

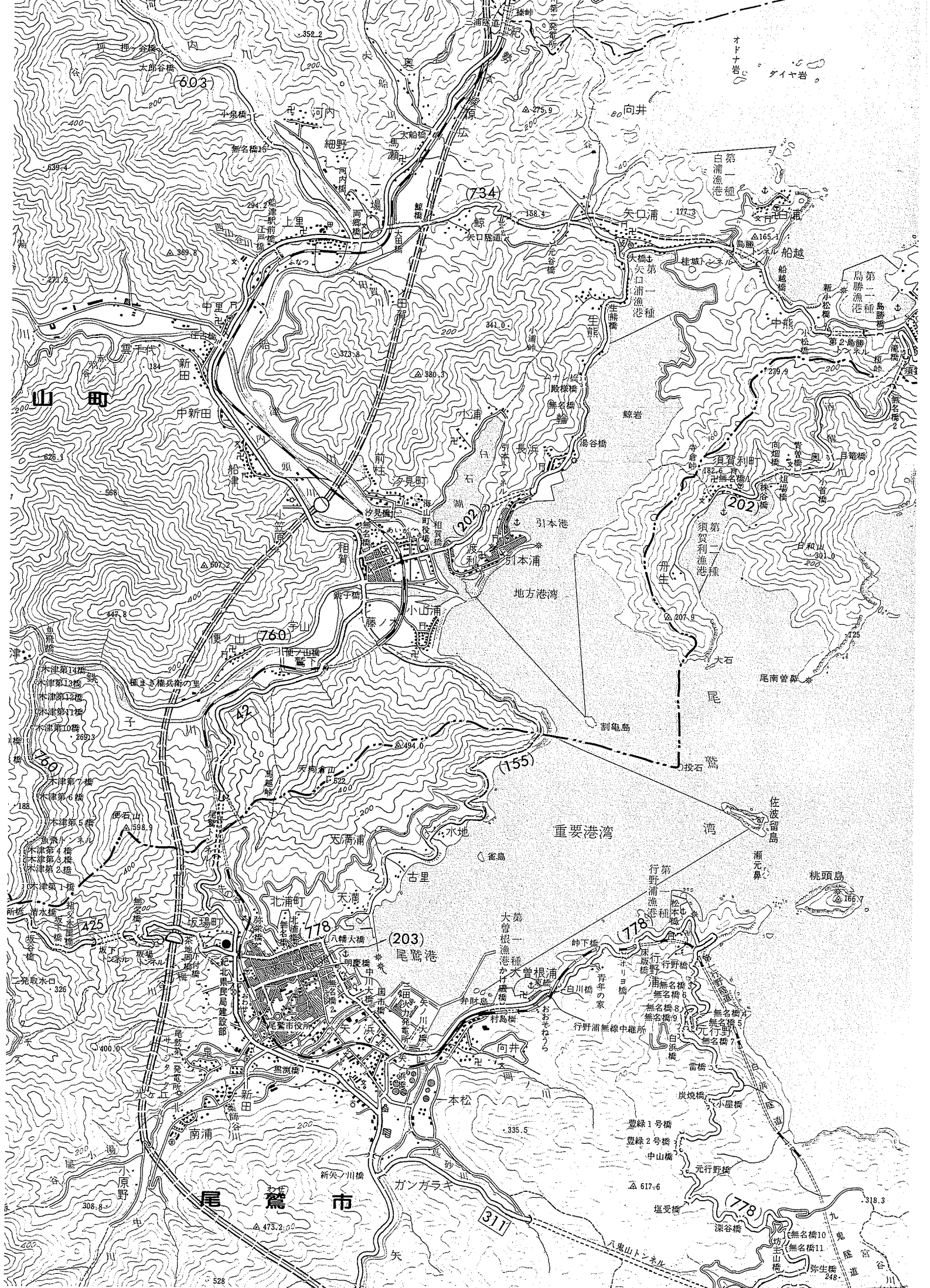




図 I -3-2(2) 陸域部測量計画平面図

4.現地作業期間

自 : 平成11年2月18日
至 : 平成11年5月29日

5.調査内容

(1)海域部測量調査

1)海域部深淺測量 測線長 60km
2)渚部詳細測量 測量範囲 100×200m
測線長 2.2km

(2)陸域部測量調査

1)陸域部測量 路線長 閉合：938m
放射：885m
2)陸上施設用地土質調査 地質調査ボーリング(φ66mm)
2箇所 計27m
土の標準貫入試験(JIS A 1219)
1m毎 計16回
孔内水平載荷試験 1箇所

6.主要使用機械器具

機械器具名	型式	製作
精密音響測深機	PDR-104型	千本電機
	PS20R型	カイジョー
GPS受信機	NavTracXL改造型	トリンプル
測角測距儀	SET4A型	ソキア
	NST20SC型	ニコン
	ALM5-C型	ペンタックス
試錐機械	KR-50型	カノボーリング
試錐ポンプ	V6型	カノボーリング
原動機	NF-80型	ヤンマーディーゼル
標準貫入試験器	規格型(JIS A 1219)	
孔内水平載荷試験器	LLT型	応用地質(株)

Ⅱ.調査方法

1.海域部測量調査

(1)海域部深浅測量

岸から沖合い20km(A-POINT～B-POINT)について計画路線中心線およびその左右150mの3測線を、大型調査船に艀装した精密音響測深機(PDR-104型)により、調査船を一定船速に保ちながら連続的に水深の計測を行いました。大型調査船の進入できない浅海域は小型調査船に艀装した精密音響測深機(PS20R型)を用い、同様に測深作業を行いました。調査船の位置はそれぞれD-GPSにて誘導、決定しました。また、B-POINT周辺海域は複雑な地形と考えられたため、測量範囲を拡大しました。

(2)渚部詳細測量

計画中心線の海岸部(汀線付近)の詳細地形をダイバー測量により行いました。ダイバーの位置は陸上からの光波測距儀によって誘導、決定しました。光波測距儀とダイバーのもつスタッフにつけたミラーとの比高により高さを決定しました。

2.陸域部測量調査

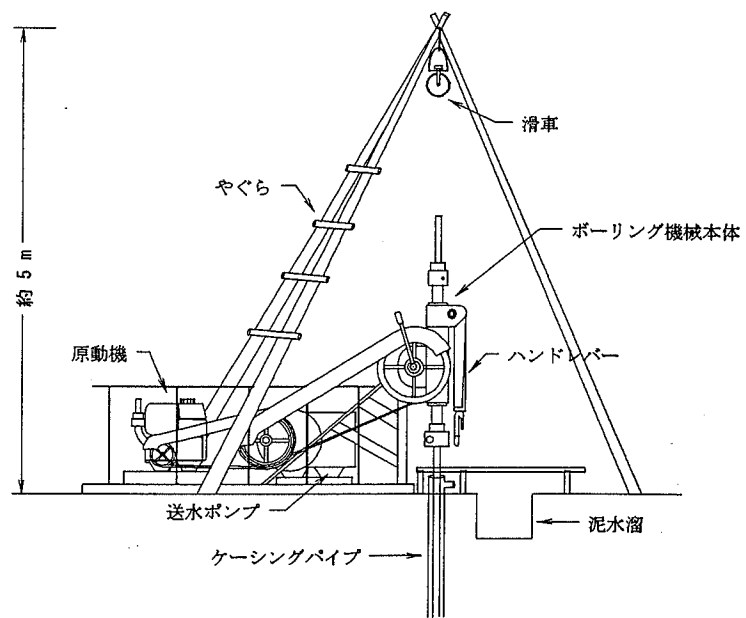
(1)陸域部測量

陸上施設建設候補用地内およびその周辺地域について平板・水準測量を行い、さらに既存資料(地形、既設構造物等)との整合をとりました。

(2)陸上施設用地土質調査

1)機械ボーリング

ボーリングは交流拠点計画地内のSPC取水設備予定地1地点および切土計画予定地近傍1地点の計2地点でロータリー式ハンドフィード型試錐機(図Ⅱ-2-1参照)を使用し、口径は $\phi 66\text{mm}$ で鉛直方向に実施しました。掘削に際してはケーシングパイプを挿入して孔壁を擁護し、1m毎に標準貫入試験を行いました。また、基本的に標準貫入試験併用のノンコアボーリングとし、切土計画予定地では岩盤の状況を把握するためコアボーリングとしました。ボーリング深さは岩盤より5mもしくはN値 ≥ 50 を確認後5mとしました。



