0	礫層を主体とする。ダムサイトおよびダムサイト右岸の山麓に平均高度を以て広く分布。
		段丘堆積帯Ⅰ	○ tr-0	礫層よりなるが、礫化の影響を一掃しより硬くならない。段丘の頂部に分布する。
	新第三紀火山岩	（ 礫密安山岩 ）	An5	礫石の割合は、礫石を含む。流理が安直する。上部の一部には、柱状節理が認められる。
		（ 同自融碎伏安山岩 ）	Ab5	青色を帯びる自融碎岩。
		（ 貫入岩 ）	Dy	ダムサイト上流及び右岸山脚に安直に分布する。
		（ 礫密安山岩 ）	An4	礫と流理。礫石の割合は、礫石を含む。沿岸のみでの分布であり、下流の礫石層は礫石が減少して礫質する。
		（ 同自融碎伏安山岩 ）	Ab4	礫と流理。青色を帯びる自融碎岩。
基本第三紀火山岩	（ 新世 ）	火山角礫岩	Vb	多孔質安山岩と流理を含む高質部よりなり、火山角礫岩を成す。
		（ 同色礫密安山岩多孔質部 ）	An3-a	礫密安山岩の多孔質部。流理安山岩は礫質部。
		（ 灰色礫密安山岩 ）	An3-c	礫石の割合、礫石の割合は、礫石と比較し、礫石の割合は少ない。礫石に深部に多く見られる。流理は黄色や灰色。
		（ 同自融碎伏安山岩 ）	Ab3	自融碎岩。赤褐色の流理が多孔質である。
		軽石火山角礫岩	Vb-p	軽石の割合が約50%を占める。流理は安山岩。礫石にガラス質。多孔質の割合は、流理の割合は異なる。
	代新世後期	（ 同自融碎伏安山岩 ）	Ab2	赤褐色を帯びる自融碎岩。流理の一部はオレンジ色で認められる。
		（ ガラス質多孔質安山岩 ）	An2-a	ガラス質流理を含む多孔質部。流理安山岩は流理する。
		（ ガラス質緻密安山岩 ）	An2-c	暗灰色に灰色を帯びるガラス質の流理。流理は流理が認められる。
		（ ガラス質角礫伏安山岩 ）	An2-b	流理は流理を成す。流理は、流理に沿って、流理は流理の流理が認められる。多孔質の流理は流理し、一層流理が認められる。
		火山噴灰層	Ltf	火山噴灰。流理の割合は約50%を占める。流理は安山岩。礫石は流理が認められる。
新世後期	（ ガラス質多孔質安山岩 ）	An1	ガラス質流理を含む多孔質部。流理安山岩は流理する。	
	（ ガラス質緻密安山岩 ）	An1-c	暗灰色に灰色を帯びるガラス質の流理。	
	（ ガラス質角礫伏安山岩 ）	An-b	流理は流理を成す。流理は、流理に沿って、流理は流理の流理が認められる。多孔質の流理は流理し、一層流理が認められる。	

※ 地質時代、地質名は1/5万早岐図幅より引用



岩級区分凡例		岩級区分 ボーリング柱状図凡例	
色調	岩級区分	色調	岩級区分
■	D 級岩盤	■	D 級岩盤
■	DL 級岩盤	■	DL 級岩盤
■	DLH 級岩盤	■	DLH 級岩盤
■	DLH 級岩盤	■	DLH 級岩盤
■	DLH 級岩盤	■	DLH 級岩盤
■	DLH 級岩盤	■	DLH 級岩盤

工 事 名			
図 面 名	Sf-2～トンネル手扱い着境区分図		
作成年月日	平成 年 月		
縮 尺	1:1,000	図面番号	
会 社 名	株式会社 建設技術研究所		
事業者名	長崎県 石木ダム建設事務所		

図-5.3.7 鞍部縦坑（SF-2）～トレンチ沿い岩級区分図

5.3.5 室内岩石試験

室内岩石試験用の乱さない試料の採取箇所は、図－5.3.8 に示すとおりである。

試験結果は表－5.3.4 に一覧として示すとおりであり、湿潤密度－含水比関係、湿潤密度－吸水率関係、湿潤密度－一軸圧縮強さ関係を図－5.3.9 に示した。また、図－5.3.9 の湿潤密度－一軸圧縮強さ関係においては、供試体整形段階において供試体の一部が欠落したものや変形したもののデータは棄却している（写真－5.3.7～写真－5.3.9 参照、湿潤密度－一軸圧縮強さ関係グラフにおける供試体番号は図－5.3.10 参照）。

岩石試験結果からは以下の傾向が把握できる。

- (1) 湿潤密度－含水比の関係では、密度が大きくなるほど含水比が小さくなる傾向が明瞭に認められる。
- (2) このうち、D 級岩盤は湿潤密度 $1.3\sim 1.7\text{g/cm}^3$ 、含水比 50～80% 付近の狭い範囲に集中的に分布する傾向が強い。また、CLL 級岩盤は D 級岩盤の分布域と重複しながら高密度・低含水比の領域にまで分布域を広げる。
- (3) 湿潤密度－吸水率関係では、上述した湿潤密度－含水比関係と同様な傾向を示すが、試験値がより直線的にプロットされる。
- (4) 湿潤密度－一軸圧縮強さ関係では、D 級岩盤と CLL 級岩盤のデータ分布域に明瞭な違いが認められ、同じ湿潤密度においても CLL 級岩盤の強度が D 級岩盤よりも大きい傾向が認められる。
- (5) 一軸圧縮試験結果による湿潤密度－一軸圧縮強さ関係では、湿潤密度 ρ_{ti} が概ね 1.4g/cm^3 以下の領域において D 級岩盤と CLL 級岩盤の一軸圧縮強さ q_u が重複する。しかし、 $\rho_{ti}=1.4\text{g/cm}^3$ 付近から高密度になるほど D 級岩盤と CLL 級岩盤の q_u の開きが大きくなる傾向を示す。
- (6) 供試体周辺を拘束して圧縮した三軸 UU 試験では、上記一軸圧縮試験で認められたような低強度データは認められず、概ね 100kN/m^3 以上の領域において D 級岩盤と CLL 級岩盤に明瞭な違いが認められる。
- (7) 三軸 UU 試験では、D 級岩盤が ρ_{ti} の値に関わらず q_u が $100\sim 130\text{kN/m}^3$ を示すのに対して、CLL 級岩盤では密度が大きくなるほど一軸圧縮強さも大きくなる傾向が顕著である。なお、トレンチ底盤から深度 2.7～3.5m で採取した CLL 級岩盤試料（TB1-7）のみ、 489.6kN/m^2 と突出した強度を示す。

以上述べたように、今回実施した岩石試験では、試験値のばらつきが比較的小さい上に、D 級岩盤と CLL 級岩盤の試験値にも比較的明瞭な違いが認められた。しかし、一軸圧縮強さについては、前述した針貫入試験結果による換算一軸圧縮強さで D 級平均値＝132.5kN/m³、CLL 級平均値＝382.5kN/m³ が得られており、CLL 級岩盤については三軸 UU 試験による q_u 平均値＝144.9kN/m²（TB1-7 を除く）に比べて約 2.6 倍の違いがあることが課題として残る。

