

玉石・礫径調査法

Cobble or Pebble -Survey Method

マイクロサンプリング調査研究会
渡 辺 完 , 荒 木 紘 一 , 遠 藤 雅 孝

Micro Sampling Method Research Organization
Kan WATANABE , Koichi ARAKI , Masataka ENDO

要旨

砂礫地盤調査における基本情報である玉石・礫径及びその含有率を明らかにするには、これまでは深礎工法あるいはオールケーシング工法等の地質調査にそぐわない規模及びコストの調査法が必要であった。砂礫地盤における推進工法、現場打ち杭工法の適用が普及した現在では、玉石・礫径の予測を誤った結果として工事中断や工法変更を余儀なくされるケースを生じている。そこで我々は 250mm~500mm のコアチューブを使用して、玉石・砂礫を直接採取し、その径及び混入率を明らかにする調査法(コブルサーベイ)を開発した。

Abstract

Measuring size of cobbles or pebbles is a foundation of a geological survey in cobbles or pebbles , and a large scale and high-cost survey method, such as Liner Plate Method or All Casing Digging Method, has been dominant. Since Pipe-Thrust Method and Piling Method had become popular, the wrong measurement of cobbles or pebbles is a matter of concern, which could cause an interruption of construction or a change of construction method so the accuracy is more required in measuring size of cobbles or pebbles .

We invented a unique survey, Cobble- pebble Survey Method, which could precisely measure its size and visibly find its ratio by sampling them with a core tube (250mm - 500mm).

1. はじめに

土木建築分野にかかわる技術者にとって、砂礫地盤に抱く概念は、おおむね次のような内容であると思われる。

- ・ 構造物基礎の支持地盤
- ・ 透水性に優れた滞水層
- ・ 崖・急斜面を形成

軟弱地盤が主体と成っている沖積層の分布地域においては、砂礫層が最良の支持地盤とみなされる場合が多く、ボーリング調査においても大きなN値を示す支持地盤たる砂礫層の確認が調査主体であったと考える。

しかしながら砂礫地盤は、その性状や層相が多様であり、未固結もしくは低固結ではあるが、砂地盤や粘性土地盤の土質力学を適用することはできない。また、ボーリング、サンプリングが困難であるという現実問題を未だ抱えている。

本発表では、砂礫地盤の室内土質試験に供する試料採取の方法としては、未達ではあるが少なくとも砂礫地盤の基本情報である玉石・礫径を直接採取して明らかにした“玉石・礫径調査法(コブルサーベイ)”の実施例について報告する。

2. 玉石・礫径調査法

前述した通り、玉石・礫径は砂礫地盤の基本情報であり身近に見聞する推進工法や場所打ち杭工法の選定において不可欠である。

因みに、社団法人日本下水道管渠推進技術協会による【推進工事施工条件マニュアル】では、推進工法選定にあたって、必要な地質性状は次の通りと定められている。⁽¹⁾

土質名(粘性土・砂質土・砂礫土・軟岩等)

N値

最大礫長径(砂礫土の場合)

礫含有率(砂礫土の場合)

透水係数(砂質土・砂礫土の場合)

シルト・粘土含有率(砂質土の場合)

また、場所打ち杭の工法選定にあたっては、掘削可否を見定める条件の一つとして、玉石・礫径を掲げており、その判断基準の一つを表1に示す。⁽²⁾

表1 場所打ち杭の土質による掘削可否判断基準

工法区分	玉石・礫径
リバー杭	ドリルパイプ内径の70%(15~20cm)程度ならば掘削可
オールケーシング杭	ケーシングチューブ内径の1/3(30~60cm)程度ならば掘削可
アースドリル杭	12cm以上ならば掘削不可

