

令和 4 年 8 月 25 日現在

機関番号：21301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K05889

研究課題名(和文)プレキャストコンクリート水路における石灰石粗骨材の溶脱に関する研究

研究課題名(英文)Study on Leaching of Coarse Aggregate Using Limestone from Concrete Irrigation Facilities

研究代表者

北辻 政文(KITATSUJI, Masafumi)

宮城大学・食産業学群・教授

研究者番号：30195268

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文):石灰石(以下LS)粗骨材を用いたコンクリート水利施設では、粗骨材が選択的に溶脱し、クレータ状にくぼむ変状が起きている。本研究では、この現象のメカニズム解明のため現地調査、骨材試験および流速環境下における粗骨材溶脱の再現試験を行った。その結果、現地調査では、LS粗骨材を用いたプレキャストコンクリートおよび現場打ちコンクリート水路において溶脱が確認された。骨材試験ではLS粗骨材のすりへり減量値は、安山岩粗骨材より大きいこと、さらに、溶脱再現試験からLS粗骨材の溶脱深さは、流速が大きいほど顕著で、流速が0.5m/s程度の場合、粗骨材の溶脱深さは0.5mm/yearと予想された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

石灰石を用いたコンクリート構造物は、乾燥収縮が小さく、ひび割れの発生率が少ないことから、優良な材料として評価されてきた。しかし、本研究により石灰石を用いたコンクリート水路において粗骨材が先行して溶脱する変状を初めて明らかにした。すなわち、この劣化現象は、「農業水利施設の機能保全の手引き」にも記載されていない極めて特異で、重度の劣化である。このことは、農業水利施設のストックマネジメントの観点から極めて重要である。今後、石灰石骨材の利用方法や、劣化対策、補修工法へと研究は展開されると考えられることから、社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文): In irrigation facilities in the Tohoku region where concrete made with limestone (hereinafter referred to as LS) coarse aggregate is used, crater-like depressions have formed as a result of selective leaching of the coarse aggregate underwater. This study sought to clarify the mechanism of this phenomenon through field surveys, aggregate tests, and replication tests of coarse aggregate leaching using concrete specimen under various flow velocity conditions. In field surveys, leaching was confirmed in a concrete water channel made with coarse LS aggregate. Abrasion test showed that coarse LS aggregate is inferior to andesite coarse aggregate. Leaching replication test using coarse LS aggregate showed that the leaching depth of coarse aggregate is directly proportional to the number of days elapsed and more evident in areas with greater flow velocity; in addition, leaching depth of LS coarse aggregate was predicted as 0.5 mm/year at a flow velocity of 0.5 m/s.

研究分野：農業農村工学

キーワード：コンクリート水利施設 石灰石骨材 溶脱 すり減り減量 現地調査 流速

1. 研究開始当初の背景

わが国の農業水利施設は、昭和20年から昭和30年の食糧増産期および昭和40年以降の高度経済期に整備が進められてきた。基幹的な水路は、約5万km（末端まで含めると40万km）、ダムや頭首工などの点的基幹施設で7千ヶ所とされ、基幹的施設では耐用年数超過の割合が増加傾向にある。少子・高齢化が進む中で、農業水利施設の維持管理は、安定的な農業用水の確保の観点から極めて重要な取り組みである。近年、農業水利施設においては、定期的な機能診断結果により施設状況に応じた維持管理対応を行うストックマネジメント手法が取り入れられ、長寿命化対策が施されている。とくに気象条件の厳しい東北地方では積極的に行われており、中でも、農業用水路の維持管理には、多大な労力と費用を要している。

農業用水利施設においては、平成19年度から平成23年度に国営施設で実施された機能診断結果より、コンクリート水路内面に発生する変状としては摩耗が半数以上である。摩耗は、流水中の土砂による研摩作用や落差による衝撃力が組み合わさり、コンクリート表面が欠損する現象である。また同時に流水下でセメント水和物中のカルシウムイオン等が溶出し、組織が粗となる溶脱現象が発生し、摩耗現象のきっかけおよび加速作用の要因となっている可能性が報告されている。通常摩耗によって、コンクリート表面のセメント部の欠損により、粗骨材が露出し粗骨材の剥落が発生する。しかし、東北地方の現地水路調査により、こうした現象とは別に石灰石粗骨材を用いたコンクリート水路に特異な劣化現象が起こっていることが明らかとなった。これは水路内面の粗骨材が選択的に欠落するもので、その劣化パターンは、コンクリート表面の粗骨材が溶脱し、多数のクレーター状のくぼみができるもの（**図-1**）であった。これにより水路の粗度係数は高くなり、計画流量が流せないなどの水利用機能が低下し、多方面に影響を及ぼす。小断面の水路では、鉄筋コンクリート製品のかぶりが十分取れなくなり、寿命を大きく低下させる。こうした現象は東北地方だけにとどまらず、北海道、九州地方でも確認されており、広範囲に及んでいる。また、農林水産省が作成した「農業水利施設の機能保全の手引き」にも記載されていない極めて特異な現象で、重度に劣化したものであった。

本来、石灰石骨材を用いたコンクリートは乾燥収縮が小さく、ひび割れが起こりにくい。ため、コンクリート用骨材として高品質であり、需要も増加している。とくに東北地方では、奥羽・阿武隈山系の骨材がアルカリシリカ反応を起こす可能性が高いことから、北上山系を中心とした石灰石骨材は、貴重な資源と捉えられている。

2. 研究の目的

わが国において食料生産基盤となるコンクリート水利施設の維持を図るためには、このような石灰石骨材の対策を施す必要がある。

そこで本研究では、粗骨材が溶脱している水利施設の現場の調査を行うとともに石灰石粗骨材の溶脱現象のメカニズムを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 実態調査の方法

