

## 高速荷重を受ける RC 梁のせん断破壊挙動に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 ○宮田 良道 防衛大学校 正会員 山本 佳士  
防衛大学校 学生会員 黒田 一郎 防衛大学校 正会員 古屋 信明

### 1. 目的

鉄筋コンクリート (RC) 部材の脆性的な破壊形式として、せん断破壊がある。衝撃荷重を受ける RC 梁のせん断破壊に関する研究は、近年多く行われているが、破壊形式の違いに着目した研究は十分になされていないのが現状である。そこで本研究では、実験と解析の両面から、異なるせん断破壊形式における動的応答特性について検討を行う。具体的には、せん断スパン比を変えて、斜め引張破壊またはせん断圧縮破壊に至るよう設計した 2 種類の RC 梁供試体の静的および高速荷重実験を行い、荷重速度が破壊形式とせん断耐力に及ぼす影響について検討を行う。また、剛体バネモデルを用いて実験をシミュレートすることにより、解析モデルの有効性を検証するとともに、コンクリートのひずみ速度効果が動的耐力増加率に及ぼす影響についても検討をする。

### 2. 実験概要

#### 2.1 供試体

供試体の概要を図-1 に示す。供試体はせん断スパン比の異なる 2 種類の梁を使用し、実験スパンが 600mm (せん断スパン比 1.76) を TYPE1, 実験スパンが 1000mm (せん断スパン比 2.94) を TYPE2 と呼ぶ。荷重板は幅 75mm のものを使用した。主鉄筋は、D16 (SD295) 鉄筋を 2 本配置した。せん断破壊の挙動について検討するため、この供試体のスパン内には、せん断補強筋を配置していない。実験時のコンクリートの圧縮強度は  $39.8\text{N/mm}^2$  であった。

#### 2.2 実験方法

荷重は、サーボ制御式高速荷重装置を使用した。この装置は、最大荷重容量 980kN、任意の荷重速度 (最大荷重速度 4 m/s) に設定できる機能を有する。図-1 に示すように荷重板を荷重点として、静的および高速荷重を与えた。荷重点での荷重をロードセルで測定し、レーザー変位計により供試体の変位量を測定した。高速荷重実験では、荷重速度を 4 m/s に設定した。

#### 2.3 実験結果

図-2、図-3 に実験結果を示す。図中には後述の解析結果も併せて示してある。赤の実線が解析結果を示し、黒の破線が実験結果を示す。TYPE1 供試体の、高速荷重時の最大荷重は静的荷重時に比べ約 1.76 倍となった。TYPE2 供試体では、高速荷重時の最大荷重は約 2.5 倍であった。両供試体ともに、静的荷重時に比べ高速荷重時において、最大耐力が増している。これはひずみ速度効果によるものと考えられるため、解析的に 4. で検証する。

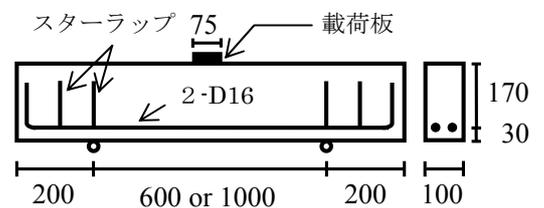


図-1 供試体概要 (mm)

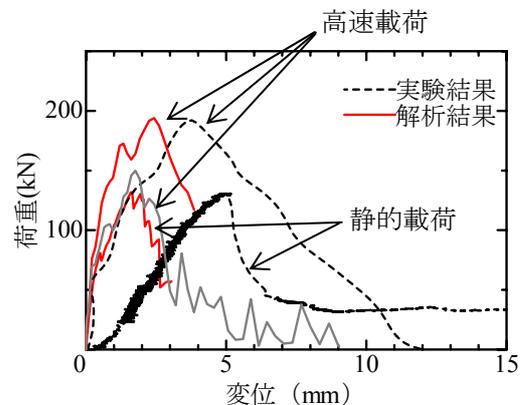


図-2 荷重変位関係 (TYPE1)

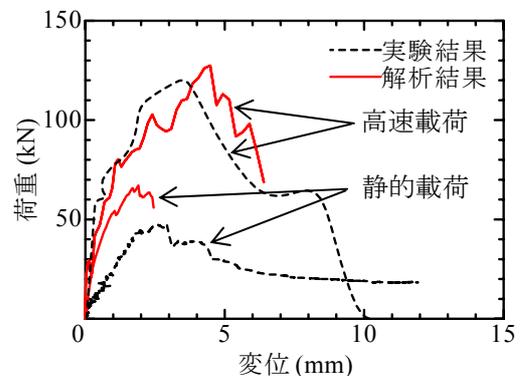


図-3 荷重変位関係 (TYPE2)

