

## V-82 コンクリート構造物の自動解析モデル化と設計への利用

東京都立大学大学院 学生員○杉本 優

東京都立大学 正員 山崎 淳

### 1. 目的

本研究は、鉄筋コンクリート構造物の解析モデルを自動的に生成する方法を見いだすことである。その使用目的は、鉄筋コンクリート部材内の力の流れとその大きさを見いだすことにより、引っ張り力を受け持つ鉄筋の形状や配置、圧縮力を受け持つコンクリートの寸法などの設計に利用することである。

### 2. 本報告で検討した挙動

鉄筋コンクリート構造の挙動に対する支配要因としては、ひび割れの影響、鉄筋の影響、Aggregate Interlock, Dowel Actionなどがある。Aggregate Interlock[1]とDowel Action[2]についての定量化も試みられているが、現時点では、本手法に取り込んでいない。ここでの対象とする支配要因として、ひび割れの存在による応力分布の変化と鉄筋（スターラップの位置）の影響のみを考慮する。

### 3. 手法

設計の強度計算のために、既にトラスモデルなどマクロ的な構造モデル[3][4]がある。梁内部の2次元応力解析を出発点とし、アーチ状のモデルを見いだすデーブビームの為の手法が二羽[5]によって行われた。本手法の特徴は、均質的なトラスを出発点とし、力の流れの効率的なトラス部材の方向を逐次見いだしてゆくことであり、その手順は、以下のようである。

#### 1) 1回目の解析

- ①出発点でのトラスの基本要素は、なるべく等方的にするため、主に正三角形とし、節点は、荷重段階毎に位置の移動を許すものと、常に不動点とするものを設定しておく。
- ②マトリックス構造解析法トラス解析プログラム（STAP）[6]を用いて解析を行い、各部材の応力の分布から応力の流れを調べる。

#### 2) 2回目の解析

- ①1回目の解析で求められた部材の応力をベクトルとみなし、同一不動点を部材の一端となす二部材の応力をベクトル合成し、合成されたベクトルを新たなトラス部材とする。そのため、ベクトル合成に用いた二つのトラス部材はもはや、荷重経路としては不要となると見なす。この不要な部材を除去することの近似的効果を与えるために、それらの部材の剛性を他のトラス部材の剛性の $1/100$ とする。
- ②新たなトラス部材と現存する他のトラス部材との交点を新しい節点とする。
- ③上記のようにして得られた新たなトラスモデルに対して解析を行い、再び応力の流れを調べる。

#### 3) 3回目の解析

2回目の結果から、2回目の手法と同様にベクトル合成を行い、新たなトラスモデルを作り、それをマトリックス解析し、トラス部材の応力を求める。今回は、3回目で手順を打ち切っている。

### 4. 計算結果

結果を図1～図6に示す。図の実線は、圧縮力であり、破線は、引っ張り力である。

太線はトラス部材応力の最大値の20%以上であり、細線は、最大値の20%以下である。

### 5. コンクリート梁の挙動に関する本手法による結果と既存の知見との対照

単純支持され、スパン中央に集中荷重を受ける縦横比が約 $1/7$ の梁を解析対象とした。

1) 本手法を用いて、均等質の弾性体の場合の梁について、解析を3段階行うにつれ、トラス部材の構成が変化する様子を図1、図2、図3に示す。図1、図2、図3、より、ベクトル合成による梁の応力の流れは、載荷点から支点へ圧力の線が直接的に流れて行くことが認められる。なお、この圧力の線の流れは

他のトラス部材の応力に比べ非常に大きく、図1、図2、図3、と解析を進めていくに従って、載荷点から支点到直接的に流れていく圧力の線の大きさが次第に大きくなっていく。

