

・地盤改良を考慮した場合の今般基礎工事について

今回の地盤状況(Bor. 1)からは明らかに支持地盤として良好な支持層(泥岩)がKBM-6.0m以深にN>50があり、その上層もその地層の風化部である。また、Bor. 2においてはBor. 1と同様に支持地盤としての泥岩層は存在するが、その上層地盤において砂礫層にN>60の部分があり、さらにその下部の泥岩層は風化が激しくN=13程度である。この地層からの判断して、Bor. 1の中間層の風化泥岩層を支持層と考えることは出来るが、Bor. 2においての当該地盤はN>60の下層にN=13程度の地盤が存在するため中間層での地盤改良工事は適さない地盤と判断される。

ラップルコンクリート置換工法とした場合、前述した様に、当該支持層までの掘削で、基礎型周囲の土留めが問題となる。

今般は、親杭横矢板工法を選択すると親杭の埋込み長さが問題で、支持層以深まで親杭を建て込む必要があるため困難な工事となり、切梁+腹起こしも必要となる可能性がある。さらに、水位面が高いため掘削にも手間を要し、基礎形状の観点からも選択肢の中に入れていない。

ソイルセメントコラムによる地盤改良の場合、Bor. 1, 2から判断されることは支持地盤をN>60の泥岩層とし、その上部地盤を先行掘削(手法は礫の状態により変わる)し、中間層を安定した地盤にすれば、ソイルセメントコラムの築造は可能で、当該地盤を支持層とする地盤改良を施した直接基礎が計画可能と判断される。今回の検討時はそれを踏まえた工事計画としている。

また、ソイルセメントコラムによる地盤改良の場合、安定した支持層であってもコラムの配置により支持力に制限を受けるから、この地盤であれば、設計支持力を最大で $f_e=350$ (kN/m²)として基礎計画した方がベターであると判断出来る。

●②杭基礎の場合

杭基礎は建物柱直下に杭を築造することにより建物の軸力を支持地盤まで到達させる工法で、その地盤状況、建物規模により選択肢が発生する。

杭の設計時における条件として、その中間地盤に粘性土が存在する場合、北九州市の仕様規定により摩擦力は0とする。また、先端N値規定は場所打ちコンクリート杭で福岡県適合性判定の判定条件からN>60の規定は除外した。

杭工事選択においては、表5に示されるように杭材料により数種の工法が存在する。

以降にその特徴等を示す。

a: 既製杭

既成杭の場合、一般に計画建物が低中層の場合に採用されることが多く、その選択肢は既製杭専門施工業者による施工が主流である。

その基本的な工法はセメントミルク工法で、オーガーと呼ばれる機械により穴を掘削(プレボーリング)後、杭を挿入し、杭外周の緩んだ隙間をセメントミルクにより埋め、杭を築造する工法である。いわゆる、埋込み工法が主流である。

埋込む杭の種類も、PHC杭、PRC杭、SC杭、節付き杭等が存在し、その材料は支持力と水平抵抗時に発生する曲げで決まる。

その杭の支持力検討にあっては国土交通省告示により定められている。

杭の検討は、各杭施工専門業者独自の施工方法により、認定工法としてその杭耐力が認定されているが、その採用出来る支持力は各メーカーの認定式によるがほぼ同じである。

一般に認定工法の選択肢の中には旧大臣認定工法や杭築造工法が違う中掘工法などがあり、その場合はその支持力が落ちる。また、一般的な従来のセメントミルク工法の場合、その支持力よりも更に落ちることになり、本数が増となる。

各メーカーによる最新の認定工法は、その掘削方法の差はあるが、基本的にはプレボーリング(拡大)根固め工法で、セメントミルク工法と施工方法は同じで、掘削する錐(スクリーオーガー)、先端のヘッドの形状の差であり、施工方法は同じである。違いは杭頭部分の根固め部分を広くする等である。