表-5.3.4 室内岩石試験結果

サン グン 方 法	試料番号			岩級		供試体状 況(視認)	物理特性						力学特性						備 考
							含水比 w ₁ (%)	湿潤密度 ρ _{ti} (g/cm ³)	乾燥密度 ρ _{di} (g/cm ³)	飽和度 Sr(%)	有効間隙率 ne(%)	吸水率 ab(%)	一軸圧縮試験			三軸圧縮試験(UU)			
													一軸圧縮強さ q _u (kN/m ²)	変形係数 E ₅₀ (MN/m ²) E ₅₀ (kgf/cm ²)	三軸圧縮強さ q _u (kN/m ²)	三軸圧縮強さ q _u (kgf/cm ²)			
																	一軸圧縮強さ q _u (kN/m ²)	変形係数 E ₅₀ (MN/m ²) E ₅₀ (kgf/cm ²)	
トレンチ面				供試体															
ブ ロ ッ ク サ ン プ リ ン グ	PT-1	一軸 試料	PT-1-1	OLL (一部D)	D	69.70	1.390						19.9	0.2	4.8	49.0			亀裂あり
			PT-1-2		D	73.00	1.300					17.3	0.2	2.3	23.5			亀裂あり	
			PT-1-3		D	74.10	1.357					17.8	0.2	3.1	31.6				
		三軸 試料	PT-1-4		D		1.395	0.812								77.7	0.8		
			PT-1-5		D		1.337	0.775								101.6	1.0		
			PT-1-6		D		1.337	0.751								120.5	1.2		
		物理試 験試料	PT-1-7																吸水中に土砂化し、測定不能
			PT-1-8																吸水中に土砂化し、測定不能
			PT-1-9																吸水中に土砂化し、測定不能
	PT-2	一軸 試料	PT-2-1	OLL	OLL	45.20	1.436						181.0	1.8	23.9	243.8			
			PT-2-2		OLL	45.10	1.472					185.0	1.9	27.9	284.6				
			PT-2-3		OLL	43.50	1.484					195.0	2.0	27.3	278.5				
		三軸 試料	PT-2-4		OLL		1.434	0.891									171.8	1.8	
			PT-2-5		OLL		1.292	0.809									130.7	1.3	
			PT-2-6		OLL		1.393	0.908									180.6	1.8	
		物理試 験試料	PT-2-7		OLL	46.82	1.704	1.160	98.00	55.45	47.79								
			PT-2-8		OLL	33.36	1.739	1.304	97.30	44.68	34.27								
			PT-2-9		OLL	34.18	1.736	1.294	97.30	45.47	35.14								
	PT-3	一軸 試料	PT-3-1	OLL	D	58.30	1.305						17.1	0.2	3.7	37.7			
			PT-3-2		D	60.20	1.372					25.2	0.3	4.8	49.0				
			PT-3-3		D	62.00	1.332					14.2	0.1	3.7	37.7				
		三軸 試料	PT-3-4		D		1.302	0.781									81.8	0.8	
			PT-3-5		D		1.322	0.780									89.3	0.9	
			PT-3-6		D		1.379	0.846									109.1	1.1	
		物理試 験試料	PT-3-7		D	56.93	1.615	1.024	98.60	59.08	57.71								
			PT-3-8		D	55.25	1.621	1.042	99.40	57.91	55.60								
			PT-3-9		D	54.43	1.643	1.062	99.50	58.11	57.73								
	PT-4	一軸 試料	PT-4-1	OLL	一部欠落	67.10	1.329						48.3	0.5	3.1	31.6			
			PT-4-2		OLL	62.10	1.321					39.8	0.4	2.7	27.5				
			PT-4-3		OLL	64.40	1.307					43.4	0.4	3.0	30.6			亀裂あり	
		三軸 試料	PT-4-4		OLL	変形している		1.407	0.827								156.2	1.6	
			PT-4-5		OLL		1.378	0.823									175.6	1.8	
			PT-4-6		OLL	一部欠落		1.435	0.850								166.9	1.7	
		物理試 験試料	PT-4-7		OLL		64.91	1.532	0.927	99.40	60.52	65.29							
			PT-4-8		OLL		59.13	1.579	0.990	99.40	58.91	59.49							
			PT-4-9		OLL		57.54	1.593	0.984	93.00	60.89	61.89							
	PT-5	一軸 試料	PT-5-1	OLL	OLL	66.80	1.355						37.0	0.4	3.6	36.7			亀裂あり
			PT-5-2		OLL	56.10	1.334					75.4	0.8	11.9	121.4			亀裂あり	
			PT-5-3		OLL	63.50	1.361					51.1	0.5	5.6	57.1			亀裂あり	
		三軸 試料	PT-5-4		OLL		1.276	0.761									127.3	1.3	褐色粘土の割合多い。D級に近い。
			PT-5-5		OLL		1.379	0.791									115.2	1.2	褐色粘土の割合多い。D級に近い。
			PT-5-6		OLL		1.317	0.791									134.6	1.4	褐色粘土の割合多い。D級に近い。
物理試 験試料		PT-5-7	OLL		27.26	1.918	1.505	99.40	41.29	27.43									
		PT-5-8	OLL		28.69	1.882	1.460	99.40	42.16	28.88									
		PT-5-9	OLL		35.90	1.782	1.311	100.00	47.07	35.90									
PT-6	一軸 試料	PT-6-1	OLL	OLL	59.60	1.443						155.5	1.6	17.0	173.4			亀裂あり	
		PT-6-2		OLL	56.50	1.386					135.1	1.4	19.8	202.0			亀裂あり		
		PT-6-3		OLL	62.40	1.398					115.0	1.2	21.9	223.4			亀裂あり		
	三軸 試料	PT-6-4		OLL		1.357	0.793									133.3	1.4	粘りに粘土層入る	
		PT-6-5		OLL		1.582	0.962									212.2	2.2		
		PT-6-6		OLL		1.473	0.937									184.7	1.9		
	物理試 験試料	PT-6-7		OLL	65.53	1.597	0.959	98.40	63.80	66.56									
		PT-6-8		OLL	61.96	1.581	0.952	96.90	60.91	63.96									
		PT-6-9		OLL	69.58	1.564	0.912	97.20	65.25	71.57									
PT-7	一軸 試料	PT-7-1	D	D	65.90	1.338						71.3	0.7	5.3	54.1				
		PT-7-2		D	63.50	1.444					74.0	0.8	5.1	52.0					
		PT-7-3		OLL	70.90	1.483					122.3	1.2	9.6	97.9					
	三軸 試料	PT-7-4		D		1.359	0.786									96.6	1.0		
		PT-7-5		OLL		1.456	0.807									215.7	2.2		
		PT-7-6		D		1.486	0.900									128.9	1.3	亀裂あり	
	物理試 験試料	PT-7-7		D	71.63	1.500	0.869	98.70	63.08	72.55									
		PT-7-8		D	70.52	1.450	0.841	97.30	60.93	72.46									
		PT-7-9		D	72.12	1.484	0.861	99.70	62.30	72.32									
PT-8	一軸 試料	PT-8-1	D	D	53.10	1.472						89.8	0.9	6.9	70.4				
		PT-8-2		D	57.90	1.494					86.2	0.9	6.1	62.2					
		PT-8-3		D	51.10	1.582					118.3	1.2	8.0	81.6					
	三軸 試料	PT-8-4		D		1.542	0.988									121.6	1.2		
		PT-8-5		D		1.457	0.931									124.4	1.3		
		PT-8-6		D		1.440	0.921									130.8	1.3		
	物理試 験試料	PT-8-7		D	76.81	1.545	0.852	94.40	69.34	81.38									
		PT-8-8		D	70.21	1.552	0.901	97.20	65.10	72.22									
		PT-8-9		D	69.92	1.550	0.878	91.30	67.20	76.56									
トリ ブ ル サ ン プ ラ ー	TB-1 (0~1m)	三軸 試料	TB-1-1	OLL	OLL		1.505									141.3	1.4		
			TB-1-2		OLL		1.518								215.1	2.2			
			TB-1-3		OLL		1.497								199.1	2.0			
			TB-1-4		OLL		1.469								213.1	2.2			
	TB-1 (1~2m)	三軸 試料	TB-1-5	OLL	OLL		1.551									101.5	1.0		
			TB-1-6		OLL		1.545									113.8	1.2		
	TB-1 (2.7~3.5m)	三軸 試料	TB-1-7	OLL	OLL		1.824									489.6	5.0		
PT-3水平 (0~1m)	三軸 試料	PT-3-1T	OLL	OLL		62.7	1.564	0.961								202.1	2.1		
PT-3水平 (1~2m)	三軸 試料	PT-3-2T	OLL	OLL		73.2	1.502	0.867								163.8	1.7		

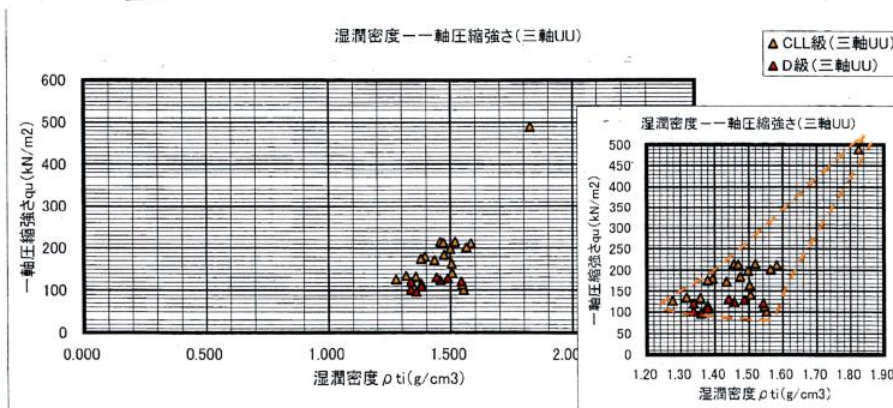
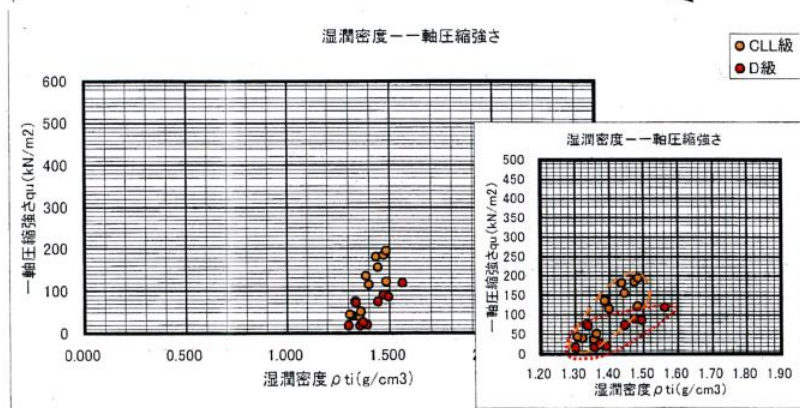
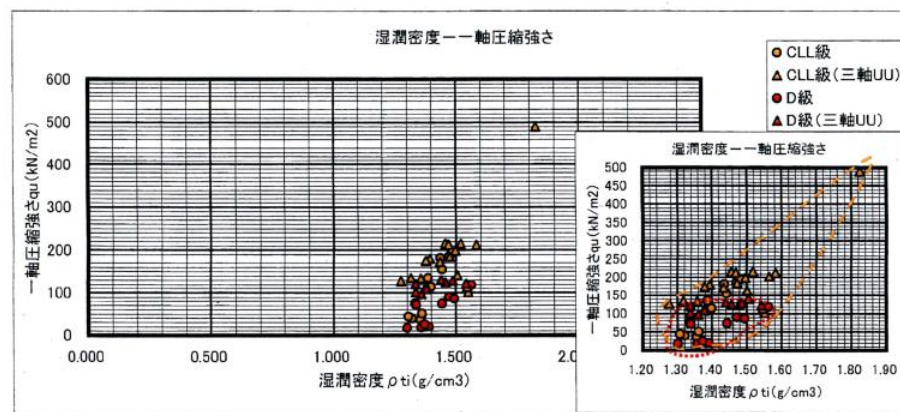
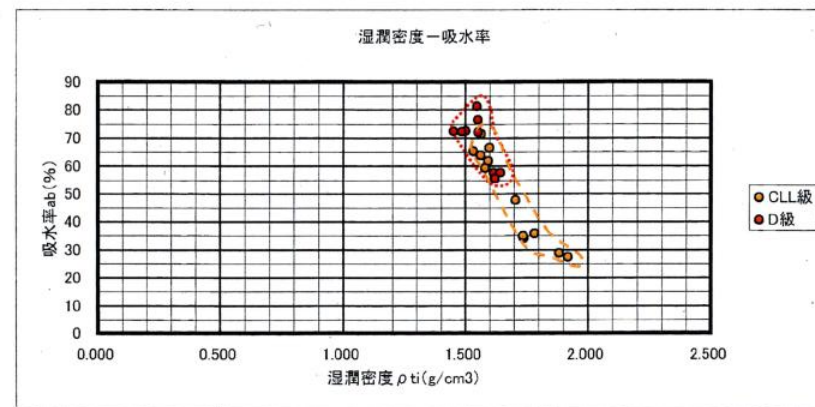
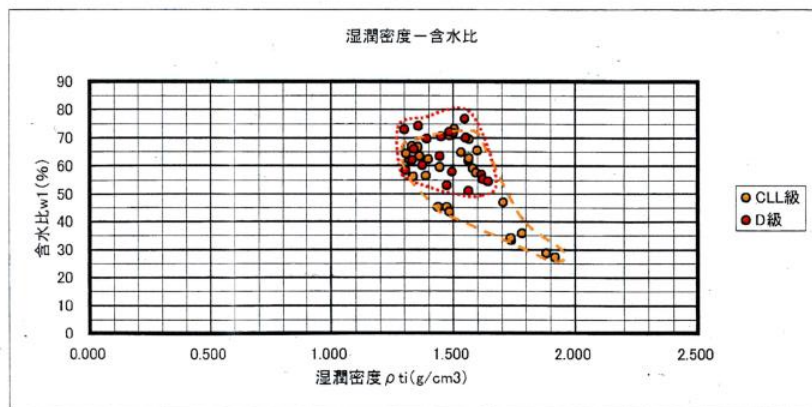
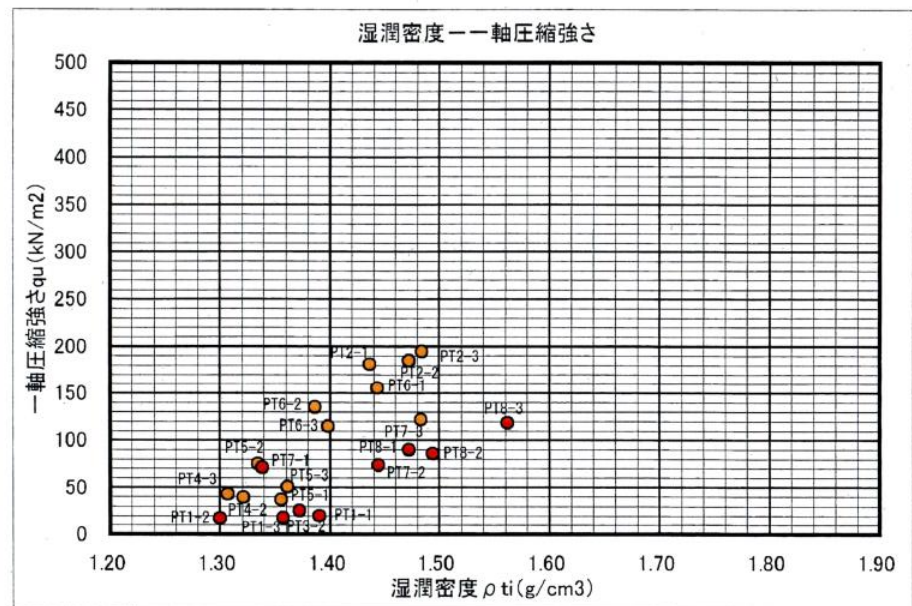
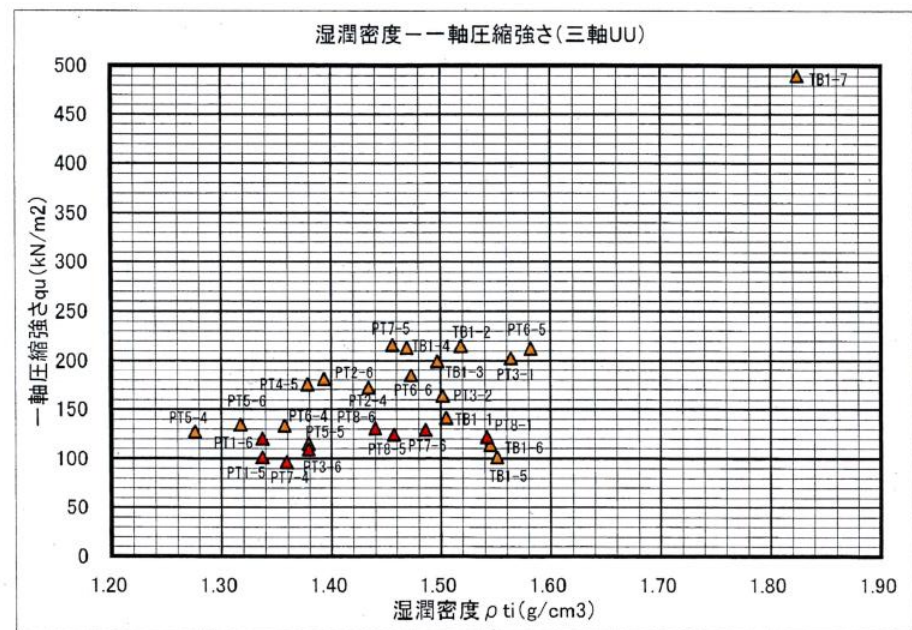


