

DEF 膨張ひび割れの方向性によるコンクリートの力学特性低下傾向の変化に関する実験

名古屋大学 学生会員 ○長尾 僚一郎

名古屋大学 正会員 三浦 泰人, 東京大学 正会員 高橋佑弥

1. はじめに

コンクリートの内部膨張劣化の一つであるエトリングイト遅延生成 (DEF) が生じると、骨材界面を剥離するひび割れやモルタル相のひび割れが発生し、力学特性を大幅に低下させることが知られている。現在、自由膨張の膨張量と力学特性低下の関係は多くの研究者によって実験的に明らかにされている一方で、拘束下におけるこの関係性については実験データが極めて少ない。ダムや PC 構造物のように自重やプレストレス力が作用する場合、膨張異方性が生じてひび割れに方向性が生じるため、力学特性の低下にも異方性が生じることが確認されている¹⁾。これは、構造物の変形予測等の精度に大きく影響する。そこで、本研究では、拘束下における膨張量と力学特性の低下の関係性を明らかにすることを目的とした実験を行った。

2. 実験概要

実験では、一辺 125mm の立方体の試験体を 6 体作製した。試験体は 2 体を自由膨張、2 体を一軸方向に拘束、2 体を二軸方向に拘束した。示方配合を表-1 に示す。使用したセメントは早強ポルトランドセメントであり、水セメント比 50% のコンクリートとした。DEF 膨張を促進するため、硫酸カリウムを練混ぜ水に溶かして添加し、高温履歴を与えた (図-1)。その後 14 日間水中養生を行った。

養生終了後、拘束試験体に拘束治具を取り付けた上で、自由膨張試験体と同じ環境にて膨張試験を実施した。自由膨張では、2 つの丸棒の上に試験体を設置した。拘束試験体の拘束条件は、コンクリートの膨張に応じて拘束力が発現する passive な拘束とした (図-2)。拘束には鋼板、Φ11 ねじ切り鉄筋 (断面積 44.2mm²) を用いた。試験体を拘束板で挟み、拘束板に鉄筋を通して、ナットで締めて拘束した。この時、コンクリートの膨張後すぐに拘束力が作用するように 50μ のひずみを導入した。一軸拘束試験体では拘束方向の試験体表面の全面に拘束板を設置し、二軸拘束試験体ではこれに加えて直交する 1 方向に幅 100mm の拘束板を設置した。二軸拘束試験体で 1 方向の拘束板の幅を試験体より小さくした理由は、無拘束方向の長さ変化を測定するためにチップを貼付するためである。膨張試験は加湿器によって十分に水分が供給される密閉された環境で実施した (図-3(a))。図-3(b) に示す通り、膨張試験環境は常に高湿度に保たれており、水分が可能な限り供給されるようにした。自由

表-1 示方配合

単位量	W	C	S	G	K ₂ SO ₄
kg/m ³	175	343	825	918	15.236

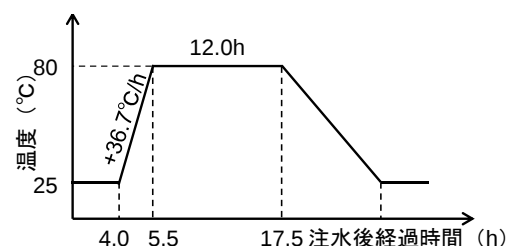
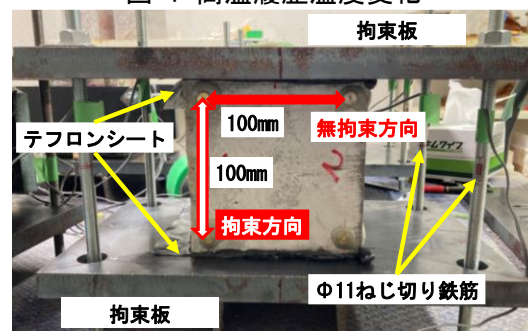
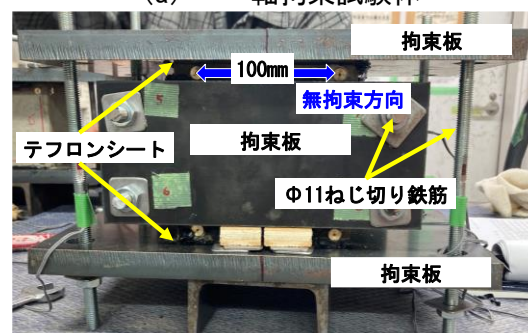


図-1 高温履歴温度変化



(a) 一軸拘束試験体



(b) 二軸拘束試験体

図-2 試験体の拘束及び膨張量計測概要

(a) 膨張試験環境 (b) シート内の様子
図-3 曝露の様子

キーワード DEF, 異方性, 膨張ひび割れ, 圧縮試験, 膨張試験

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町名古屋大学工学部 9 号館 9-526

長尾 僚一郎 nagao.ryoichiro.c7@s.mail.nagoya-u.ac.jp

膨張の試験体には3面に、拘束試験体には、一軸、二軸拘束ともに、4面に100mm間隔でチップを貼付し(図-2)、チップ間の長さ変化から膨張量を算出した。膨張試験中は、一軸拘束試験体は2面の拘束・無拘束方向の計測、二軸拘束試験体は2面の無拘束方向のみ計測を行った。計測不可能な箇所については拘束前後の長さ変化から膨張量を計測した。