キーワード: 高速荷重, ひずみ速度効果, 斜め引張破壊, せん断圧縮破壊, 動的耐力

連絡先: 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL 046-841-3810

### 3. 3次元剛体バネモデルによる解析

#### 3. 1 RC梁のモデル化

ボロノイ分割を用いたランダムな要素形状を有する3次元RBSMにより、コンクリートをモデル化した。鉄筋は梁要素を用いてモデル化し、リンク要素を介して剛体要素と結合している。本解析では、静的挙動に対しては、RBSMにより離散化された剛性方程式を解き、材料の構成モデルに従って非線形解析を行う手法を用いている。一方、動的挙動に対しては、RBSMにより離散化された運動方程式を中心差分法を用いて解いた。動的解析時にはひずみ速度効果として、コンクリートにRossらの式<sup>(1)</sup>、鉄筋に高橋らの式<sup>(2)</sup>を適用した。

#### 3. 2 解析結果

図-2、図-3に解析結果を示した。図中のグレーの実線は、高速載荷時のひずみ速度効果を考慮しない場合の解析結果である。まず、TYPE1の静的解析結果に着目すると、解析は実験により得られた最大荷重を概ねシミュレートしていることが分かる。初期剛性および最大荷重時の変位は、実験値と解析値で大きな相違が見られるが、これは実験において支点付近の変位を含んだためだと思われる。次に高速載荷解析の結果に着目すると、ひずみ速度効果を考慮しない場合、最大荷重は慣性力の影響で静的解析に比べ約1.15倍になるだけで、実験値と異なる。ひずみ速度効果を考慮した場合、最大荷重は約1.53倍の値を示しており、実験結果を概ね捉えている。TYPE2の静的解析結果に着目すると、高速載荷時では最大荷重を概ねシミュレートしている。剛性および最大荷重時の変位で、実験値と解析値で相違が見られるのは上述のとおりである。静的載荷時では最大荷重において、実験値と解析値で大きな相違が見られた。この結果については、更なる検討が必要である。図-5、図-6はTYPE1の解析結果における終局状態での破壊形状を示し、写真-1、写真-2は実験による終局状態での破壊形状を示している。これらの図、写真から解析結果は実験結果を概ね捉えていると言える。TYPE2については紙面の都合上省略した。

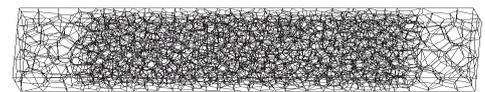


図-4 解析モデル

変形倍率 10

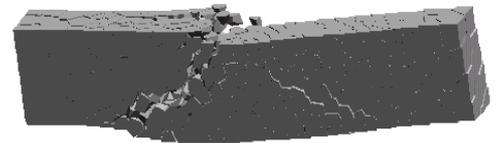


図-5 解析結果(高速載荷)

変形倍率 10

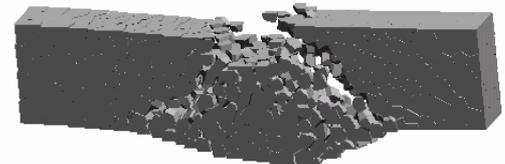


図-6 解析結果(静的載荷)



写真-1 破壊状況(静的載荷時)



写真-2 破壊状況(高速載荷時)

### 4. 結論

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 3次元RBSMを用いることにより、静的および高速載荷におけるRC梁のせん断破壊性状を概ね評価することができた。
- (2) 本研究で行った実験の範囲内においては、せん断破壊するRC梁の動的耐力に及ぼすひずみ速度効果の影響は、非常に大きく、高速載荷時の耐力は静的載荷時よりも1.5倍から2.5倍程度増大することが分かった。

### 参考文献

- (1) Ross, C.A., Thompson, P.Y. and Tedesco, J.W.: Split-hopkinson pressure tests on concrete and mortar in tension and compression, ACI Material Journal, V.86, No.5pp.475-481, September October, 1989
- (2) 高橋芳彦, 大野友則, 太田俊昭, 日野伸一: 衝撃荷重を受ける鉄筋コンクリートはりの弾塑性挙動に及ぼす材料のひずみ速度効果, 構造工学論文集, Vol.37A, pp1567-1580, 1991