

離散型要素を用いたRC梁のせん断特性に関する有限要素法解析

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 服部由貴子 学生員 日比野憲太
立命館大学理工学部土木学科 正会員 高木宣章 正会員 児島孝之

1. はじめに

本研究は、筆者等が提案した離散型ひび割れ¹⁾および付着モデル²⁾を、せん断補強鉄筋を有さないRC部材の有限要素法解析に適用したものである。せん断補強鉄筋を有さないRC部材のせん断耐力は、圧縮部コンクリートのせん断耐力、骨材のかみ合わせ作用、および鉄筋のダウエル作用により負担されている。本モデルにはこれらの耐荷機構を要因ごとに検討を行った特性を導入している。本解析手法を用いることにより、各荷重レベルでの構成材料の応力状態および分担せん断力を明らかにし、本解析手法の妥当性および問題点に関して検討を行った。

2. 要素特性

図1に本解析で用いた要素分割を示す。本研究では離散型要素を用いて各部のせん断耐荷機構を個別に表現するため、解析モデルは2次のアイソパラメトリック四辺形およびひび割れの進展により用いる2次のアイソパラメトリック三角形要素で表現したコンクリート要素、2次のアイソパラメトリック線要素で表現した離散型ひび割れ¹⁾および付着要素²⁾、2次のアイソパラメトリック梁要素で表現した曲げと軸力の相関関係を考慮した鉄筋梁要素から構成されている。

コンクリート要素上に付着要素を介して鉄筋要素を配置し、鉄筋とコンクリート界面での付着およびダウエル特性（図2(a), (b)）を表現している。また、部材に発生するひび割れは、再メッシュ分割を行いコンクリート要素間にひび割れ要素を挿入し、ひび割れ界面での引張軟化および骨材のかみ合わせ作用（図3(a), (b)）を表現している。

要素数を少なくするため、梁の対象性を考慮して1/2モデルについて解析を行った。境界条件として、コンクリート要素の中央部をx軸方向、支点をy軸方向、鉄筋の中央部をx軸および回転軸方向に固定した。荷重は1ステップあたりにひび割れ要素を1要素ずつ挿入する手法（ひび割れ増分法）により設定している。

キーワード せん断耐力 有限要素法解析 離散型要素 ひび割れの進展

〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部土木工学科 RC 構造研究室 TEL077-566-1111(8716)

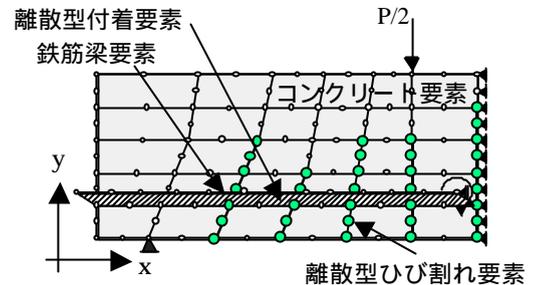
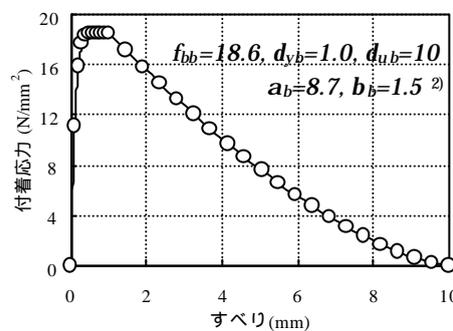
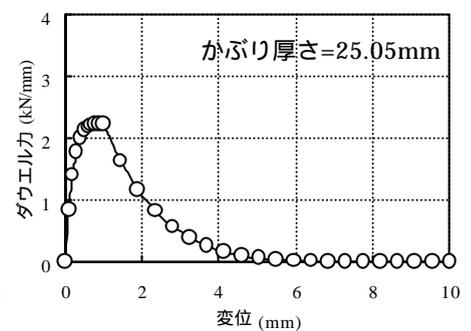


図1 要素分割図

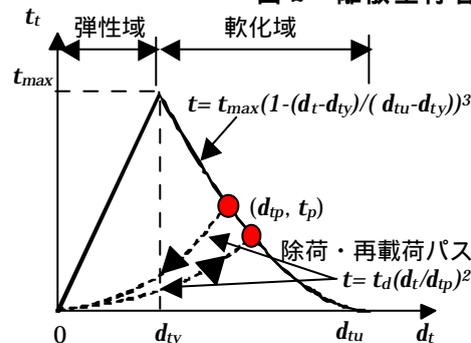


(a) 付着応力 - すべり関係

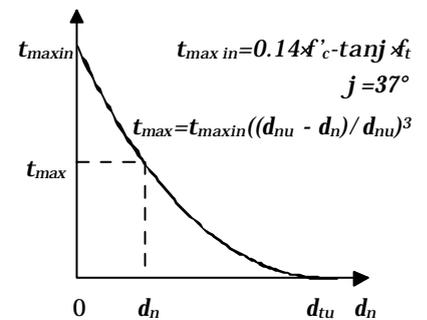


(b) ダウエル力 - 変位関係

図2 離散型付着要素の要素特性



(a) せん断応力 - 変位関係



(b) ひび割れ幅 - かみ合わせ抵抗関係

図3 離散型ひび割れ要素のせん断特性

3. 解析結果およびその考察

$a/d=3.6, 3.0, 2.0$ における荷重 - 変位関係、および分担せん断力 - 変位関係をそれぞれ図4、図5の(a), (b), (c)に示す。なお、本解析ではひび割れ増分法により解析を進めているため、荷重および変位が低下する現象が生じる。よって、図4および図5は把握を簡略化するため、最大荷重までの変位の増加部分のみを示している。図5の分担せん断力 - 変位関係は梁が抵抗するせん断耐荷要因を、各矢印の領域で示すひび割れ面での骨材のかみ合わせ作用(V_{ay})、圧縮部コンクリートのせん断耐力(V_{cd})および鉄筋のダウエル作用(V_d)で示している。