図-5.3.9 湿潤密度と含水比, 吸水率, 一軸圧縮強さの関係



(a) 湿潤密度—軸圧縮強さ関係と供試体番号



(b) 湿潤密度—軸圧縮強さ(三軸 UU) 関係と供試体番号

図-5.3.10 湿潤密度—軸圧縮強さ関係と供試体番号

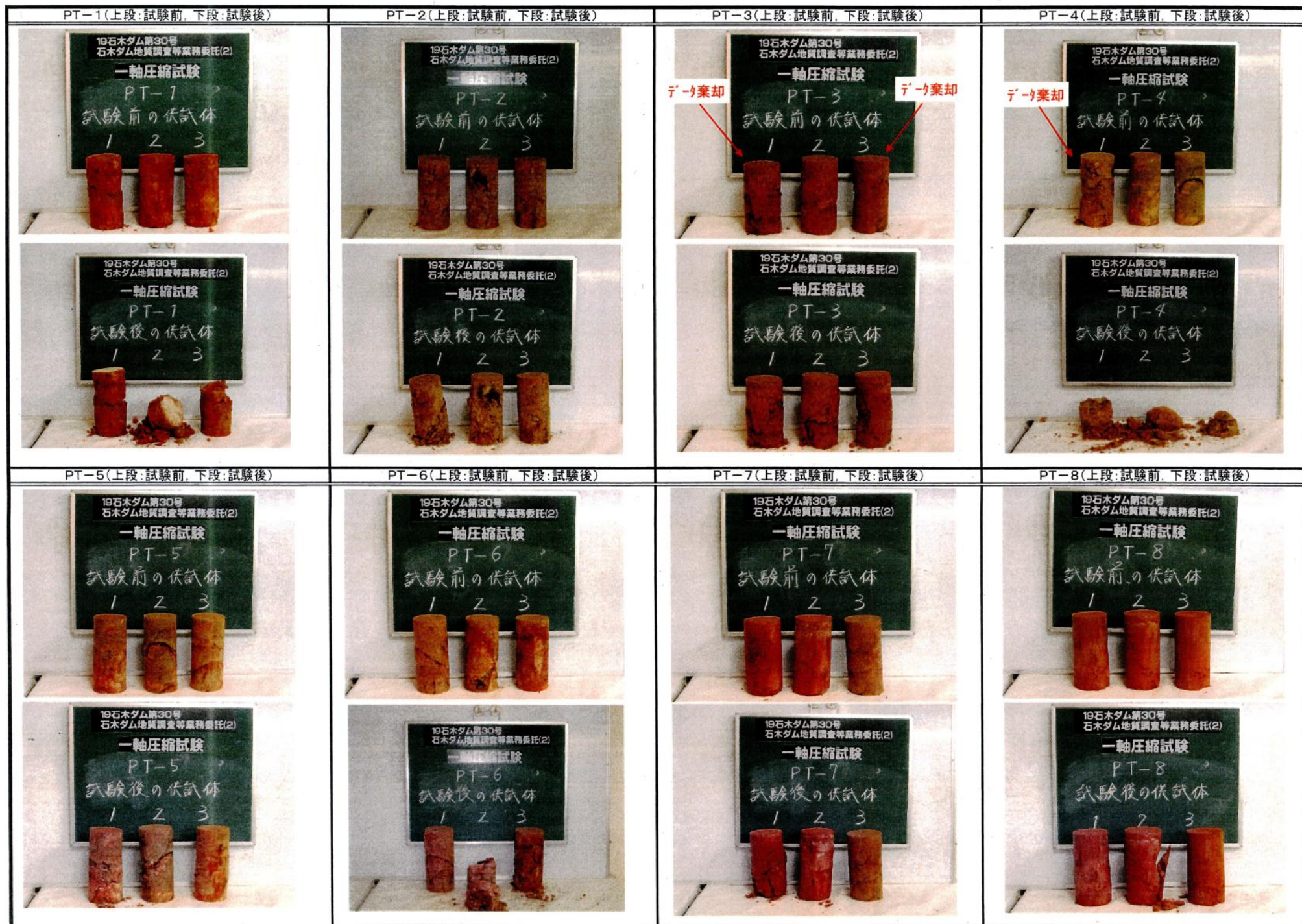


写真-5.3.7 一軸圧縮試験供試体写真



写真-5.3.8 三軸圧縮試験(UU)供試体写真

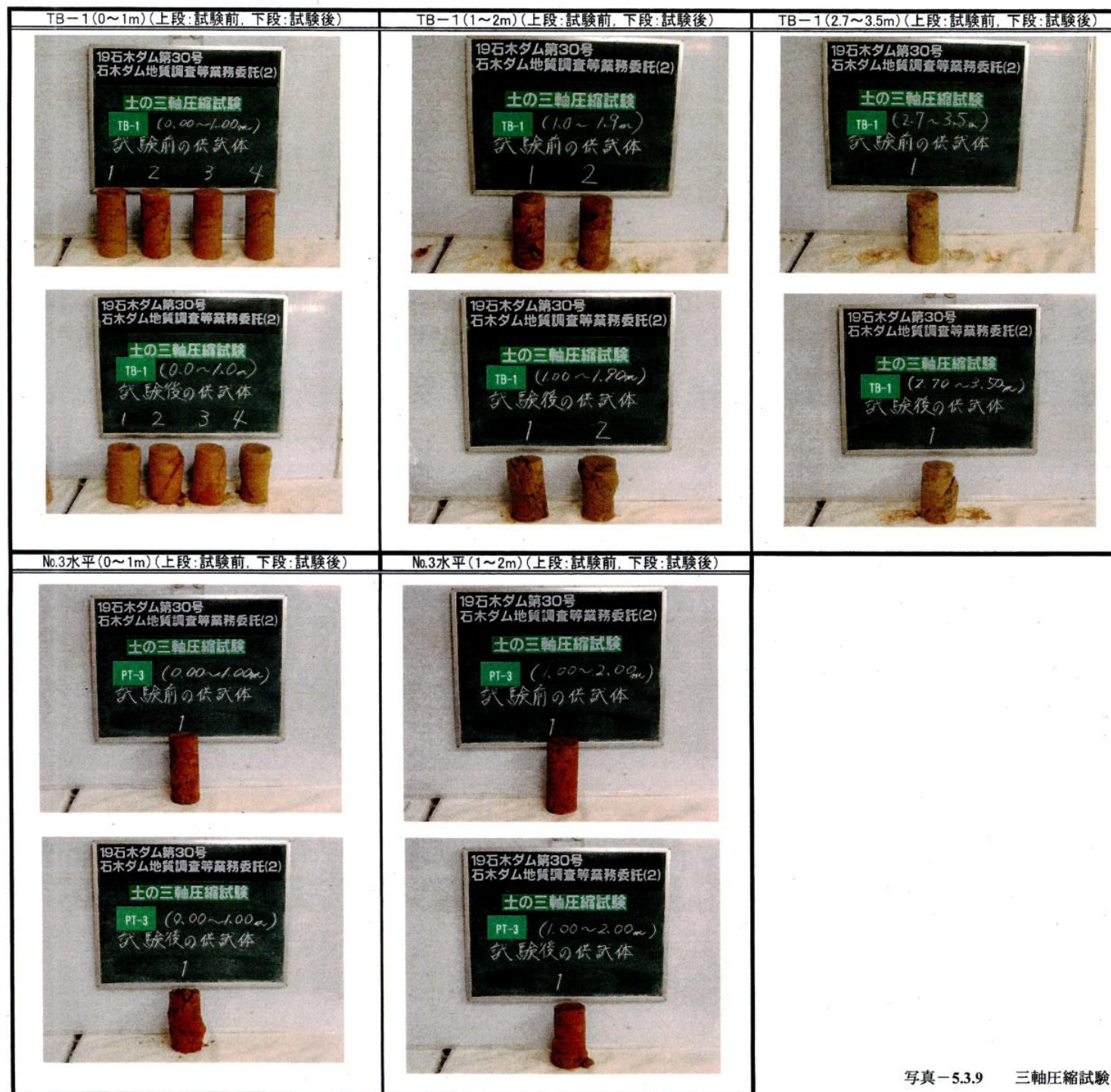


写真-5.3.9 三軸圧縮試験 (UU) 供試体写真

6. 岩盤強度の検討・整理

(1) ブロックせん断試験

左岸調査横坑（T-3 坑）および河床部横坑（T-4 坑）では S58 年にブロックせん断試験を実施している。

各試験面の岩級見直し結果は図－6.1 および図－6.2 に一覧として示すとおりである。また、各試験の $\sigma - \tau$ 関係は岩級見直し前（S58）を図－6.3(1)、岩級見直し後を図－6.3(2)に示した。

S58 年の試験実施時においては、試験値を以下のように評価している。

なお、T-4-5 ブロックは、試験時（S58）の観察においてブロックが弛んでおり、試験面付近からの湧水も認められたため、データ棄却している。

	安山岩	自破碎安山岩	軽石火山角礫岩
CL 級	$\tau = 921.2\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 45^\circ$	$\tau = 627.2\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 46.9^\circ$	—
CL～CM 級	$\tau = 1254.4\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 50^\circ$	—	—
CM～CL 級	$\tau = 2254.0\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 50^\circ$	—	$\tau = 1421.0\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 50.3^\circ$

