

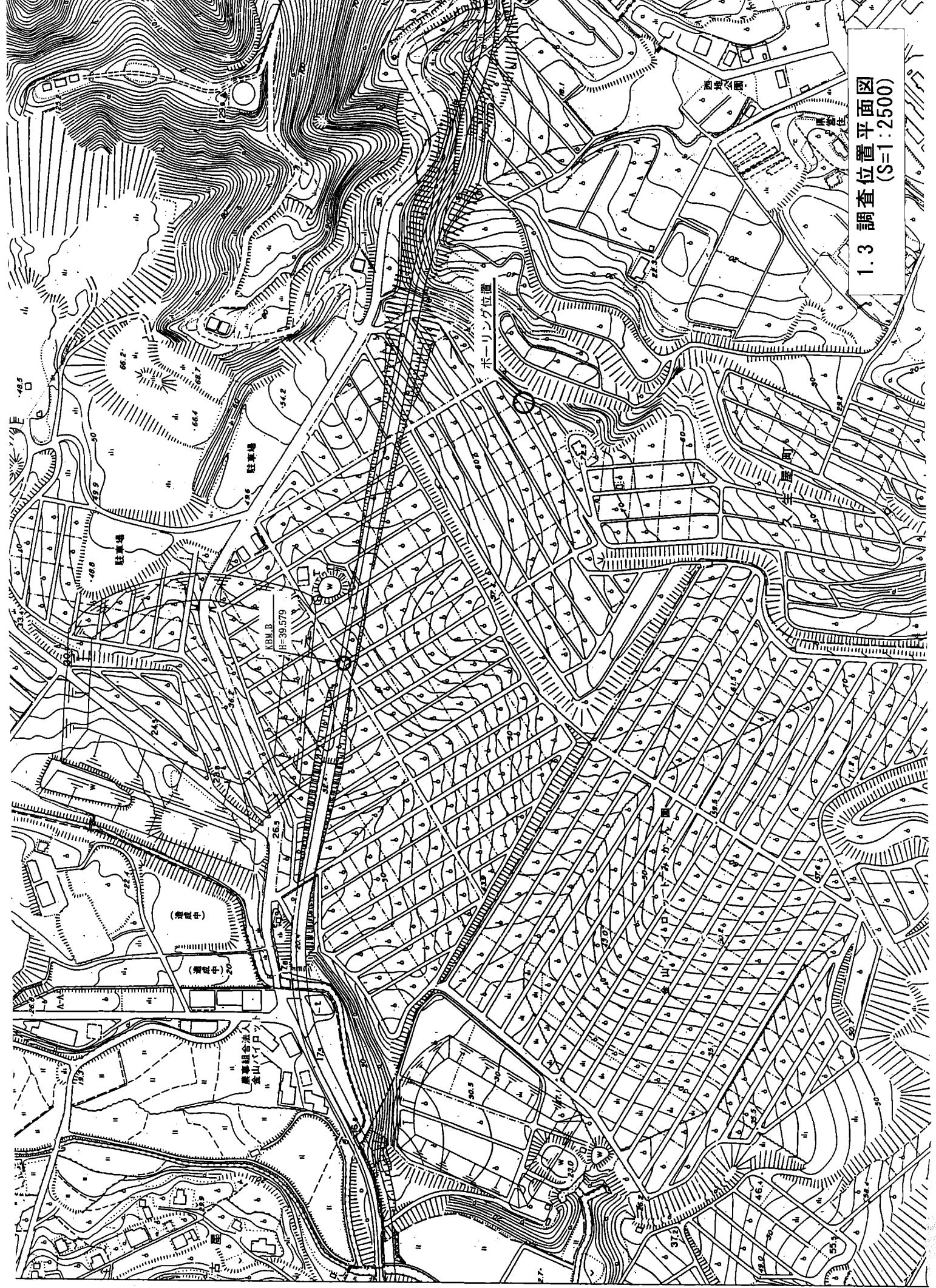
紀南中核的交流施設整備事業に係る
建物部地質調査業務

報 告 書

平成18年 3月

株式会社日本総合研究所
協和地研株式会社

1.3 調査位置平面図
(S=1:2500)



駐車場

ボーリング位置

BEM B
H=30.579

(観音堂)
(観音堂)