図II-2-1 掘進装置一般図

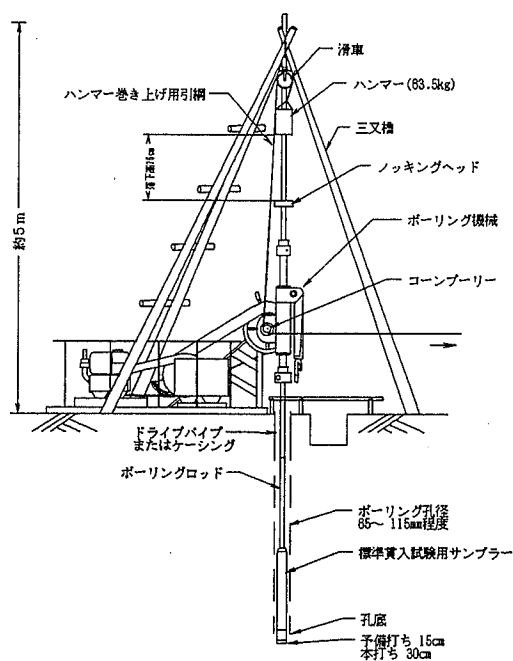
2)標準貫入試験

標準貫入試験は、その打撃回数(N値)により地盤の硬軟及び締まり状態を把握すると同時に、標準貫入試験用サンプラーにより試料(攪乱試料)を採取し、地層構成を明らかにする為に実施しました。

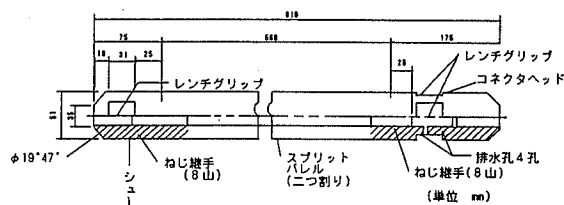
試験方法は、JIS A 1219 の規格に従い、重量63.5kgのハンマーを75cmの高さから自由落下させ、標準貫入試験用サンプラーを打ち込むものであり、打ち込み深さは、予備打ち15cm、本打ち30cm、後打ち5cmの計50cmで、N値は本打ち30cmに要する打撃回数を表示しました。

標準貫入試験によって採取された試料は、十分な観察をした後、直ちにサンプルビンに詰め保管しました。

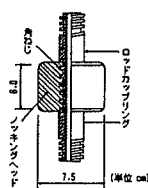
図Ⅱ-2-2に標準貫入試験略図を示します。



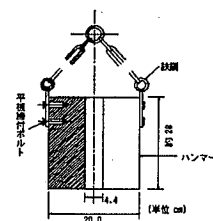
図Ⅱ-2-2(1) 標準貫入試験略図



図Ⅱ-2-2(2) 標準貫入試験サンプラー



図Ⅱ-2-2(3) ノッキングヘッド



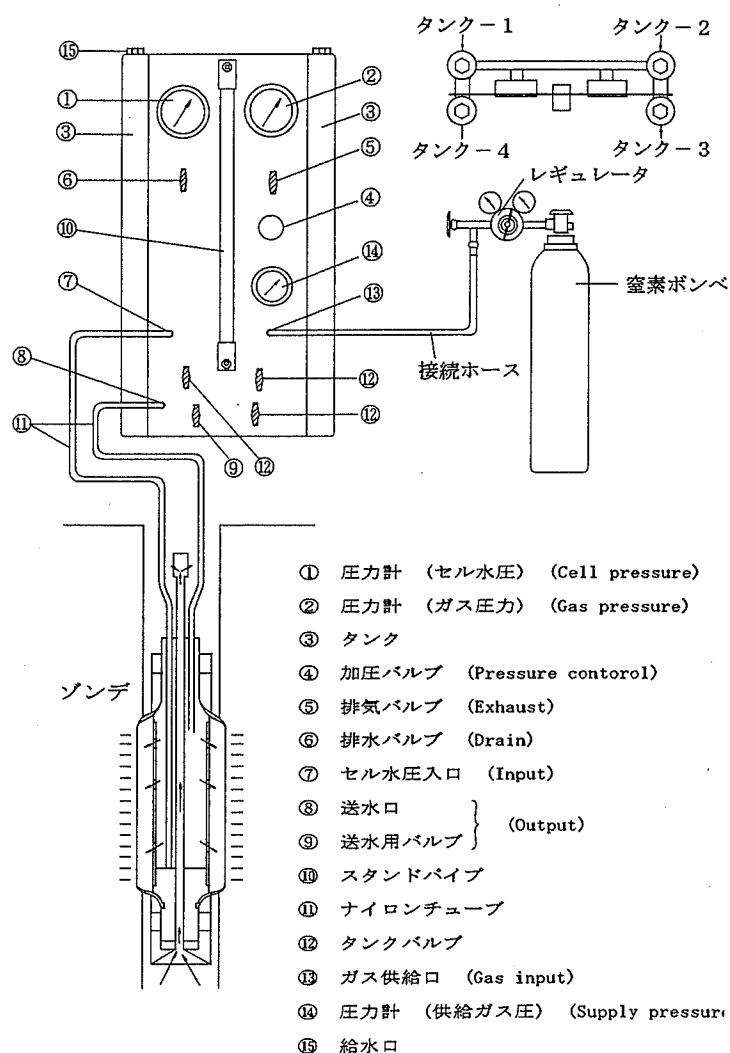
図Ⅱ-2-2(4) ハンマー

3) 孔内水平載荷試験

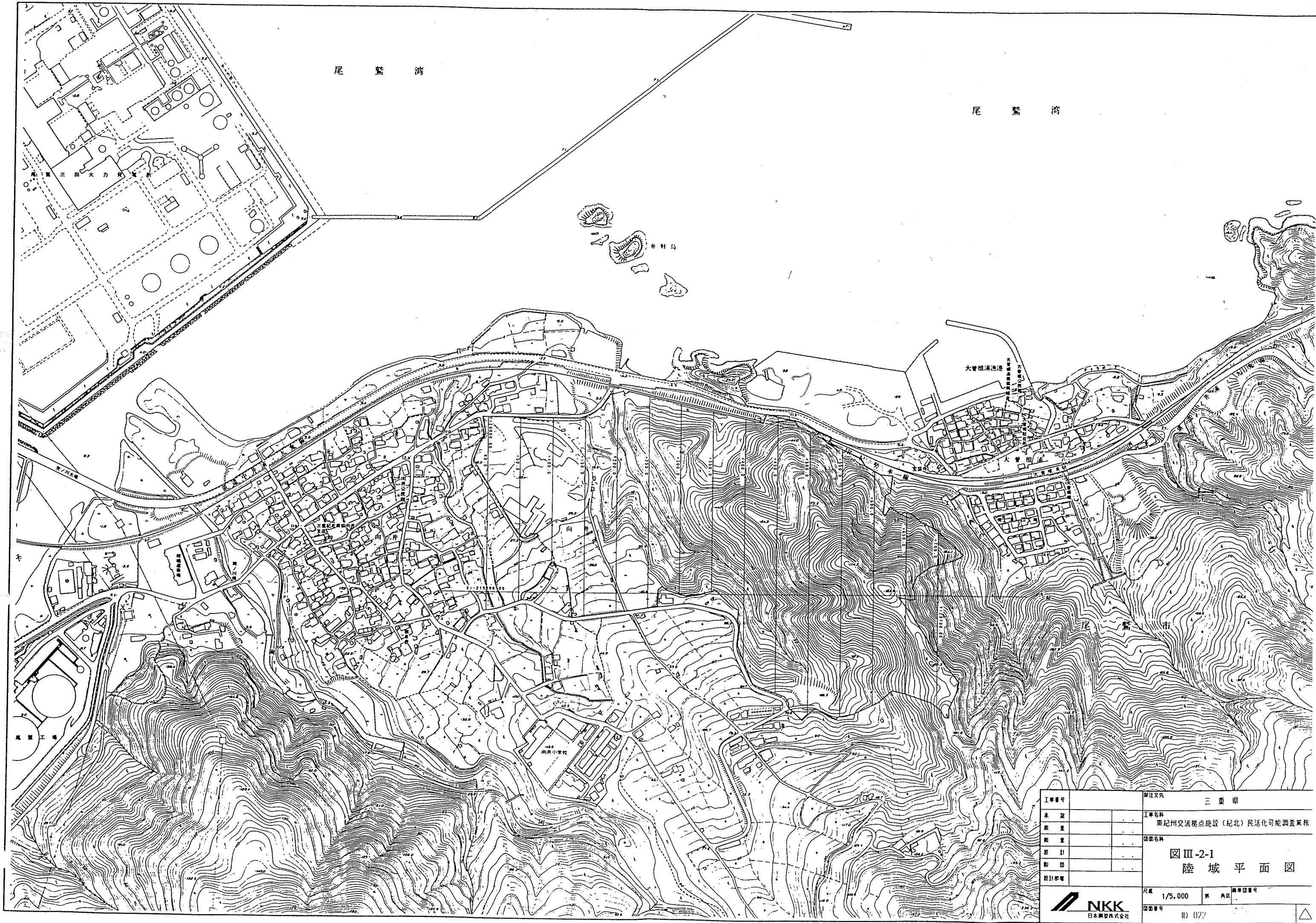
孔内水平載荷試験はボーリング孔を利用して、LLT型孔内水平載荷試験器を用いて実施しました。