岩級見直し後の $\sigma - \tau$ 関係は以下のように評価される。

CLH 級 : $\tau = 627.2\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 46.9^\circ \sim 921.2\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 45^\circ$

CM 級 : $\tau = 1254.4\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 50^\circ \sim 1421.0\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 50.3^\circ$

CH 級 : $\tau = 2254.0\text{kN/m}^2 + \sigma \tan 50^\circ$

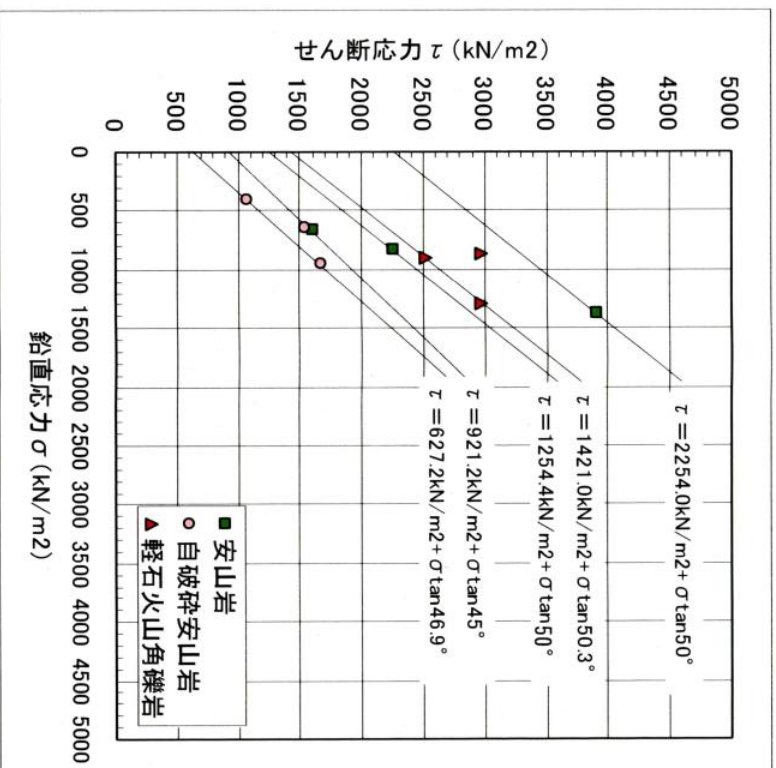


図-6.3(1) $\sigma - \tau$ 関係図 (S58 評価)

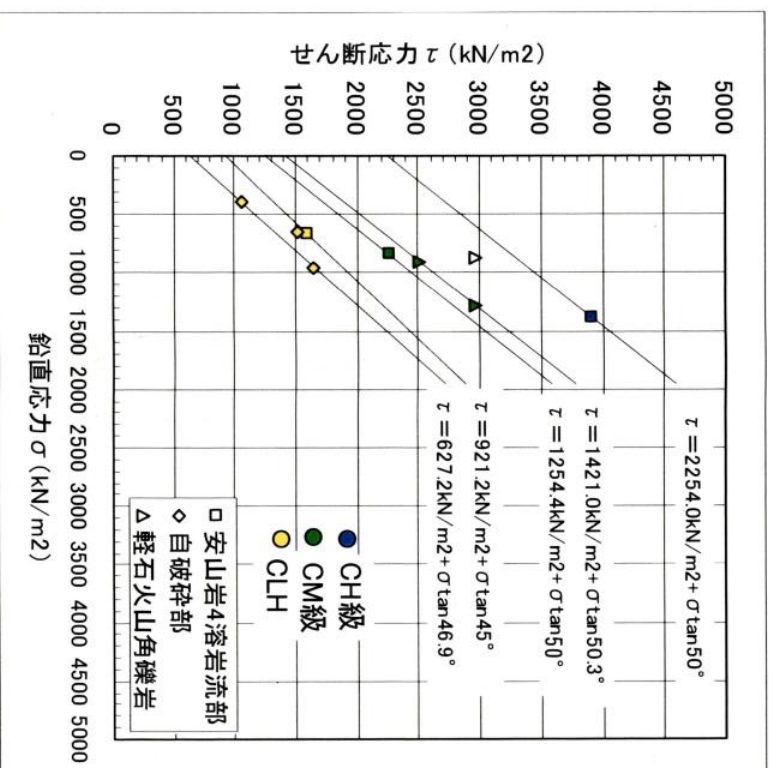


図-6.3(2) $\sigma - \tau$ 関係図 (岩級見直し後)

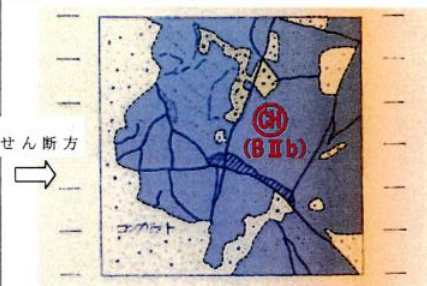
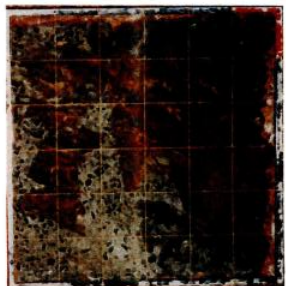
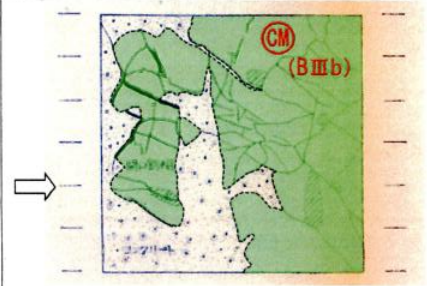
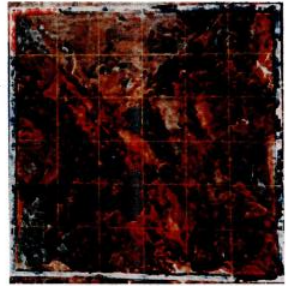
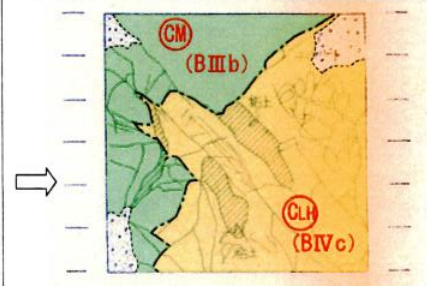
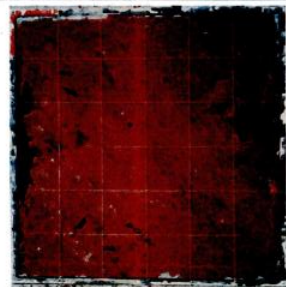
ブロック名	せん断試験後の岩盤面（写真） （試験時の写真）	せん断試験後の岩盤面（スケッチと岩級区分） （試験時のスケッチを利用）	地質区分		細区分			岩級 区分	既往試験結果 （試験値）	岩盤状況からみた 試験結果の評価（今回）
			塊状岩	礫質岩	硬軟 区分	割れ目 間隔	割れ目 状況			
T3-3			An4	—	B	II	b	CH	τ_0 (kN/m ²) 2254.0 ϕ (°) 50	細区分組み合わせ (B・II・b) は、CH 級岩盤の代表的なものである。 ↓ 試験結果は CH 級（塊状岩）を代表すると考えられる。 試験時の観察で開口割れ目が記載されている。
T3-1			An4	—	B	III	b	CM	τ_0 (kN/m ²) 1254.4 ϕ (°) 50	細区分組み合わせ (B・III・b) は、CM 級岩盤の代表的なものである。 ↓ 試験結果は CM 級（塊状岩）を代表すると考えられる。
T3-2			An4	—	B	III	b	CM (45%)	τ_0 (kN/m ²) 921.2 ϕ (°) 45	試験面の約半分に CM 級が混在する。 ↓ 試験結果は、CLH 級の値より過大と考えられる。
T3-4			—	Ab4	D	I	b	CLH	τ_0 (kN/m ²) 627.2 ϕ (°) 46.9	試験面は、CLH 級（自破砕状安山岩）の細粒分のみからなる箇所を主体とする（写真右上のごく一部に礫を混入するゾーンあり）。 ↓ 試験結果は、CLH 級の低位強度を示すと考えられる。

図-6.1 T-3 横坑内ブロックせん断試験箇所の状況

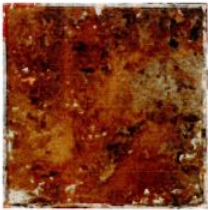
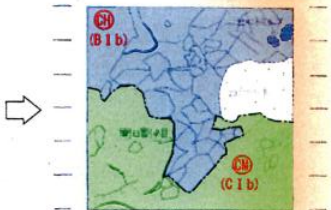
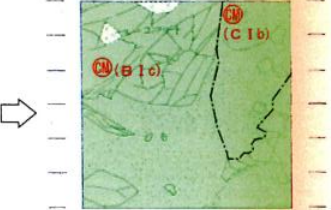
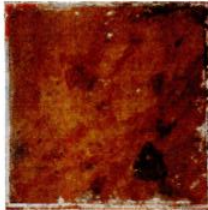
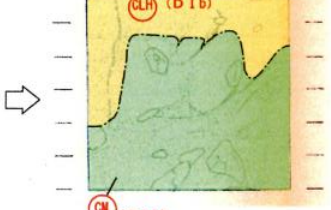
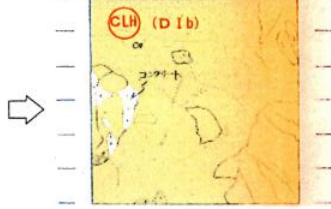
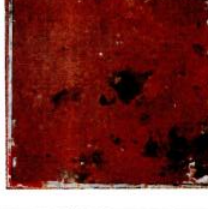
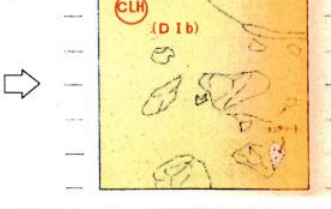
ブロック名	せん断試験後の岩盤面 (写真) (試験時の写真)	せん断試験後の岩盤面 (スケッチと岩級区分) (試験時のスケッチを利用)	地質区分		細区分			岩級 区分	既往試験結果 (試験値)	岩盤状況からみた 試験結果の評価 (今回)
			塊状岩	礫質岩	硬軟 区分	割れ目 間隔	割れ目 状況			
T4-5			—	An2-b ・ Vb-p	B	I	b	CH 58%	τ_0 (kN/m ²) —	試験面の約 60%が CH 級で、約 40%が CM 級である。CH 級は An2-b に該当し、CM 級は Vb-p に該当する。 ↓ 試験時の評価は、Vb-p 中の軽石部が弛んでおり、ブロック下部からの湧水が認められたため、棄却対象としている。
T4-4			—	Vb-p	B	I	c	CM	τ_0 (kN/m ²) 1421.0	全体が CM 級で細区分 B I c が主体をなすが、基質が優勢な範囲では硬さが C となる。 ↓ 試験結果は CM 級 (礫質岩) を代表すると考えられる。
					C	I	b		ϕ (°) 50.3	
T4-3			—	Vb-p	C	I	b	CM 87%	τ_0 (kN/m ²) 1421.0	試験面の約 70%が CM 級 (C I b) で約 30%が CLH 級 (D I b) である。但し、CLH 級評価範囲の硬さ D は、硬さ C に近い性状を有する。 ↓ CLH 級評価範囲は、CM 級に極めて近い性状を有するため、試験結果は、CLH 級の影響は少ないと考えられる。
					D (C)	I	b	CLH 33%	ϕ (°) 50.3	
T4-2			—	Ab3	D	I	b	CLH	τ_0 (kN/m ²) 627.2	全体が CLH 級で細区分は D I b である。試験面の上位 1/4 の範囲 (写真上部) は細粒部のみからなっており、せん断はこの細粒部で発生し、ブロックがやや回転している。 ↓ 礫質岩 (自破砕部) における CLH 級の下位強度を示すと考えられる。
T4-1			—	Ab3	D	I	b	CLH	τ_0 (kN/m ²) 921.2	全体が CLH 級で細区分は D I b である。一部に硬質な礫部が認められる。 ↓ 礫質岩 (自破砕部) における CLH 級を代表すると考えられる。

