

## 骨材膨張起因のひび割れを有する RC 梁の曲げ耐荷性能に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○西村 拓真  
九州大学大学院 正会員 玉井 宏樹  
九州大学大学院 フェロー会員 園田 佳巨

## 1. はじめに

ASR により損傷したコンクリート構造物や部材を適切に補修・補強していくには、複雑に生じるひび割れを理解し、そのひび割れが耐荷性能の低下や破壊挙動に及ぼす影響を明らかにする必要がある。そのためには、骨材膨張によるコンクリートの内部ひび割れや表面ひび割れを定量的に再現可能な解析手法や解析モデルが必要となる。そこで、本研究では、3次元メソスケールモデルによる FEM 解析を用い、骨材膨張によるひび割れが曲げ破壊型 RC 梁の耐荷性能に及ぼす影響について基礎検討を行った。

## 2. 解析手法及び解析ケース

## 2.1 解析対象とメソスケールモデル

図-1 に解析対象を示す。解析対象は、複鉄筋を有する矩形 RC 梁であり、設計時の曲げ耐力とせん断耐力の関係から曲げ破壊型で破壊するものである。モデル化にあたっては、対称性の観点から、梁スパン方向と奥行き方向を半分にした 1/4 部をモデル化した。コンクリートのメソスケールモデルに関しては国内外で種々のモデルが提案されているが、本研究では、基礎検討であるため、図-2(a), (b)に示すように粗骨材とモルタルの 2 相から成るモデルとして、以下の仮定を設けた。骨材は球形で粗骨材率が 25% のフラウ曲線に従うランダム配置とし、4 節点四面体要素を用いてメッシュ化した。表-1 に仮定した材料特性を示す。骨材は線形弾性体、モルタルは非線形 Drucker-Prager 則に従う弾塑性体とし、引張強度に達したらカットオフするモデルを採用し、分散ひび割れモデルによりひび割れを評価した。また、鉄筋は埋め込み要素としてモデル化し、von Mises の降伏条件に従うものとした。粗骨材に体積ひずみを付与することで、骨材膨張を再現した。

## 2.2 解析ケース

表-2 に解析ケースを示す。ケース 1 は骨材膨張が無い基準ケース、ケース 2 は梁全体の骨材が膨張するケ

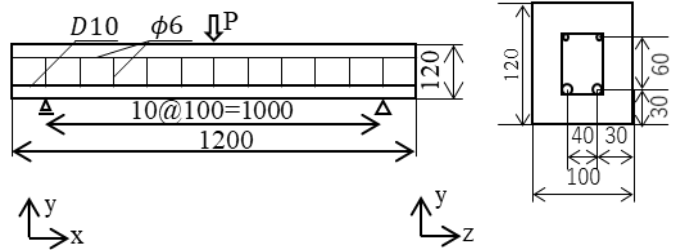
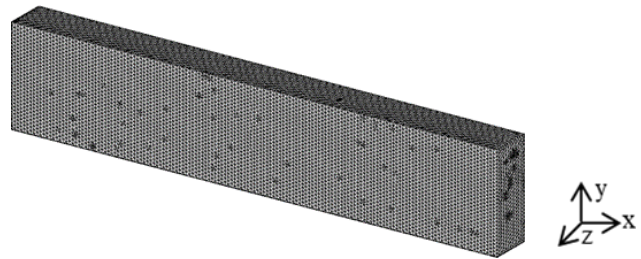


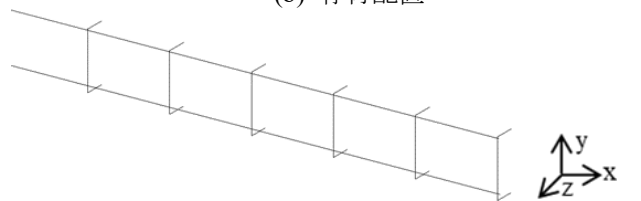
図-1 解析対象 (単位: mm)



(a) 全体図



(b) 骨材配置



(c) 鉄筋配置

図-2 解析モデル

表-1 材料特性

	ヤング率 (GPa)	ポアソン 比	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
骨材	70	0.2	—	—
モルタル	10	0.2	30	1.5
鉄筋	188	0.3	336	506

ース、ケース 3 と 4 は水掛かりの影響などで局所的に膨張するケースを表す。

キーワード アルカリシリカ反応, 膨張, メソスケールモデル, FEM

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 ウエスト 2 号館 1102 号室構造解析学研究室 TEL092-802-337

表-2 解析ケース  
(斜線部が骨材の膨張を生じさせた範囲)

ケース 1	
ケース 2	
ケース 3	
ケース 4	

### 3. 解析結果及び考察

#### 3.1 骨材膨張によるひび割れ分布性状

図-4 にケース 2~4 の骨材膨張後のひび割れ分布性状を示す。梁全長に渡り膨張させるケース 2 では、表面に亀甲状ひび割れが発生するとともに、上側に反るような変形を呈した。その際、供試体中心と供試体中心から 100mm の位置での平均表面膨張量（ひずみ）の値は、およそ  $3000\mu$  であった。ケース 3 と 4 では、膨張している箇所に局所的なひび割れが生じ、ケース 3 では上側、ケース 4 では下側に反るような変形状態となった。