LLT型試験器は、ボーリング孔内に挿入したゴムチューブに高圧ガスを圧力源とする圧力水を注入することによって孔壁面を加圧し、このゴムチューブへの注入水量を測定することによって、そのときの孔壁面の変位量を測定する試験器です。

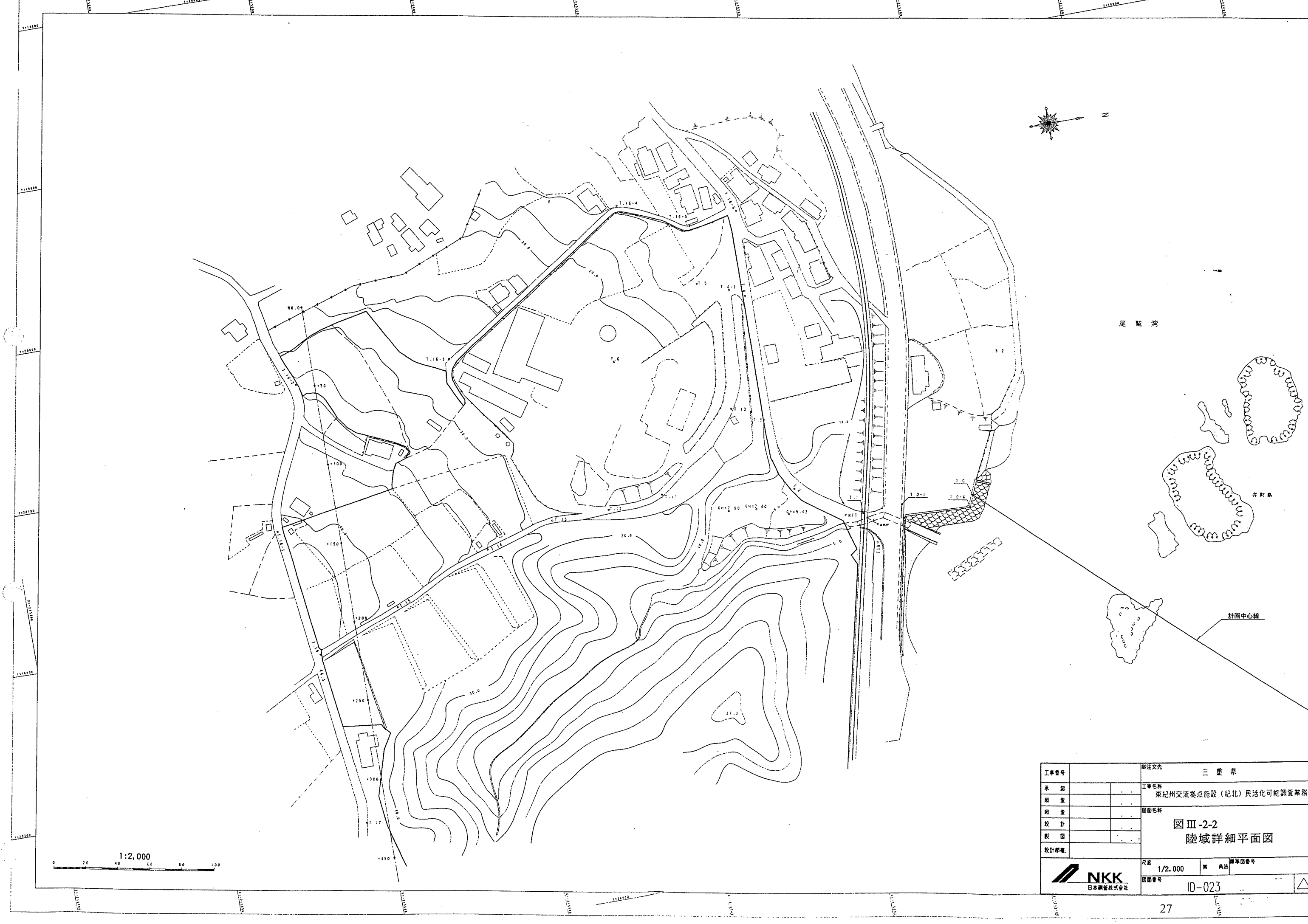
図Ⅱ-2-3にLLT型試験器の一般的な装置図を示します。



図Ⅱ-2-3 LLT型孔内水平載荷試験器の概略図



工事番号		図注文	三重県
承認		工事名称	東紀州交流拠点施設（紀北）民活化可能調査業務
測量		図面名称	図Ⅲ-2-1 陸域平面図
設計		図面番号	11) 022
製図		縮尺	1/5,000
設計部署		製図部署	
NKK 日本興業株式会社		△	



工事番号		御注文先	三重県
承認		工事名称	東紀州交流拠点施設（紀北）民活化可能調査業務
調査		図面名称	図Ⅲ-2-2 陸域詳細平面図
設計			
製図			
設計部			
 NKK 日本鋼管株式会社		尺貫	1/2,000
		第	角法
		図面番号	10-023

(2)陸上施設用地土質調査

1)調査結果

ボーリング結果は柱状図として図Ⅲ-2-3に示します。また、地層の分布をまとめ、表Ⅲ-2-1に示します。

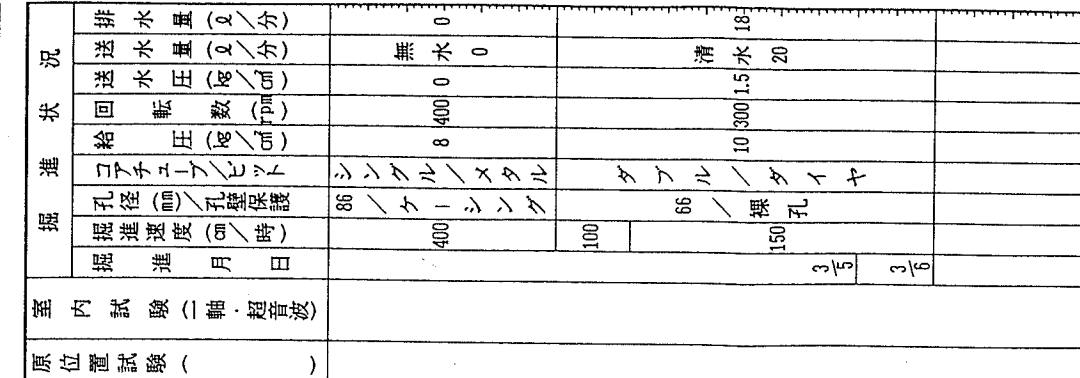
表Ⅲ-2-1 地層分布

地 点	地 層	分布深度(GL-m)	層 厚(m)	N 値
ア	埋 土 層	0.00～2.30	2.30	60以上
	沖積砂質土層	2.30～5.35	3.05	4～12
	沖積礫質土層	5.35～13.95	8.60	6～60以上
	尾鷲層群砂岩	13.95～19.00	5.05以上	貫入不能
イ	埋 土 層	0.00～1.50	1.50	6
	沖積砂質土層	1.50～2.00	0.50	—
	真 砂 土 層	2.00～2.95	0.95	36
	熊野酸性岩類 花 崗 斑 岩	2.95～8.00	5.05以上	60以上

ボーリングNo.

シ-1 No.