変位 1.2mm 程度までの曲げひび割れ進展領域では、全ての a/d で V_{cd} によりせん断力が負担されている。この領域では部材の曲げ変形が卓越するため、部材のせん断変形により発生する V_{ay} および V_d が作用しないためである。

この領域を越えると、破壊モードの違いによるせん断耐荷要因の変化が確認できる。 $a/d=3.6$ での変位 3.2mm、 $a/d=3.0$ での変位 2.8mm 程度までの曲げの定常域および曲げせん断ひび割れ発生域では、徐々に曲げせん断ひび割れが解析モデル上面に進展し、その進展に伴って V_{cd} が減少し V_{ay} が増加していく傾向が確認できる。斜め引張破壊する $a/d=3.6$ では V_{ay} によるせん断耐荷力が顕著となり、同時に V_d が増加しながら最大耐力に到達する。せん断引張破壊する $a/d=3.0$ では $a/d=3.6$ 同様に V_{ay} によるせん断耐荷力が顕著となり、同時に V_d が増加するが、最大耐力付近でさらに V_d が増大した後、最大耐力に到達している。一方、 $a/d=2.0$ では変位 1.8mm 程度までは V_{ay} が増加するが、その後 V_{ay} は低下し、変位の増大とともに V_{cd} および V_d が急激に増加しながら最大耐力に到達している。

以上の解析結果から、 V_{ay} が低下した後の V_{cd} および V_d の増加率が小さい場合は斜め引張破壊するのに対して、増加率が大きい場合にはせん断引張または圧縮破壊に移行し、せん断破壊モードの推移に V_{cd} および V_d の増大率が大きな影響を与えていることが確認できる。

4. 結論

- (1) 離散型ひび割れおよび付着要素を RC 梁の有限要素法解析に適用することにより、せん断破壊する RC 部材の破壊モードおよび部材のせん断耐荷機構をシミュレートすることが可能となった。
- (2) 各離散型要素の負担せん断力を算出することにより、各荷重レベルでのせん断耐荷機構の要因ごとの分担せん断力が明らかとなった。

【参考文献】 [1] 松尾真紀, 日比野憲太, 高木宣章, 児島孝之: コンクリートのひび割れを表現する離散モデルとその基本特性, 土木学会論文集, No.550/ V-33, pp.1 -11, 2000.8

[2] Takayuki Kojima, Nobuaki Takagi, and Kenta Hibino: Development of a Discrete Bond Linkage Element between Concrete and Reinforcing Bar, ICEM 2001, Vol. , pp.315 -326, 2001.8

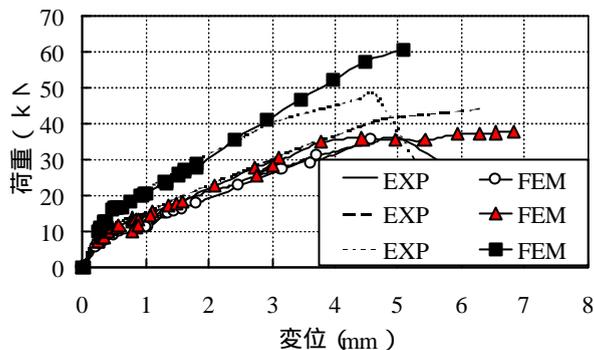
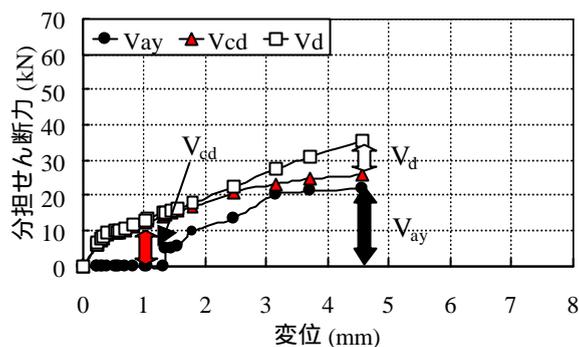
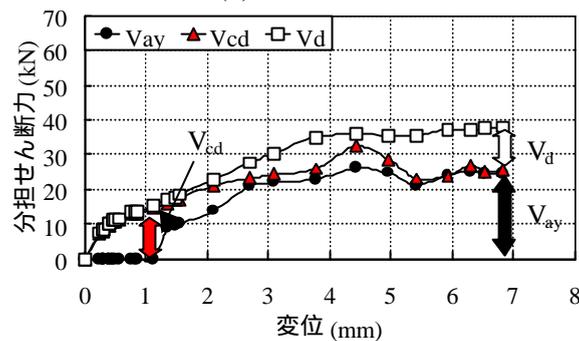


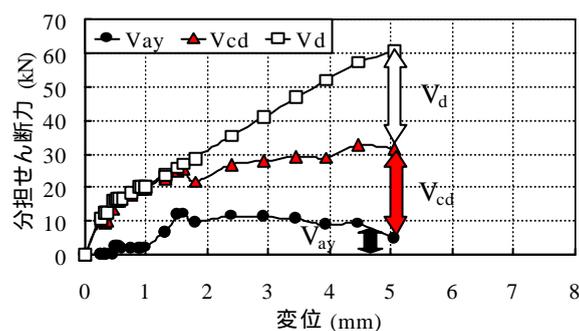
図4 荷重 - 変位関係



(a) $a/d=3.6$



(b) $a/d=3.0$



(c) $a/d=2.0$

図5 分担せん断力 - 変位関係