慶應義塾
金山バスターミナル

3. 調査結果

3.1 地形、地質概要

調査地は、熊野市久生屋町字丹官地内の金山パイロット内で、地形的には丘陵地に位置する。

熊野市付近には、中新統の熊野層群・熊野酸性岩の基盤岩として、泥岩・砂岩と泥岩の互層・砂岩・緑色岩からなる層厚約4,000mの四万十累層群が分布する。中屋・はてなし団体研究グループ(1987)は、この熊野地域が音無川帯の東方延長部にあたり、音無川層群相当層が分布するとしている。

この地域の四万十累層群は、紀伊半島西部に分布する音無川層群のうち、おもに瓜谷累層と羽六累層に対比され、両者は整合関係にある。中立・阿田和断層にはさまれ、瓜谷・羽六累層とつながっていない部分は阿田和累層とよばれ、岩相・放散虫化石から音無川累層の最下部層と考えられている(図-3.1.1参照)。

音無川層群は、一般に東北東-西南西の走向で、北へ 10° ~ 90° かたむく。一部に北傾斜の逆転した地層がみられる。阿田和累層と瓜谷累層のあいだの中立断層は東北東-西南西の走向で、北傾斜の逆断層である。

中立断層から北では、半波長100m~1.5kmの北傾斜の同斜褶曲(図-3.1.3参照)をなし、半波長1m~数十mの小褶曲をともなう。褶曲軸は一般に東北東へ傾斜している。中立断層から南では、北傾斜の同斜構造である。とくに、羽六累層の上部が分布する阿田和付近では 10° ~ 25° のゆるい傾斜である。

【阿田和累層】

おもに御浜町の中央部に分布し、南牟婁郡紀宝町の北東部にもわずかに分布する。下部はおもに泥岩からなり、赤色の泥岩中にレンズ状のチャートを含む。上部はおもに砂岩と泥岩の互層・砂岩からなり、互層の砂質部はおもに中~細粒砂岩からなり、級化層理・葉理などの堆積構造がみられる。層厚2200m以上。

【瓜谷累層】

瓜谷累層の模式地は、和歌山県日高郡南部川村瓜谷~舞が辻峠の道路と尾根。この地域では、御浜町の北部に分布し、おもに暗灰色の泥岩からなり、上部に緑色の泥岩をともなう。一部に成層した珪質泥岩をはさみ、石灰質泥岩の岩塊を含む。層厚440m以上。

【羽六累層】

羽六累層の模式地は、この地域では御浜町の北部と南部・紀宝町の東部に分布する。下部はおもに泥岩がちの砂岩と泥岩の互層、上部はおもに砂岩がちの砂岩と泥岩の互層からなり、砂岩は粗～極粗粒砂岩で、礫岩を挟む。礫岩はおもに細～大礫の円礫で、チャート・砂岩酸性火山岩・石英斑岩などの礫を含む。砂岩と泥岩の互層には、級化層理・平行葉理・斜交葉理などの堆積構造がみられる。また、フルートマーク・カレントクレセントマーク・グループマークなどの流痕がみられ、これらから推定される古流系の多くは北北東からの流れである。層厚1,500m以上。図-3.1.1および図-3.1.2によれば、調査地の基盤層は本層から構成されていると思われる。

