

トンネル覆工コンクリートの漏水に伴う カルシウム溶出現象の解明

普照 遥¹・木村 定雄²・大嶋 俊一³

¹ 学生員 金沢工業大学大学院 環境土木工学専攻 (〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1)
E-mail: b6901659@planet.kanazawa-it.ac.jp

² 正会員 金沢工業大学教授 環境土木工学科 (〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1)
E-mail: s.kimura@neptune.kanazawa-it.ac.jp

³ 正会員 金沢工業大学准教授 応用化学科 (〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1)
E-mail:s.oshima@neptune.kanazawa-it.ac.jp

山岳トンネルの覆工の目地部においてコンクリートがはく離する変状は、一般に、コンクリート中のひび割れが進行して生じるものだと考えられている。筆者らは、とくにひび割れとともに発生する地下水の流れによって、流水面からカルシウムが溶出し、セメント硬化体の Ca/Si モル比が低下することで、強度低下が生じ、コンクリート中のひび割れ進展が促進されると考え、カルシウム溶出とひび割れ進展の関係の仮説を立てた。本研究では、水中に溶出するカルシウムの分析手法を提案し、その有効性を検証した。その結果、キレート滴定による手法によって、水中に溶出するカルシウム量を定量的に測定し、コンクリート打設後早い段階のカルシウムの溶出速度の変化を確認した。

Key Words: *Concrete lining of tunnel, Deterioration over time, Calcium elution, Chelatometric titration, Energy dispersive X-ray spectrometry*

1. はじめに

山岳トンネルの施工法には、大別して在来工法（矢板工法）と標準工法（NATM）とがある。1980年頃までの鉄道や道路トンネルの建設では、矢板工法が主に採用され、それ以降はNATMが主に採用されている¹⁾。矢板工法は、掘削により発生する地山の荷重を支保工と覆工とが一体となって支持するものであり、NATMは吹付けコンクリート、ロックボルトおよび鋼製支保工を主な支保部材として地山の安定を図っている²⁾。ここで、矢板工法における側壁コンクリートの施工では、逆巻工法を適用するため、アーチ部と側壁の間に継目が存在し、漏水や充填剤の浮きやはく離等が生じやすく、維持管理上の弱点となっている²⁾。一方、NATMでは、1スパン分のコンクリートを打設するため、アーチ部と側壁部の継目は存在しない。また、吹付けコンクリートと覆工の間には防水シートが設置され、矢板工法と比較して漏水も少ない²⁾。このような中、近年、矢板工法で施工されたトンネルは、供用年数が40年を超えてきており、覆工に生じる変状が顕在化してきている。

他方、山岳トンネルの覆工は、無筋コンクリートで構

築されるのが一般的である。とくに、トンネル覆工の目地部におけるひび割れは、施工時荷重の影響ならびにコンクリート中のジャンカの存在や乾燥収縮作用などによって生じるものと考えられる。さらに、覆工コンクリートの経年劣化をみると、コンクリート塊がはく離・はく落する現象は、漏水を伴うことが多いという特徴がある。

そこで、筆者らはコンクリートのひび割れ部に生じる漏水によってカルシウムが溶出してセメント硬化体が脆弱化することが、ひび割れの進展を促進させ、コンクリートのはく離・はく落現象に強く影響すると考えた。

カルシウムの溶出現象は、1920年代にスウェーデンにおいてダム堤体の劣化現象として報告されている³⁾。例えば、覆工コンクリートの漏水による白華現象は、未水和水酸化カルシウムが溶出して炭酸カルシウムに変化したものである。カルシウムの溶出現象は、降雨や流水などによって、コンクリートの流水面からセメント硬化体中のカルシウム分が溶出してコンクリートが脆弱化する現象であり、その進行には相当な時間を要するため、覆工コンクリートの変状要因として報告されることがなかった。そのため、その変状メカニズムや劣化進行速度は明らかにされていない⁴⁾。構造物に要求される50年程

度の設計供用年数を考慮すると、カルシウム溶出による劣化は、耐久性照査の対象とはならなかったと考えられる。

一方、近年の公共施設構造物の長寿命化の考えにたつと、とくにトンネル構造物は半永久的な供用の可能性もあり、長期的な変状要因となるカルシウム溶出現象についても、そのメカニズムを解明し、劣化進展の特性を明らかにする必要がある。

そこで、筆者らは、既往の研究を整理するとともに、カルシウム溶出現象の解明を検討してきている⁵⁾。本稿は、コンクリート中のカルシウムが水中に溶出する量を定量的に測定する分析手法を検討し提案したうえで、その有効性を検証するために、コンクリート打設後の早期段階におけるカルシウム溶出量を測定し考察したものである。



写真1 覆工の目地部の漏水事例

2. カルシウム溶出の概要

(1) 既往の研究

筆者らは、写真1に示すようなひび割れ部からの漏水によってコンクリートのひび割れ進展が促進すると考えた。すなわち、漏水によって、セメント中の Ca^{2+} が溶出し、セメントマトリックスが脆弱化することでセメント強度が低下すると想定した。図1はカルシウム溶出によるひび割れ進展の仮説を示したものである⁴⁾。また、40年を経過したトンネルから漏水を伴うひび割れ部位およびひび割れ等の変状がない部位からコンクリートコアを採取し、示差熱重量分析(TG-DTA)を用いて、ひび割れ面(流水面および正常面)に存在する水酸化カルシウムと炭酸カルシウムを測定した。