2) 図4に示す斜めひび割れがあって、主鉄筋がない梁の場合の解析を行う。また、斜めひび割れがあり、主鉄筋がなく、スターラップを配筋した場合において、図4のモデルに、スターラップの配筋位置による応力の流れを調べる。スターラップの配筋位置は、図5に示すひび割れ開口部付近と図6に示すひび割れ先端付近とする。図4では斜めひび割れの下部にはほとんど応力の流れがなく、ひび割れ上部に応力が流れアーチの様になっている。図4にスターラップを配筋した図5、図6においては、スターラップの配筋位置より右側の斜めひび割れ下部には応力の流れがみられる。しかし、スターラップの配筋位置より左側の斜めひび割れ下部にはあまり応力の流れはみられない。スターラップの配筋を斜めひび割れの開口部付近とすると、スターラップが斜めひび割れ下部をつりあげているため、応力の流れが図1とよく似ている。したがって、スターラップの配筋位置は、ひび割れの開口部付近が有効である。この結果とKaniの内部アーチ[7]とを対照するとほぼ一致していることが分かる。

## 6. 設計への利用

現行の梁の設計法では、着目断面の作用せん断力の値によって、その位置でのスターラップの所要量が決定されるが、本報告の梁では、せん断力が梁の各部で一樣になるので、スターラップを等間隔に配筋することになる。しかし、結果図4、図5、図6によれば、開口部付近にスターラップを密に配筋するのが有効なことが示されており、より合理的な設計への利用の可能性が示されている。

## 7. 結論

本手法により、梁の内部の応力の流れをほぼ見る事ができる。既存の知見(Kaniの内部アーチ等)との対象においてもほぼ一致している。将来的には、実験を通じて、梁の内部の応力状態を調べ、本手法による結果と照らし合わせることを今後の課題としたい。

## 参考文献

- [1]青柳 征夫: Estimation of Strength and Deformational Characteristics of Reinforced Concrete Shell Elements Subjected to In-Plane Forces, Seminar on Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures 1985 Volume 2, J.C.I. pp.55-73 [2]古内 仁, 角田 与史雄: 鉄筋のダウエル作用による変形状について、第7回コンクリート工学年次講演会論文集、1985, J.C.I. pp.509-512 [3]日本道路協会: 道路橋示方書同解説・コンクリート橋編 PP.124-127 [4]Beton-Kalender 1984 Teil II [5]二羽 淳一郎: FEM解析に基づくデュービー梁のせん断耐力算定式、第2回RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集1983, J.C.I. PP.119-128 [6]K.J.Bathe E.L.Wilson: 有限要素法の数値計算、科学技術出版社 PP.227-263 [7]Kani, G.N.J.: A Rational Theory for the Function of Web Reinforcement, Journal of American Concrete Institute, V.66, NO.3, March 1969, pp.185-197

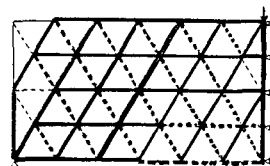


図1 梁を当初からトラスモデル化した1回目の解析結果

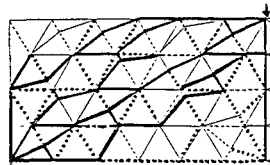


図2 梁を当初からトラスモデル化した2回目の解析結果

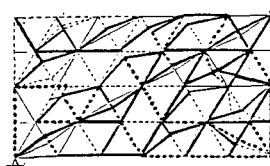


図3 梁を当初からトラスモデル化した3回目の解析結果

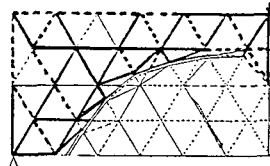


図4 斜めひび割れがあって主鉄筋がない梁をトラスモデル化した結果

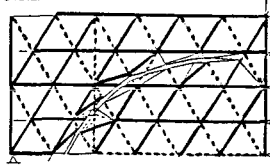


図5 ひび割れ先端付近にスターラップを配筋した梁をトラスモデル化した結果

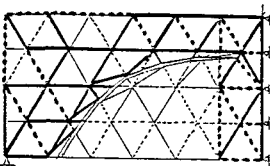


図6 ひび割れ開口部付近にスターラップを配筋した梁をモデル化した結果