シートNo.	緯	34° 3' 26.0"
	経	136° 13' 9.3"
ーリン 責任者	田代 範 男	
		K R V 6 0



各調査点の層相は以下の通りです。

なお、ボーリングコアの区分基準は、「ボーリング柱状図作成要領(案) 建設大臣官房技術調査室監修」に従い、表Ⅲ-2-2に示すコア状況、掘進状況より岩盤等級区分基準に従って評価します。

①地点ア(SPC取水設備計画予定地)

埋土層は主に砂礫で構成され、不均質な土質構成を示し、20cm以上の玉石(花崗岩質)を含んでいます。色調は暗黄灰～暗灰色を呈しています。N値は60以上を示していますが、礫打撃によるものと考えられます。

沖積砂質土層は、シルト混じりの細砂より構成されています。粒子は不均一で、含水は少なく、腐植物や植物根を混入しています。また、部分的にφ2mm程度の礫が互層状に混入しています。N値は4～12程度と「非常に緩い～中位」の相対密度を示しています。色調は暗褐灰色を呈しています。

沖積礫質土層は、粘土混じり砂礫、シルト混じり砂礫より構成されています。φ2～30mm程度の亜円、亜角礫を主体としており、マトリックスはシルト混じりの細砂からなっています。層上部で10～20cm程度の玉石(花崗岩、砂岩質)を含んでいます。地下水位以深に分布するため、全体に含水は多く、下部層で中くらいとなっています。N値は6～60以上とバラツキをみせますが、N=60以上は礫打撃によるものと考えられ、概ね13程度(N=60以外の平均値)と考えられます。色調は淡灰、暗褐、暗灰色等を示しています。

基盤を構成する尾鷲層群中の砂岩はN=60/0と貫入不能であり、非常に硬く、5～15cm程度の短柱状コアにて採取されます。全体に泥岩を挟み、GL-17.40m付近から礫岩との互層状となっています。これより岩級区分はC_L～C_M級と推定されます。色調は暗灰色を呈しています。また調査地点は谷地形であり、転石も多く含まれるものと考えられますが、岩盤層を連続して5.00m以上確認しており転石である可能性は極めて低いものと考えられます。

地下水位は、GL-6.00m(標高+0.88m)で確認されます。

②地点イ(切土計画予定地)

埋土層は主に粘土混じり砂礫で構成されており、不均質な土質構成を示し、20cm以上の玉石(花崗岩質)を含んでいます。色調は暗黄灰色を呈し、N値は6を示しています。

沖積砂質土層は、粘土質粗砂より構成されています。粒子は不均一で、粘性土を多く含んでいます。粘性は弱く、15cm程度の玉石を混入しています。色調は赤褐色を呈しています。

真砂土層は、基盤岩である熊野酸性岩類の花崗斑岩が強風化した部分であり、全体に砂状を示しますが10cm程度の岩芯が残っている箇所もみられません。N値は36を示し、色調は淡黄灰色を呈しています。

基盤を構成する熊野酸性岩類の花崗斑岩は、風化は進行しているものの概ねN=60/0と貫入不能であり、全体に岩としての層相をみせます。岩盤の状況は、ボーリング柱状図に示したとおりであり、真砂土状、礫状コアとなる箇所もみられますが、GL-7.30m付近から5～10cm程度の短柱状コアとなり、新鮮な岩盤部へ漸移していくものと考えられます。調査深度内における岩級区分としては、概ねD～CL級ですが、層上部では最大コア長が50cmを示すなど、一部CH級クラスを示す部分もみられ、花崗斑岩特有の風化進行状況によるものと考えられます。色調は乳灰～褐灰色を呈しています。また本地点においては、風化帯(真砂土部)も含めると、6.00m程度岩盤部を確認しており、転石の可能性は極めて低いものと考えられます。

地下水位は、GL-1.65m(標高+41.02m)と沖積砂質土中で確認されます。

表Ⅲ-2-2(1) 岩盤等級区分一覧(花崗岩)

コア硬軟区分例

記号	硬軟区分	
A	極硬	ハンマーで叩くと金属音, DBで 2cm/min以下
B	硬	ハンマーで軽い金属音, DBで 2～4cm/min以下
C	中硬	ハンマーで叩くと濁音, 容易に割れる. DBで 3cm/min以上
D	軟	脆弱で指で割れ潰れる. MCで掘進可
E	極軟	粉体になりやすい. MCで無水掘可

DB:ダイヤモンドビット
MC:メタルクラウン

コア形状区分の例

記号	コア形状	コア長 (cm)	摘要
I	棒状	50cm以上	
II	長柱状	15～50	
III	短柱状	5～15	ほとんどが円形のコア
IV	岩片状	5cm以下	不円形コアが多い
V	れき状		コア形を残す
VI	砂状		岩形, コア形なし

コア割れ目状態判定表

記号	割れ目状態区分
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
b	割れ目沿いの風化・変質は認められるが, 岩片はほとんど風化・変質していない
c	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている
d	割れ目として認識できない角礫状, 砂状, 粘土状コア

コア風化区分表 (花崗岩の例)

記号	風化の程度
α	非常に新鮮である. 造岩鉱物の変質はまったくない
β	新鮮である. 有色鉱物の周辺に赤褐色化がある. 長石の変質はない
γ	弱風化している. 有色鉱物の酸化汚染がある. 長石の部分的な変質(白色化)がある
δ	風化している. 有色鉱物が黄銅色あるいは周辺が褐色粘土化している. 長石の大部分が変質している
ε	強風化している. 石英および一部の長石を除きほとんど変質し原岩組織は失われている

ボーリングコア鑑察による岩級区分 (花崗岩の例)

区分	色調	① 硬軟の程度	② 風化変質の程度 (細区分)	③ 割目の状態	④ コアの状態 (細区分)	備考
A	青灰～乳灰	極硬 ハンマーで叩くと金属音 D.Bで 2cm/min以下	き裂面ともおおむね新鮮 未風化 (A)	き裂少く, おおむね20～50cmで密着している	棒状～長柱状で おおむね30cm以上で採取される (I)	
B	乳灰～ (淡)褐灰	硬 ハンマーで軽い金属音 D.Bで 2～4cm/min	おおむね新鮮なるも, き裂面に沿って若干風化変質褐色を帯びる (B)	割目間隔5～15cmを主としている 一部開口している	短柱～棒状で おおむね20cm以下 (II)	③④Aなるも① ②がBのもの ①②Aなるも③ ④Bのもの
C _H	褐灰～ (淡)灰褐	中硬 ハンマーで叩くと濁音 小刀で傷つく硬さ. D.Bで 3cm/min以上	割目に沿って風化進行, 長石等 は一部変色変質している (C)	割目発達, 開口部に一部粘土はさむ. ヘアクラック発達. 割れ易い	大岩片状で おおむね10cm以下で 5cm前後のもの 多い 原型復旧可 (III)	短柱状なるも風化進行軟質のもの
C _M	灰褐～ 淡黄褐	やや軟～硬 ハンマーで叩くと軽く割れる 爪で傷つくことあり D.Bで掘進適	岩内部の一部を除き風化進行, 長石, 雲母はおおむね変質している (D)	割目多く発達5cm以下, 開口して粘土はさむ	岩片～細片(角礫)状で砕け易い. 不円形多く 原型復旧困難 (IV)	軟岩で容易に砕け易いもの
C _L	淡黄褐 ～黄褐	軟 極く脆弱で指で割れ, つぶれる M.Cで掘進可	岩内部まで風化進行するも, 岩構造残し石英未風化で残る (E ₁)	割目多いが粘土化進行, 土砂状で密着している	細片状で岩片残り, 指で砕けて粉状 円形コアなし (V)	破碎帯でコア一部のみ細片状で採取のもの
D	黄褐	極軟 粉体になりやすい M.Cで無水掘可	おおむね一様に風化進行, マサ土化している わずかに岩片を残す (E ₂)	粘土化進行のためクラックなし	土砂状 (VI)	破碎帯・粘土化帯でコア採取不可能なもの

備考: ①②または③④が上位で③④または①②が下位ランクのときは, 下位ランクとして表示する.
D.B: ダイヤビット M.C: メタルクラウン

表Ⅲ-2-2(2) 岩盤等級区分一覧(硬質塊状岩盤)

