

## 格子モデルを用いた RC 部材のせん断耐力に関する一考察

北武コンサルタント (株) 正会員 ○阿部 淳一 北武コンサルタント (株) 正会員 渡邊 忠朋  
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 渡辺 健 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 中田 裕喜

### 1. はじめに

一般的な鉄道構造物における RC 部材の設計せん断耐力は、せん断スパン比  $a/d$  によって 2 種類の耐力式を使い分けている<sup>1)</sup>。1 つは棒部材のせん断耐力式であり、もう 1 つは低せん断スパン比の部材に用いるせん断圧縮破壊耐力式である。これらは、閾値である  $a/d=2.0$  により使い分けを行っているが、実際の RC 部材のせん断耐力機構は、 $a/d$  のみならず軸方向鉄筋量やせん断補強鉄筋量などによっても異なってくるのが考えられる。

一方、RC 部材の非線形挙動を比較的簡易に、かつ精度良くモデル化できる手法として、格子モデルを RC 部材に適用した研究<sup>2)</sup>がある。格子モデルは、RC 部材をトラス要素で組みあげてモデル化を行うものであり、モデル化が容易であり、かつ部材内の応力の流れも容易に把握することが可能である。

そこで本研究では、この格子モデルを用いて RC 部材のせん断耐力に関する検討を行うことを最終的な目的とし、そのための基礎的な検討を試みたものである。

### 2. 検討概要

本検討では、図-1 に示すような格子モデルを用いて解析を試みる。なお、格子モデルの詳細は参考文献 2) に詳しい。本検討では、図のアーチ要素と曲げ圧縮要素との比である  $t$  値に着目した検討を試みる。パラメータ  $t$  値は、参考文献ではポテンシャルエネルギーが最小となるように定めるものとしている。しかし、筆者らのいくつかの試算より、筆者らのモデルではコンクリートの材料構成則の違いにより、 $t$  値を適切に設定する必要があった。これは、参考文献 2) などでは、コンクリートの圧縮側の構成則には、軟化係数  $\eta$  を乗じて圧縮強度を低減させているためである。この軟化係数  $\eta$  は、各解析ステップにおけるコンクリートの引張ひずみ  $\epsilon_t$  を用いて時々刻々と変化させている。しかし、筆者らが用いるような一般的な解析コードでは、異なる要素の材料構成則と関連付けてその値を変化させることは難しい。そこで本論文では、 $t$  値をパラメトリックに変化させて解析を行い、得られる結果から  $t$  値とせん断耐力に関して基礎的な検討を試みるものである。なお、 $t$  値は前述のように、コンクリート部材のアーチ要素と斜め圧縮・引張要素との分担割合を示すものである。そのため、 $t$  値とせん断耐力について何らかの関連性が確認できれば、コンクリート断面内の応力の分担割合やせん断耐力機構についての検討が今後行えるものと考えている。

### 3. 解析モデル

本論文が解析の対象としたのは、谷村ら<sup>3)</sup>の  $a/d=0.5, 2.0$  の実験供試体とした。供試体の詳細は参考文献 3) に詳しい。本論文では、上述の供試体を図-2、図-3 に示すようなモデル化を行い解析を試みた。本検討で用いた材料構成則を以下に示す。補強鉄筋はバイリニア型の応力-ひずみ関係を用いる。コンクリートの圧縮域は、圧縮軟化を考慮したモデルを用いる。本検討では圧縮破壊エネルギーを考慮した放物曲線モデルを用いる。コンクリートの引張域は、斜め引張要素およびアーチ要素には、鉄筋との付着を考慮しない 1/4 モデルを用いた。曲げ引張要素には、鉄筋との付着を考慮した岡村・前川のモデルを用いた。

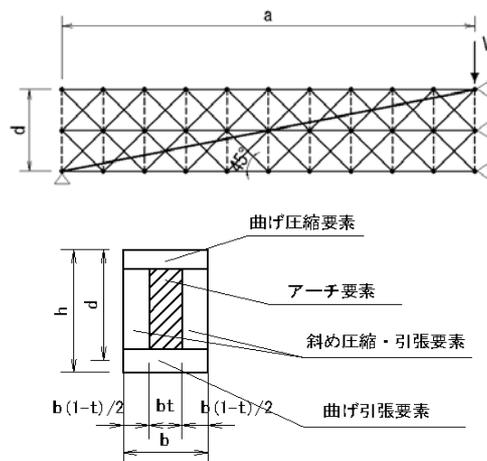


図-1 格子モデルの概念図

キーワード せん断耐力, RC 部材, 格子モデル, せん断スパン比

連絡先 〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通 7 丁目 4 番 7 号 北武コンサルタント株式会社 TEL 011-851-3181

4. 解析結果

図-2, 図-3 には供試体No.31 およびNo.3 の t 値別の鉛直力, 鉛直変位の関係を示す. t 値は本検討では 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 の 4 種類で検討を試みた. 各図より, 両モデルは t 値の増加と共に最大耐荷力が上昇する結果となっている. 実験の最大耐荷力と比較的近いのは, No.31 では 416kN で t=0.8, No.3 では 833kN で t=0.4 となった. 表-1 には, 上述の実験値と比較的近い 2 つのモデルにおける, 最大荷重時の要素に分担される荷重のうち, 鉛直力の分担比を示す. 表より, a/d が異なる 2 つのモデルでは, 斜材要素に流れる力は同程度であるが, アーチ要素とせん断補強鉄筋要素に分担される力が異なることが確認できる. a/d=2.0 のNo.31 ではせん断補強鉄筋要素に流れる力が多く, a/d=0.5 のNo.3 ではアーチ要素に流れる力が多くなっている. なお, いずれの解析モデルでも, 耐力の低下はアーチ要素がポストピークを越えることにより発生している.

