

2次元配筋支援ツールを活用した設計システムの提案

○東京大学工学部 学生会員 岸 香奈子
東京大学工学部 正会員 安 雪暉

1. はじめに

現在社会基盤構造物の設計において項目・細目規定型設計から性能照査型設計への移行が進む中、RC 構造物においては標準仕様から外れたあらゆる新しい構造・材料・工法にも適用できる設計手段が求められている。この要請に対する提案として非線形有限要素解析を応用した設計支援ツールが開発された。

本研究ではこの設計支援ツールが将来設計フローの中に導入されることを想定して、本設計支援ツールの特性分析を行い、その後特性分析に基づいて機能追加、実証実験を行った。本研究では特に複雑形状部分を有する構造物の設計作業の非効率の改善を目指すため、解析/実験対象供試体に開口梁を選んだ。

2. プログラム概要

2.1 プログラムのコンセプト

鉄筋コンクリート構造物の非線形性は、主に荷重の増加に伴い進展するコンクリートのひび割れと鉄筋の降伏による。本支援ツールでは strengthening behavior 材料モデルを活用し[1]、「鉄筋比が小さい条件から解析を開始、荷重を徐々に増加させ、ひび割れが生じた場所の鉄筋比を増やすことで受け持つ応力を引き上げる」という方法によって設計荷重を満たす鉄筋比分布を求める。

鉄筋の構成則の概略を図 1 に示す。荷重が増加し、点 a で鉄筋の降伏が始まったとする。この時に鉄筋量を増やすことで応力を伝達させたいのであれば、鉄筋量を増やすことで補強する。この鉄筋の補強は直線 ab に従う。再びひずみが弾性限界に達したら鉄筋による補強を行い、直線 bc が得られる。鉄筋の降伏が生じるクリティカルな部分を判断し、各要素に最適な鉄筋比を自動生成させるというコンセプトである[2]。

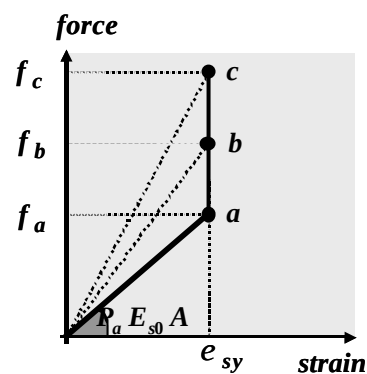


図 1 鉄筋の構成則

2.2 設計フロー案

本支援ツールを導入した設計フロー案を図 2 に示す。複雑な形状を有する構造物においては、従来の設計方法の初期段階で作成される概略設計が必ずしも力学的挙動に基づいていないため、その後の作業が非効率^{*1}になったり、過剰な配筋になりがちであった。このプログラムの導入によって設計の初段階^{*2}で合理的かつ力学的に裏付けされた概略設計の把握が可能になり、複雑部分の配筋検討作業を合理化・効率化することが可能になる。

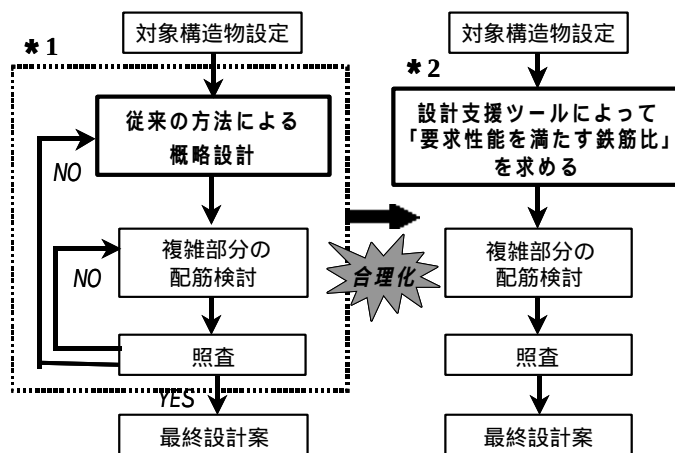


図 2 従来の設計フロー(左)と提案する設計フロー案

3. オリジナルプログラムへの機能追加

3.1 プログラムの特性分析と機能追加

特性分析により本支援ツールの大きな特徴として、出力される鉄筋比分布が解析前に設定する初期鉄筋比に大きな影響を受けることがわかった。このことは本支援ツール活用の際の指針を与えただけではなく、プログラムの出力結果に設計技術者の経験と裁量を合理的に取り込むための機能追加を可能にした。

図 3・1 に例としてオリジナルのツールの出力結果を示す。解析は供試体の左右対称性により片側半分について行っている。図 3・1 に示すような解析結果を実配筋に読み換える際、解析結果に忠実になると載荷位置

キーワード：鉄筋コンクリート構造物、非線形有限要素解析、2次元配筋支援プログラム

連絡先：〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1 TEL 03-5841-6146 FAX 03-5841-6010

の真下を中心に配筋されることになる。しかし「実際には定着を考慮するため主鉄筋は X 方向いっぱい配置する。定着をとることで出力結果より多い鉄筋量を使用されるため周囲に出力されていた鉄筋は結果的に必要ない」という技術者の経験に基づく判断は設計作業において意義のある input である。そこで、オリジナルの支援ツールの出力結果に基づき、現実に即した配筋位置を決定した上で他の部分の鉄筋比分布を求めさせるような機能を追加した。