【参考文献】日本の地質5「中部地方II」P75：共立出版,1988

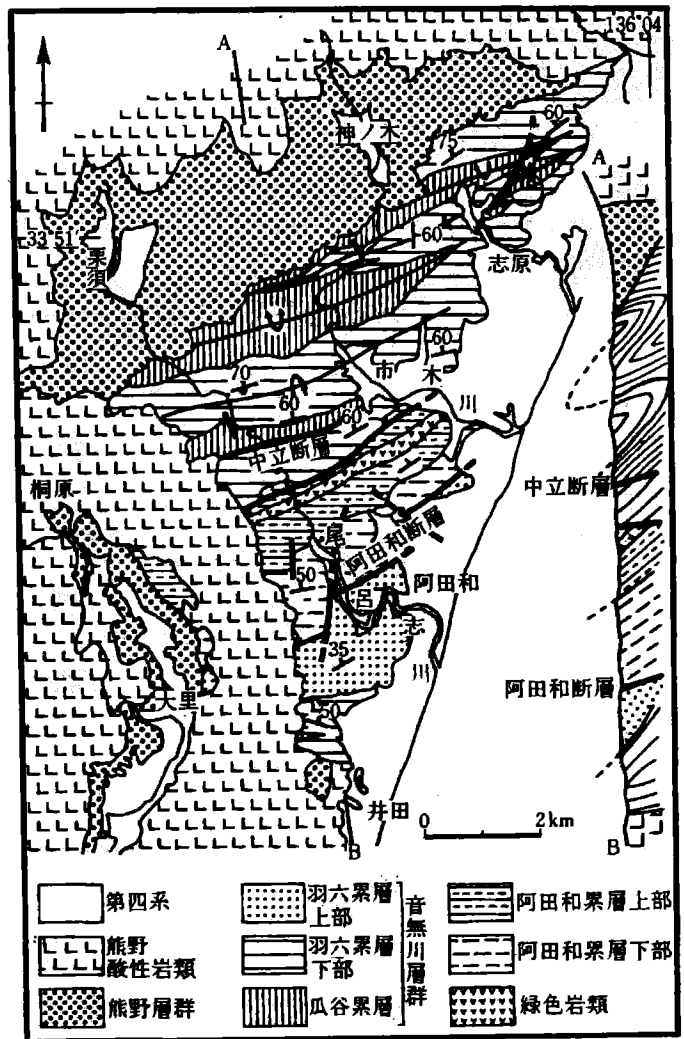


図-3.1.1 熊野地域の音無川層群の地質図(はてなし団研グループ 原図)

〔日本の地質5「中部地方II」：共立出版,1988〕

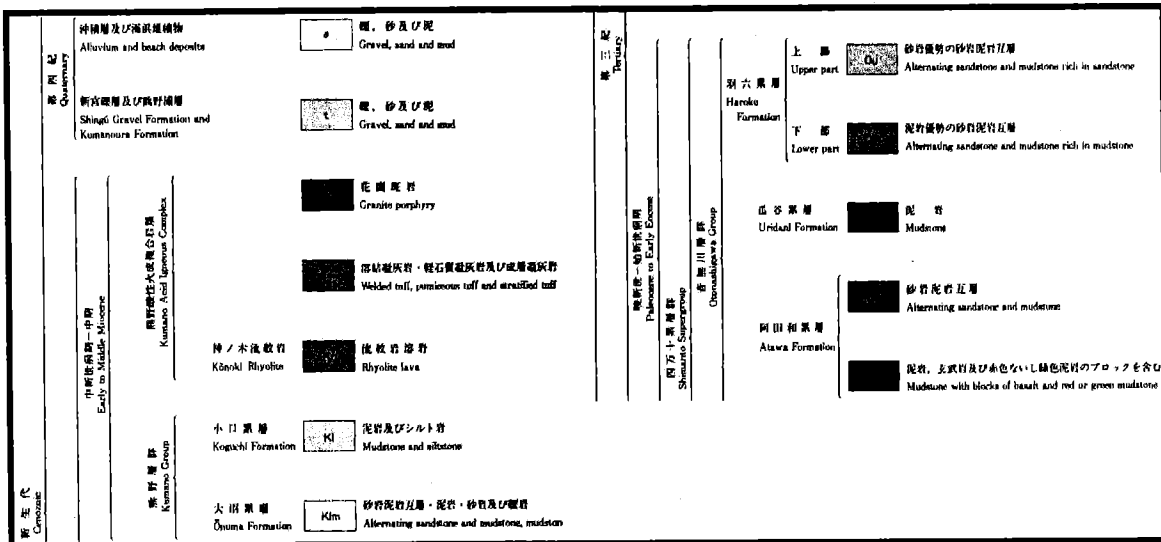
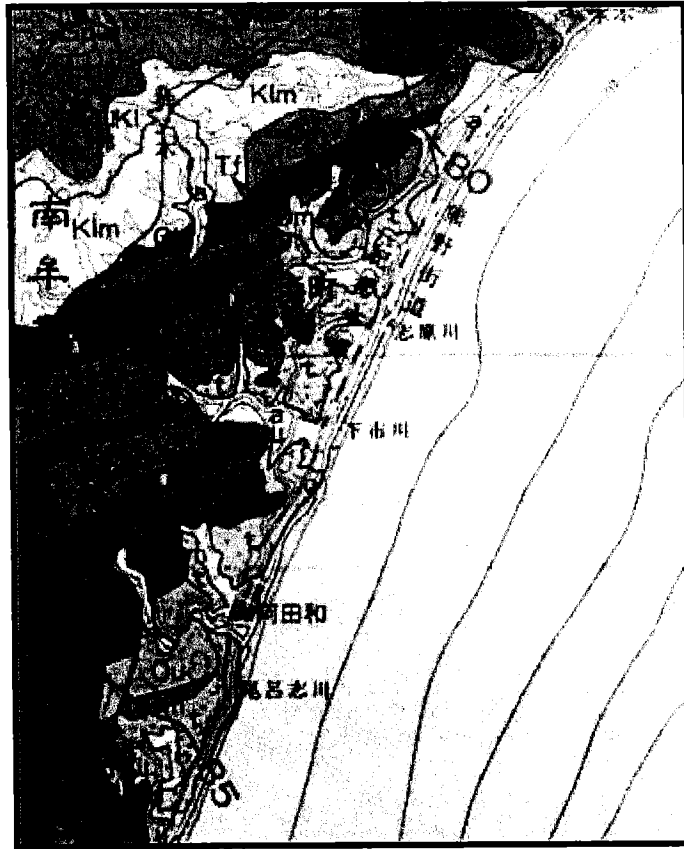