図2および図3はその分析結果である。図2は漏水を伴う流水面のTG-DTA分析結果である。600℃~800℃において吸熱反応と質量減少がみられたことから、炭酸カルシウムの存在が認められた。一方、図3は変状のない正常面でのTG-DTA分析結果であり、吸熱反応温度が470℃付近で認められ、水酸化カルシウムの存在が確認された。このことから、少なくとも、漏水を伴う流水面では水酸化カルシウムが溶出していることを定量的に確認した⁵⁾。

しかしながら、これらの分析手法によって、セメント硬化体中のカルシウムの溶出量を定量的に把握するまでには至らなかった。

そこで、本研究ではトンネルの覆工コンクリートを対象として、漏水に伴うカルシウム溶出現象の進行特性を解明するための定量的分析手法を検討し、その有効性を確認する。

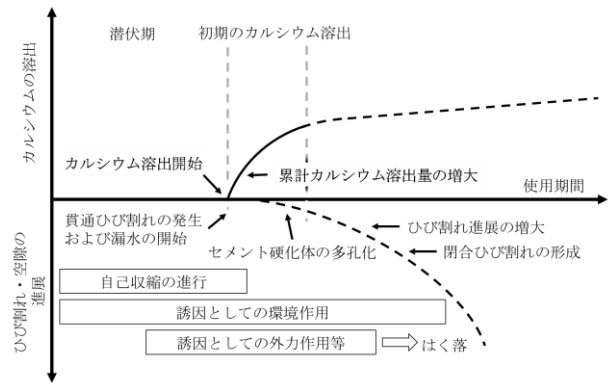


図1 カルシウム溶出によるひび割れ進展の仮説

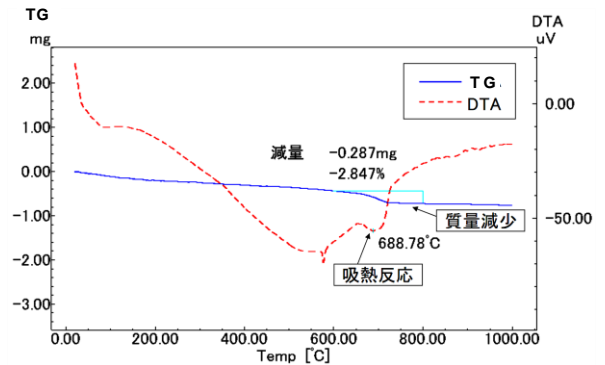


図2 ひび割れ部 (流水面) (TG-DTA)

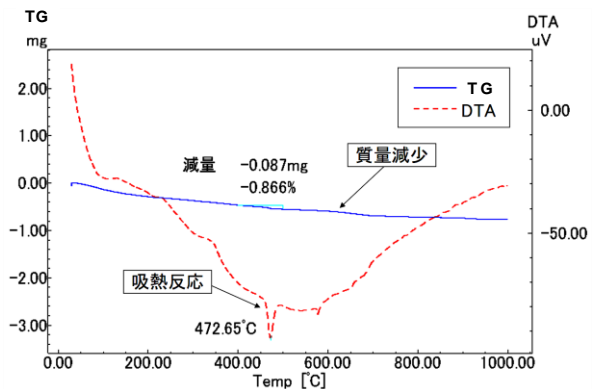


図3 変状なし部 (正常面) (TG-DTA)

(2) カルシウム溶出を分析する手法の検討

カルシウム溶出による覆工コンクリートのひび割れ進展を分析する手法として図4に示す手法を考えた。キレート滴定による手法は、流水面を介して外部水中に溶出したカルシウム量を測定して、溶出カルシウム量を把握するものである。ここで、外部水とは、コンクリート中に残存する水分ではなく、漏水など外部から侵入する水のことをいう。蛍光X線分析による手法は、カルシウムが溶出した後のひび割れ面やその下部に存在するカルシウム元素の割合を測定して残存カルシウム量を把握するものである。同じく残存カルシウムを微視的に確認する手法としてSEM-EDXによる分析がある。次に、これら両者の化学的な分析手法においてカルシウム溶出量の整合性を確認した後、ひび割れ面の硬度をビッカース硬さ試験によって測定して力学的な強度低下を測定する。

本研究では図4に示す分析手法のうち、化学的アプローチであるキレート滴定と蛍光X線分析をとり上げ、その有効性を検討するものである⁹⁾。

(3) カルシウム溶出のメカニズム

コンクリート中のカルシウム溶出とは、セメント硬化体が降雨や流水などの外部水に触れたときに、未水和水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)およびカルシウムシリケート水和物(C-S-H)からCa²⁺が溶出し、セメント硬化体が脆弱化する現象のことであり、コンクリート中の水和物の溶脱機構は次のように説明される⁷⁾。

- ① コンクリート中の細孔溶液中には水和物から溶解したCa²⁺とOH⁻が、ある一定の濃度で共存している。
- ② コンクリートの細孔中に外部水が流入すると、主に濃度勾配を駆動力とした細孔溶液中のCa²⁺と対イオンであるOH⁻が、外部水へと移動して流出していく(図5参照)。
- ③ セメントペースト中の水和物は、Ca(OH)₂とC-S-Hが多くを占める(図6参照)。外部水へと移動したCa²⁺とOH⁻の量に見合うだけのCa²⁺とOH⁻が、セメント水和生成物であるCa(OH)₂とC-S-Hの溶解によって細孔溶液中に供給される。最も溶解しやすいCa(OH)₂の溶解がまず進行し(図7参照)、Ca(OH)₂が消失した部分ではC-S-Hの溶解も生じてC-S-HのCa/Siモル比が低下していく。
- ④ Ca(OH)₂やC-S-Hの溶解に伴って空隙が増加し、C-S-HのCa/Siモル比が低下した部位は脆弱化する。