図-6.2 T-4 横坑内ブロックせん断試験箇所状況

(2) 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験の結果は、「18 石木ダム第 18 号 石木ダム地質解析業務委託 報告書（地質総合解析編） 平成 19 年 3 月 （株）建設技術研究所」で取りまとめられている。

孔内水平載荷試験は、左岸鞍部のボーリング孔(R-22～24)及び河床部のボーリング孔(C-43)で行われており、その試験位置、試験区間の地質、試験区間の岩級は表－6.1 に示すとおりである。

表－6.1 孔内水平載荷試験調査数量表

孔番	試験実施深度	地質	岩級
R-22	1.8-2.3m	Vb	D
	3.2-3.7m	Vb	CLL
	5.7-6.2m	An3-v	CLH
R-23	3.5-4.0m	Vb	D
	7.0-7.5m	An3-v	CLL
R-24	3.3-3.8m	Vb	D
	4.0-4.5m	Vb	D
	5.2-5.7m	Vb	CLL
	5.9-6.4m	Vb	CLL
	7.0-7.5m	Vb	CLH
	7.5-8.0m	Vb	CLH
	8.0-8.5m	Vb	CM
	10.0-10.5m	Vb	CLH
C-43	4.25-4.75m	Vb	CLH
	7.55-8.05m	Ab3	CLL
	7.95-8.45m	Ab3	CM
	9.35-9.85m	Ab3	CM
	10.05-10.55m	An2-b	CLL

孔内水平載荷試験による変形係数(D_b)及び弾性係数(E_b)と平板載荷試験による変形係数(D_p)及び弾性係数(E_p)には、一般に図-6.4に示す関係が知られている。図-6.4に基づき、 D_p/D_b 及び E_b/E_t を求め、変形係数 D_p と弾性係数 E_t を換算算出すると表-6.2に示す結果が得られる。

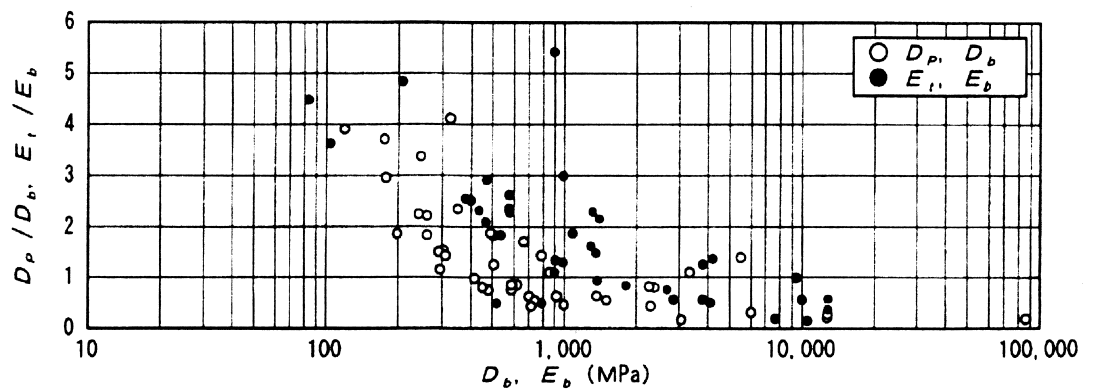


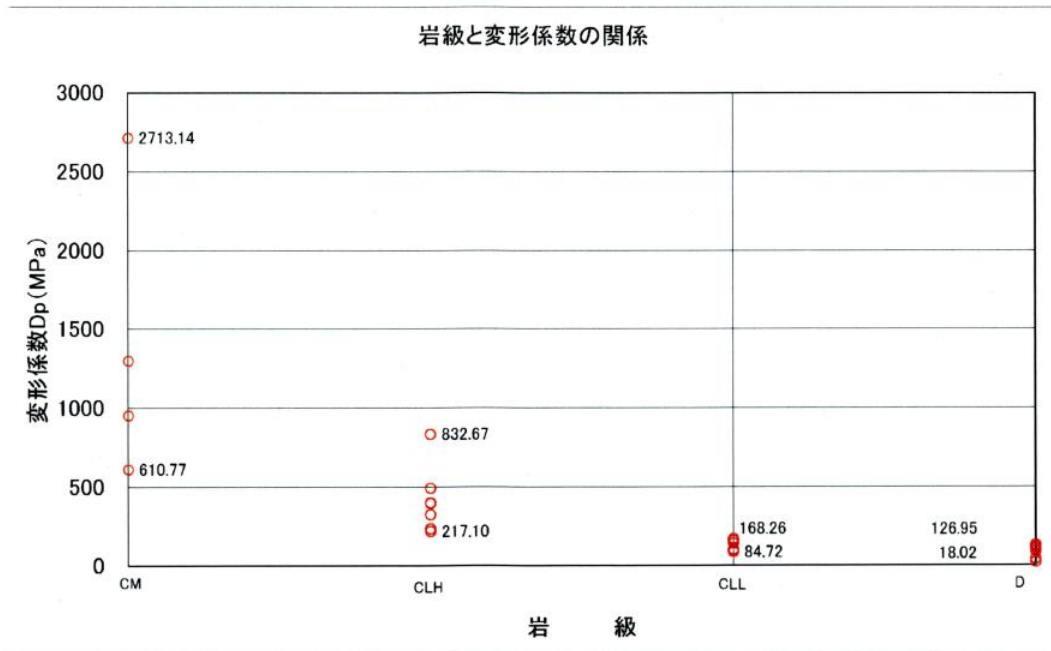
図-6.4 孔内水平載荷試験による変形係数(D_b)と弾性係数(E_b)と平板載荷試験による変形係数(D_p)と弾性係数(E_t)

(「(社) 土木学会岩盤力学委員会：原位置岩盤試験法の指針—平板載荷試験法—せん断試験法—孔内載荷試験法—，第1版，第1刷，2000.12.」)

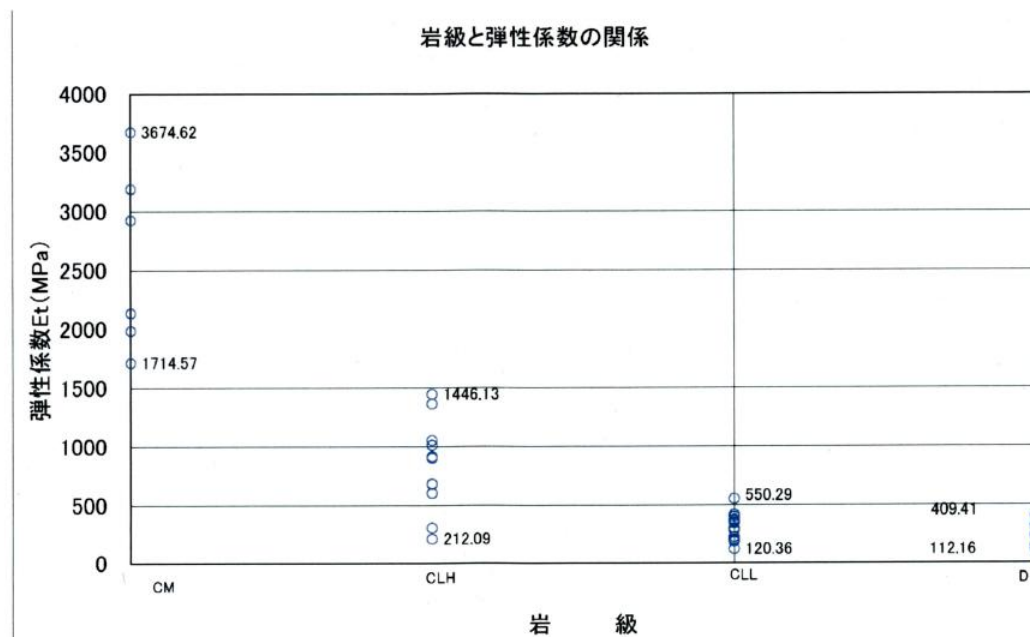
表-6.2 孔内水平載荷試験に基づく換算変形係数：Dp 及び換算弾性係数：Et

孔番	試験深度 (m)	地質	岩級 区分	ポアソン 比	データ 数	孔内水平載荷試験		変換 係数	平板載荷試験		孔番	試験深度 (m)	地質	岩級 区分	ポアソン 比	データ数	孔内水平載荷試験		変換 係数	平板載荷試験	
						変形係数Db (MPa)	弾性係数Eb (MPa)		変形係数Dp (MPa)	弾性係数Et (MPa)							変形係数Db (MPa)	弾性係数Eb (MPa)		変形係数Dp (MPa)	弾性係数Et (MPa)
R-22	1.8〜2.3	火山角礫岩 (Vb)	D	0.3	1	9.474	75.040	4	37.896	300.158	R-24	3.30〜3.80	火山角礫岩 (Vb)	D	0.3	1	21.801	28.041	4	87.205	112.164
					2	4.505	37.539		18.018	150.155						2	22.047	34.391		88.187	137.564
					平均	6.989	56.289		27.957	225.157						3	38.012	152.048			
	3.2〜3.7	火山角礫岩 (Vb)	CLL	0.3	1	21.574	30.091	4	86.296	120.363		平均	21.924	33.481	87.696	133.925					
					平均	21.574	30.091		86.296	120.363		1	29.708	101.878	118.831	407.511					
	5.7〜6.2	安山岩溶岩3 (An3-v)	CLH	0.3	1	132.248	225.810	3	396.744	677.430		2	25.867	80.489	103.468	321.956					
					2	107.240	226.980		321.719	680.940		3	102.353	409.413							
					3	200.024	600.071		平均	27.787		94.907	111.150	379.627							
					平均	119.744	217.605		359.232	652.814		1	34.609	75.520	138.436	302.080					
R-23	3.5〜4.0	火山角礫岩 (Vb)	D	0.3	1	26.550	54.746	4	106.199	218.984	2	100.146	400.586								
					2	31.738	61.620		126.952	246.480	3	104.530	418.121								
					3	58.175	232.700		平均	34.609	93.399	138.436	373.596								
					平均	29.144	58.180		116.575	232.721	1	38.789	48.945	155.157	195.780						
	7.0〜7.5	安山岩溶岩3 (An3-v)	CLL	0.3	1	42.066	92.648	4	168.262	370.590	2	50.989	203.956								
					2	38.773	137.573		155.093	550.290	3	56.429	225.716								
					3	86.053	344.211		平均	38.789	52.121	155.157	208.484								
					4	70.552	282.208		1	244.920	456.768	489.840	913.536								
					平均	40.419	96.706		161.678	386.825	2	450.645	901.290								
C-43	4.25〜4.75	火山角礫岩 (Vb)	CLH	0.3	1	131.280	1364.883	1	131.280	1364.883	平均	244.920	453.706	489.840	907.413						
					2	1446.133	1446.133		1	416.335	526.422	832.671	1052.844								
					平均	131.280	1405.508		131.280	1405.508	2	505.609	1011.218								
	7.55〜8.05	安山岩3自破 砕部 (Ab3)	CLL	0.3	1	21.181	87.732	4	84.724	350.929	平均	416.335	516.016	832.671	1032.031						
					2	91.400	365.600		1	1296.555	2138.994	1296.555	2138.994								
					平均	21.181	89.566		84.724	358.265	2	950.807	1988.649	950.807	1988.649						
	7.95〜8.45	安山岩3自破 砕部 (Ab3)	CM	0.3	1	305.387	857.285	2	610.773	1714.570	平均	1123.681	2063.821	1123.681	2063.821						
					平均	305.387	857.285		610.773	1714.570	1	108.550	106.045	217.100	212.091						
	9.35〜9.85	安山岩3自破 砕部 (Ab3)	CM	0.3	1	2713.135	3674.619	1	2713.135	3674.619	2	116.175	153.723	232.349	307.446						
					2	3190.849	3190.849		平均	112.362	129.884	224.725	259.768								
					3	2924.745	2924.745		1	101.120	184.080	2	93.822	375.288							
					平均	2713.135	3263.404		2713.135	3263.404	平均	25.280	46.020	101.120	279.684						
	10.05〜10.55	安山岩2角礫 状部 (An2-b)	CLL	0.3	1	25.280	46.020	4	101.120	184.080	2	93.822	375.288								
					2	93.822	375.288		101.120	279.684											
					平均	25.280	69.921		101.120	279.684											