膨張試験終了後、圧縮試験を行った。拘束試験体は拘束によって図-4のようなひび割れ方向性が生じると想定される。ひび割れ方向性が圧縮特性に及ぼす影響を評価するために、試験体を2つに切断して、ひび割れに対する荷重方向が異なるように圧縮試験を行った。一軸拘束試験体では荷重方向に対して直交+平行と平行+平行のひび割れ、二軸拘束試験体では荷重方向に対して直交と平行のひび割れとなるように荷重を行った。

3. 実験結果

膨張量変化を図-5に示す。なお、拘束中に計測不可能な箇所の計測を行った結果を合わせて平均したものを全平均として示す。無拘束方向の全平均の膨張をみると、いずれも自由膨張と同程度の膨張量となっていることがわかる。拘束方向の全平均の膨張をみると、一軸・二軸拘束ともに無拘束方向よりも膨張量が低いことが確認できる。

圧縮試験の結果から得られた各試験体の膨張量と弾性係数および圧縮強度の関係を図-6に示す。なお、自由膨張の既往の結果は著者らが過去に行った実験結果である。自由膨張試験体では既往の研究と同様に圧縮強度、弾性係数ともに膨張量の増加に伴って低下した。一軸拘束試験体ではひび割れに対して直交+平行に荷重した場合では力学特性が自由膨張と同程度まで低下したのに対して、平行+平行に荷重した場合の低下割合が低減した。一方、二軸拘束試験体ではひび割れに対して直交に荷重を行った場合に力学特性がほとんど低下しなかった。既往の研究¹⁾では、荷重方向に直交するひび割れの場合に力学特性の低下が確認されており、二軸拘束の結果とは異なる。今後、一軸拘束の大きな膨張のばらつき、passiveな拘束の影響が小さいこと、試験体数が少ないことを改善する予定である。

4. まとめ

多軸拘束下における膨張試験を実施し、膨張ひび割れ方向性が圧縮特性に及ぼす影響を評価した。既往の研究と同様の結果は得たが、二軸拘束試験体では異なる結果を得たため、拘束方法の改善を図る必要がある。

参考文献

1) Hansen SG, Hoang LC(2021) Anisotropic compressive behavior of concrete from slabs damaged by alkali silica reaction. Construction and Building Materials, Vol.267.

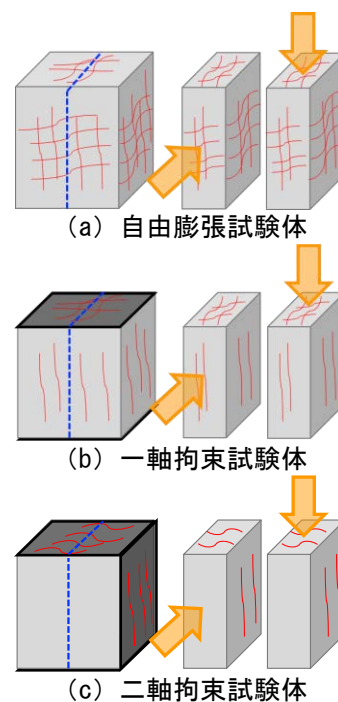


図-4 各試験体の荷重方向

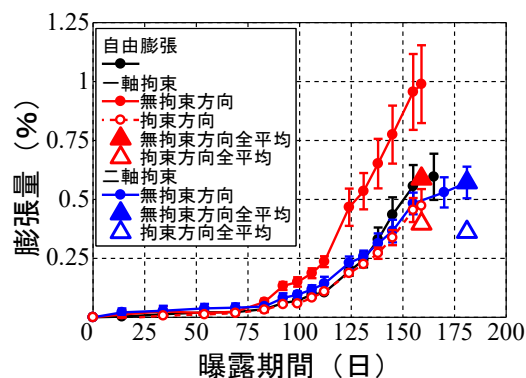


図-5 膨張量変化

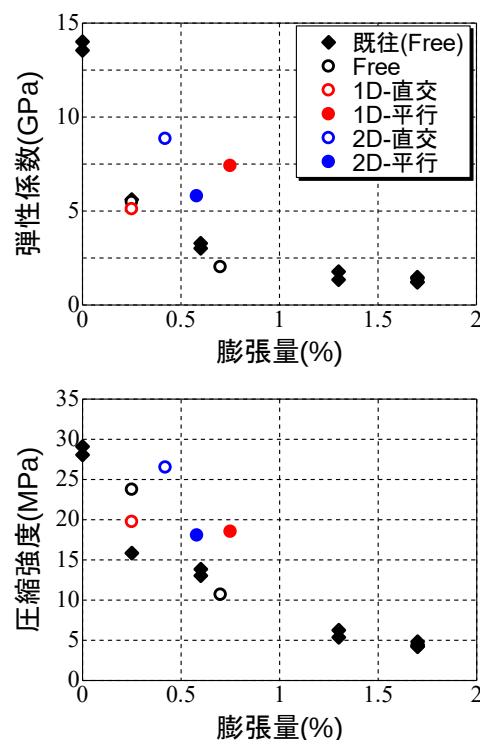


図-6 各試験体の圧縮特性