推進工法にあたっては、条件明示された玉石・礫径の大きさ、混在する量等の相違により工事中断や工法変更を余儀なくされた事例が数多く知られている。

同様に場所打ち杭築造においても、詰まり等による工事中断や工法変更の事例を見聞している。

次に、従来のボーリングによる玉石・礫径の判定手法とコブルサーベイによる玉石・礫径調査法のそれぞれについて述べる。

2.1 ボーリングによる玉石・礫径の判定

従来、調査費用や工期を考慮して、ボーリングによる玉石・礫径の判定が行われてきたことは周知である。土質調査で採取される砂礫のサンプルは、内径3.5cmのレイモンドサンプラー内に入り得たものであって、サンプラー内の試料を観察しても砂礫の粒度組成、特に最大粒径などは知り得ないことをまず念頭におく必要がある。礫の円磨度(角礫であるか円礫であるかということ)は、粒径が大きいほど円磨されていないので、大きな礫の採取されていない試料では、地層全体の円磨度も小礫の状況から推察するしかなく、コアチューブでサンプルを採取した場合は図2に示すように礫が破碎され、角礫のように見

える場合があると報告されている。(3)

また、標準貫入試験を行う程度の小径のボーリングから得られる礫径は、もっと大きな孔径のボーリングから得られるものより小さめに記載されるのが普通であり、一般にボーリング径が大きいほど記載される最大礫径が大きく、実際の情報が得られるとされる。(4)

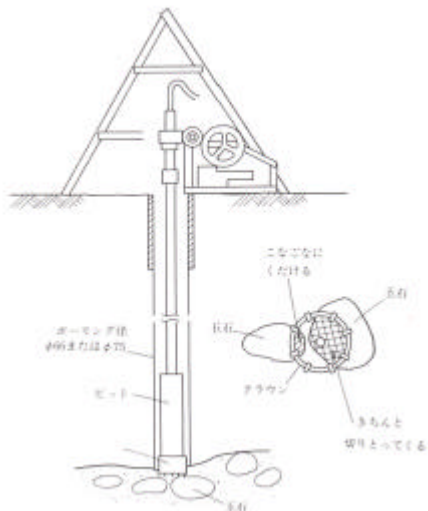


図-1 ボーリングによる玉石層掘削状況の想像⁽⁵⁾

2.2 コブルサーベイによる玉石・礫径の判定

2.2.1 調査法概要

コブルサーベイとは、標準の土質ボーリングでは困難であった砂礫層・玉石まじり礫層で、実際の礫・玉石を採取してその形状と混入率を調査する方法である。

調査においては、図2に示す小型油圧式鋼管圧入引抜機、適当な吐出量、圧力を有する高圧ポンプおよび調査深度に応じた掘削土の吸引装置を準備する。採取深度まで、高圧ポンプから供給されるジェット水による水力切削と吸引装置による掘削を繰り返して、コアチューブ(25~50cm)を建て込んで、図3に示すように対象とする深度の砂礫・玉石を吸引してキャッチタンクに採取する。採取した砂礫・玉石のふ

るい分析を行って、その混入率ならびに礫、玉石径を計測する。

上記業務の大半は、コアチューブ掘削、原位置での判定、計測、記録などの機械器具を用いた現場作業が中心で、高度な技術的判定を含まない一般調査業務の範疇に属するものである。

コブルサーベイ調査とは、コアチューブ掘削に始まり、砂礫・玉石の採取、ふるいわけ分析、調査孔閉塞までの一貫した作業を指している。以下に作業順序に沿って、説明を加える。