上記のセメントの水和生成物の溶解現象の繰り返しが連続的に進行することによって、セメント硬化体が脆弱化し、強度低下が生じる。

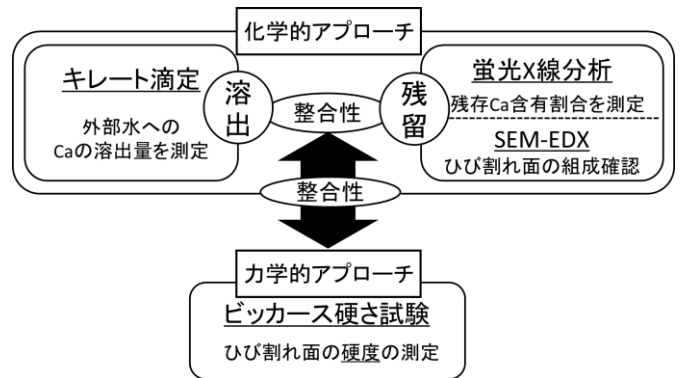


図4 カルシウム溶出によるセメント硬化体の劣化進展の推定手法

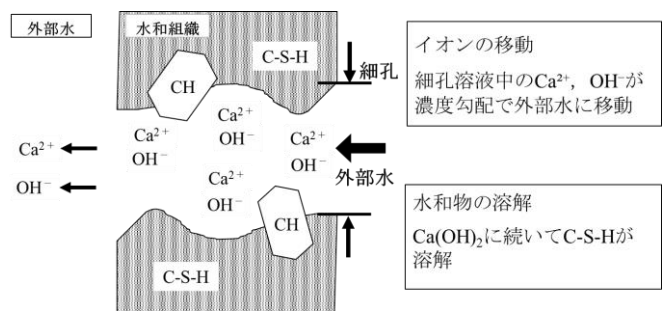


図5 カルシウム溶出の概要

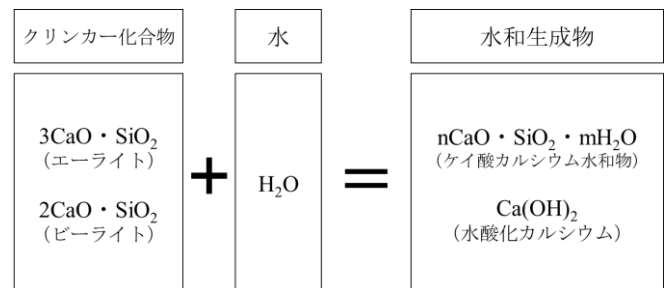


図6 セメントの主な水和生成物

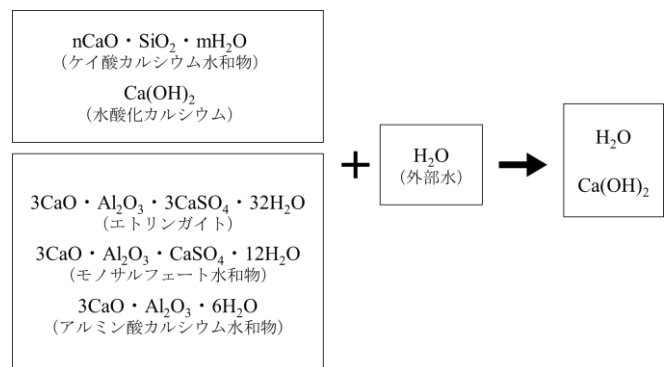


図7 外部水による水和生成物の溶解

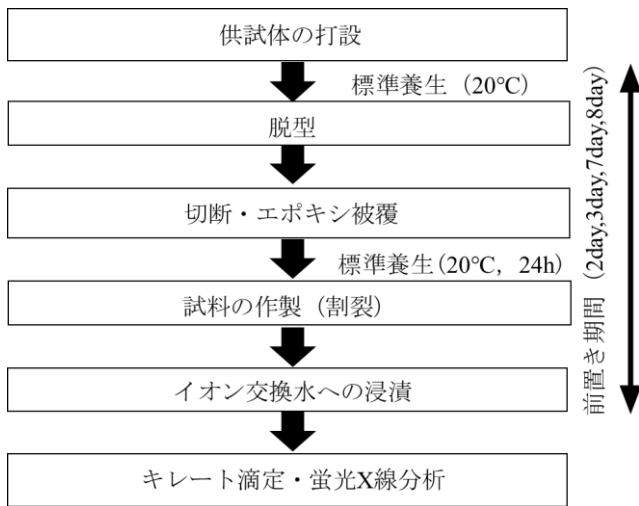


図8 供試体・試料の作製手順

3. カルシウム溶出の分析手法

(1) 供試体および試料の作製

供試体と試料の作製手順を図8に示す。本分析における供試体は、覆工コンクリートをモデル化したものである。基本的なカルシウム溶出量を把握するため、普通ポルトランドセメントのペーストを用いてAとBの2種類の供試体を作製した。表1はそれらの配合を示したものである。使用した普通ポルトランドセメントの化学成分は表2に示したとおりである。ここで、セメント硬化体の均一性を確保するため、ブリーディングを抑止する目的で特殊増粘剤(VT)、消泡剤(T)、流動性調整剤(Ad)を添加している。なお、VT、TおよびAdにはカルシウム成分は含まれない。供試体AのW/Cは50%、供試体Bのそれは45%、50%、55%の3種類とした。供試体作製では、塩化ビニル管を型枠として用いた。塩化ビニル管には、縦方向に切欠きを設け、管の側断面からセメントペーストを流し込んだ。次に、カルシウム量の変化を把握するための試料を作製した。まず、供試体を切断し、これを割裂してできる割裂面を試験面と位置づけ、これを試料とした。図9は試料の作製過程と分析に用いる割裂面(試験面)を示したものであり、試験面以外の面はエポキシ樹脂で覆った。ここで、試料Aと試料Bの断面寸法は異なる。これは、試料Aのキレート滴定による分析を行い、試験面となる断面寸法が小さくても、定量的なデータが得られることを確認したため、次に作製した試料Bは断面寸法を小さく設定している。ペーストの作製から外部水(イオン交換水)に浸漬するまでの期間を前置き期間とした。試料Aでは3日および7日の2種類、試料Bでは4日および8日の2種類とした。すなわち、覆工コンクリートの脱型時期である48hrと早期に発生するひび割れ時期を考慮して、前置き期間を設定した。

表1 供試体Aおよび供試体Bの配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					