換算した変形係数 D_p および弾性係数 E_t と岩級との対応は図-6.5 に示すとおりであり、CM 級から D 級に向かって段階的に値が小さくなる傾向を示す。



(a)各岩級の変形係数(D_p)の分布



(b)各岩級の弾性係数(E_t)の分布

図-6.5 各岩級の変形係数及び弾性係数の分布(孔内水平載荷試験より推定)

孔内水平載荷試験より推定される各岩級の D_p 及び E_t は以下のとおりである。

【変形係数 D_p 】

○CM 級：610.8～2713.1MPa

○CLH 級：131.3～832.7MPa

○CLL 級：84.7～168.3MPa

○D 級：18.0～127.0MPa

【弾性係数 E_t 】

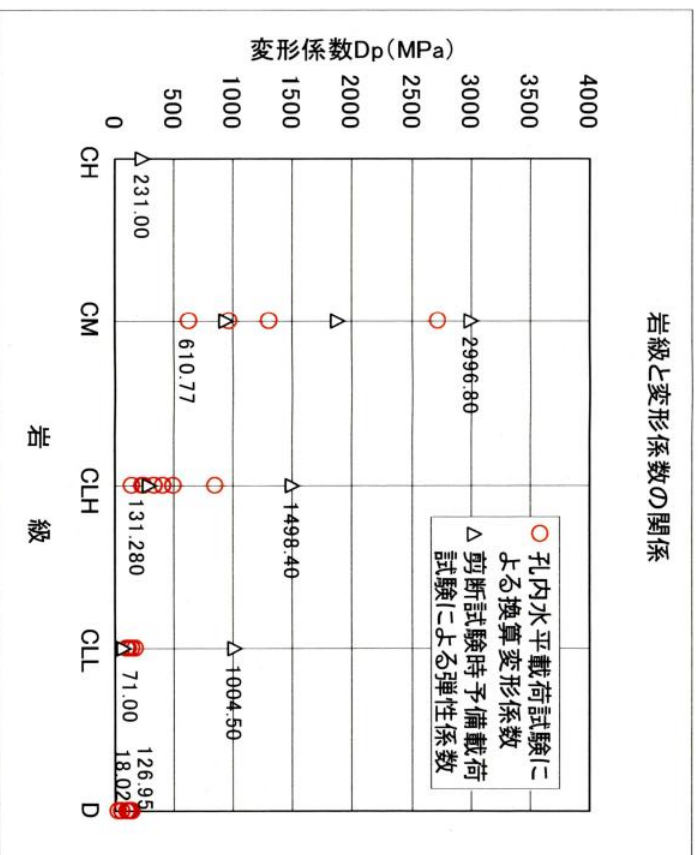
○CM 級：1714.6～3674.6MPa

○CLH 級：212.1～1446.1MPa

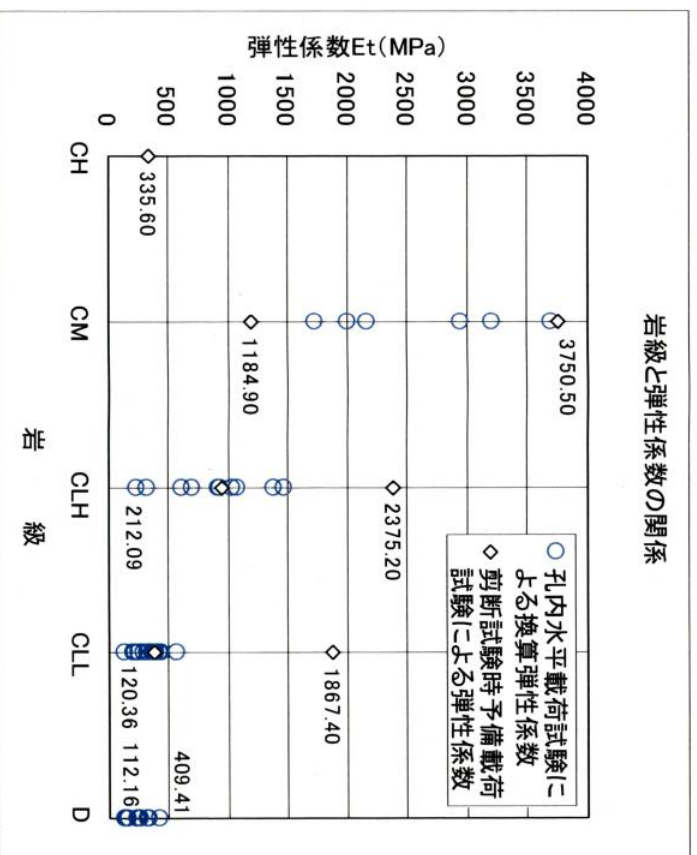
○CLL 級：120.4～550.3MPa

○D 級：112.2～409.4MPa

また、孔内水平載荷試験とは別に、ブロックせん断試験(昭和 58 年度実施)の予備試験として静弾性試験が行われている(図－6.6 参照)。



(a)各岩級の変形係数(Dp)の分布



(b)各岩級の弾性係数(Et)の分布

図-6.6 各岩級の変形係数及び弾性係数の分布

(孔内水平載荷試験より推定されるデータ及びせん断試験時予備載荷試験データ)

図－6.6 の試験結果から、CM～D 級にかけては弾性係数及び変形係数がともに段階的に減少する傾向が見られるが、CH 級の値が CM 級の値よりも小さな値をとっている。この CH 級の値は、左岸横坑(T-3)の T-3-3 ブロックであり、せん断試験実施時に開口割れ目が記載されている。また、この開口割れ目の影響で、せん断試験時にはクリープ性の変位が顕著であったこともあわせて記載されている。したがって、T-3-3 ブロックで得られた値は CH 級岩盤の代表的な値を示しているものとは評価することができない。

以上の結果、各岩級の変形係数及び弾性係数は以下のように推定される。

【変形係数 : D_p 】

CM 級岩盤 : 610.8～2996.8MPa

CLH 級岩盤 : 131.3～1498.4MPa

CLL 級岩盤 : 71.0～1004.5MPa

D 級岩盤 : 18.0～127.0MPa

【弾性係数 : E_t 】

CM 級岩盤 : 1184.9～3750.5MPa

CLH 級岩盤 : 212.1～2375.2MPa

CLL 級岩盤 : 120.4～1867.4MPa

D 級岩盤 : 112.2～409.4MPa

(3) 室内岩石試験

室内岩石試験は、本業務で D 級および CLL 級岩盤を対象として実施している他、「石木ダム地質調査業務委託 昭和 59 年 2 月 (株) 建設技術研究所」において CM 級および CLH 級岩盤（岩級は平成 17 年度に見直し）を対象として実施している。

各岩級の一軸圧縮強さ、密度、吸水率は、図-6.7 に示すとおりである。

各岩級の物性値は以下のように整理される。

【一軸圧縮強さ】

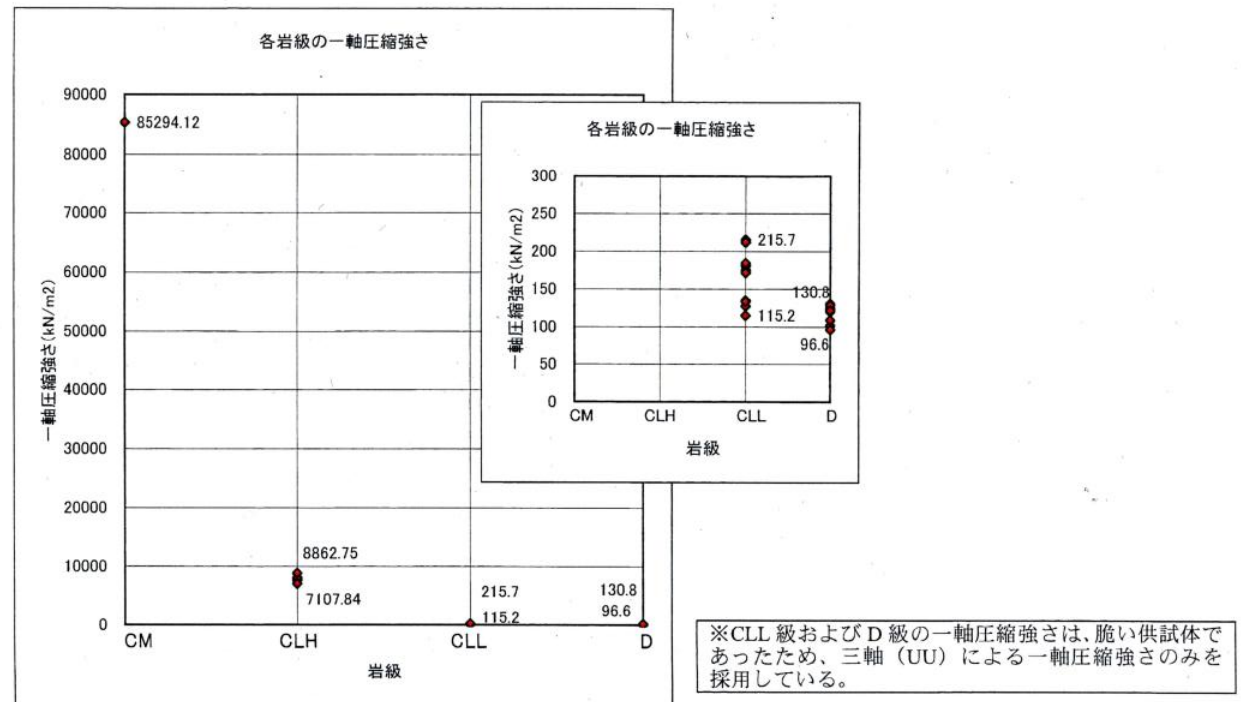
CM 級	: 85,294.12kN/m ² (870kgf/cm ²)	(1 データ)
CLH 級	: 7,107.84~8,862.75kN/m ² (72.5~90.4kgf/cm ²)	(4 データ)
CLL 級	: 115.2~215.7kN/m ² (1.2~2.2kgf/cm ²)	(13 データ)
D 級	: 96.6~130.8kN/m ² (1.0~1.3kgf/cm ²)	(11 データ)