図-3.1.2 調査地付近の地質図

[通商産業省工業技術院地質調査所発行, 20万分の1地質図幅集, 1999, 「木本」より抜粋]

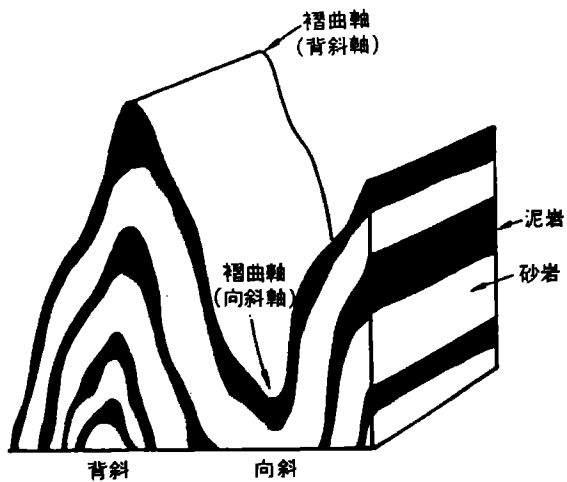


図-3.1.3 褶曲の形態

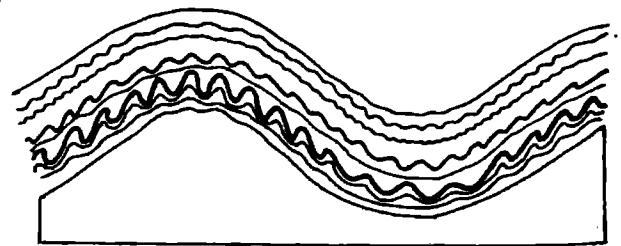


図-3.1.4 大褶曲と小褶曲

〔土木技術者のための「岩石・岩盤図鑑」：鹿島出版会,昭和58年,P228〕

【 褶 曲 】

褶曲は造山帯を特徴づける“岩石の層状構造が、曲面状に配置がえするよう
な変形構造”である(図-3.1.3参照)。

褶曲の形成は、地殻変動に伴う構造運動がその発生原因であり、岩内部の各
地点が連続的かつ非可逆的な一様でない変位をうけたために生じる構造形態の
変化を意味している。

また、しばしば観察される微褶曲は、より大きな褶曲構造と密接に関係して
いることが多く、この場合微褶曲の褶曲軸や劈開面は、全体のそれとほぼ一致
することが明らかとなってきた(図-3.1.4参照)。

3.2 調査地の状況

【調査地全景】

PH01に示す位置においてボーリング調査を実施した。

ボーリング位置の選定は、近くに既存のボーリングがされていない箇所、かつ将来建物が多く配置されるであろうと予想される付近を選定した。ボーリング地点は、稜線上にあり果樹園の切土造成地にあたる。調査地西側には熊野山地、東側には海岸段丘、熊野海岸低地(扇状地性低地、三角州性低地)、熊野灘を望むことができる。