	W	C	VT	T	Ad	
A	50	602	1225	6.1	3.1	1.0
B	45	578	1285	5.8	0.58	6.43
	50	602	1225	6.1	0.60	6.04
	55	626	1139	6.3	0.63	5.70

VT：特殊増粘剤 T：消泡剤 Ad：流動性調整剤

表2 普通セメントの化学成分

化学成分	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
試験成績(%)	2.18	20.21	5.13	2.97	64.87
化学成分	MgO	SO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Cl ⁻
試験成績(%)	1.19	20.5	0.22	0.41	0.023

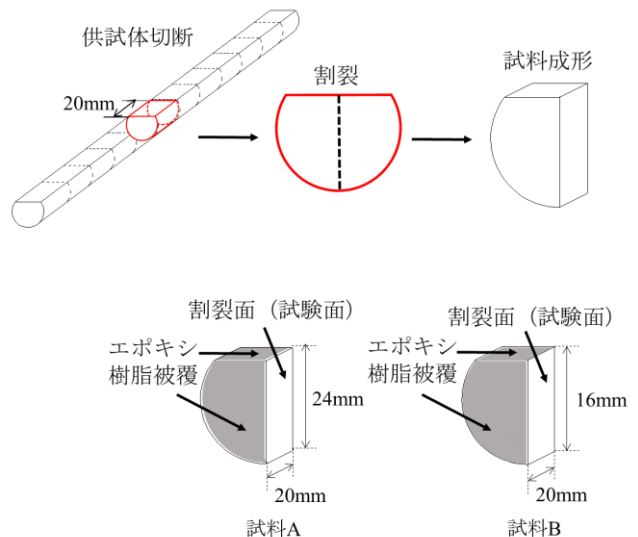


図9 試料の作製過程

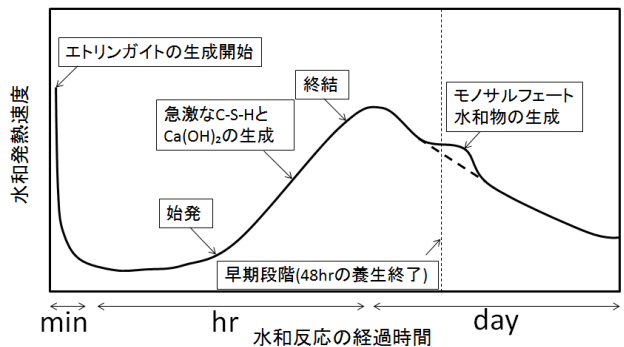


図10 水和反応の模式図⁹⁾

ここで、脱型時期(48hr)における水和反応状態は、図 10 に示す段階で、継続して水和反応が進行している段階である。そこで、この段階を早期段階と呼び、この時点からのカルシウム溶出量を把握することとした。

(2) キレート滴定による手法

キレート滴定の分析手順を図 11 に示す。キレート滴定による手法は、滴定液(EDTA 溶液)を滴下することで、環境水中に溶出するカルシウム量を定量的に測定するものである。写真 2 に示すように、反応前は紫色である溶液が、反応後は青色の溶液に変化し、その時点で滴下を終了する。本実験では水温 20°C のイオン交換水を Ca²⁺ の溶出環境とし、この環境水中に試料を浸漬して試験面からの漏水現象をモデル化している。すなわち、漏水環境と試料をイオン交換水中に浸漬することは、化学的に同じとしている。また、1L (リットル) のイオン交換水の入った容器に 6 つの試料を浸漬しており、その試料水を用いて、測定を行った。なお、キレート滴定の測定後はイオン交換水を入れ替えて試料を浸漬している。

本稿では、キレート滴定測定の期間は試料 A で浸漬後 57 日まで、試料 B で浸漬後 123 日までとし、キレート滴定による Ca²⁺ 量測定の有効性を検証した。

イオン交換水中に溶出する Ca²⁺ 量は次式により求めた⁹⁾。

$$Ca^{2+} = a \times \frac{1000}{V_{Ca}} \times 0.401 \times f$$

f: 0.01mol/L の EDTA 溶液のファクター (f = 1.000)

V_{Ca}: Ca²⁺ の滴定に要した試料水量(ml)

a: Ca²⁺ の滴定に要した EDTA 溶液(ml)