【密 度】

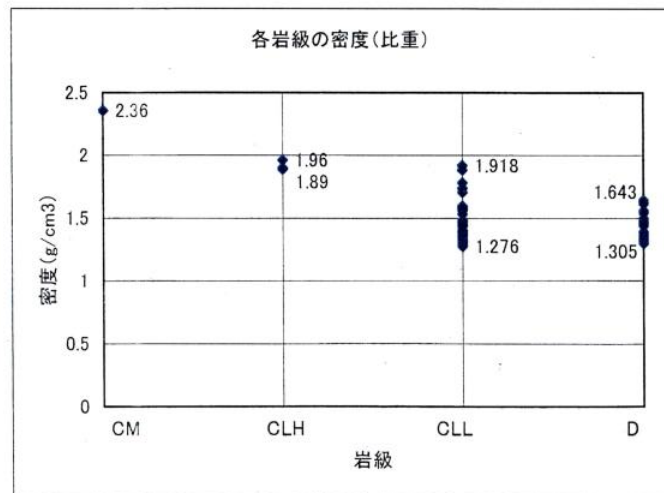
CM 級	: 2.36g/cm ³	(1 データ)
CLH 級	: 1.89~1.96g/cm ³	(3 データ)
CLL 級	: 1.276~1.918g/cm ³	(38 データ)
D 級	: 1.305~1.643g/cm ³	(31 データ)

【吸水率】

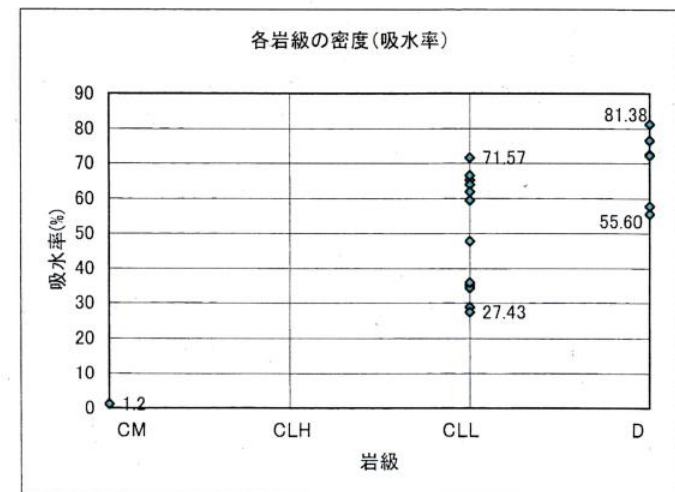
CM 級	: 1.2%	(1 データ)
CLH 級	: データなし	
CLL 級	: 27.43~71.57%	(12 データ)
D 級	: 55.60~81.38%	(9 データ)



(a) 一軸圧縮強さ



(b) 密度



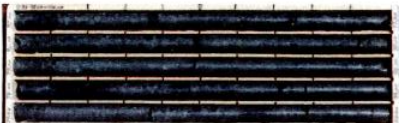
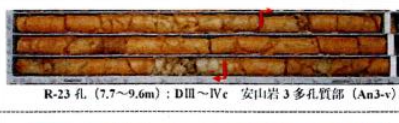
(c) 吸水率

図-6.7 岩級毎の一軸圧縮強さ、密度、吸水率の分布

(4) 各岩級と物性値との対応

各岩級の状況、主要細区分組み合わせ、物性値との対応は、表－6.3 に一覧として示すとおりである。

表-6.3 各岩級の状況、主要細区分組み合わせ、物性値との対応

岩級	状況	代表的コア写真	細区分組み合わせ	せん断強度	変形係数 Dp (MPa) (kgf/cm ²)	弾性係数 Et (MPa) (kgf/cm ²)	一軸圧縮強さ kN/m ² (kgf/cm ²)	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
CH	新鮮部を主体とし、割れ目(節理)沿いに風化部が残留することもある。全般に硬質でハンマーの打撃で金属音を発する。割れ目間隔は広く、ボーリングコアでは棒状コアとして採取される。	塊状岩  C-46 孔 (25.0~30.0m) : AⅡb~AⅢb 安山岩 3 級密部 (An3-c)	AⅠa, AⅠb, AⅠc, AⅡa, AⅡb, AⅡc, AⅢa, AⅢb, BⅠa, BⅠb, BⅡb	$\tau = 2254.0 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 50^\circ$					
		礫質岩  C-33 孔 (95~100m) : AⅠa 火山礫凝灰岩 (Lif)	AⅠa, AⅠb, AⅠc, AⅡa, AⅡb, AⅡc, AⅢa, AⅢb, BⅠa, BⅠb, BⅡb						
CM	新鮮部を主体とするが、割れ目(節理)沿いに風化部が残留する。溶岩流部はハンマーの打撃で金属音を発することが多い。また、礫質岩(火山角礫岩など)でも礫と基質部が同程度の硬さでハンマーの軽打では分離しない。ボーリングコアでは、短棒状コアを主体とすることが多い。	塊状岩  R-21 孔 (10.0~15.0m) : BⅢb 安山岩 5 (An5)	AⅢc, AⅣb, AⅣc, BⅡc, BⅢa, BⅢb, BⅢc, BⅣb, BⅤb, CⅡb, CⅡc, CⅢb	$\tau = 1254.4 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 50^\circ$ ~ $1421.0 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 50.3^\circ$	610.8 ~ 2,996.8 (6,232.7~ 30,579.6)	1,184.9 ~ 3,750.5 (12,090.8~ 38,270.4)	85,294.12 (870)	2.36	1.2
		礫質岩  R-21 孔 (65.0~70.0m) : CⅢb 軽石火山角礫岩 (Vb-p)	AⅢc, AⅣb, AⅣc, BⅡc, BⅢa, BⅢb, BⅢc, BⅣb, BⅤb, CⅠb, CⅡb, CⅡc, CⅢb						
CLH	新鮮部と風化部が混在しており、ハンマーの数回の打撃で割れ目ないしは潜在割れ目に沿って分離する。ボーリングコアでは、片状~短棒状コアを主体とする。	塊状岩  C-47 孔 (23.0~25.0m) : BⅣc 安山岩 3 多孔隙部 (An3-v)	BⅡd, BⅢd, BⅣd, CⅡd, CⅢd, CⅣd, BⅣc, CⅢc, CⅣb, CⅣc, CⅤb, CⅤc	$\tau = 627.2 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 46.9^\circ$ ~ $921.2 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 45^\circ$	131.3 ~ 1,498.4 (1,339.8~ 15,289.8)	212.1 ~ 2,375.2 (2,164.3~ 24,236.7)	7,107.84 ~ 8,862.75 (72.5~90.4)	1.89 ~ 1.96	
		礫質岩  R-24 孔 (5.7~10.0m) : CⅢ~Ⅳc 火山角礫岩 (Vb)	BⅣc, CⅢc, CⅣb, CⅣc, CⅤc, DⅠb						
CLL	岩内部まで褐色風化が及んでいるが、岩組織(流理や鉱物の形状)が目視でき、指圧では崩れない。	塊状岩  R-23 孔 (7.7~9.6m) : DⅢ~Ⅳc 安山岩 3 多孔隙部 (An3-v)	DⅡc, DⅢc, DⅣb, DⅣc, DⅣd		71.0 ~ 1,004.5 (724.5~10,250)	120.4 ~ 1,867.4 (1,228.6~ 19,055.1)	115.2 ~ 215.7 (1.2~2.2)	1.276 ~ 1.918	27.43 ~ 71.57
		礫質岩  左片板部トレンチ内ボーリング TB-1 (0~2m) : DⅡc 火山角礫岩 (Vb)	DⅡb, DⅡc, DⅢb, DⅢc, DⅢd, DⅣc, DⅤc						
D	岩内部まで褐色風化が強く及んでおり、土砂化・粘土化している。指圧で簡単に崩せる。	礫質岩  R-23 孔 (3.0~5.0m) : EⅠ~Ⅴd 火山角礫岩 (Vb)	CⅣd, DⅤd, DⅥd, DⅦd, EⅤd, EⅥd, EⅦd		18.0 ~ 127.0 (183.7~1,295.9)	112.2 ~ 409.4 (1,144.9~4,177.6)	96.6 ~ 130.8 (1.0~1.3)	1.305 ~ 1.643	55.60 ~ 81.38

□ は主要な組み合わせ

7. 取りまとめ

7.1 取りまとめ

本業務では、以下の地質調査を行った。

- (1) 本ダム左岸側における An4 の分布および An4 下部境界部付近に推定された高透水箇所の確認を目的としたボーリング調査（C-54 孔，C-54-1 孔）。
- (2) 河床部縦坑（SF-1）内から分岐した調査横坑（T-4-1 坑～T-4-3 坑）およびこれら調査横坑内で実施されたブロックせん断試験箇所の地質分布確認と岩級評価。
- (3) 鞍部において別途業務で実施されたトレンチ掘削箇所における D 級岩盤と CLL 級岩盤の詳細な状況を記録することを目的としたトレンチスケッチ。
- (4) 鞍部処理工基礎対象となっている CLL 級岩盤へのコンクリートの付着性を確認することを目的としたコンクリート付着試験
- (5) 鞍部における D 級岩盤および CLL 級岩盤の強度特性を把握することを目的とした原位置簡易貫入試験。
- (6) 鞍部トレンチ下部における CLL 級岩盤分布深度を把握することを目的としたボーリング調査。
- (7) 鞍部における D 級岩盤および CLL 級岩盤の物性を把握することを目的とした室内岩石試験。

これらの調査結果は、以下のように整理される。

- (1) 本ダム左岸側におけるボーリング調査（C-54 孔，C-54-1）の結果、An4 は深度 13.3m までの分布であり、計画ダム軸（D-D'）においては、An4 は左岸アバット高標高部の狭い範囲での分布であることが確認された。
- (2) C-54 孔および C-54-1 孔におけるルジオンテストの結果、当初懸念された An4 下部境界付近における高透水箇所は確認されず、境界部のルジオンテストでは 2Lu 未満であることが確認された。
- (3) 河床部の横坑観察の結果、地質分布に大きな変更は生じなかった。
- (4) 河床部横坑内で実施されたブロックせん断試験箇所の岩級確認では、CLH 級および CM 級の分布が確認され、試験実施時に評価されたせん断強度は妥当なものであることが把握された。その結果、左岸側横坑（T-3 坑）で実施されたブロック

せん断試験結果をも踏まえた各岩級のせん断強度は以下のように整理される。

CLH 級 : $\tau = 627.2 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 46.9^\circ \sim 921.2 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 45^\circ$

CM 級 : $\tau = 1254.4 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 50^\circ \sim 1421.0 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 50.3^\circ$

