

軟岩コアを用いた水質分析試料の作成および分析

大成基礎設計㈱ 桃井 信也

1. はじめに

東北地方の幹線道路の長大もたれ擁壁において、グラウンドアンカーの引き抜け事故が発生した（以下、アンカーと略す）。アンカーの引き抜けは、道路供用8年後に発生したもので、その原因調査のうち、ボーリング等の調査業務が当社に委託された。

この調査内容には、アンカーに対する腐食性の調査を目的とする、地下水の採取および水質分析の項目が含まれていたが、実際に擁壁に斜堀のボーリングを実施したところ、地下水は無く、試料採取は実施できなかった。この為、ボーリングで採取した岩石を利用した、水質分析試料の作成および水質分析を行った。本論は、この分析方法および分析結果の考察を報告するものである。

2. 分析方法

<風乾細土(1:5)水抽出による分析>

水質分析の目的は、アンカーの腐食性を判断することである。このため岩石試料を用いて作成した水質分析試料は、できるだけ実際の地下水の水質を反映することが望まれる。

水質分析試料の調製には、土壤標準分析・測定法¹⁾による「風乾細土(1:5)水抽出」の方法を適用した。

この方法は、土壤からの溶出成分の分析を目的としており、岩石試料は対象としていない。ただし基準化された方法を用いることは、分析の再現性及び結果の比較を行うのに有利である。

試料作成の実施に当たり、①岩石を砕く、②間隙水の溶出を促進させる等、分析手順を幾つか加え、試料作成を行った。また後に述べるとおり、試料は湿潤状態が通常の状態と考えられるため、乾燥作業は省略した(表-1)。

表-1 風乾細土(1:5)水抽出の方法
土壤標準分析・測定法より

風乾細土(1:5)水抽出の方法により試料作成する ①ボーリングコアを蒸留水にて洗浄し、コアの周囲の泥を十分に落とし、1cm以下の細片に砕く。※ ②試料 10g 当たり水 50ml の割合で、水の体積に対し二倍の容量をもつポリエチレン瓶に封入する ③ポリビンに密封した状態で、超音波洗浄機で30分以上処理し、供試体中の間隙水を侵出させる。※ ④25°Cで一時間振り混ぜる。 ④以上の処理を行った水を直ちに乾燥ろ紙でろ過し、更に0.2μmミリポアフィルターでろ過する。以上の処理を行った水を、水質分析試料とする。 (※:軟岩試料の為、加えた項目)

<pH試験>

調査地の試料は、新第三紀の泥岩および砂岩である。一般的に泥岩には、鉄等の腐食を促進させる黄鉄鉱が含まれることが知られている²⁾。黄鉄鉱が大量に含まれる場合には、試験試料のpHが長期的に低下すると考えられ、試料水のpHを9日間計測した。

分析試料は、1cm以下に砕いた試料を、二倍の質量の蒸留水に浸し、大気に解放した状態で放置した。

3. 地形地質および現場状況

ボーリング調査は3地域、5箇所で行った(各L=4m)、このうち永久アンカーに損害の見られた2地域、3箇所で行った水質分析を実施した(A地区①、B地区②、③とする)。

現場は比高300m程度の急峻な山地の基部で、各調査地点は尾根地形の切土部に位置する。山地を構成する地質は、新第三紀中新世の泥岩・砂岩・礫岩・凝灰岩で、既存の地質調査によると20~30°で傾斜した互層状をなしている。擁壁に対する層理面の傾斜方向は、A地区では擁壁に垂直な走向に、B地区では受け盤側に傾斜している。ただし、ボーリングコアに見られた亀裂の方向については、不明である。

現場での観察では、擁壁からの水のしみ出しは通常見られなかった。ただし雨中・雨後には、水抜き穴からの流水およびしみ出しが観察された。

採取されたボーリングコアは、3地点共に暗青灰~暗灰の還元色を呈した。また貝の破片が疎らに混入していた。コアを用いた岩石試験の結果は、間隙比 $e=0.55\sim 1.56$ 、飽和度 $S_r=93\sim 100\%$ を示し、常時湿潤状態と考えられる。また亀裂には若干の汚染が見られた。

以上、①亀裂面の汚染、②高い飽和度、③雨中・雨後の擁壁からのしみ出し、の結果を元に判断すると、地下水が時期的に擁壁背面に存在しており、また地下水は亀裂水が主であると考えられる。

表-2 岩石試験結果

岩石試験項目	単位	A地区 ①地点 (砂岩)	B地区 ②地点 (泥岩)	B地区 ③地点 (泥岩)
含水比 W _n	(%)	18.5~ 20.3	39.5~ 44.9	47.5~ 58.7
湿潤密度 ρ _t	(t/m ³)	2.10~ 2.20	1.76~ 1.81	1.60~ 1.69
一軸圧縮強度 q _u	(kN/m ²)	289~ 580	337~ 436	280~ 1080
間隙比 e	-	0.55~ 0.60	1.08~ 1.22	1.19~ 1.56
飽和度 S _r	(%)	93.2~ 96.7	97.5~ 99.0	96.1~ 100
岩盤等級区分 (菊池による)	-	CL	CL	D~CL