(3) 蛍光 X 線分析による手法

蛍光 X 線分析による手法は、一次 X 線を試料 (試験面) に照射したときに放出される元素に固有な蛍光 X 線を測定して、試験面に存在する構成元素の割合を把握するものである。写真 3 は蛍光 X 線分析結果の一例を示したものである。スペクトルの表示から、Ca と Si が主に検出されていることがわかる。本実験ではファンダメンタルパラメーター(FP)法を適用した。FP 法は標準物質を使用せずに未知試料の定量分析を行うことができる。なお、本実験において試料となる試験面は、微視的に平滑ではなく、その表面積を正確に把握することは難しい。したがって、FP 法による分析は半定量分析としてこれを取り扱うこととした。また、蛍光 X 線分析は試料 A のみを用いて行っている。

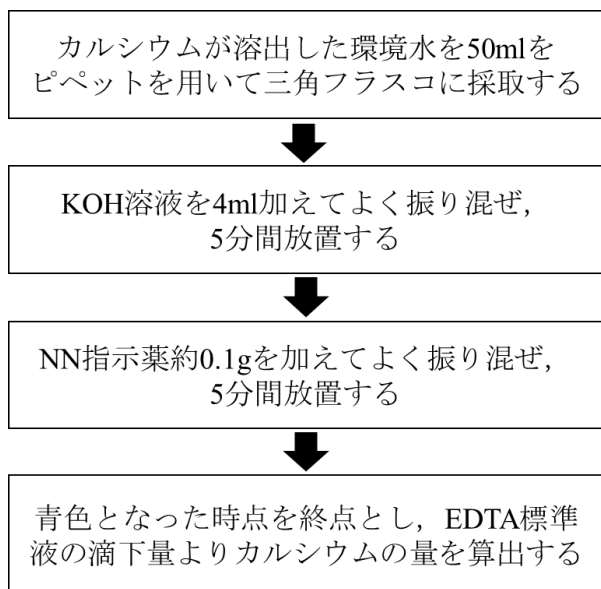


図 11 キレート滴定の分析手順

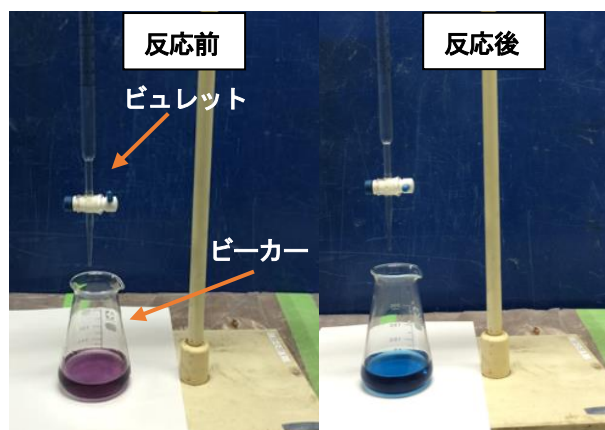


写真 2 キレート滴定の状況

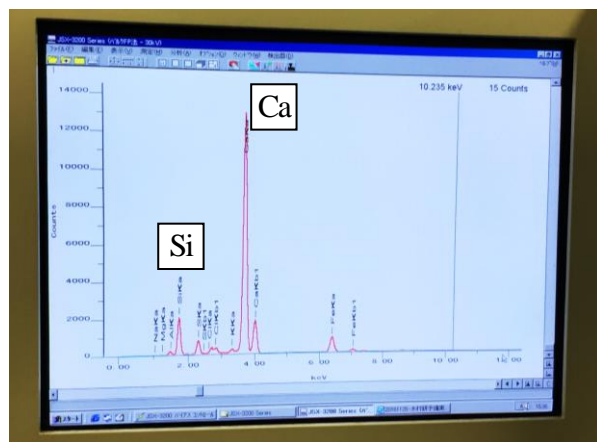


写真 3 蛍光 X 線分析結果の一例

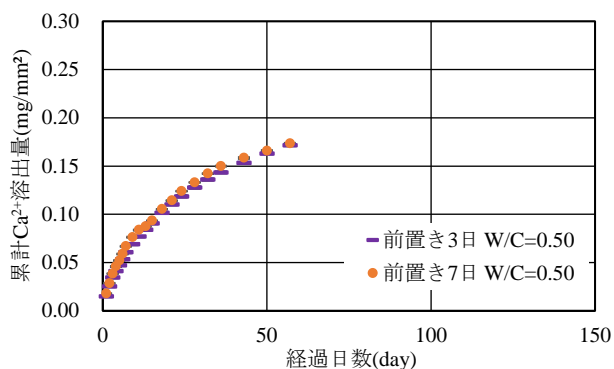


図 12 累計 Ca²⁺溶出量の経時変化 (試料 A)

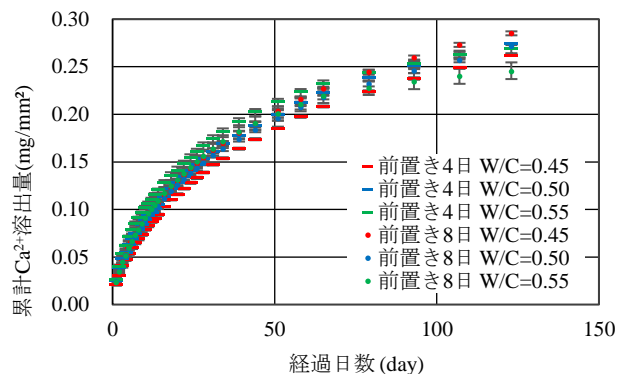


図 13 累計 Ca²⁺溶出量の経時変化 (試料 B)