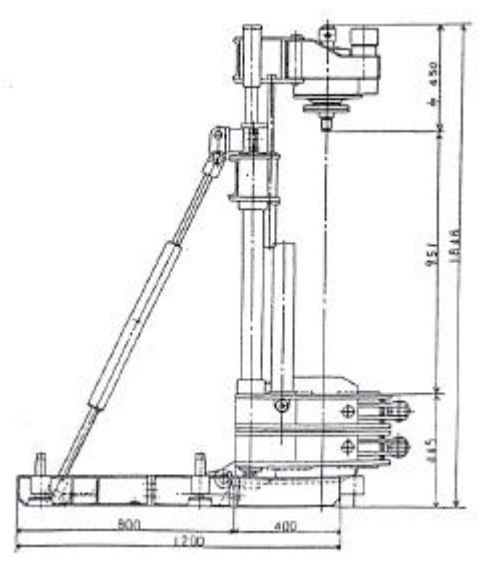


図-2 小型油圧式鋼管圧入引抜機

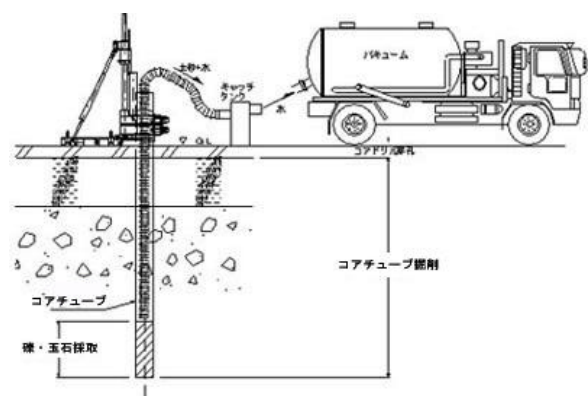


図-3 コブルサーベイ概念図

2.2.2 調査手順

次にコブルサーベイ調査の手順を図4に示す。

〔項目〕	〔主な内容〕
事前調査	既存ボーリング調査資料による礫、玉石径の情報入手 コアチューブ口径決定 掘削 予定深度までのコアチューブ掘削
採取	礫、玉石径を計測 ふるいわけ
調査孔閉塞	コアチューブ引抜き 埋め戻し復旧

図-4 コブルサーベイ調査の流れ

砂礫・玉石の採取を行う場合に、必要な地盤情報は玉石・礫径であるが、事前に正確な最大礫径を知るとは、オールケーシング(ベノト工法)や深礎工法による以外に困難であり、前述した通り、費用・工期において現実的ではない。

よって、既存ボーリング資料を参考として、調査に使用するコアチューブの口径を定める。

調査に使用する小型油圧式鋼管圧入引抜機の適用コアチューブチューブは、呼称 250mm・350mm・500mm である。使用コアチューブの最大口径を 500mm とし、既存ボーリング資料により知り得た最大玉石・礫径の 2~3 倍程度の礫径を想定してコアチューブを選択する。

調査場所が舗装道路である場合、コアドリルマシンによる穿孔を行って舗装版を撤去する。

コアチューブ掘削方向は、鉛直方向を標準とする。採取深度に到達するまで、強力吸引装置によ

る土砂吸引と高圧洗浄機のジェット水によって、孔底の掘削を行いながらコアチューブを圧入する。該調査では、吸引装置にプロワー式強力吸引車(5t, タンク容量 2.0m³, 風量 40 m³/min)を使用した。

写真1に示すように有効長 1.0m のコアチューブを接合しながら採取深度まで圧入する。



写真-1 コアチューブ圧入作業

採取深度に到達後、強力吸引車とコアチューブの間にキャッチタンクを設けて、吸引した砂礫・玉石の全量をタンク内に採取する。採取の単位深度は 0.5m もしくは 1.0m とし、タンク容量もその深度に見合うものとする。採取された砂礫土は、キャッチタンク内の砂礫・玉石分と吸引車のタンクに吸引されるシルト分・水分に分離される。写真2は、キャッチタンク内から取り出される採取試料である。



写真-2 採取された砂礫・玉石

キャッチタンク内の砂礫・玉石分を取り出して、試験ふるい・木枠ふるいによるふるいわけを行う。該調査に使用したふるい種別を表2に、最大玉石径の計測作業を写真3に示す。

後に記す調査において、ふるいわけ分析に使用したふるい種別を表2に示す。

表-2 ふるい種別

粒度試験ふるい	木枠ふるい		
網目 50.8mm~9.52m 5種類	網目 50mm	網目 100mm	網目 200mm



写真-3 玉石径計測

保存すべき試料の梱包を行って、調査孔を閉塞する。調査孔閉塞作業の流れを図4に示す。コアチューブ内部に埋め戻し土を投入して高周波バイブレーターで締め固めながら、小型油圧式鋼管圧入引抜機によりコアチューブを引抜いて切り離す。

