令和5年度土木学会全国大会第78回年次学術講演会

高流動 CA ミルクの圧縮疲労特性に関する基礎的研究（第２報）

ニチレキ株式会社　正会員　○小滝　康陽
ニチレキ株式会社　正会員　平岡　富雄
ニチレキ株式会社　正会員　広瀬　良樹

１．はじめに

隙間充填材「高流動 CA ミルク(以下，CA ミルク)」はスラブ軌道てん充層を補修する材料であり，数 mm の隙間に充填できることを特徴とするものである（図-1）．著者らは前報 [1]で，標準的な条件において CA ミルクの圧縮疲労特性を評価し，その結果，十分な疲労寿命を有していることを確認した．ここで，圧縮疲労試験の全体像を図-2 に示す．圧縮疲労特性に影響する外部作用としては，降雨や積雪などの水分や凍結融解作用が考えられる．特にセメント硬化体の水分による劣化は重視すべきである．

そこで本研究では，水分による劣化の影響を考慮し，水中養生した CA ミルクの圧縮疲労特性を評価した．

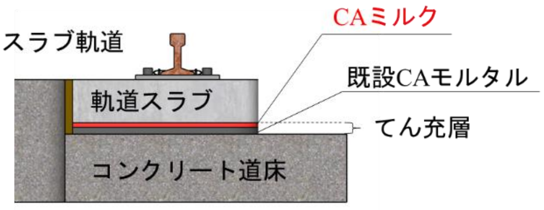


図-1 CA ミルクの施工イメージ

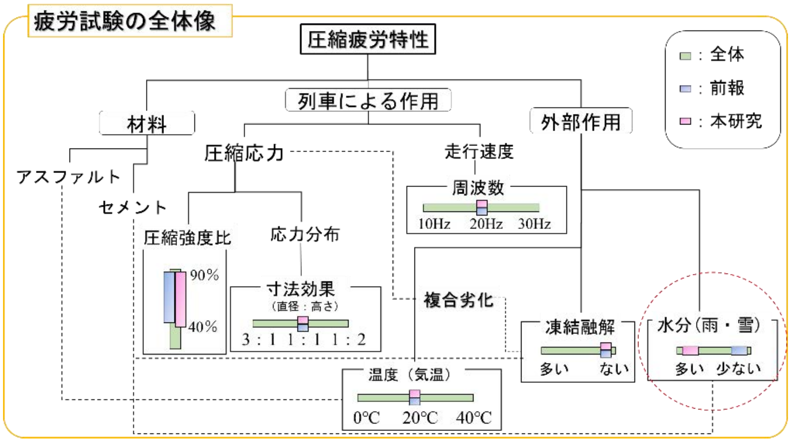


図-2 CA ミルクの疲労試験の全体像

２．水中養生条件および圧縮疲労試験方法

CA ミルクは φ50×100mm の円柱供試体を用い，20℃程度の室内環境下で，ポリ容器内で水中養生した．所定期間養生した後に，水中から取り出し，φ50×50mm に加工したものを供試体とした．

圧縮疲労試験は，図-3 に示すとおりに供試体を設置し，載荷周波数 20Hz の荷重制御で行った．荷重振幅の最大値は材齢 28 日の圧縮強度(8.22N/mm²)に対する比率（圧縮強度比 40～90%）から設定した．また，環境温度は 20℃，湿度は 65%RH とした．なお，破壊点を確認するため，ひずみゲージを供試体中央の 2 箇所に貼り付けた．