4. カルシウム溶出の測定結果およびその考察

(1) キレート滴定による手法

キレート滴定によって測定した試料 A の累計 Ca²⁺溶出量を図 12 に、試料 B の累計 Ca²⁺溶出量を図 13 に示す。キレート滴定は 1 測定あたり 3 回ずつ行った。図中にはそれらの変動状況 (最大と最小) もあわせて示している。

図 12 および図 13 から、前置き期間の違いや W/C の違いにかかわらず、浸漬開始後の累計 Ca²⁺溶出量の経時変化はほぼ同じである。浸漬の初期では試験面に Ca(OH)₂ が存在するため、Ca²⁺の溶出が多いと考えられる。また、時間の経過とともに、試験面の下 (深さ方向) にある Ca(OH)₂ から、Ca²⁺が徐々に溶出する。

図 14 にすべての試料の測定値の変動率を示す。ここで、変動率とは、3 回の測定値の最大と最小の差と、平均値との差を表わすものである。W/C=0.55、前置き 8 日の変動率のみが最大 0.35 と大きな値を示しているものの、他のすべてのケースの測定初期の変動率は、0.20~0.01 であり、浸漬 28 日を経過すると、その値は、0.05 以下となり安定している。このことより、長期的な変動率は小さいと判断でき、キレート滴定による Ca²⁺溶出量の測定の精度は 5% 以下に抑えることができる。

次に、Ca²⁺溶出量から Ca²⁺溶出速度を算出し、Ca²⁺溶出速度の経時変化を考察する。次式は Ca²⁺の溶出速度の算定式である。

$$\Delta V_t = \frac{\Delta Ca^{2+}}{\Delta t}$$

ΔCa^{2+} : Ca²⁺の微小溶出量(mg/mm²)
 Δt : 微小時間(1day)
 ΔV_t : 溶出速度($\frac{mg}{mm^2 \cdot day}$)

図 15 は試料 A において Ca²⁺溶出速度の経時変化の一例 (W/C=0.45, 前置き 4 日) を示したものである。図

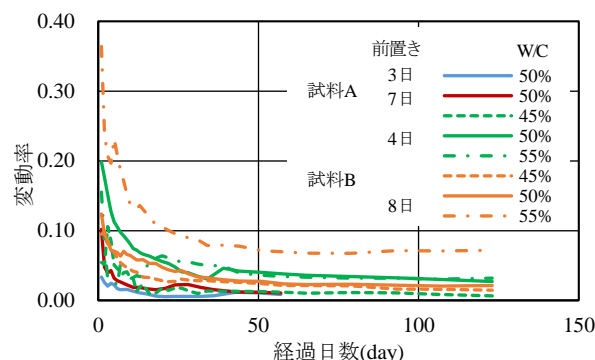


図 14 Ca²⁺溶出量の変動率

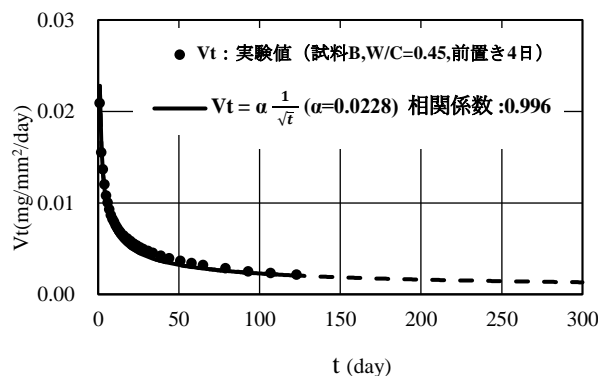


図 15 Ca²⁺溶出速度の経時変化

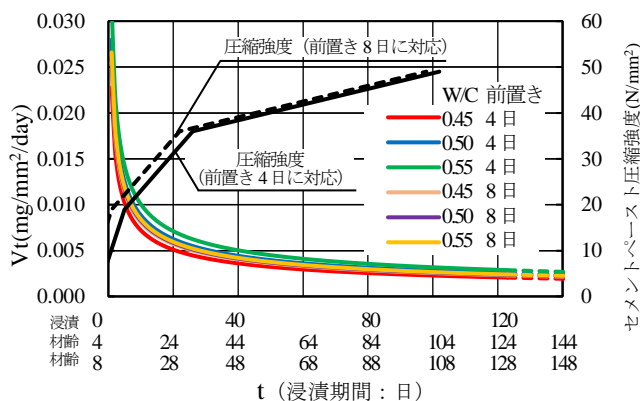


図 16 Ca²⁺溶出速度と圧縮強度の発現 (試料 B)

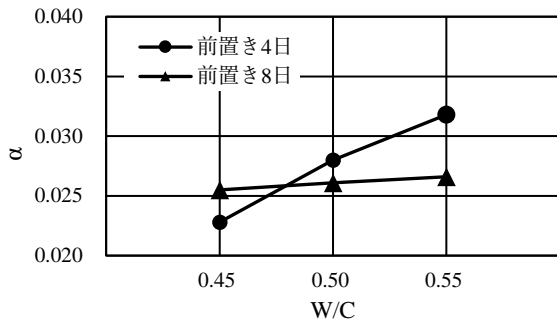


図17 Ca²⁺溶出速度の近似式中の定数α (試料B)