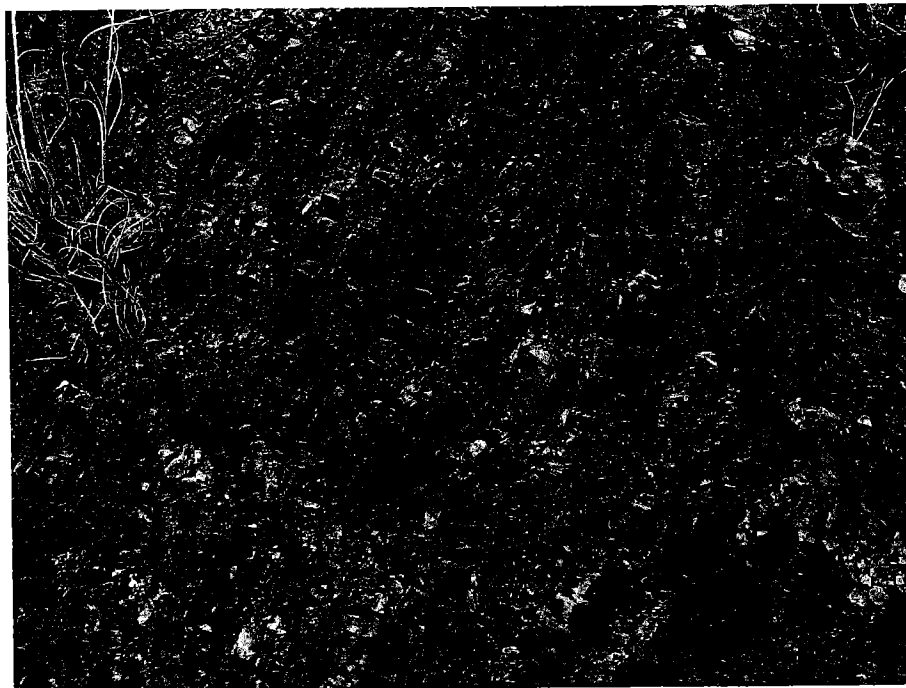
PH01 調査地北側より調査地を望む

【 調査地付近の露頭 】

PH02,PH03は、ボーリング位置南側の地山切土斜面で、岩質は比較的硬質であるが、割れ目の発達が顕著であるため岩区分は軟岩～中硬岩程度と推定される。また、堆積後まもない未固結の状態で構造運動を受けたと考えられる地層の変形構造(ブーディン構造)が見られる。



PH02 ボーリング地点南側の地山掘削斜面の露頭(遠景)



PH03 ボーリング地点南側の地山掘削斜面の露頭(近景)

3.3 ボーリングコア状況

ボーリング地点の層相および地盤特性の詳細は、添付資料のボーリング柱状図に示すとおりである。ここでは、各ボーリングのコア状況について、図-3.3.1にとりまとめた。

ボーリングコアの岩級区分は、表-3.3.1に示すコア形状や割れ目状態の判定表により鑑定を行い、表-3.3.2を考慮した上で判定した。

表-3.3.1 ボーリングコア判定表

(1) コアの硬軟区分判定表		
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。	

(2) コア形状区分判定表		
記号	模 式 図	コア形状
I		長さが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

(3) 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	割れ目沿いの風化・変質は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。

(4) 泥質岩の風化区分表	
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。

【参考文献】(財)日本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

表-3.3.2 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800kgf/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。
CH	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。
CM	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。岩質は新鮮でも、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。
CL	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鉱物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、一見岩盤被服層と区別は難しいが、相対的に締り度がよい。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。

【参考文献】 岩盤分類応用地質特別号,日本応用地質学会編:1984年

3.4 地層構成および地盤土性

ここでは、地質層序を上位より順にまとめると共に、地層の地盤土性を要約する。

表-3.4.1 調査地の地質層序表

地質時代	地層名	地質区分		記号	N値	主な構成土質 及びコア形状
第三紀 前期始新世 ～暁新世	基盤岩 (音無川層群)	砂岩	風化岩	WSs	50/23	砂・粘土状～礫状
			新鮮岩	Ss	50/16～50/4	短柱状～岩片状

基盤岩（音無川層群）

風化岩 (WSs)

本層は、風化作用を受け岩質がやや脆弱であるものの、N値は50以上を示すことから、軽量の構造物の支持層として比較的良好な基盤層である。調査地では、地表面からGL-3m程度を有し、ボーリングコアは砂・粘土状～礫状となる。礫、岩片は脆く内部まで風化が進行し、ハンマー軽打により碎ける。N値は50/23を示す。コア採取率は概ね80%以上で、コア長0cm、RQD0%である。岩級区分はD級(土砂)に相当する。

新鮮岩 (Ss)