調査場所が舗装道路である場合、砕石・粒調砕石・アスファルト混合物による路面仮復旧を行う。舗装復旧は、原型通りを行うことを標準とする。

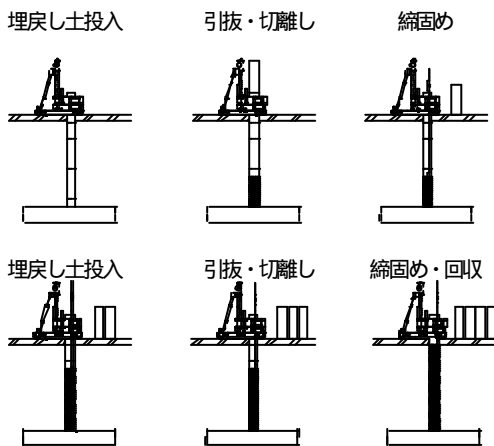


図-4 調査孔閉塞模式図

2.2.3 調査適用標準

本調査における砂礫・玉石採取方法は、真空吸引装置によるものであり、その調査適用深度も使用する装置の真空度により定まる。汎用機器による採取可能な深度は、玉石径が300mmの場合、経験的にGL-15mが限界深度である。

また、市街地公道においての調査が余儀なくされることを想定して、埋設物損傷防止の観点からコアチューブ掘削方法を常時孔底の観察が可能である圧入式とし、ウォータージェットによる掘削手法を採用しているため、その適用地盤も自ずから限定される。表3に本調査の不適土質を示す。

表-3 本調査を適用できない土質

土質名	
土	丹
泥	岩
岩	盤
転	石 層

採取可能な玉石の限界は、コアチューブ内に収容が可能な形状により決定される。経験的に呼称500mmコアチューブを使用した場合、採取できる最大玉石径は300mmである。

3 調査実施例

推進工法による下水道築造工事に先立って実施した、本調査法事例を以下に記す。

3.1 調査概要

本調査は青森市公共下水道工事の一環として、礫・玉石の最大径・混入状況を正確に把握して、実施設計に際しての資料とすることを目的としたものである。

・業務名 原別・久栗坂分区礫調査業務委託

- ・調査場所 青森市大字矢田前・久栗坂地内
- ・調査数量 原別地区 5地点
久栗坂地区 4地点
- ・調査内容 推進管の管芯より上下0.5mの深度に存在する礫・玉石の形状寸法と混入量を調査した。
- ・調査期間 平成14年3月1日～4月30日

3.2 事前調査による地形・地質概要

3.2.1 礫質土性状

本調査にさきだって実施されたボーリング調査で報告された礫質土性状を表4に示す。

表-4 ボーリング調査による礫質土性状

地名	記 事
原別地区	第1礫質土(Ag1:層厚1.6～15.5m) 砂礫・粘土混じり砂礫を主体とする構成で、部分的に礫混じり砂や砂なども見られる。調査地域全体に分布する。礫は10～50mmの垂円礫、角礫が主で、礫径の最大は70mm位と推定される。2～10mm程度の細礫も多く混入する。また、所々に100mm位(推定)の玉石が点在する。
久栗坂地区 (根井川左岸流域)	第1礫質土(Ag1) 粘土混じり砂礫からなる10～40mm前後の垂円礫を主体とする。砂は中～粗粒である。全体に粘性土を含み、所により礫を含む粘性土の薄層を挟んでいる。また、100～200mmほどの玉石を点在する。 第1礫質土(Dg1) 10地点のGL4.0m0～4.9mに分布する粘土混じり砂礫で20～40mm前後の角礫が主体である。砂は粗粒。全体に粘性土を含み、所により多く含む。含水量は中位である。
久栗坂地区 (根井川右岸流域)	礫質土層(Ag:層厚1.2～12.5m) 3,4,5,6孔の地表面からあるいは、Ac層上下位に分布が確認されるもので、砂礫及び薄層の細砂から構成される。5～40mm程度の垂円礫及び垂角礫を主体としマトリックスは粘性分を混入する主で、細砂～粗砂で構成される。所々にAc薄層や砂薄層を挟在し、50～80mm程度のチャート礫・玉石の点在が確認される。