ボーリングコア鑑定についての岩盤等級区分基準（硬質塊状岩盤）

岩盤等級	対象岩盤の一般的目安としては、新鮮な岩石のテストピースの自然乾燥一軸圧縮強度が800kmf/cm ² 以上のもの。 新鮮岩の露頭部における岩石のハンマーの打撃によって、一般に金属音が発生する。	
	岩盤の一般的性状	ボーリングコアの状態
A	岩質はきわめて新鮮で、火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は全く風化変質しておらず、また節理はほとんど分布していない。岩盤としてはきわめて堅牢、固密である。	コアは100cm以上の棒状をなし岩質極めて新鮮で、コアの表面は非常になめらかであり、節理は認められない。（すなわち、コア箱1mにおいては、割れ目の認められないintact rockである） コアの採取率は極めてよい。
B	岩質は新鮮で、火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子はほとんど風化変質していない。また節理の分布はまばらであり、密着している。岩盤としては堅牢、固密である。	コアは40～50cm前後の長柱状が主体をなし、岩質は新鮮で、コアの表面はなめらかである。節理の分布は少なく、密着している。節理面は稀れに汚染されていることもある。コアの採取率は極めてよい。
C _H	岩質はおおむね新鮮、堅硬であるが、火成岩では造岩鉱物中、長石類および雲母、角閃石などの有色鉱物がわずかに風化変質している場合もあり、また堆積岩類では構成粒子として二次的に存在する長石類および有色鉱物がわずかに風化変質している場合もある。節理はかなり分布しており、また節理面は風化変質をうけて変色汚染されている場合が多く、ときには風化物質がうすく付着していることもあるが、一般にはおおむね密着している。岩盤としては堅固である。	コアは10～30cm前後の柱状が主体をなし、岩質はおおむね新鮮で、コアの表面はおおむねなめらかである。 節理はやや発達し、節理面はしばしば淡褐色に風化変質しているが、風化変質は内部まで進んでいない。時に節理面には薄く風化物質が付着することもある。 コアの採取率はよい。
C _M	岩質は一般にやや風化変質している。このうち火成岩では石英を除き、長石類および有色鉱物は風化を受け、しばしば褐色あるいは赤褐色を呈している。また堆積岩類では構成粒子として二次的に存在する長石類および有色鉱物が風化変質し、火成岩の場合と同様、しばしば褐色あるいは赤褐色を呈している。節理は開口し、しばしば粘土あるいは風化物質を挟在している。このクラスの岩石中には細かな毛髪状割れ目が多量に胚胎していることが多い。 その他、岩質は新鮮であっても、開口節理の分布が著しく、クラッキーな状態を示すものもこのクラスに含まれている。	コアは10cm前後の短柱状が主体をなし、岩片状をなす場合でも組合せると円柱状になる。岩質はやや風化変質しておりコアの表面はおおむね粗面を呈する。節理面は風化汚染され、内部まで風化が進んでいる。コアバレルからコアを抜いた時新たな割目が生じる。コアの採取率はおおむね80%以上。岩質が新鮮でも、開口節理が発達し、コア長の短いものはこの岩級に含まれる。
C _L	火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は著しく風化を受けているために、岩石全体としても一般に褐色あるいは赤褐色を呈する。節理は開口し、粘土および風化物質の挟在が著しい。このクラスの岩石では細かな毛髪状の割れ目の分布が著しく、さらにこの割れ目に沿って風化も進んでいる。その他、岩質は新鮮であっても、開口節理の分布が著しく、石積状の産状を示すものもこのクラスに含まれる。	コアはおおむね岩片状が主体をなし、組合せても円柱状にすることは難しい。岩質は風化している為、コアの表面はザラザラし、一般に褐～茶褐色を呈する。風化変質は節理付近のみならず全体に進んでいる。コアバレルからコアを抜いた時崩壊し易い。採取率はおおむね80%以下。 短柱状コアと砂～粘土状コアが繰り返す場合もこの岩級に含まれる。
D	火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は著しく変化を受けしばしば砂状および粘土状を呈する部分が見られる。このクラスの岩盤では節理の分布はむしろ不明瞭である。	コアはおおむね砂～粘土状を呈し、一見岩盤被覆層との区別は難しいが、相対的に締り度よい。通常の清水掘りでは、ダブルコアチューブを用いてもコア採取率は著しく悪い。

コア硬軟区分判定表

記号	硬軟区分
A	極硬、ハンマーで容易に割れない
B	硬、ハンマーで金属音
C	中硬、ハンマーで容易に割れる
D	軟、ハンマーでポロポロに碎ける
E	極軟、マサ状、粘土状

コア形状区分判定表

記号	模式図	コア形状
I		長さ50cm以上の棒状コア
II		長さが50～15cmの棒状コア
III		長さが15～5cmの棒状～片状コア
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
V		主として角礫状のもの
VI		主として砂状のもの
VII		主として粘土状のもの
VIII		コアの採取ができないもの、スライムも含む（記事欄に理由を書く）

コア割れ目状態判定表

記号	割れ目状態区分
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
b	割れ目沿いの風化・変質は認められるが、岩片はほとんど風化・変質していない
c	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている
d	割れ目として認識できない角礫状、砂状、粘土状コア

泥質岩の風化区分

記号	風化の程度
α	非常に新鮮である
β	新鮮である。層理面、片理面にそって僅かに変色があり割れやすい
γ	弱風化している。層理面、片理面にそって風化している
δ	風化している。岩芯まで風化している。ハンマーで簡単に崩せる
ε	強風化している。黄褐色化し、指先で簡単に壊すことができる

2)孔内水平載荷試験結果

孔内水平載荷試験は地盤の水平方向の耐力を把握するために実施し、今回はSPC取水設備計画予定地の埋土層下部に分布する沖積砂質土層付近を対象として行いました。

今回試験対象とした沖積砂質土層は、N値4～12程度と「非常に緩い～中位」の相対密度を示しており、計画構造物が給水プラント(ポンプ設備等)ということで、基礎底面付近に位置する可能性が高いため実施したものです。試験結果の詳細は「Ⅴ.資料編 2.陸上施設用地土質調査 (1)孔内水平載荷試験データ」に示します。

表Ⅲ-2-3 孔内水平載荷試験結果一覧表

地点	試験深度	土 質 名	N値	地盤係数 Km	変形係数 Em
ア	GL-3.50m	シルト混じり細砂	4	3.0 kgf/cm ³	14.3 kg/cm ²

上表より、N値とEm値の関連性について考えれば次のようになります。

$$Em = 3.5 \times N$$

一般に、ボーリング孔内における水平載荷試験から求めた変形係数Em値とN値の間には、 $Em=7 \times N$ なる関係があるとされています。これによれば、本試験値は小さな値を示していますが、締まり具合の緩い沖積砂質土層であることを加味すれば、ボーリング掘削中に孔壁の“ゆるみ”を生じた可能性もあり、測定値としては妥当な値と判断されます。

なお、ここに示されている地盤係数Km値は、変形係数Em値を算出するための値であり、実際に設計で用いる水平方向地盤反力係数Khとは異なるので注意が必要です。

3)地盤の透水性について

地盤の透水性を把握する方法としては、「現場透水試験」、「室内透水試験」、「粒度特性値からの推定」などの方法がありますが、現場における地下水位が比較的低く、土質試料も多く採取されていないことから、ここでは粒度特性値から透水係数を推定します。

粒度試験結果の詳細は「V.資料編 2.陸上施設用地土質調査 (2)粒度試験結果」に示します。

粒度特性値から透水係数を推定する方法は、次に示す2式によるもので、粒度試験より得られた粒径を用います。

① Creager法

$$K = 0.359 \times D_{20}^{2.327}$$

② Hazen法

$$K = C \times D_{10}^2$$

$$\text{一般には、} K = 100 \times D_{10}^2$$

ここに、K :透水係数 (cm/sec)

D₁₀:通過質量百分率10%に当たる粒径 (cm)

D₂₀:通過質量百分率20%に当たる粒径 (mm)

C :ヘーゼン定数で一般に100とする

表Ⅲ-2-4に粒度試験より得られた粒径と、これより推定される透水係数を整理します。

なお、地点イの深度1.50～2.00m(粘土質粗砂)については層厚が薄く、試料が採取されておらず、透水係数の推定はできませんでした。

表Ⅲ-2-4 粒度特性値より推定される透水係数

地点	深度 (GL-m)	試料番号 土 質	D ₁₀ (cm)	ヘーゼン法 K(cm/sec)	D ₂₀ (mm)	クルーガー法 k(cm/sec)
ア	0.00~2.30	ア-1 埋 土	0.000811	6.57×10^{-5}	0.04555	2.71×10^{-4}
	2.30~5.35	ア-2 シルト混じり細砂	0.000833	6.93×10^{-5}	0.04819	3.09×10^{-4}
	5.35~7.05	ア-3 粘土混じり砂礫	0.00445	1.98×10^{-3}	0.48399	6.63×10^{-4}
	7.05 ~ 13.95	ア-4 シルト混じり砂礫	0.00152	2.31×10^{-4}	0.05864	4.88×10^{-4}
イ	0.00~1.50	イ-1 埋 土	0.000767	5.88×10^{-5}	0.04886	3.19×10^{-4}
	2.00~2.95	イ-2 真 砂	0.000834	6.95×10^{-5}	0.04740	2.97×10^{-4}