本層は、音無川層群に属する泥質砂岩で、N値は「50/16～50/4」を示し、岩質は比較的硬質である。調査地では、深度2.90m以深に分布している。ボーリングコアは短柱状～岩片状主体で、一部砂・粘土状～砂礫状となり採取された。亀裂の発達が顕著である。亀裂沿いに風化が進行しており、褐色を帯び軟質となっている。また、亀裂面の一部では鏡肌が見られる。最大コア長は3cm～13cmで、RQDは0%～13%である。岩級区分はCL級(軟岩)に相当する。

3.5 地下水位について

本調査中に、地下水位は確認されなかった。その理由として、調査地は丘陵地尾根部付近にあること、調査地西側にある池の湧き水(聞き込み調査による)の水位標高が約37m付近にあり、調査地との標高差が30m程と大きいことから、ボーリング掘削範囲内では地下水位が確認できなかったと考えられる。また掘削水が作業後2日は滞留していることから、新鮮部の岩盤では比較的透水性は低いと思われる。

4. 考 察

本業務は、紀南中核的交流施設整備事業に伴い、事業計画地の地盤データを得るため標準貫入試験を併用した機械ボーリングを行ったものである。計画建築物の構造・規模等は不明であるが、ここではボーリング調査で得られたデータから、地盤の特性値となる地盤定数の推定および構造物の一般的な支持地盤・基礎工についての考察を示す。

4.1 地盤定数の推定

調査結果(地層構成,N値分布)に基づいて、各構成地層の地盤定数を推定する。地盤定数の推定項目としては、設計N値(\bar{N}),単位体積重量(γ),粘着力(c),内部摩擦角(ϕ)とした。

これら、地盤定数の推定にあたっては以下に示す方法(又は資料)を主根拠とし、推定地盤定数は表-4.1.3 に示した。

1) 設計N値 (\bar{N})

標準貫入試験の結果得られた実測N値は、ボーリング柱状図に示す通りであるが、礫混入層のN値は、礫打ちにより過大値を示す傾向にあるため低減することが望ましいと考えられる。各地層の設計N値は、次のようなデータ処理をすることが提案される。(社団法人 土質工学会:土質データのばらつきと設計文献)

a) 平均値を採用する方法:通常よく用いられている方法である。

b) データの最小(最大)値を設計値とする方法:得られたデータのうち、抵抗側の諸係数に関しては最小値またはそれに近い値を、荷重側の諸係数に対しては最大値もしくはそれに近い値を採択する方法である。この方法はデータが少ない場合や、地盤の最弱点が構造物の力学的挙動や安全性を支配している、いわゆる“極値問題”を扱う場合によく用いられる。

c) データの平均と分散を考慮して設計値を設定する方法:データのばらつきを統計処理し、標準偏差を用いて平均値を補正し、統計値とする方法である。たとえば、フィルダムの例では

$$\text{設計値} = \text{平均N値} - \frac{1}{2} \times (\text{標準偏差})$$

としてデータのばらつきの影響を設計値の設定に反映させており、建築基礎などでも同様な提案が行われている。

以上の3方法のうち、今回はデータ数が少ないことからa)方法を適用する。なお、N値の上限値は50とする。

2) 岩盤の単位体積重量 (γt)

岩盤の単位体積重量は岩石試験結果に基づいて定めるのを原則とするが、本調査では岩石試験を実施していないので、図-4.1.1に示すN値(換算N値)との関係図から単位体積重量の測定例をもとに推定する。本調査で得られた岩盤のN値を以下に示す。

風化岩 (WSs) . . . 50/23
 砂岩 (Ss) . . . 50/4,50/7,50/9,50/16

これより、換算N値(N値)を以下に示す。

風化岩 (WSs) . . . 65
 砂岩 (Ss) . . . 375,214,167,94 → 平均換算N値 = 212

$$\text{換算N値} = 50 \text{回} \times \frac{30(\text{cm})}{50 \text{回打撃時の貫入量}(\text{cm})}$$