コンクリート水利施設（以下 水利施設）において、石灰石粗骨材使用の場合に粗骨材の溶脱が起きることはあまり知られていない。そのため実態を把握するため現地調査を行った。本研究では施設文献や施設管理者等から入手した情報を基に北海道、東北および九州地方で水利施設の調査を行い、水利施設の置かれた環境や側面、底面の劣化状況および溶脱深さ、水質検査、かんがい期における水路の流速測定を行った。とくにプレキャストコンクリート製品のみならず、場所打ちコンクリートについても調査した。

(2) 石灰石粗骨材の溶脱現象の再現試験

石灰石粗骨材の溶脱を再現するために、一定流速下および異なる流速下の供試体質量と粗骨材溶脱深さの測定を行った。また、水の影響をとらえるため、4種類の全硬度の異なる水を使用し、石灰石粗骨材の質量を測定した（**図-2**）。

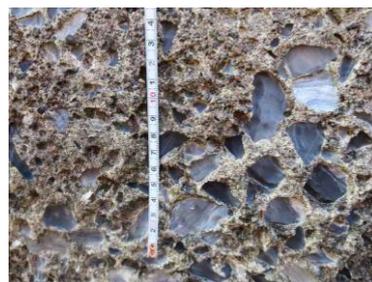


図-1 石灰石の溶脱状況



図-2 異なる流速下の溶脱試験

4. 研究成果

3年間の現地調査および再現試験の結果から得られた研究成果をまとめると以下のよう



北海道



東北地方



九州地方

図-3 現場調査結果

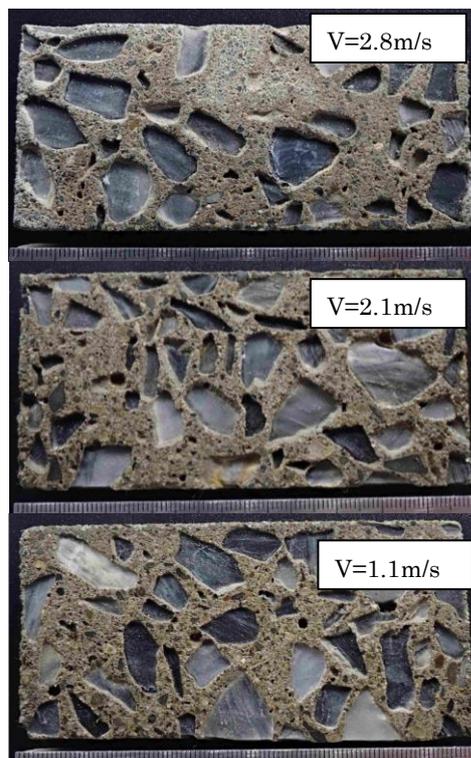


図-4 石灰石粗骨材の溶脱

になる。

(1) 実態調査

北海道、東北および九州地方で水利施設の調査を行ったが、いずれの地区においてもプレキャストコンクリート製品、場所打ちコンクリートの違いにかかわらず石灰石の溶脱が認められた。

調査したコンクリート水路の水質は pH5.6～7.8、全硬度の範囲は 22～70mg/L であり弱酸性から中性の軟水であった。このことから、硬度が低く、pH が低い環境において、石灰石の溶脱が大きいたことが分かった。溶脱状況の一例を図-3 に示す。

(2) 石灰石粗骨材の溶脱現象の再現試験

試験に用いた岐阜県および宮城県産の石灰石粗骨材は、JIS 規格を満足するもののいずれの骨材も安山岩粗骨材よりすりへり減量が 2 倍程度大きかった。

現地水路内面で見られた石灰石粗骨材の溶脱は、室内試験で発生が再現された。粗骨材の溶脱深さは、安山岩粗骨材ではわずかであったのに対し、石灰石供試体では経過日数とともに直線的な増加を示し、流速が大きいほど著しかった。試験結果の一例を図-4 に示す。

石灰石粗骨材の溶脱深さと流速関係より、流速 $V=0.5\text{m/s}$ 時に粗骨材溶脱深さが 0.5mm/year 、流速 $V=1.0\text{m/s}$ の時に 0.7mm/year と予測された。このことから、劣化の予測ができ、ストックマネジメントの観点からは 10 年に一度程度のメンテナンスが必要であることが確認された。

また、静水状態に設置された供試体は、経過日数に伴い質量減少することから、溶脱は流速の要因だけでなく、水質や粘土鉱物に見られるスレーキング現象に似た現象の要因も関係すると推察された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 金平修祐, 吉田侑生, 北辻政文（責任著者）	4. 巻 46
2. 論文標題 水利施設構造物からの石灰石粗骨材の溶脱現象について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 セメント・コンクリート研究討論会論文報告集	6. 最初と最後の頁 57-60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 金平修祐, 北辻政文, 吉田 侑生
2. 発表標題 石灰石粗骨材の溶脱メカニズム解明の取組について
3. 学会等名 農業農村工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田侑生, 金平 修祐, 北辻 政文
2. 発表標題 石灰石骨材の溶脱現象に関する研究
3. 学会等名 農業農村工学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金平修祐, 吉田侑生, 北辻政文
2. 発表標題 水利施設構造物からの石灰石粗骨材の溶脱現象について
3. 学会等名 セメント・コンクリート研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金平修祐、北辻政文
2. 発表標題 非かんがい期の水路内面表面水分量分布に関する研究
3. 学会等名 農業農村工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南條真希、北辻政文、金平修祐
2. 発表標題 コンクリート水路における石灰石粗骨材の溶脱に関する基礎的研究
3. 学会等名 土木学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金平修祐、北辻政文
2. 発表標題 非かんがい期の水路内面表面水分量に関する研究
3. 学会等名 農業農村工学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------