但し、既成杭はその杭が受ける地盤の水平抵抗や軸力により左右され、径を細くし本数を多く打つ場合や大口徑の杭を採用し、本数を減とするなど、その計画には注意を要する。

b: 場所打ちコンクリート杭

場所打ちコンクリート杭はその杭径断面を確保するために杭築造時に数種の掘削機械により柱直下の地盤に穴を掘り、鉄筋かごをその穴に挿入、コンクリートによりその穴を埋め、杭を築造する工法である。一般に、場所打ちコンクリート杭においても大臣認定工法が多い。

最近、その掘削工法は地盤にもよるがほとんどアースドリルという機械による掘削が多く、その他の掘削工法は礫層等の固い中間地盤を有する地盤掘削の場合に採用される全周回転式によるオールケーシング工法がある。

場所打ちコンクリート杭は杭の断面を大きくすることによりその支持力を担保する工法で、既製杭より大きな断面を有し、高軸力が担保出来る杭が施工できる工法である。既製杭に比して工事費は高い傾向にある。また、福岡独自の支持力算定基準があるため、注意を要する。

一般的にこの工法は柱下の重量が大となる中高層系の高軸力建物の基礎に用いられることが多い。

c: 鋼管杭

鋼管杭とは一般的に、杭材料自体に鋼管を採用する場合に用いられる。

既製杭には杭設計時に地震時による杭曲げが大きい場合に採用する鋼管を巻いた既製杭(SC杭)等が存在する。場所打ち杭にも同様に鋼管巻き杭が存在する。一般的に鋼管系の杭の場合は材料納期も問題で、杭長が短い場合、コストアップの要因となる。

他にも、極狭敷地において杭施工機械が搬入できない場合、施工機械が小さく施工可能な回転式の羽付き鋼管杭を用い地盤に振り込む工法等がある。

鋼管杭はその材料コストが高いため地盤が特殊な場合に採用されることが多く、今回の計画には適さないと判断される。

・杭基礎を考慮した場合の今般基礎工事について

第一に、既製杭と考えた場合、支持層となる地盤はBor. 1, 2よりGL-6.0m以深が支持層と想定される。

今回の場合、杭長及び杭の掘削能力が問題となる。一般に杭長は既製杭の場合、L=5.0m以下が最低標準となるため、基礎底をGL-3.0mと設定すると、杭先端位置がGL-8.0m近辺となる。

この条件で既製杭を検討すると、施工時にN>60の地盤を掘削することとなる。

設計支持力は粘土系地盤の摩擦力を0として支持力を検討すると、この敷地条件下においては杭打ち機械が限定され、通常の三点式の658クラスのクローラークレーンでアースオーガーの180Hクラスやラフターークレーンで80H程度の機械では今回の設計条件となる支持層への貫入は掘削施工不可能で、掘削するとした場合、可能と判断される施工機械はオールケーシング付きのロックオーガーで180H以上の機械であれば可能であると判断される。さらに認定工法の特徴の一つである先端拡大根固めがあるが、先端での拡大が不可能であり、拡大比 $\omega=1.0$ として検討する。

第二に場所打ちコンクリート杭を考えた場合、通常、杭検討時、杭径、杭長さから $L/d=5$ で最低杭長が決まることになる。これにより杭先端位置が決まるが、仮に杭径 $\phi 2000$ と仮定し基礎底がGL-3.0m程度とすれば、杭先端位置が $3.0+10.0=13.0$ mとなり、杭長 $L=10.0$ mで支持層N>60の貫入不能の層を4.0m以上掘削する杭となる。当該泥岩層の掘削はその能力から全周回転式のオールケーシング工法しか掘削可能な選択肢が見当たらない。また、掘削長を長くするのは困難で、時間を要する施工条件となり、現状ボーリングデータで確認されている地盤状況を明らかに突き抜ける杭となる。

今回の条件は泥岩層が硬く掘削が困難なことから、本数を増やし、杭径を低減、杭長を短くし、 L/d を満足する杭径を選択して検討することとした。

また、掘削深さからのみ判断すれば深礎杭の選択肢もあるが、ボーリングデータより水位が高いため掘削に難があり、その選択肢から除外した。

双方、今般のボーリングデータより想定される基礎工事の方法を選択し検討したが、あくまでも今回ボーリングデータにより考えられる工事方法であり、二期工事以降における新期ボーリングの結果においては選択肢が変わる可能性が高い。一期工事の杭工事の結果を参考に選択することが望まれる。