3.2 追加機能適用例

図 3・2 はオリジナルの支援ツールで複雑形状部分のクリティカルな部分を把握した上で、設計者が主鉄筋の配置場所と鉄筋比を決定し、追加した機能によってその他に必要な鉄筋比を出力させた例である。

図 3・3 は開口部周辺にメッシュを使用した例であり、機能追加によって材料の適用範囲が広がった。

4. 実証実験

4.1 目的

図 2 の設計フロー案に沿って本支援ツールの実証実験を行った。また、追加機能で予め曲げに対して十分な鉄筋を X 方向に配置した上で、Y 方向に適切なせん断補強筋が生成されることを確認し、実験で検証した。

4.2 供試体/実験概要

供試体概要を図 4 に示す。載荷方法は中央一点載荷、設計荷重は 20 tonf である。

プログラムの出力結果を参考に開口部周辺のせん断補強方法は、Y 方向のせん断補強筋量が同じタイプ A とタイプ B の配筋を採用した(図 5)。

4.3 実験結果・考察

実験結果を図 6 に示す。タイプ A は設計荷重 20 tonf を概ね忠実に満足し、タイプ B は設計荷重を上回る耐力を示した。この差はタイプ B のせん断補強筋の開口部周辺を拘束する効果によると考えられる。タイプ B におけるせん断ひび割れは開口部分を貫通できずに発散しながら進展した。

本実験によって、本支援ツールのせん断補強筋生成パフォーマンスが確かめられた。

5. 課題

本研究では、図 2 の設計フローに本設計支援ツールが導入される可能性を確かめた。本研究の対象構造物は開口梁であったが、今後は様々なケーススタディを経てプログラムを改善・発展させることが課題である。

参考文献 [1]Hoogenboom,P.C.J.: Discrete elements and nonlinearity in design of structural concrete walls, Dissertation, Delft University of Technology, 1998
[2]菊地達哉: コンクリートのひび割れによる剛性低下を事前考慮した 2 次元配筋支援ツール, 2001 修士論文

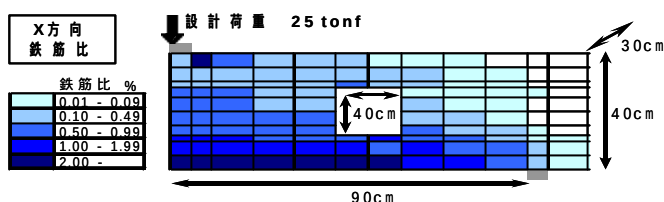


図 3・1 オリジナルツールによる解析結果

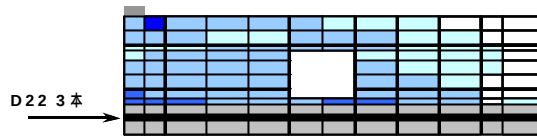


図 3・2 適用例 1

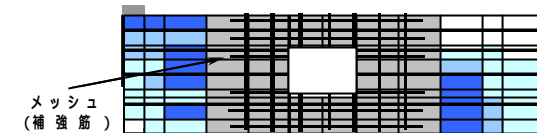


図 3・3 適用例 2

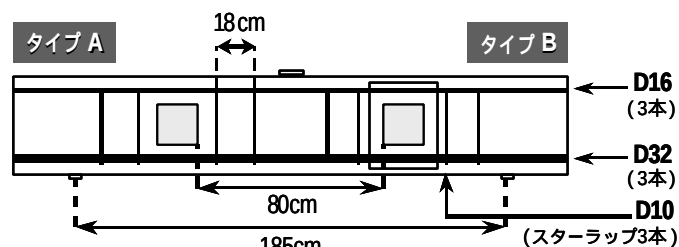


図 4 供試体概要

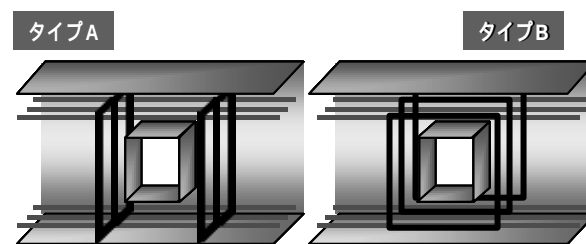


図 5 開口部周辺の補強

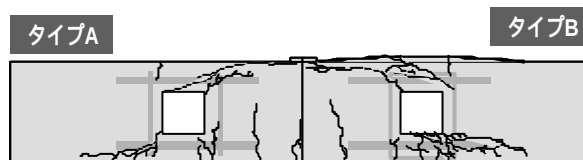
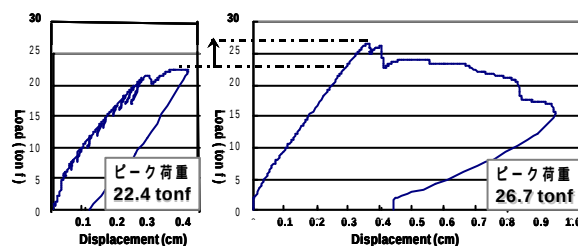


図 6 実験結果 上:荷重変位関係 下:ひび割れ図