3.2.2 調査孔と既存ボーリング調査の位置相関

本調査は、概ね既存ボーリング調査地点と同位置あるいは、至近位置で実施したものである。1,2,4は、ほぼ同位置であり、最も離れた調査位置は6で、その距離は100m程度である。その他の調査位置とボーリング調査との距離は10m～50mである。後に記す礫径及び混入状況の対比・検討に供すべく本調査位置とボーリング調査位置を次に示す。

表-5 ボーリング調査と本調査の位置的相関

本調査 孔 番	ボーリング 調査孔番	記 事
1	Bor. 4	原別地区、ほぼ同一地点
2	Bor. 21	原別地区、ほぼ同一地点
3	Bor. 11	原別地区 Bor. 11から50m程度

4	Bor. 15	原別地区, ほぼ同一地点
5	Bor. 2	原別地区 Bor. 2 から 30m 程度
6	H.13 Bor. 9	久栗坂地区(根井川左岸流域) H.13Bor. 9 から 100 m 程度
7	H.13 Bor. 11	久栗坂地区(根井川左岸流域) H.13Bor. 11 から 15 m 程度

8	H.13 Bor. 3	久栗坂地区(根井川右岸流域) H.13Bor. 3 から 40 m 程度
9	H.13 Bor. 5	久栗坂地区(根井川右岸流域) H.13Bor. 5 から 10 m 程度

3.2.3 調査結果

前項に示した距離的相関にもとづき, 当該の既存ボーリング調査の同一標高における土質区分及び砂礫径に関する記述と採取試料写真(写真4-1~12)を次に示し, 調査結果としてふるいわけ分析結果を表6に示す。