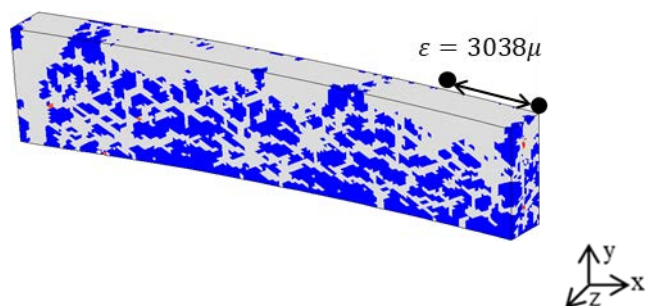
#### 3.2 荷重-変位曲線の比較

結果の一例として、図-5 にケース 1~4 の荷重-変位曲線を示す。まず、図-5(a)に示すように、ケース 1 と 2 を比較すると、膨張ひび割れの影響により、荷重-変位曲線の初期勾配や引張側主鉄筋の降伏荷重が低下することが確認できた。これより、本解析モデルにおいても、ひび割れによる剛性低下を再現できていると考えられる。しかし、降伏荷重以降、ケース 2 の方が荷重-変位曲線の勾配が大きくなった。このことについては、今後検討の余地があるものとする。次に、ケース 2~4 を比較すると、上側が膨張するケース 3 においては、ケース 2 と同様に、膨張ひび割れの影響により、荷重-変位曲線の初期勾配や引張側主鉄筋の降伏荷重が低下する傾向が見られたが、下側が膨張するケース 4 においては、荷重-変位曲線の初期勾配が基準供試体よりも大きくなった。これは骨材膨張による初期変形に依るものと推察されるが、今後、詳細に分析が必要である。

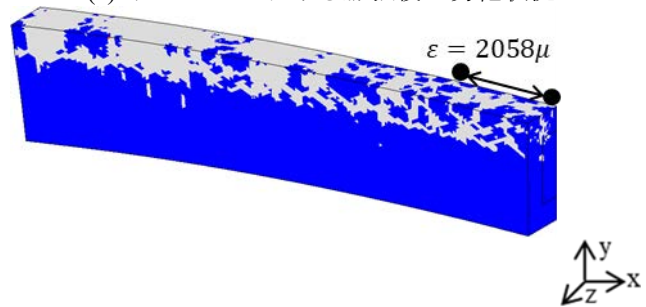
#### 4. 結論及び今後の展望

本研究では、3次元メソスケールモデルによる FEM 解析を用い、骨材膨張によるひび割れが曲げ破壊型 RC 梁の耐荷性能に及ぼす影響について基礎検討を行った。その結果、ひび割れによる梁の剛性低下や降伏荷重の

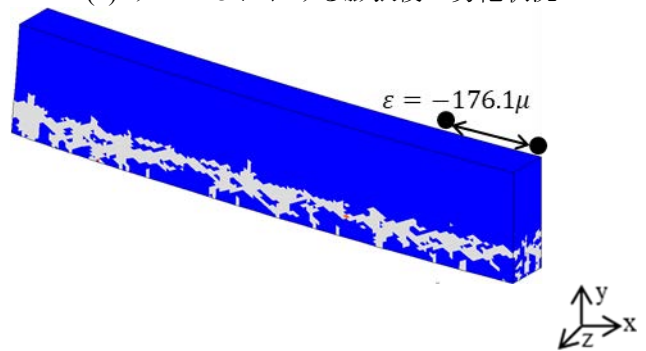
低下などを再現できた。しかし、降伏荷重以降の挙動などについては今後の更なる検討が必要である。



(a) ケース 2 における膨張後の劣化状況

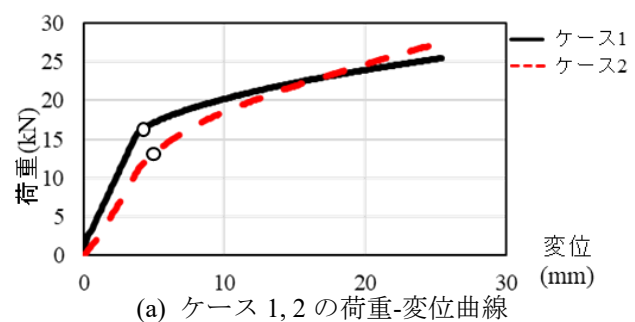


(b) ケース 3 における膨張後の劣化状況

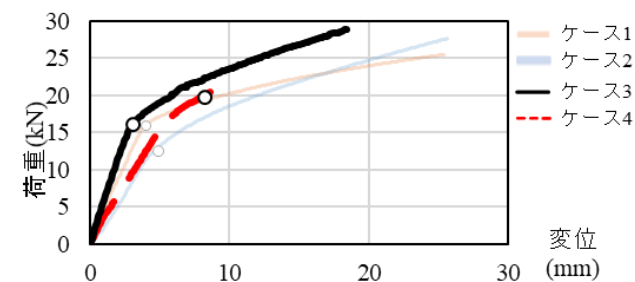


(c) ケース 4 における膨張後の劣化状況

図-4 膨張後の劣化状況 (灰色はひび割れ部)  
(標点は供試体中心と供試体中心から 100mm の位置)



(a) ケース 1, 2 の荷重-変位曲線



(b) ケース 1~4 の荷重-変位曲線

図-5 荷重-変位曲線の比較  
(○は鉄筋の降伏が開始した点を示す)