以上を元に、当該一期工事建物の基礎工事の比較対象を以下として基礎工事の概算比較を行った。

- 1 中間礫層を先行掘削するソイルセメントコラム工法 設計地耐力： $f_e=350$ (kN/m²)
- 2 既製杭を使用した杭基礎で、掘削にはオールケーシングを採用し、一般的セメントミルク工法
- 3 既製杭を使用した杭基礎で、掘削にはオールケーシングを採用し、工法は2社
- 4 場所打ちコンクリートとした杭基礎でオールケーシング工法

基礎工事概算比較一覧

I期工事の概算軸力及び地震力を元に設計を行い、基礎工事の選択肢の資料とする。

当該ボーリングの設定KBMは、Borの孔口標高：設計GL(H=16.76)、設計GL=2140を杭頭(コラム頭)とする。

概算工事費算定にあつては、現地ボーリングBor.1,2を参考にしている。見積金額には消費税は含まない。

杭工事選択はそのメーカーの施工方法により分類し、GROSS金額とした。産廃処理費はその地域性、処理場の問題から単価が違って来るため、その量を提示し、概算¥12,000/㎡とする。

場所打ち杭の残土処理は一般残土となり、産廃処理費はそれ以下である。

net金額はメーカー見積GROSS金額のx0.8で算定し、場所打ちコンクリート杭の材料費は物価版相当としている。

既製杭の掘削の方法はオールケーシング工法とし、杭径決定は杭専門メーカーの算定結果による。先端拡大根固めは不可能であり、 $\omega=1.0$ での検討とする。

地盤改良工事業者の選定は、実績を加味した全国組織の専門会社を選定した。その他、地盤改良施工業者も存在するが、当該設計施工にあつての信頼性に劣る業者の発生可能性があるため全国組織の会社を選択した。表層の礫層先行掘削の手法は各メーカーの判断に任せている。