中の実線および破線は関数 $1/\sqrt{t}$ に近似したものである。図16は同様に試料Bの6つのケースを近似したものである。すべての近似における相関係数は0.993以上であった。

また、図16中には、セメントペーストの一般的な強度発現¹⁰⁾もあわせて示している。圧縮強度が発現する0~28日間にCa²⁺の溶出速度が大きい。セメント中の強度発現にかかわるクリンカー主要化合物は、C₃A(3CaO・Al₂O₃)、C₃S(3CaO・SiO₂)、C₂S(2CaO・SiO₂)、C₄AF(4CaO・Al₂O₃・Fe₂O₃)の4種類である。その中でも、練混ぜ後、C₃Aは1日以内、C₃Sは28日以内、C₂Sは28日以後に主に水和反応が進行し、C-S-Hの生成とともにCa(OH)₂をも生成する¹¹⁾。その段階で、Ca(OH)₂が溶解してCa²⁺が溶出する。これらを勘案すると、測定されたCa²⁺はCa(OH)₂の溶解が主体をなすものと考えられる。

図17は、Ca²⁺溶出速度の近似式中の定数αを示したものである。定数αは溶出速度の大きさを示すものである。図17より、W/Cが大きいくほど、また、前置き期間が短いほどαが大きくなる。これより、W/Cが大きいくほど内部水が多く、Ca²⁺の溶出が促進され、溶出速度も大きくなると考えられる。また、C-S-H生成過程におけるCa(OH)₂生成の影響は小さいものと考えられる。

(2) 蛍光X線分析による手法の結果および考察

一般に、Ca/Siはセメント硬化体の強度発現と強く関係し、Ca/Siが大きいくと強度が大きく、またCa/Siが小さいと強度が小さくなる。蛍光X線分析によって、前置き期間ごとの試験面に存在するCaとSiのモル比を表3に示す。試験面に存在するCaおよびSiのモル比はそれぞれ69~74%および14~17%であり、構成元素の多くを占めることがわかる。図18および図19はCaとSiのモル比の経時変化を図示したものである。これらを見ると、前置き期間の差異によらず、早期段階からCaとSiのモル比が変化する。すなわち、Caは浸漬から早い段階で減少し、その後微小に減少する。一方、Caと比べると、Siの溶出する傾向は緩やかである。

表3 試験面に存在する元素のモル比の経時変化 (試料A)

	モル比 (%)	0 day	1 day	3 day	7 day
前置き3日	Ca	74.17	73.04	71.37	70.82
	Si	14.54	15.58	17.31	17.43
	その他	8.03	8.11	8.23	9.12
前置き7日	Ca	74.05	71.30	70.04	69.81
	Si	14.66	17.75	17.87	17.75
	その他	7.94	8.59	9.07	9.43
	モル比 (%)	10 day	14 day	28 day	41 day
前置き3日	Ca	70.24	69.85	69.66	69.56
	Si	17.60	17.15	16.69	16.57
	その他	9.40	9.87	10.88	11.36
前置き7日	Ca	69.70	69.71	69.50	69.52
	Si	17.56	17.40	16.59	15.91
	その他	9.89	9.93	11.23	11.85

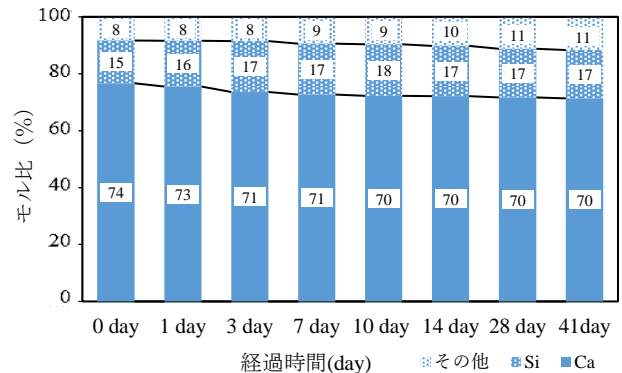


図18 試験面のCaとSiのモル比の経時変化 (試料A, 前置き3日)

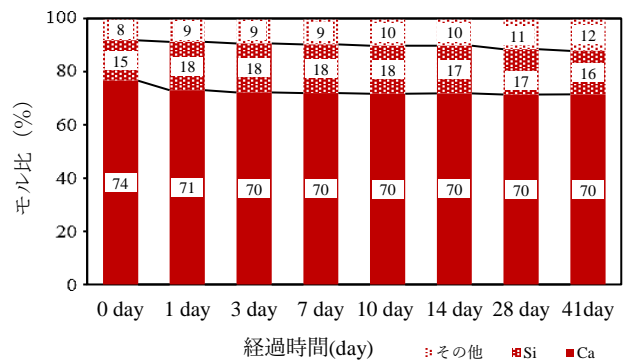


図19 試験面のCaとSiのモル比の経時変化 (試料A, 前置き7日)

図 20 は、セメント硬化体の脆弱性の指標となる Ca/Si の経時変化を示したものである。浸漬 14 日以前に、Ca/Si モル比が大きく減少していることが確認でき、その後、Ca/Si モル比はほぼ安定している。これは、浸漬直後は Ca(OH)₂ の水中への溶出が顕著であるが、その後 Ca の減少が鈍化するためと考えられる。このことは、図 21 に示すように、Ca/Si モル比が横ばいとなる期間に、キレート滴定による Ca²⁺溶出量が減少傾向にあることからわかる。したがって、浸漬 14 日までの Ca²⁺の溶出は主に、Ca(OH)₂ が溶出したものであり、C-S-H の溶解は進んでいないものと考えられる。さらに、試験面付近の Ca(OH)₂ の溶出は 14 日までにほぼ完了するといえる。