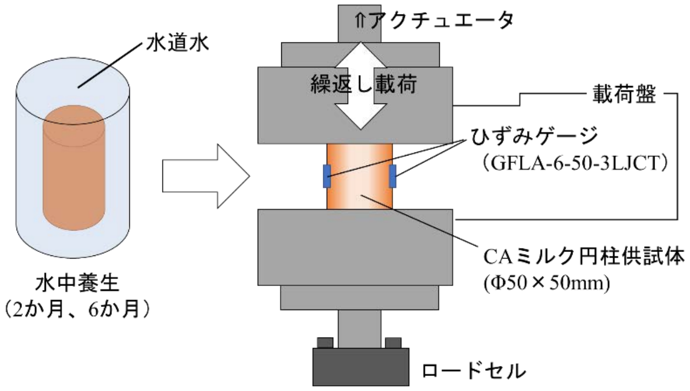


図-3 水中養生後の圧縮疲労試験方法

３．水中養生後の密度および吸水率

水中養生後の密度および吸水率の関係を図-4 に示す．吸水率は，養生 0 日を基準として，水置換法から得られる密度から算出した．

その結果，水中養生 6 か月で，密度は 1.456 となり，吸水率は 4.0%となった．これは一定量の水分が空隙などを通して内部に浸透したためと考えられる．なお，養生水の pH は 7.8 から 11.8（養生 2 か月時点）となった．

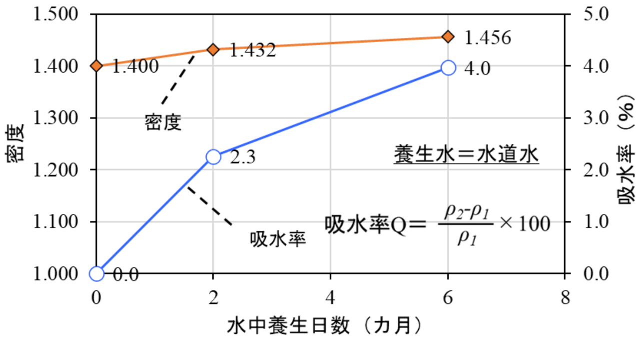


図-4 水中養生日数と密度･吸水率の関係

キーワード　CA ミルク，スラブ軌道，圧縮疲労，水中養生

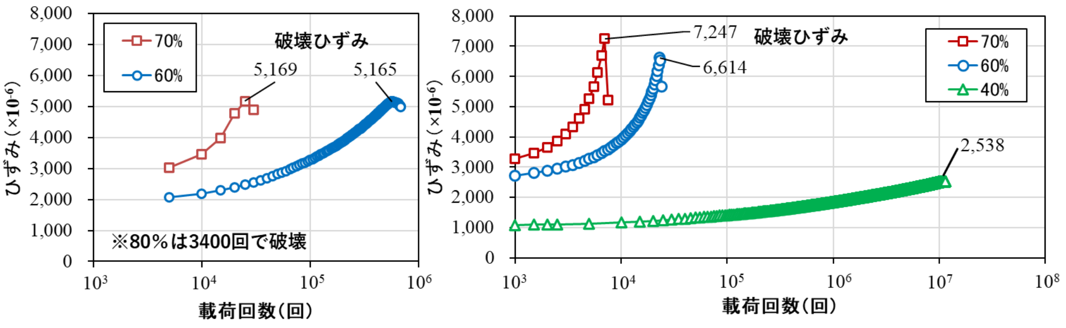
連絡先　〒329-0412　栃木県柴 272　ニチレキ株式会社　技術研究所　ＴＥＬ　0285-44-7111

© Japan Society of Civil Engineers

４． 水中養生後の圧縮疲労試験

（１）載荷回数―ひずみ曲線

水中養生後の圧縮疲労試験における載荷回数－ひずみ曲線を**図-5**に示す．ひずみは繰返し載荷荷重の最大値のひずみをプロットしたものである．水中養生 6 か月の場合，圧縮強度比が小さい程，破壊ひずみが小さくなる傾向にあった．圧縮強度比が特に 40%と小さい場合は，破壊ひずみが他の条件の 1/3 程度であり，残留ひずみが蓄積して比較的小さなひずみで破壊に至ったものと考えられる．



(a)水中養生 2 か月　(b)水中養生 6 か月

図-5 載荷回数-ひずみ関係

（２）S−N 曲線

S-N 曲線を**図-6** に示す．水中養生日数が長い程，破壊回数が少なくなる傾向が認められた．例えば，圧縮強度比 3.6%（列車荷重によって生じる最大値＝0.30N/mm²）[2)]の場合，破壊回数は，標準条件，水中 2 か月養生，水中 6 か月養生でそれぞれ，10^{13} 回，10^{11} 回，10^{10} 回である．なお，新幹線の年間の走行回数を 2.07×10^6 回と仮定した場合，図-6 の回帰直線から得られる疲労寿命は**表-1** に示すとおりとなり，水中 6 か月養生で 6.37×10^4 年となる．