これらの結果より a/d と t 値の関係を考察すると, a/d が小さい場合には, せん断補強鉄筋要素よりもアーチ要素のせん断力の分担割合が多く, アーチ要素の断面積が充分大きい場合には, 部材の最大耐荷力も高く算定されてしまうことが考えられる. 一方, a/d が大きい場合にはその逆となり, アーチ要素の断面積をある程度大きくしなければ, 部材の最大耐荷力は低く算定され, 結果的に a/d=2.0 では t=0.8, a/d=0.5 では t=0.4 となったと考えられる. なお, 本論文では最大耐荷力時に着目したが, 時々刻々と力の配分は変化しているものと考えられ, これらのさらなる検討が必要と考えている.

5. まとめ

本論文は, コンクリート内の応力伝達機構が比較的容易に確認できる格子モデルを用いて, 格子モデルのパラメータの 1 つである t 値から, せん断耐力に関する解析的検討を試みた. a/d=0.5 ではアーチ要素のせん断力の分担割合がせん断補強鉄筋要素よりも多く, アーチ要素の断面積が過大になると実験値よりも高い解析結果となり, 結果的に t=0.4 程度が妥当な結果となった. 一方, a/d=2.0 の場合にはせん断補強鉄筋のせん断力の分担割合がアーチ要素よりも多いが, アーチ要素の断面積をある程度大きくしなければ, 部材としての最大耐荷力は増加しない結果となり, 結果的に t=0.8 が妥当な結果となった.

本論文は基礎的な検討であり, 今後, 軸方向鉄筋比やせん断補強鉄筋比などの変化や, ピーク値のみならずせん断破壊までの過程に関する応力の流れをさらに検討したいと考えている.

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 丸善株式会社, 2004.
- 2) 二羽, 崔, 田辺: 鉄筋コンクリートはりのせん断耐荷機構に関する解析的研究, 土木学会論文集No.508/V-26, pp. 79-88, 1995.
- 3) 谷村, 佐藤, 渡邊, 松岡: スターラップを有するディープビームのせん断耐力に関する研究, 土木学会論文集 No.760/V-63, pp29-44, 2004.

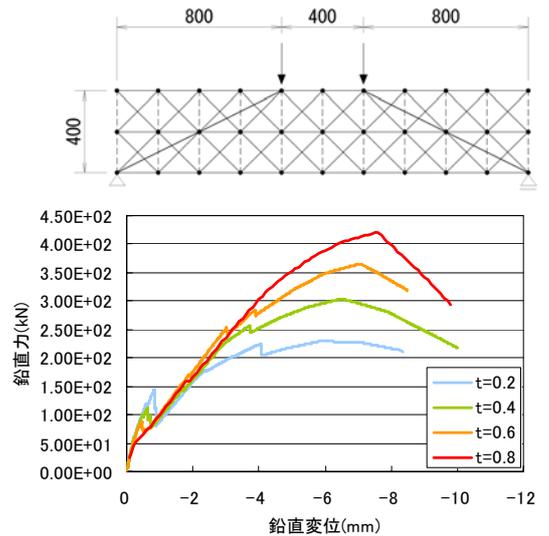


図-2 解析モデルおよび解析結果 (No.31)

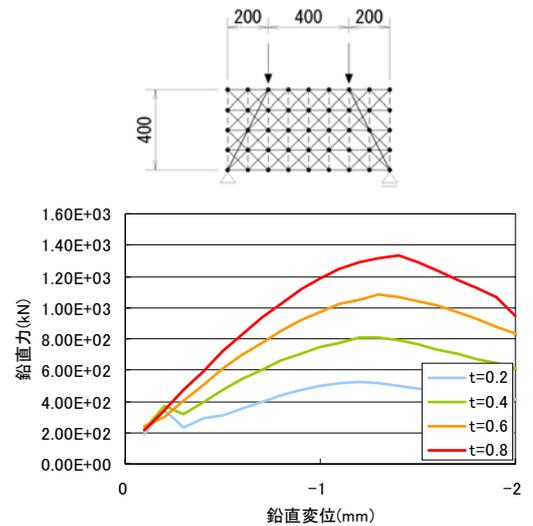


図-3 解析モデルおよび解析結果 (No.3)

表-1 各要素のせん断力分担比

要素	No.31	No.3
圧縮斜材要素	48.98%	41.03%
引張斜材要素	0.08%	7.67%
アーチ要素	18.18%	28.19%
せん断補強鉄筋要素	32.76%	21.15%