また、土の透水性と透水係数の関係を示せば、表Ⅲ-2-5のとおりです。

表Ⅲ-2-5 土の透水性と透水係数

	10 ²	10 ¹	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
透 水 性	高 い			中 位		低 い		非常に低い		実質上不透水		
土の種類と分類記号	清 浄 な 礫 (GW,GP)	清 浄 な 砂 及 び 砂 礫 (GW,GP,SW, SP,GM)			微細砂、シルト、砂-シルト-粘土 混合土層状粘土など (SM,SC,ML)			“不透水性”の土、 例えば風化を受けて いない均質な粘土 (CH,MH,VH)				
“不透水性”の土が草木や風化の影響を受けて変化したもの												
透水係数を直接測定 する方法	現場透水試験(揚水試験) 適切な方法で行えば信頼できる かなりの経験を要す					現場透水試験 (回復法、注水法) 経験を要す						
				定水位 試験	変水位透水試験飽和に要注意							
	特殊な変水位透水試験											
透水係数を間接的に 推定する方法	粒度分布から計算 清浄な砂と礫に適用できる					圧密試験結果から 間接的に計算						

(出典土質試験法 社団法人土質工学会編)

以上のような結果が得られますが、ヘーゼン法による推定値とクレーガー法による推定値を比較すると、クレーガー法による推定値のほうが 10^{-1} 高いオーダーを示すものが多くみられます。これはヘーゼン法が D_{10} から推定するため細粒分の微妙な含有率に影響されるためであり、今回の透水係数としてはクレーガー法による値が適当と考えられます。これによると表Ⅲ-2-5と比較して、ア-3試料は粒子も粗く 10^{-2} のオーダーを示し透水性は「中位」となりますが、この他の試料では 10^{-4} のオーダーを示し「低い」透水性となっています。

表Ⅲ-2-6 透水性

地点	深 度 (GL-m)	試料番号 土 質	透 水 性
ア	0.00～2.30	ア-1 埋 土	低 い
	2.30～5.35	ア-2 シルト混じり細砂	低 い
	5.35～7.05	ア-3 粘土混じり砂礫	中 位
	7.05 ～ 13.95	ア-4 シルト混じり砂礫	低 い
イ	0.00～1.50	イ-1 埋 土	低 い
	2.00～2.95	イ-2 真 砂	低 い

4) 支持地盤及び基礎工について

本調査地域のうちSPC取水設備計画予定地(地点ア)では、最上部に埋土層、その下位に沖積砂質土層、沖積礫質土層、最下位に基盤岩である尾鷲層群の砂岩が分布しています。

この地質調査ボーリング結果から構造物の支持地盤について検討すれば以下のようになります。

構造物の基礎は有害な沈下・傾斜を起こさないような良質な地盤に支持させることを原則としており、岩盤や礫質土・砂質土の良く締まった地盤、または粘性土では固結度を対象とします。一般に良質な地盤とN値の目安は、構造物の規模および重要性にもよりますが、次のようになっています。

粘性土層	:大略N値が20以上
砂・砂礫層	:大略N値が30以上 (一般に $N \leq 15$ の場合には不適)

ただし、支持地盤・基礎工法の検討を行う場合、支持地盤構造・上部構造物の規模・周辺環境・経済性等も考慮する必要があります。以上のことをふまえて考えると、次のようになります。

・埋土層

本層は砂礫を主体としN値は「60以上」を示していますが、礫打撃によるものと考えられ、実際の地盤は緩い締まりを示すものと考えられます。また計画構造物が給水プラント(ポンプ設備等)であり、根入れ長を考慮すると支持層としては一般的に不適當です。

・沖積砂質土層

本層はN値「4~12程度」(平均7)、層厚3.05m程度と構造物の支持層としては信頼性に欠ける地層です。

・沖積礫質土層

本層は層厚8.60m程度と厚く確認されており、構造物の支持層としては満足な層厚を満たしていますが、N値「6~60以上」とバラツキをみせ、 $N=60$ は礫打撃によるものと考えられます。本層のN値としては概ね13程度($N=60$ 以外の平均値)と考えられ、構造物の支持層としてはやや信頼性に欠ける地層であると判断されます。

・尾鷲層群砂岩層

本層はN値「貫入不能」となり、層厚も本調査で5.00m以上を確認しており、転石である可能性は極めて低いと考えられます。また掘進状況、採取試料か

ら岩級区分としてはCL～CM級と推定され、これ以深は新鮮な岩盤へ漸移するものと判断されるため、中～重量構造物の支持層としても期待できます。

以上のことより本調査地点で給水プラント(ポンプ設備等)を建設する場合は、GL-13.95m(標高-7.07m)以深に分布する尾鷲層群の砂岩層を支持地盤とすることが適切です。

この場合、支持層深度が深いために基礎工法としては杭基礎工法の採用が一般的です。

杭基礎工法は、表Ⅲ-2-7に示したように様々な工法がありますが、中掘り基礎工法ないしは場所打ち基礎工法の採用が適切と判断されます。ただし、支持地盤上部の沖積砂礫層では10～20cm程度の玉石を混入しており、中掘り基礎工法を採用した場合は杭径を十分検討する必要があります。また杭の鉛直支持力としては、岩盤を支持地盤とするためほぼ杭自身の許容鉛直応力まで期待することができますが、岩盤の上位はほぼ $N \leq 10$ の緩い締まりを示す礫質土であり、岩盤が硬質であるため杭の定着長を十分確保できない場合も想定されるので、水平力を考慮して杭種あるいは杭径に対しても配慮が必要と考えられます。

表Ⅲ-2-7 基礎形式選定表(道路橋示方書・同解説)

選定条件			基礎形式			直 接 基 礎	打込み基礎			中掘り杭基礎			場所打ち杭基礎				ケーソン基礎		鋼管 矢板基礎	地中 連続壁基礎		
							杭基礎	PC・ PHC杭	鋼管杭	PC・PHC杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭			鋼管杭	鋼管杭
			最終打撃方法	噴出攪拌方法	コクリ攪拌方法		最終打撃方法	噴出攪拌方法	コクリ攪拌方法	最終打撃方法	噴出攪拌方法	コクリ攪拌方法	最終打撃方法	噴出攪拌方法	コクリ攪拌方法	最終打撃方法	噴出攪拌方法	コクリ攪拌方法			最終打撃方法	噴出攪拌方法
地盤条件	支持層までの状態	中間層に極軟弱層がある	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	
		中間層に極硬い層がある	○	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	△	△	○	
		中間層に礫がある	礫径 5cm以下	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			礫径 5cm~10cm	○	×	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	○	○	○	△	○	
			礫径 10cm~50cm	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○	○	△	×	△	
		液状化する地盤がある	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	支持層の深度	支持層の深度	5m未満	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	
			5~15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	△	△	
			15~25m	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			25~40m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			40~60m	×	×	△	○	△	△	△	○	○	○	△	○	×	×	△	○	○	○	
			60m以上	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	△	△	△	
		支持層の土質	粘性土 (20≤N)	○	○	○	○	○	×	△	○	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	
			砂・砂礫 (30≤N)	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	
			傾斜が大きい (30程度以上)	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	△	△	○	○	△	△	△	
	地下水の状態	支持層面の凹凸が激しい	○	△	△	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	△	△	○		
		地下水位が地表面近い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○		
		湧水量が極めて多い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○	△		
		地表より2m以上の被圧地下水	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	○	×		
	構造物の特性	荷重規模	地下水流速3m/min以上	×	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	○	△	○	×	
			鉛直荷重が小さい(支間20m以下)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	△	×	×
鉛直荷重が普通(支間20m~50m)			○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
鉛直荷重が大きい(支間50m以上)			○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	
鉛直荷重に比べ水平荷重が小さい			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	
支持形式		鉛直荷重に比べ水平荷重が大きい	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		支持杭	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-		
		摩擦杭	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-		
		施工条件	水深5m未満	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	×	○	△	×	△	△	○	×
			水深5m以上	×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	×	△	×	×	△	△	○	×
作業空間が狭い	○		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	×	△		
斜杭の施工	-		△	○	○	×	×	×	△	△	△	△	△	×	×	×	-	-	-	-		
有害ガスの影響	△		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○		
問題環境	振動騒音対策	○	×	×	×	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	×	○		
	隣接構造物に対する影響	○	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	△	△	○	○		