地盤改良検討時の支持層はBor.2より風化部の度合いが判断出来ないため、安全側の判断としてN=60部の泥岩層を支持層とした。

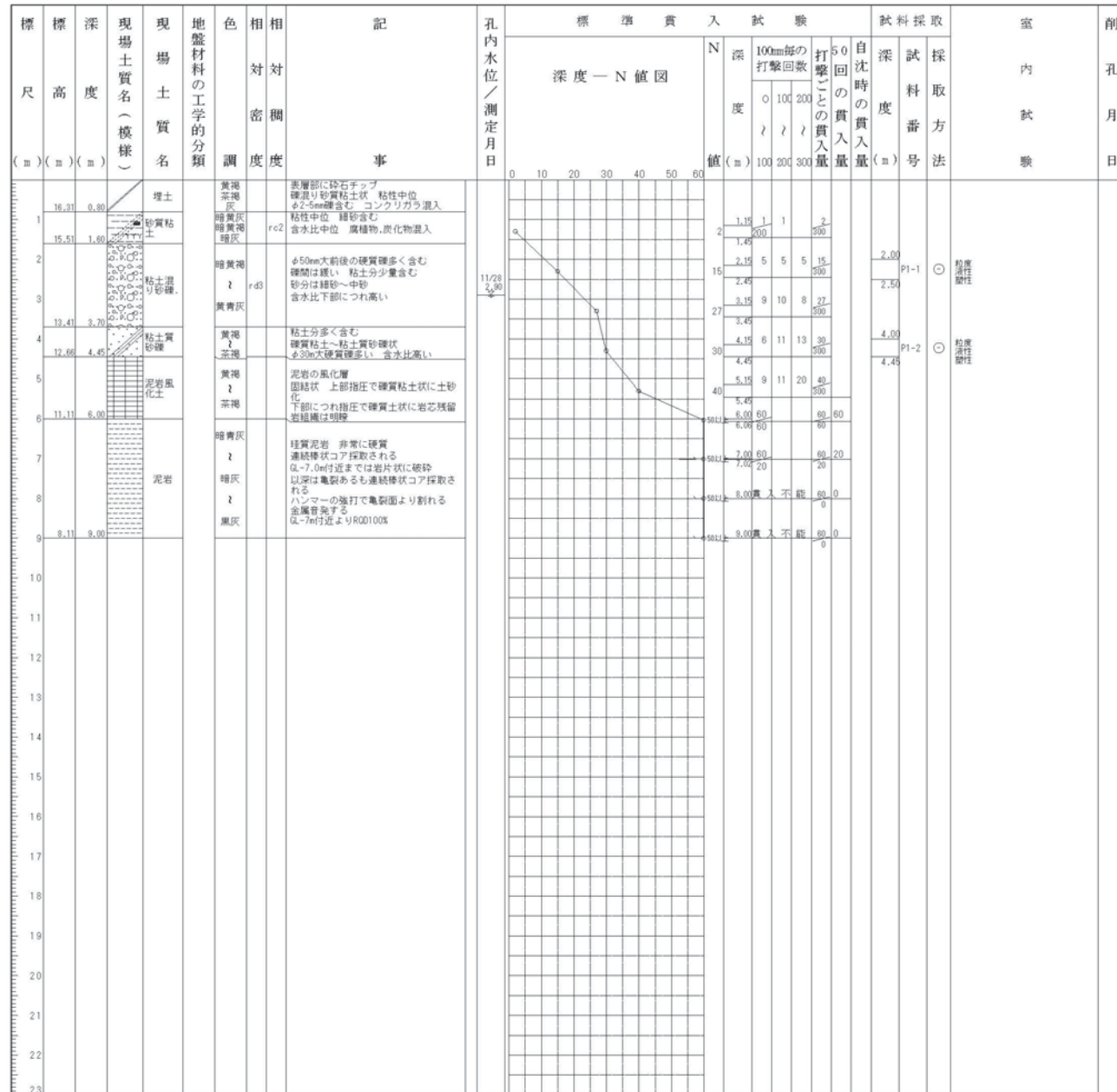
既製杭工事①		既製杭工事②		既製杭工事③		場所打ち杭工事①		場所打ち杭工事②	
施工会社	日本ヒューム(株)	日本ヒューム(株)	日本ヒューム(株)	ジャパソパイル(株)	ジャパソパイル(株)	東洋テクノ(株)	東洋テクノ(株)	ジャパソパイル(株)	ジャパソパイル(株)
杭施工方法	セメントミルク工法	Hi-FB工法	Hi-FB工法	Smart-MAGNUM工法	Smart-MAGNUM工法	場所打ちオールケーシング工法	場所打ちオールケーシング工法	場所打ちオールケーシング工法	場所打ちオールケーシング工法
設計条件 (認定条件)	鉛直先端支持力係数 $\alpha=200$ (杭先端近辺N値=50) 粘土層の摩擦は0とする。 掘削はオールケーシング併用	鉛直先端支持力係数 $\alpha=350$ (杭先端近辺N値=60) 粘土層の摩擦は0とする。 掘削はオールケーシング併用	鉛直先端支持力係数 $\alpha=317$ (杭先端近辺N値=60) 粘土層の摩擦は0とする。 掘削はオールケーシング併用	鉛直先端支持力係数 $\alpha=317$ (杭先端近辺N値=60) 粘土層の摩擦は0とする。 掘削はオールケーシング併用	鉛直先端支持力係数 $\alpha=317$ (杭先端近辺N値=60) 粘土層の摩擦は0とする。 掘削はオールケーシング併用	先端N値 N=50 摩擦係数 Rf=0 設計コンクリート強度 $F_c=24$ 主筋 SD390 D29	先端N値 N=50 摩擦係数 Rf=0 設計コンクリート強度 $F_c=24$ 主筋 SD390 D29	先端N値 N=51 摩擦係数 Rf=0 設計コンクリート強度 $F_c=27$ 主筋 SD390 D29	先端N値 N=51 摩擦係数 Rf=0 設計コンクリート強度 $F_c=27$ 主筋 SD390 D29
杭径・杭長	杭種:PHC杭 $\phi 600$ A種 125本 杭長:L=5.0(m)	杭種 PHC杭 $\phi 800$ C種 10本 $\phi 900$ B種 16本 $\phi 1000$ B種 7本 PRC杭 $\phi 700$ I種 3本 杭長:5.0(m)	杭種:PRC杭 $\phi 800-600$ II種 36本 $\phi 800-600$ I種 16本 杭長:L=4.0(m)	杭種:PRC杭 $\phi 800-600$ II種 36本 $\phi 800-600$ I種 16本 杭長:L=4.0(m)	杭種:PRC杭 $\phi 800-600$ II種 36本 $\phi 800-600$ I種 16本 杭長:L=4.0(m)	杭先端位置 GL=-7.14(m): $\phi 1000$: n=3 -8.64(m): $\phi 1300$: n=27 -9.64(m): $\phi 1500$: n=14	杭先端位置 GL=-7.14(m): $\phi 1000$: n=3 -8.64(m): $\phi 1300$: n=27 -9.64(m): $\phi 1500$: n=14	杭先端位置 GL=-9.64(m): $\phi 1500$: n=39	杭先端位置 GL=-9.64(m): $\phi 1500$: n=39