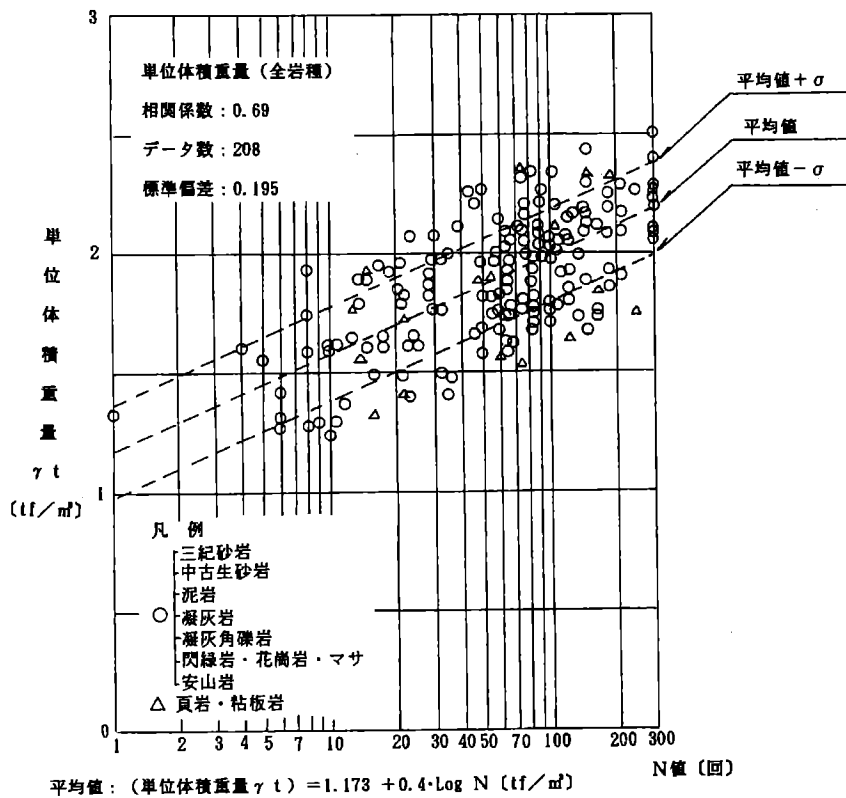


図-4.1.1 岩盤の単位体積重量の測定例

【設計要領第二集-橋梁・様壁・カルバート-, 日本道路公団, 平成9年9月, P6-6】

2) 岩盤の粘着力(c), 内部摩擦角(ϕ)

岩盤の地盤定数は、N値から推定できる評価が土砂地盤と異なり、原位置試験や室内試験のデータが少ないために不確定要素が多い。

したがって、ここでは測定例や設計採用例を参考にして概略値を推定する。

基盤岩のせん断強度(c, ϕ)は表-4.1.1より推定する。この場合、岩級区分は、3.3項で示したコア観察により次のように評価する。また、参考資料として地層別の設計採用c, ϕ の例を表-4.1.2に示す。

風化岩層[WSs] …… D級岩盤
砂岩層[Ss] …… CL級岩盤

表-4.1.1 岩盤の工学的分類名とせん断強度の相関表の一例

岩盤の工学的分類名	ϕ (度)	c (kN/m ²)
A	50	2000~3000
B	45	1500~2500
CH	40	1000~2000
CM	40	0~1500
CL	35	0~1500
D	30	0~1000

【参考文献】 鹿島出版社:わかりやすい岩石と岩盤の知識,昭和62年5月」に一部加筆修正

表-4.1.2 地層別の設計採用c, ϕ の例

区 分	岩 質	c (kgf/cm ²)	ϕ (°)	区 分	岩 質	c (kgf/cm ²)	ϕ (°)		
堆積性軟岩	凝灰岩	0	45	風化変質岩	花崗岩	◎ 0	30		
		◎ 0	30			◎ 0	35		
		6	37.5			0	39~40		
		10	37			0	42~45		
	◎ 0	30	2			30			
	0	35	4~5			35			
	泥岩	0	45		風化粘板岩	5	35		
		5	20			◎ 0	45		
		3	5			火山砕屑岩	玄武岩	0	40
		◎ 5~10	0				安山岩	5	40
	1.5	42	◎ 比較的多い値						
	砂岩	◎ 0	30						
0		42							
7~10		30							

【参考文献】 土木学会：軟岩－調査・設計・施工の基本と事例－，1984

以上の各規準や相関式などから推定した各地層の地盤定数を表-4.1.3に示す。

表-4.1.3 推定地盤定数

地層名	地層区分 (岩級区分)	記号	N 値 (換算N値)	単位体積重量 γt (kN/m ³)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)
基盤岩 (音無川層群)	強風化岩 (D)	WSs	50/23 (65)	19	30	0~1000
	砂岩 (CL)	Ss	50/16~50/4 (212)	21	35	0~1500