○:適合性が高い、△:適合性がある、×:適合性が低い

5)地盤定数の設定

土の強度を表す表現として、粘着力と内部摩擦角があります。前者は主に粘性土の、後者は主に砂質土のそれぞれの強度を表すものです。

地盤定数は不攪乱試料採取を行い、室内土質試験より求めることが望ましいのですが、実際には粘性土以外は採取が難しく、一般的には地盤状況、N値等より推定する場合が多くなっています。

ここでは、以下に示す条件に基づき地盤定数を推定します。

○設計N値

各地層共に安全を加味して、確認されたN値のうち平均値を設計N値とします。ただし、礫層中明らかに礫打撃によりN値が60以上を示すものについては、考慮しないものとします。

○粘着力(c)の推定

$$c = q_u / 2, \quad q_u = 1/8 \times N \text{ (kg f / cm}^2\text{)より}$$

$$c = 0.625 \times N \text{ (tf/m}^2\text{)}$$

N:標準貫入試験値

○内部摩擦角(ϕ)の推定

$$\phi = 15 \times N + 15 \leq 45(^{\circ})$$

N:標準貫入試験値

○単位体積重量(γ)の推定

「道路橋示方書・同解説」の表Ⅲ-2-8より推定します。

表Ⅲ-2-8 土の単位重量(tf/m³)

地 盤	土 質	ゆるいもの	密 な も の
自然地盤	砂および砂れき	1.8	2.0
	砂 質 土	1.7	1.9
	粘 性 土	1.4	1.8
盛 土	砂および砂れき	2.0	
	砂 質 土	1.9	
	粘 性 土	1.8	

- (注) (1)地下水位以下にある土の単位重量は、それぞれの表中の値から0.9を差し引いた値としてよい。
 (2)碎石は砂利と同じ値とする。また、ずり、岩塊などの場合は種類、形状、大きさおよび間げきなどを考慮して定める必要がある。
 (3)砂利まじり砂質土、あるいは砂利まじり粘性土にあたっては、混合割合および状態に応じて適当な値を定める。
 (4)地下水位は施工後における平均値を考える。

○変形係数(E_0)の推定

$$E_0 = 28 \times N \text{ (kg f/cm}^2\text{)}$$

N:標準貫入試験値

ただし、さらに地盤反力係数の推定を行う場合は、以下に示す係数 α を用います。

常 時 ----- 1
地 震 時 ----- 2

○岩盤部の地盤定数の推定

「(財)道路保全技術センター編 建設省中部地方建設局監修 道路設計要領」(表Ⅲ-2-9,10)より推定します。

表Ⅲ-2-9 変形係数の測定例(kg f/cm³)

岩級	粘板岩(某ダムサイトの例)		花崗岩(本四連絡橋基礎の例)	
	範 囲	平 均	範 囲	代 表 値
B	30,000以上	30,000 ^{*1}	12,000～30,000	20,000
C _H	10,000～30,000	20,000	6,000～12,000	8,000
C _M	5,000～10,000	7,500	3,000～ 6,000	4,500
C _L	1,000～ 5,000	3,000	1,500～ 3,000	2,000
D	1,000以下	—	50～ 1,500	100～1,000

*1 最小値を示す

表Ⅲ-2-10 せん断定数の測定例

岩級		粘板岩(某ダムサイトの例)				花崗岩(本四連絡橋基礎の例)		
		C(kg f/cm ³)		$\phi(^{\circ})$		C(kg f/cm ³)		$\phi(^{\circ})$
		範囲	平均	範囲	平均	範囲	代表値	代表値
硬岩	B	22.5～27.5	25	40～50	45	15.0～25.0	15	45
	C _H	17.5～22.5	20	35～45	40	10.0～20.0	10	40
	C _M	7.5～17.5	12.5	35～45	40	5.0～10.0	5	40
軟岩	C _L	2.5～7.5	5	30～40	35	1.0～10.0	1	37
	D	1以下	0	20～30	25	0～5.0	0	30～35

以上の実測値および推定式から各調査地点で確認された地層について地盤定数を推定し、次表に提案します。

表Ⅲ-2-11 地点アの地盤定数推定表

地 層 名	設計N値	粘 着 力 c (tf/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	単位体積重量 γ (t/m ³)	変形係数 E _o (kg f/cm ²)
埋 土 層	60以上	0	31	2.0	504
沖積砂質土層	7	0	25	1.7	196 (14.3)
沖積礫質土層	13	0	28	2.0	364
尾鷲層群砂岩	貫入不能	75	35	2.1	3000

()は孔内水平載荷試験による実測値E_m

表Ⅲ-2-12 地点イの地盤定数推定表

地 層 名	設計N値	粘 着 力 c (tf/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	単位体積重量 γ (t/m ³)	変形係数 E _o (kg f/cm ²)
埋 土 層	6	0	24	2.0	168
沖積砂質土層	—	—	—	1.7	—
真 砂 土 層	36	0	38	2.0	1000
熊野酸性岩 花 崗 斑 岩	60以上	50	37	2.1	2000

6)地盤支持力の検討

地盤支持力の求め方は、その目的によって様々な算定式が定められています。

ここでは「建築基礎構造設計指針 日本建築学会」で定められている算定式を示すものとします。建築基準法においては、以下に示す式により許容地盤支持力を算定するとされています。

①長期応力に対する地盤の許容応力度

$$q_a = 1/3 (\alpha C N_c + \beta \gamma_1 B N_r + \gamma_2 D_f N_q)$$

②短期応力に対する地盤の許容応力度

$$q_a = 2/3 (\alpha C N_c + \beta \gamma_1 B N_r + 1/2 \gamma_2 D_f N_q)$$

ここに、 q_a :地盤の許容応力度(t/m^2)

α 及び β :基礎荷重面の形状に応じて下表に掲げる係数

係数\基礎荷重面の形状	円形	円形以外の形状
α	1.3	$1.0+0.3B/L$
β	0.3	$0.5-0.1B/L$
B及びLは、それぞれ基礎荷重面の短辺又は短径及び長辺又は長径の長さを表す。		

C :基礎荷重面下にある地盤の粘着力(t/m^2)

B :基礎荷重面の短辺又は短径(m)

N_c, N_r 及び N_q :地盤の内部摩擦角に応じて下表に掲げる支持力係数

支持力 係数\内部 摩擦角	0度	5度	10度	15度	20度	25度	28度	32度	36度	40度 以上
N_c	5.3	5.3	5.3	6.5	7.9	9.9	11.4	20.9	42.2	95.7
N_r	0	0	0	1.2	2.0	3.3	4.4	10.6	30.5	114.0
N_q	3.0	3.4	3.9	4.7	5.9	7.6	9.1	16.1	33.6	83.2
この表に掲げる内部摩擦角以外の内部摩擦角に応じた N_c, N_r 及び N_q は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補完した数値とする。										

γ_1 :基礎荷重面下にある地盤の単位体積重量(t/m^3)

γ_2 :基礎荷重面より上方にある地盤の平均単位体積重量(t/m^3)

D_f :基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ(m)