長期杭支持力	長期支持力 $\phi 600$ Ra=1100(kN/本)	長期支持力 $\phi 800$ Ra=3500(kN/本) $\phi 900$ Ra=4450(kN/本) $\phi 1000$ Ra=5450(kN/本)	長期支持力 $\phi 800-600$ Ra=3100(kN/本)	長期支持力 $\phi 800-600$ Ra=3100(kN/本)	長期支持力 $\phi 800-600$ Ra=3100(kN/本)	長期杭支持力: qa=2400(kN/㎡)	長期杭支持力: qa=2400(kN/㎡)	長期杭支持力: qa=2500(kN/㎡)	長期杭支持力: qa=2500(kN/㎡)
材料費	¥10,837,500	¥7,490,600	¥22,349,200	¥22,349,200	¥22,349,200	¥14,572,000(物価版相当)	¥14,572,000(物価版相当)	¥18,852,719(物価版相当)	¥18,852,719(物価版相当)
荷降ろし費	¥400,000	¥207,500	¥156,000	¥156,000	¥156,000				
施工費	¥76,651,250	¥38,616,318	¥42,870,820	¥42,870,820	¥42,870,820	¥63,984,849	¥63,984,849	¥91,970,080	¥91,970,080
工期(日)	50日	25日	27日	27日	27日	69日	69日	63日	63日
GROSS合計	¥87,888,750	¥46,314,418	¥65,376,020	¥65,376,020	¥65,376,020	¥78,556,849	¥78,556,849	¥110,822,799	¥110,822,799
net金額	¥70,311,000	¥37,051,534	¥52,300,816	¥52,300,816	¥52,300,816	¥65,759,879	¥65,759,879	¥92,428,783	¥92,428,783
見積理由	net金額=GROSS金額x0.8	net金額=GROSS金額x0.8	net金額=GROSS金額x0.8	net金額=GROSS金額x0.8	net金額=GROSS金額x0.8	net金額=材料費+0.8x施工費	net金額=材料費+0.8x施工費	net金額=材料費+0.8x施工費	net金額=材料費+0.8x施工費
残土処理費	発生残土 344㎡	発生残土 225㎡	発生残土 400㎡	発生残土 400㎡	発生残土 400㎡	施工費の中に含まれる	施工費の中に含まれる	一般残土 700㎡	一般残土 700㎡
産廃概算費	¥4,128,000	¥2,700,000	¥4,800,000	¥4,800,000	¥4,800,000				