4.2 支持地盤と基礎の選定について

支持地盤および基礎の選定について、「建築基礎構造設計指針(2001年)」では、以下のように述べられている。

1. 支持地盤や基礎の選定にあたっては、要求性能を満足する組み合わせを抽出しその構造性能のほか、施工性や経済性等に関する比較検討を行ったうえで、最も合理的な基礎形式を選定する。
2. 基礎の選定にあたっては、敷地周辺に及ぼす影響を十分に考慮する。

また上記につけ加え、基礎形式と支持地盤は密接な関係にありそれぞれ別個に選定するものではなく、両者の組み合わせとして基礎構造をとらえることが肝要であるとしている。

まず支持地盤に着目すれば、本調査地では地表面より基盤岩(音無川層群)が出現しており、上部は風化層(Ws)で覆われているが、良好な支持地盤として問題ないと判断される。ただし、ボーリングはピンポイントデータであるので、地点によっては風化層が厚く確認され、風化の度合いが一様でないことを考慮しておくべきである。

基礎構造は、その支持形式により、直接基礎・杭基礎およびその併用基礎に大きく分類されるが、本調査地付近では、基盤岩(音無川層群)を支持層とする直接基礎が選定される。

次に基盤岩を支持地盤とした場合の許容支持力度について検討する。

建築基礎構造設計指針(2001年)では、基本となる地盤の極限支持力等は一定値ではなく、基礎の大きさと根入れ深さ等によって異なり、地盤の支持力は地盤だけで一義的に決まるものではないとされている。ただし、調査地においては地盤特性の比較的安定した基盤岩が支持層となるため、支持力度を表-4.2.1を参考に推定すれば、岩盤の「軟岩、土丹」に示される常時で300kN/m²、地震時で450kN/m²は充分有していると考察される。

表-4.2.1 推定による場合の許容支持力度

基礎地盤の種類		常時	地震時	目安とする値		備考
		kN/m ²	kN/m ²	N値	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	
岩盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1000	1500	—	10000以上	
	亀裂の多い硬岩	600	900	—	10000以上	
	軟岩、土丹	300	450	—	1000以上	
礫層	密実なもの	600	900	—	—	
	密実でないもの	300	450	—	—	
砂質地盤	密なもの	300	450	30~50	—	
	中位なもの	200	300	15~30	—	
粘性土地盤	非常に硬いもの	200	300	15~30	200~400	
	硬いもの	100	150	8~15	100~200	
	中位のもの	50	75	4~8	50~100	

【参考文献】土木学会：軟岩—調査・設計・施工の基本と事例—，1984

4.3 液状化について

液状化した地盤は支持力を失ったり、見かけの剛性が低下することで、直接基礎の沈下と傾斜を引き起こす。また、液状化、側方流動地盤で生じる動的および残留水平変位と沈下は杭基礎の被害につながることもある。

一般的に、

- 1) 飽和地盤の細粒土(0.074mm以下の粒径をもつ土粒子)含有率が低いほど
- 2) 飽和地盤のN値が小さいほど
- 3) 地下水位面が地表面に近いほど
- 4) 地震入力が大きいほど

液状化が起りやすいことが指摘されている。

建築基礎構造設計指針(2001年)では液状化判定を行う飽和土層は、一般に地表面から20m程度以浅の沖積層で、考慮すべき土の種類は、細粒土含有率が35%以下の土とする。ただし、埋立地盤など人工造成地盤では、細粒土含有率が35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので、粘土分(0.005mm以下の粒径を持つ土粒子)含有率が10%以下、または、塑性指数が15%以下の埋立あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫は液状化の可能性が否定できないので、そのような場合にも液状化の検討を行うとされている。

本調査で確認された地盤は、基盤岩(音無川層群)の風化岩(WSs)、および砂岩(Ss)であり、また基盤岩は地表面近くより出現し、いずれの層にも地下水が存在しない。このことから、本調査地では液状化はしないものと判断される。

4.4 掘削施工性について

基礎工、造成工事に伴う岩盤掘削について、建築予定地の多くの範囲を掘削する場合、調査地付近の岩盤は亀裂が多く発達しており、特に調査地付近の稜線上では掘削するその多くが風化岩であることが予測されることからリッパ、バックホウ等による機械掘削は可能であると考えられ、また基礎掘削において新鮮岩に達した場合にも、節理や亀裂が多い岩相であることから、ブレーカ併用によるバックホウ等の機械掘削は可能であると思われる。