5. まとめ

本研究は、コンクリート打設後の早期段階におけるカルシウム溶出現象を定量的に把握する手法として 2 つの手法をとり挙げ、それらの有効性を確認した。得られた知見をまとめると以下のとおりである。

- ① キレート滴定による手法は、試験面から溶出するカルシウム量を定量的に把握する手法として有効である。
- ② 早期段階における外部水に溶出するカルシウムは、試験面に存在する Ca(OH)₂ が主体をなし、W/C が大きいほどその溶出速度は大きくなる。また、早期段階となる前置き期間の影響は小さい。
- ③ 蛍光 X 線分析による手法は、試験面に残存する Ca および Si のモル比を測定でき、キレート滴定による手法とあわせてカルシウム溶出を把握する手法として有効である。
- ④ 早期段階の Ca/Si は、急減するが、Ca²⁺の溶出速度が安定すると同じく安定する傾向を示す。

本稿はコンクリート打設後早期段階に着目して、カルシウム溶出現象の化学的な定量化手法を検討した結果について述べている。今後は、より長期的な継続実験および力学的な実験を行い、カルシウム溶出によるセメント硬化体の脆弱化特性を明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル・ライブラリー第 13 号，都市 NATM とシールド工法との境界領域—荷重評価の現状と課題—，pp9-15，2003.10.
- 2) 土木学会：トンネルの変状メカニズム，pp.16-18，2004.3.
- 3) 土木学会：土木学会コンクリート技術シリーズ，コンクリートの化学的浸食・溶脱に関する研究の現状，p1，2008.

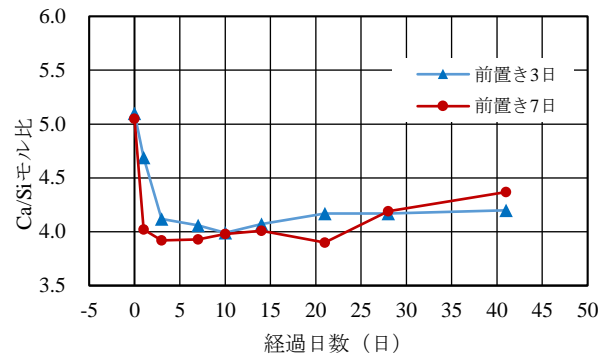


図 20 試料 A (W/C=0.50) における Ca/Si モル比の経時変化

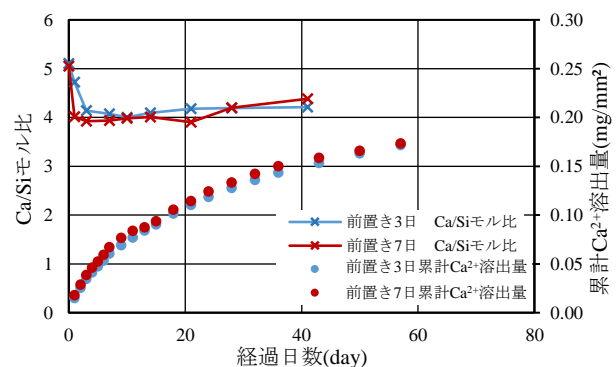


図 21 試料 A (W/C=0.50) における
累計 Ca²⁺溶出量と Ca/Si モル比

- 4) 辻本剛士，木村定雄：トンネル覆工コンクリート中の水酸化カルシウムの溶脱に関する一考察，土木学会第 66 回年次学術講演会概要集，V-165，2011.9.
- 5) 辻本剛士，木村定雄：覆工コンクリート中の水酸化カルシウムの溶脱とひび割れの進展メカニズムの考察，土木学会第 65 回年次学術講演会概要集，V-214，2010.9.
- 6) 普照遥，木村定雄，大嶋俊一：漏水に伴うコンクリート中のカルシウム溶出の分析，第 74 回年次学術講演会，投稿中，2019.9.
- 7) 土木学会：土木学会コンクリート技術シリーズ，コンクリートの化学的浸食・溶脱に関する研究の現状，pp73-74，2008.
- 8) 日本コンクリート工学協会：コンクリート技術の要点 '02，p8，2002.
- 9) 日本分析化学北海道支部：水の分析第 5 版，化学同人，pp.211-216，2007.9.20
- 10) 米山義広，五十嵐心一：空間構造の変化から見たセメントペーストの強度発現特性，コンクリート工学年次論文集，vol.30，No.1，p555-557，2008.
- 11) 日本コンクリート工学会：コンクリート技術の要点 '18，p8，2018.9.1

ANALYSIS OF PHENOMENON ON CALCIUM LEACHING OUT OF TUNNEL LINING CONCRETE DUE TO WATER LEAKAGE

Haruka FUSHO , Sadao KIMURA and Shunichi OSHIMA

It is generally considered that the deformation of concrete peeling at the joint portion of a tunnel lining concrete is caused by the progress of cracks. Calcium leaching occurs when there is a flow of groundwater caused by cracks in concrete. This calcium leaching decreases the Ca/Si molar ratio in the cement hardened body. We hypothesized that the development of cracks are caused by calcium leaching. In this paper, we proposed a method of analysing calcium eluted in water and verified its effectiveness. As a result, it is confirmed that chelate titration quantitatively measured the amount of calcium eluted. In addition, the speed of calcium leaching was confirmed in the early stage after placing concrete.