杭頭処理費 杭頭接合費	¥2,100,000(GROSS)	¥214,600(GROSS)	¥4,576,000(GROSS)	¥4,576,000(GROSS)	¥4,576,000(GROSS)	杭頭ハツリ費+産廃処理費 概算¥13.5万/本.計590万程度	杭頭ハツリ費+産廃処理費 概算¥13.5万/本.計590万程度	杭頭ハツリ費+産廃処理費 概算¥13.5万/本.計560万程度	杭頭ハツリ費+産廃処理費 概算¥13.5万/本.計560万程度
工事費順位	6	3	4	4	4	5	5	7	7
基礎工事	1柱当たりの杭本数が5~8本の箇所があり、基礎の形状が大きく躯体数量、土工事が過大となる。	①に比して小さくなり、杭本数は最大1柱2本程度である。	①に比して小さくなり、杭本数は最大1柱2-3本程度である。	①に比して小さくなり、杭本数は最大1柱2-3本程度である。	①に比して小さくなり、杭本数は最大1柱2-3本程度である。	一部二本打ち基礎となるが、既製杭工事の基礎に比べて多少大きい。	一部二本打ち基礎となるが、既製杭工事の基礎に比べて多少大きい。	一部二本打ち基礎となるが、既製杭工事の基礎に比べて多少大きい。	一部二本打ち基礎となるが、既製杭工事の基礎に比べて多少大きい。
工法上の 問題点	通常のスクリーオーガーによる掘削は今回地盤状況を勘案すると掘削困難であることが予想される。オールケーシング併用であれば掘削可能である。	通常のアースオーガーによる掘削は今回ボーリングデータ上、困難であることが予想される。オールケーシング併用であれば掘削可能である。	通常のアースオーガーによる掘削は今回ボーリングデータ上、困難であることが予想される。オールケーシング併用であれば掘削可能である。	通常のアースオーガーによる掘削は今回ボーリングデータ上、困難であることが予想される。オールケーシング併用であれば掘削可能である。	通常のアースオーガーによる掘削は今回ボーリングデータ上、困難であることが予想される。オールケーシング併用であれば掘削可能である。	杭施工において本工法であればほぼ確実に施工可能であると判断出来る。通常のアースドリル工法では礫層での施工は困難である。	杭施工において本工法であればほぼ確実に施工可能であると判断出来る。通常のアースドリル工法では礫層での施工は困難である。	杭施工において本工法であればほぼ確実に施工可能であると判断出来る。通常のアースドリル工法では礫層での施工は困難である。	杭施工において本工法であればほぼ確実に施工可能であると判断出来る。通常のアースドリル工法では礫層での施工は困難である。
地中梁の 鉄筋量	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。	杭曲げを処理するため地盤改良基礎に比べ地中梁の鉄筋量は増となる。
基礎重量(kN) ($\rho=20.0$)	13646.7	7120.4	5923.1	5923.1	5923.1	7607.0	7607.0	7229.8	7229.8
総合判断	C	A	A	A	A	B	B	C	C