調査番号 1 ボーリング調査記事

調査標高	2.83m~1.83m
土質区分	砂
記 事	全体に中砂が主体で、若干 1~20mm の円礫が混入する

写真4-1 ふるいわけ結果

玉石径?100mm Max120mm1

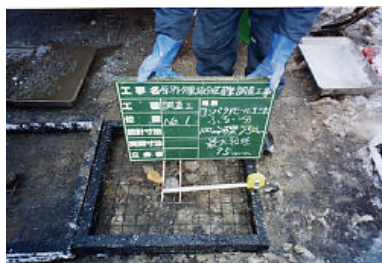


写真4-2 ふるいわけ結果

00mm ?玉石・礫径?50mm



写真4-3 ふるいわけ結果

20mm ?礫径



調査番号 2 ボーリング調査記事

調査標高	2.40m~1.40m
土質区分	砂礫
記 事	30mm 前後の礫が主体である 所々に 50~70mm の礫が混入する 砂分は粗砂である

写真5-1 ふるいわけ結果

玉石径?100mm Max210mm



写真5-2 ふるいわけ結果

100mm ?玉石・礫径?50mm



写真5-3 ふるいわけ結果

50mm ?玉石・礫径?20mm



調査番号 3 ボーリング調査記事

調査標高 2.18m ~ 1.18m

土質区分 砂礫

記事 10~40mm 位の亜円礫、角礫が主体
5~10mm の細礫も多く混入する
砂分は中砂である
若干の粘土分が混入する

写真6 ふるいわけ結果

採取全試料 Max150mm



調査番号 5 ボーリング調査記事

調査標高 3.33m ~ 2.33m

土質区分 粘土混じり砂礫

記事 20~50mm の亜円礫、角礫が主体
5~10mm の細礫も多く混入する上
所々に玉石を混入する

写真8 ふるいわけ結果

玉石径?100mm Max190mm



調査番号 4 ボーリング調査記事

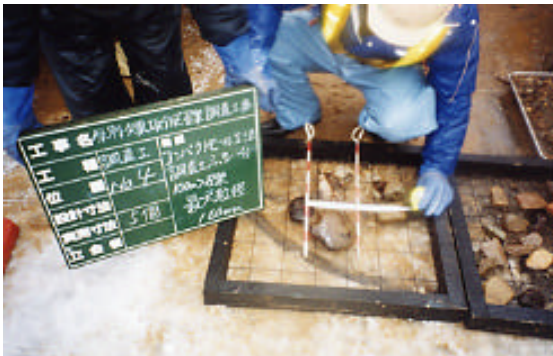
調査標高 3.07m ~ 2.07m

土質区分 砂礫

記事 20~50mm の亜円礫、角礫が主体となる
(max70mm)
上部1.90~3.5m 付近まで若干の粘土混じり
で、礫分が少ない

写真7 ふるいわけ結果

玉石径?100mm Max160mm



調査番号 6 ボーリング調査記事

調査標高 2.80m ~ 1.80m

土質区分 粘土混じり砂礫

記事 礫は 10~40mm 前後の亜円礫が主
砂は粗粒
全体に粘土を含み所により粘土層を挟む
所により 100~200mm 前後の玉石を点在する

写真9 ふるいわけ結果

玉石径?100mm Max190mm



調査番号 7 ボーリング調査記事

調査標高	2.80m~1.80m
土質区分	礫混じり砂質粘土
記事	10~30mmの礫を含む 混入砂は中~細粒 含水量は少なく粘着力は強い

写真10 ふるいわけ結果

100mm ?玉石・礫径?50mm



調査番号 8 ボーリング調査記事

調査標高	2.80m~1.80m
土質区分	砂礫
記事	20~30mmの亜角礫主体 マトリックスは粗砂,全体に粘土分を若干含む max 100mmのチャート礫散在する

写真11 ふるいわけ結果

採取全試料 Max280mm



調査番号 9 ボーリング調査記事

調査標高	2.80m~1.80m
土質区分	礫混じり粘土
記事	10~30mmの角礫混入する 全体に10~40mmの亜角礫混入する

写真12 ふるいわけ結果

採取全試料 Max220mm



表-6 ふるいわけ分析結果

調査番号	玉石・礫長径			
	50~100mm		100mm以上	
	最大径	個数	最大径	個数
1	75	6	120	1
2	95	多数	210	12
3	95	45	150	5
4	85	41	160	5
5	98	多数	190	19
6	90	多数	190	17
7	90	24	190	2
8	90	多数	280	13
9	90	25	220	2

写真4-1~12に示す通り,対象深度全域の砂礫・玉石を効率良く採取した.また,細粒砂の回収も十分に可能であることが明らかになった.

砂礫・玉石地盤における施工計画策定においては,施工の確実性・安全性を期して実際の玉石・礫径は,ボーリング柱状図に示されるものの3倍程度に見込む必要があるとされているが,ほとんどの調査結果はそれを大きくうわまわるものであった.

これは,ボーリング調査による玉石・礫径判別との差異があることを徒らに喧伝するものでは決してなく,2.1 ボーリングによる玉石・礫径の判定の項で記した通り,“ サンプラー内の試料を観察しても砂礫の粒度組成、特に最大粒径などは知り得ない” ことに起因することと考える。

4. おわりに

冒頭に述べたように,砂礫地盤におけるボーリング,サンプリングが困難であるという現実問題を前

にして、経済性に優れた調査手法は未だ確立できてないとおもわれる。

玉石・礫径を明らかにするという本調査法は、砂礫地盤での施工に従事するなかで必要に迫られ、感覚的な発想で誕生したものであるが、調査実施を通じてその有用性を実感することができた。

今後、この調査法の延長でコアチューブ孔底での平板載荷試験・大型貫入試験・被圧水頭測定・サンプリングあるいはTVカメラによるクイックサンド(ボーリング)の予測等の調査方法に挑戦したいと考えている。

最後に、玉石・礫径調査の機会を与えていただいた方々に深く感謝いたします。特に、青森市下水道部の方々に御指導をいただいた。厚く御礼申し上げます。

(参考文献)

- (1) 【推進工事施工条件マニュアル】
社団法人日本下水道管渠推進技術協会
- (2), (5) 平井利一編著【ボーリング図を読む】
- (3) 【土質断面図の読み方と作り方】
社団法人土質工学会
- (4) 酒井運雄【砂礫地盤のサンプリング】
地質と調査, 1989.4