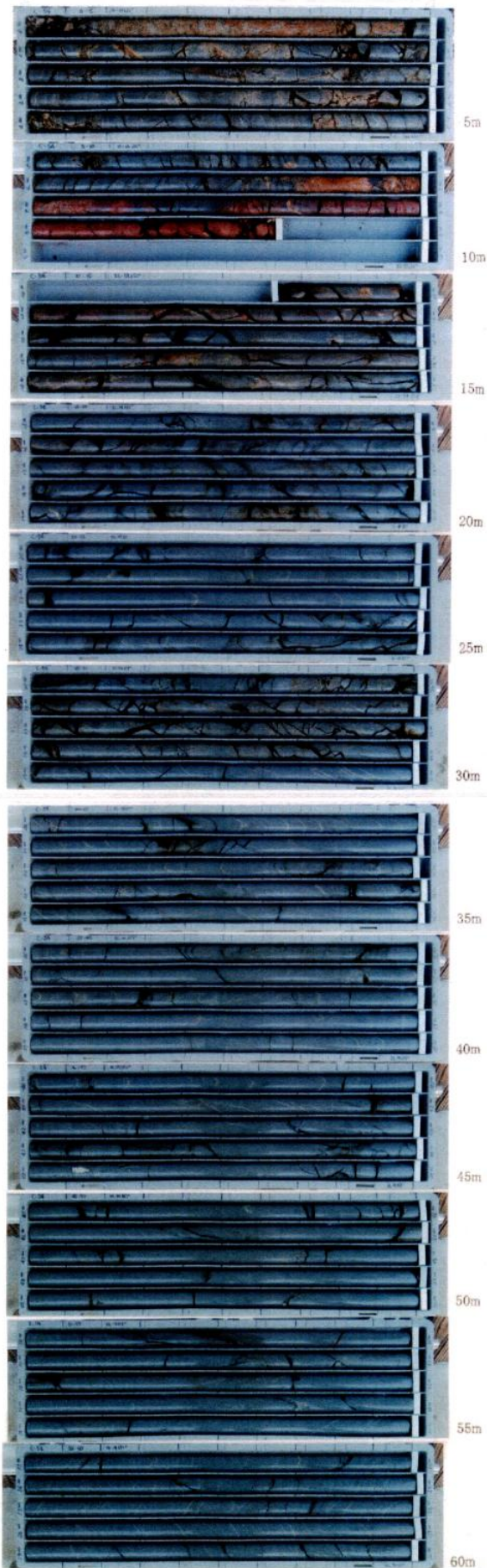
CH 級 : $\tau = 2254.0 \text{ kN/m}^2 + \sigma \tan 50^\circ$

- (5) コンクリート付着試験は、CLL 級岩盤ではコンクリート供試体自重以上の荷重で地盤内から破断し、コンクリート供試体底面への地盤の付着が確認された。但し、D 級岩盤ではコンクリート打設面への地盤の付着は認められなかった。
- (6) 原位置簡易貫入試験では、D 級岩盤および CLL 級岩盤に対する針貫入試験とピック貫入試験を行った。試験結果から得られる針貫入勾配 NP とピック貫入勾配 PP は実測値の幅が広いものの、平均値では D 級岩盤と CLL 級岩盤で比較的明瞭な強度差が認められ、NP では概ね 0.7N/mm 以上が CLL 級岩盤で、PP では概ね 1.7N/mm 以上が CLL 級岩盤となる傾向を示すことが把握された。
- (7) 鍋立山トンネル（新潟県）における泥質岩の針貫入勾配 NP と一軸圧縮試験結果の関係に基づく換算一軸圧縮強さは、D 級岩盤で $qu = 132.5 \text{ kN/m}^2$ （平均）、CLL 級岩盤で $qu = 382.5 \text{ kN/m}^2$ が得られた。
- (8) トレンチ底盤から実施したボーリング調査（TB-1 孔）では、トレンチ底盤からの深度で 2.8m 以深に CLH 級岩盤の分布が確認された。
- (9) 室内岩石試験は、ブロックサンプリングおよびトリプルサンプラーにより、乱さない試料を採取した。
- (10) 力学試験では、一軸圧縮試験の他、供試体周辺を拘束して軸方向に圧縮する三軸圧縮試験（UU）を実施した。
- (11) 密度－含水比、密度－吸水率、密度－一軸圧縮強さには、D 級岩盤と CLL 級岩盤で比較的明瞭な差が確認された。しかし、一軸圧縮強さについては、CLL 級岩盤に対する三軸圧縮試験（UU）の試験結果においても 100～200kN/m² が主体をなしており、CLL 級岩盤が軟質であることが把握された。

なお、本業務の調査結果を踏まえ、各岩級とせん断強度、変形係数、弾性係数、一軸圧縮強さ、密度、含水比との対応を「6. 岩盤強度の検討・整理」で検討した。

1. ボーリングコア写真

調査名	石本ダム建設調査事業報告書			孔番	C-54
掘進長	60 m	深度	0 m ~	60 m	
調査年月	H20 年	2 月 (様)	建設技術研究所		



調査名	石木ダム地質調査等業務委託		孔番	C-54-1
掘進長	15 m	深度	0 m ~	15 m
調査年月	H20 年 2 月 (株) 建設技術研究所			





2. ボーリングコア柱状図

ボーリング柱状図

圖 資 名 19石本ダム第29号石本ダム地質調査集積表紙

[illegible]

事業・工事名

ボーリング名	C-34	調査位置	北陸県東加賀郡の穂高町北穂高	北緯	33° 56' 3.10"
発注機関	北陸鉄道石川支店建設課	調査期間	平成19年10月11日～平成20年2月8日	東経	129° 53' 12.17"
調査者名	株式会社 建設研究所 電話 062-74-2211	主任技師	黒田 孝二	代表人	ア 藤定 孝
汎口番号	係 第 1 方 第 1 地盤改良工区 (4836)	地盤改良工区番号	第 1 工区	試験種	G-P-1
経緯座標	座 11° 36' 23.90" 緯 36° 50' 50.00"	試 験 種	エンジ	サンマーサード	ポンプ
				デュマース入型	

The diagram is a geological cross-section showing various layers and their depths. The vertical axis on the left indicates depth in meters, ranging from 0 to 100. The layers are labeled with numbers and names in Japanese. Key features include:

- Layer 1:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 2:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 3:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 4:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 5:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 6:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 7:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 8:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 9:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 10:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 11:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 12:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 13:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 14:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 15:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 16:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 17:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 18:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 19:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 20:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 21:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 22:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 23:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 24:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 25:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 26:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 27:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 28:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 29:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 30:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 31:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 32:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 33:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 34:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 35:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 36:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 37:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 38:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 39:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 40:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 41:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 42:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 43:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 44:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 45:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 46:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 47:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 48:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 49:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 50:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 51:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 52:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 53:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 54:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 55:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 56:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 57:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 58:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 59:** 砂質土 (Sandy soil)
- Layer 60:** 砂質土 (Sandy soil)

8

ボーリング柱状図

調査名 19石木ダム第30号石木ダム地質調査業務委託

ボーリングNo

事業・工事名

シートNo

ボーリング名	C-54-1	調査位置	長崎県中波村郡川棚町岩屋郷外	北緯	33°05'2.97"
発注機関	長崎県石木ダム建設事務所	調査期間	平成19年10月11日～20年2月28日	東経	129°53'12.17"
調査業者名	株式会社建設技術研究所 電話(092-714-2211)	主任技師		現代人	
孔口標高	69.645m	角	180° 上 90° 下 0°	方	北0° 270° 西 180° 南
総掘進長	15.00m	度	0°	向	西
		地盤勾配	水平0°	使用機種	OP-1
		エンジン	ヤンマーNFD-9	ポンプ	ヤンマーAAA型

標尺	深度	柱状図	岩種	色	硬さ	コア形状	別れ目の状態	風化	記	コア採取率 △(%) 最大コア長 ←C R Q D [%]	岩級	孔内水位 N 測定月日	(ルジオン標準貫入)試験 (F→Q N値→深さ) 図 ○ ルジオン値 □ 換算ルジオン値 ◇ 未算圧力	原位置試験 ()	室内試験 ()	掘進状況 掘進速度 (m/時) 掘進時間 (時)	給排水 給水量 (m³) 排水量 (m³)	送水 送水量 (m³)	排水 排水量 (m³)
1	69.90	0.75	灰土	黄褐色					堆積物の粗粒土よりなる表土。	100						230	200	100	10
2									比較的硬質な砂状コアを主体とする。割れ目が多い。一部は褐色化しており、やや明色気味である。	100						130	400	150	15
3			安山岩5層岩流部	灰	III					100	CM	11.24				100	900	150	15
4					IV					100	CM	11.20				57	240	150	15
5	64.26	6.64			III					100	CM	11.20				65	500	150	15
6			安山岩4層岩流部	黄褐色	C III c				全体に赤褐色を帯びており、前後区間に比べて若干軟らかくなる。粗し。砂状コア区間が主体を占め、割れ目が多い。褐色化している。	100	C					40	500	150	15
7	61.75	7.90			II h					100	CH					13.26	500	150	15
8	59.55	10.10			D IV d					100	CH					40	500	150	15
9	59.10	10.55								100	CH					40	500	150	15
10			安山岩4層岩流部	黄褐色	II				砂質な砂状コアを主体とする区間であるが、割れ目が多い。その割れ目は褐色化している。また、全体に薄い褐色を帯びている。深部13.2～13.3mにかけての傾斜60°程度の割れ目が多い傾斜55°で角礫化している。	100	CM					40	500	150	15
11					II					100	CM					40	500	150	15
12					II					100	CM					40	500	150	15
13					II					100	CM					40	500	150	15
14	64.65	15.00	灰	A	I					100	CH					40	500	150	15

ボーリング柱状図

調査名 19石本ダム第30号石本ダム地質調査業務委託

ボーリングNo

事業・工事名

シートNo

ボーリング名	TB-1		調査位置	長崎県東彼杵郡川棚町岩屋郷外			北緯	33° 04' 59.5"	
発注機関	長崎県石本ダム建設事務所		調査期間	平成19年10月11日～20年2月28日			東経	129° 53' 12.15"	
調査業者名	株式会社建設技術研究所 電話(092)711-2211		主任技師	[]			ボーリング責任者	[]	
孔口標高	65.00m	角	180° 上 90° 下 0°	方	北 270° 西 180° 南	地盤勾配	10° 90° 0°	使用機種	エンジン
総掘進長	4.20m	度	0°	向	西	試錐機	OP-1	ポンプ	ヤンマーAAA型
							コア採取者	[]	
							ヤンマーNFD-9		

標高	深度	柱状図	岩種	色	硬さ	コア	割れ目の状態	風化	変質	記	コア採取率	岩級	孔内水位	（標準貫入）試験	室内試験	掘進状況	排水量
（m）	（m）	（m）	区分	調軟	形状	状態	変化	性質	事		（%）	（級）	（m）	（N）	（MPa）	（cm/min）	（l/min）
1	63.50	1.50	火田角礫岩	茶褐色	V					深度1.5mまでは岩内部まで、極く茶褐色風化が及んでいるが、岩組織は残している。	0	100	100	100	100	100	100
2	62.30	2.30	茶褐色/灰	IV						深度2.8m以下では、硬質で塊状の岩石が露出する。	10	100	100	100	100	100	100
3	61.30	3.30	暗灰	C	III					深度3.0mより深部では、硬質な塊状コアを主体としており、（V級）としての評価も可能である。	20	100	100	100	100	100	100
4	60.80	4.20									30	100	100	100	100	100	100

巻末資料③

ボーリング柱状図

調査名

19 石木ダム第 9 号

石木ダム地質調査等業務委託

孔番

C-53

掘進長

m

深度

m ~

20

m

調査年月

年

月 (株)

建設技術研究所