基本設計者判断として、土工事、建築工事費の内の基礎関連土工事を除けば、杭工事費上のみで安いのは地盤改良工事で、次には既製杭工事、場所打ち杭工事となる。但し、地盤改良工事の場合は前述した理由により表層の礫の存在及び土工事絡みの工事費が確定出来ない。従って最終判断は当該工事の建設工事業者が計画する現地状況を勘案した土工事及び仮設工事を含めないと基礎工としてトータルコストの判断が出来ない。実施設計着手前の当該地盤の表層地盤の詳細調査及び支持層近辺の土質試験等を行わないと、直接基礎で地盤改良とした場合に詳細な判断が出来ないため、改良長等が変動する可能性があり、基本設計時においては選択肢としてA、AΔ双方を提示する。

土質ボーリング柱状図（標準貫入試験）

調査名 (仮称) 永黒団地第1工区地質調査業務委託
事業・工事名
調査目的及び調査対象 建築 構造物基礎

Header information table for borehole No. 1, including location, dates, and personnel details.

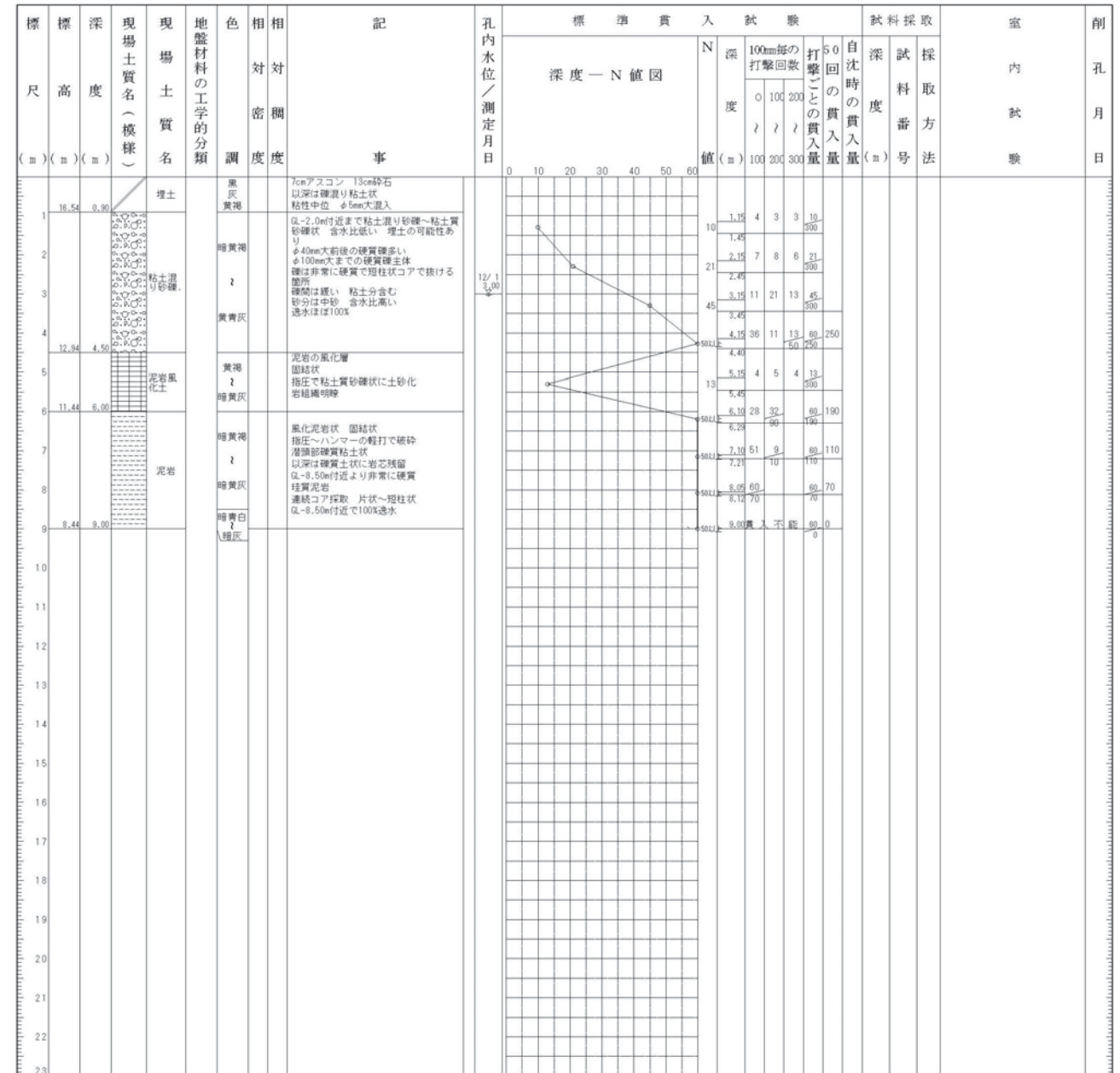


北九州地質合資会社

土質ボーリング柱状図（標準貫入試験）

調査名 (仮称) 永黒団地第1工区地質調査業務委託
事業・工事名
調査目的及び調査対象 建築 構造物基礎

Header information table for borehole No. 2, including location, dates, and personnel details.



北九州地質合資会社