4. 分析結果

水質分析の結果を表-3に示す。また pH 試験の結果を表-4に示す。

表-3 分析結果一覧表

分析項目 化学式	単位	A地区 ①地点 (砂岩)	B地区 ②地点 (泥岩)	B地区 ③地点 (泥岩)
マグネシウムイオン Mg ²⁺	mg/l	1.7	2.6	5.6
カリウムイオン K ⁺	mg/l	3.4	6.3	4.9
カルシウムイオン Ca ²⁺	mg/l	11	21	42
ナトリウムイオン Na ⁺	mg/l	7.5	14	11
硫酸イオン So ₄ ²⁻	mg/l	16	72	110
塩素イオン Cl ⁻	mg/l	0.55	0.65	1.0
炭酸イオン HCO ₃ ⁻	mg/l	47	39	42
pH(H ₂ O)	-	9.4	9.1	8.7
pH(KCl)	-	7.6	7.3	7.2
電気伝導率	mS/cm	0.11	0.20	0.31

表-3の水質分析結果を図-1のヘキサダイアグラムに示す。ヘキサダイアグラムは、溶存イオンの量をmg当量に示したものである。以下に水質分析結果の解釈を以下に述べる。

- I. 砂岩を試料としたA地区①地点では、溶存イオンの量は比較的少ない傾向を示した。比較的新鮮な砂岩であるため (qu=2.8~5.8N/mm²), 溶解する物質に乏しい状態にあったと考えられる。量的に多く含まれるのは、Ca⁺、HCO₃⁻である。
- II. 泥岩を試料としたB地区②, ③地点では、③地点の方で溶存イオンが多く浸出した。特にCa⁺、SO₄²⁻の差が顕著である。硫酸イオンは一般にアンカー腐食の原因の一つと考えられているが、pHはアルカリ性を示した。
- III. pH(KCl)は中性を示した。よって潜在的な酸性の度合いは強くないと考えられる。
- IV. 電気伝導度は、EC=0.11~0.31mS/cmの値を示した。通常の地下水と同程度の値である。

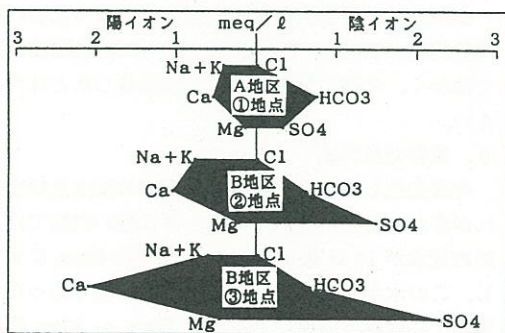


図-1 ヘキサダイアグラム

表-4 pH値の変化

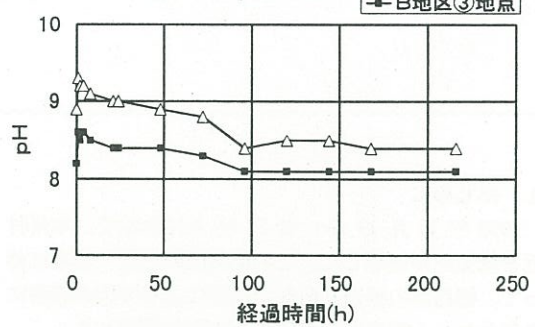


表-4のpH試験の結果と解釈を以下に述べる。

- I. 砂岩の分布するA地区①地点では、最高値 9.3を示した後、100時間程度でほぼ pH の低下は見られなくなった。安定値は 8.4~8.5 程度の弱アルカリ性である。
 - II. 泥岩の分布するB地区③地点では、最高値 8.6を示し、A地区①地点と同様に 100時間程度で安定した。安定値は 8.1 である。
 - III. 両者とも始めに高い pH を示し、水浸後 100時間程度まで pH の低下が見られた。ヘキサダイアグラムでは Ca⁺と So₄²⁻が対になって溶出していることから、最初に Ca⁺が溶出しアルカリ性を示し、その後 So₄²⁻が徐々に溶出し、pH 値の低下が起こったと推定される。ただし、Ca⁺が緩衝物質として作用することにより、pH はある程度の低下で安定したと、考えられる。
- 以上、分析結果に対する解釈を述べた。調査目的に対する考察としては、岩石からの溶出成分の水質分析では、特にアンカーの腐食を促進させる傾向は、見られない結果がえられた。

5. まとめと今後の課題

本論で述べた分析方法は、岩盤地下水の水質をある程度再現していると考えられる。ただし、分析試料作成の過程は、実際の地下水の水質が形成される過程と大きく異なっており、不明瞭な点が非常に多いことは事実である。

今回作成した試料水には、地下水程度のイオンが溶出していた。この成分を測定することは、地下水が採取できない場合に、実際の地下水成分を推定する方法として利用できよう。

一般に、擁壁背面での地下水採取は、困難であるといえる。今回の分析方法は、アンカー腐食調査で地下水分析に換わる方法の一つとして考えられよう。

また今後は事例を増やすと共に、実際の地下水との比較を行うことが、必要であると考えられる。

(参考文献)

- 1) 土壌標準分析・測定法委員会編：
土壌標準分析・測定法, pp.135~148, 1986.11
- 2) 千木良雅弘：風化と崩壊, pp.112~113, 1995.4