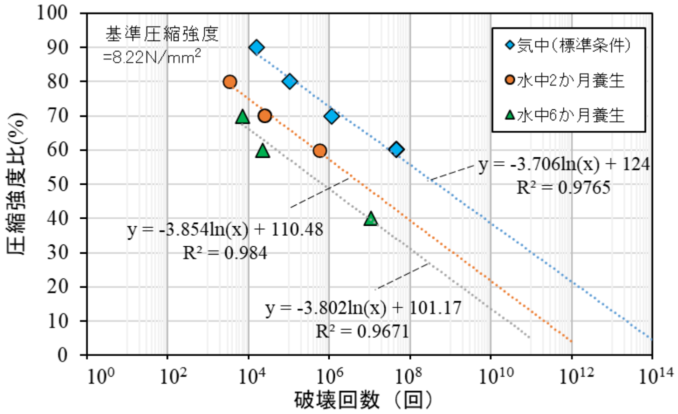


図-6 水中養生した CA ミルクの S-N 曲線

表-1 CA ミルクの疲労寿命

試験条件	疲労寿命※（年）
気中（標準条件）	6.14×10^7
水中2か月養生	3.36×10^5
水中6か月養生	6.37×10^4

※圧縮強度比3.6%＝0.30N/mm²の場合

５．供試体内部の組成変化

EDX により，試験後の供試体内部を元素分析した．EDX 分析の結果を**図-7** に示す．EDX 分析では，変状を定量的に示すために，化学変化の小さな Si を基準とした Si 比(重量%)として整理した．図より，C，S，Ca が減少し，O が増加した可能性が示唆された．特に Ca 分の減少は，水中養生により，セメント水和物の C-S-H（Ca，O，Si などを含む）が溶解したことが原因と考えられる[3)]．C-S-H の溶解により，空隙が増加して脆弱するため，水中養生期間が長い程，破壊回数が少なくなったと推察される．

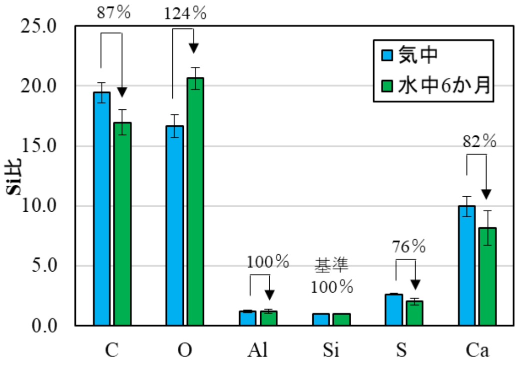


図-7 EDX より得られた元素分析結果

６．まとめ

CA ミルクの破壊回数は，水中養生 6 か月で標準条件より 3 オーダー小さくなった．これは CA ミルク内の C-S-H が溶解したことが要因と推察された．以上より，水中に浸せきされる環境では，セメント骨格に起因する劣化が進展すると判断できる．今後，凍結融解試験と組み合わせることにより，凍結融解作用による劣化を含めて，より現実的な疲労寿命を推定するとともに，耐久性の高い材料の開発へつなげたい．

【参考文献】1)小滝康陽,平岡富雄:高流動 CA ミルクの圧縮疲労特性に関する基礎的研究,土木学会年次学術講演概要集,Vol.77,V-458,2022.　2)高橋貴蔵,桃谷尚嗣,長沼光：スラブ軌道てん充層の疲労寿命に関する研究，コンクリート工学年次論文集,Vol.37,No.2,pp619-624,2015. 3)坂井悦郎,久田真,杉山隆文:セメント・コンクリートからの微量成分の溶出と水和物の溶脱,コンクリート工学,Vol.41,No.12,2003.12

© Japan Society of Civil Engineers