以上より基礎の形状を決定すれば地盤支持力を求めることができます。

7)地盤沈下について

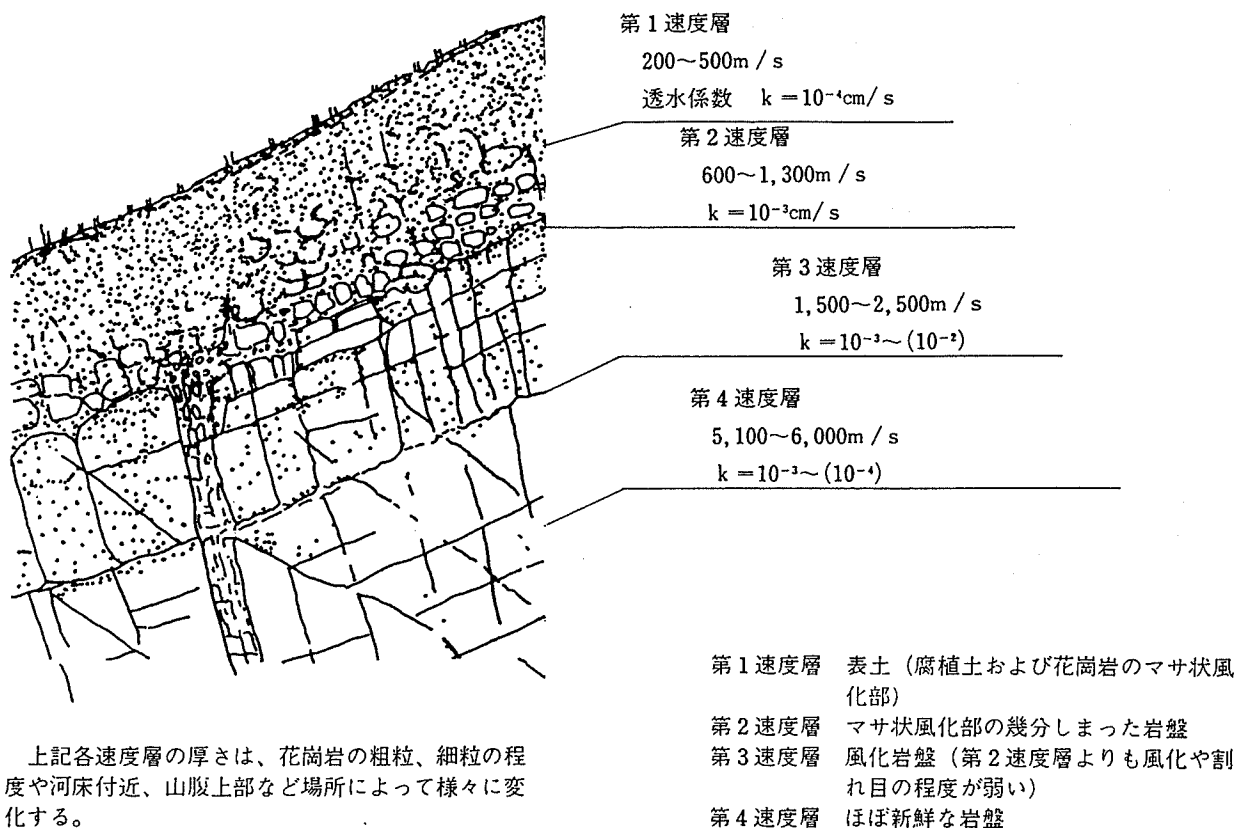
一般に軟弱な粘性土が分布する場合には、上載荷重の増加に伴う圧密沈下の検討を行うために、粘性土の不攪乱試料で室内試験(圧密試験)を行い、沈下の検討をします。しかし、本調査では粘性土は確認されなかったため、沈下は起こらない、もしくは沈下量は極小さいと推測されます。

8)岩盤の掘削性について

調査地点イ周辺では、熊野酸性岩の花崗斑岩が分布しており、切土計画が予定されています。ボーリング調査は「点」の調査であり、詳細な切土設計に際しては弾性波探査等を実施し、広域的に「面」の調査が必要ですが、今回はボーリング調査結果を基に概略的な岩盤の掘削性について考察を加えるものとしします。

本地域のように花崗斑岩の場合、その節理の発達により“核”が残って回りが風化するタマネギ状風化を示したり、形成後の造山運動等に伴う褶曲作用により亀裂等が発達する場合があります。この節理・亀裂等の発達は、切土勾配や施工性を決定する時の一つの参考となります。図Ⅲ-2-4に花崗岩の一般的な風化状況を示しました。地点イの場合もGL-2.00～2.95m間は、強風化された真砂土状となり、貫入試験もN=36を示しているためブルドーザやバックホウでの掘削が可能です。しかしこの下部では、最大コア長50cm、RQD90%を示すC_H級の岩盤が確認され、さらに下部は脆弱なD～C_L級岩盤となり、タマネギ状風化をおこしている可能性も考えられます。また岩盤での節理・亀裂等の発達は、特に風化部で開クラック状となる場合が多いため、岩自身が硬質な岩層でも比較的リップ等での掘削が容易です。したがって本地点のコア観察状況から判断すれば、C_H級を示す部分は“核”となるわずかな部分と考えられ、調査深度内では概ねC_L級を示し、脆弱なD級部分を挟むものとして、一部リップを併用したブルドーザ等の掘削が可能と考えられます。ただしこれ以上の掘削深さを計画する場合、花崗斑岩は本来無層理の深成岩であるため、これ以深に分布すると予想される風化の進行していない新鮮部では削岩機併用によるリップ掘削が必要と考えられます。

また今回のボーリング結果から分かるように、地点アと地点イでは基盤岩の岩種が異なっており、切土計画地内で岩種が変化する可能性もあります。地点アでは尾鷲層群の砂岩、礫岩が分布し、節理の発達の少ないC_L～C_M級岩盤となっています。したがって地点ア地点の近傍においては一部発破を併用したリップ掘削となることが考えられます。



(出典:近畿地方土木地質図 近畿地方土木地質図編纂委員会)

図Ⅲ-2-4 花崗岩の一般的な風化状況

IV.総 括

本調査地は三重県南部で、中生代白亜紀頃形成された四万十層群(的矢層群)に属する砂岩、頁岩とこれを貫く熊野酸性岩で構成される地域にあたり、地形的には急峻な山稜と深く刻み込んだ入り江による起伏の激しい「リアス式海岸地形」で、尾鷲湾の湾縁辺部では新生代第三紀に形成された陸生の堆積物である尾鷲層群の分布がみられます。

本調査では、東紀州交流拠点施設の設計に際し、SPC取水設備の計画予定地(地点ア)、切土計画予定地(地点イ)で各1本ずつのボーリング調査を実施しました。今回の調査結果に基づいて整理・要約して示します。

SPC取水設備計画予定地(地点ア)では尾鷲層群の砂岩、礫岩を基盤岩としており、河川の浸食による溺れ谷部であると考えられ、河川営力によって上流より流下堆積した堆積層が10m以上分布しています。埋土層下部ではGL-5.35m付近まで砂質土層が、GL-13.95m付近まで礫質土層が確認されています。

一般に構造物等の基礎支持地盤は、砂質土、礫質土の場合 $N \geq 30$ を一つの目安としており、調査地で確認された砂質土層、礫質土層では信頼性に欠けるものと考えられ、基盤岩である尾鷲層群の砂岩を支持地盤とすることが適切であると考えられます。この場合、支持層深度が深いために基礎工法としては杭基礎工法の採用が一般的ですが、支持地盤上部の礫質土層では玉石を混入しており、10~20cm程度の礫を確認していることから、杭径を十分検討する必要がありますと考えられます。また岩盤を支持地盤とした場合鉛直支持力としては問題ありませんが、岩盤の上位の礫質土は緩い締まりを示し、岩盤への杭の定着長も十分確保できない場合も予想されるため、水平力を考慮して、杭種あるいは杭径に対しても配慮する必要があると考えられます。

切土計画予定地(地点イ)では、熊野酸性岩類の花崗斑岩を基盤としています。詳細な切土設計に際しては弾性波探査等を実施し、広域的な調査が必要ですが、本ボーリング調査で得られたコア観察状況から判断すると、C_H級を示す部分は“核”となるわずかな部分と考えられ、調査深度内では概ねC_L級を示し、脆弱なD級部分を挟むものとして、一部リッパを併用したブルドーザ等の掘削が可能と考えられます。ただしこれ以上の掘削深さを計画する場合、花崗斑岩は本来無層理の深成岩であるため、これ以深に分布すると予想される新鮮部では削岩機併用によるリッパ掘削が必要と考えられます。

今回の調査では概略的な調査としてボーリング工を2箇所実施しましたが、調査地点が比較的近接している地点アと地点イで形成過程の異なる基盤岩(尾

鷲層群の砂岩、礫岩と熊野酸性岩類の花崗斑岩)が確認されました。計画されている構造物、設計目的が異なる場合は、岩種の相異はあまり問題になりませんが、構造物が連続する場合や設計目的が同一である場合等は、異種岩盤の境界面等も把握する必要があり、広域的な現地地表踏査の実施も検討する必要があると考えられます。