

初学者のための建築構造設計システムに関する研究

(その1 偏心率をパラメータとする建物部材適正配置支援システム)

正会員 ○ 江口 翔*¹
同 原田 幸一*²
同 山成 實*³

設計支援システム 平面計画 偏心率

1. はじめに

建築構造設計における新人教育は今や構造計算ソフトを用いて行われることが常態化している。構造設計初学者の育成に有効な機能を有した新たな構造計算ソフトが必要であることがアンケート調査から得られている⁽¹⁾。一貫構造計算ソフトに代表される商用ソフトは、ソフトの中身がブラックボックスになっていることや設計解がある条件下における解でしかないことから、それらのソフトは設計初学者を育てるにはあまり適していない⁽¹⁾。本報告は設計者特に初学者にとって設計感覚を養うことを目的とした処理系の構築を試み、その考察を行うものである。

ここでは、平面計画における現行の耐震規定⁽²⁾で定められている偏心率をパラメータとし、構造体の重量を評価尺度とする設計支援のシステムを試作する。このシステムは実務設計者が行う構造計画において有用な設計情報を与え、建築計画設計者に対する訴求力をもつものとなる。

2. 設計支援システム

提案する設計支援システムは、与えられた不均等なスパンや柱の種類で構成される平面計画に対する偏心率を求めるプログラムであり、データフロー言語 DSP⁽³⁾によって構築したものである。

2.1 モジュール

DSPは、個々のプログラムをモジュールという単位で表現しており、建物平面の偏心率を求めるのに必要な重心や剛心などの諸量は各モジュールで計算して結果を求められる。すなわち、分割された仕事を統合することで計算処理が行われる。このシステムによって出力される偏心率は、簡単のため柱の反曲点高比を0.5とし、式(1)で与えられる柱の水平剛性を用いて得られるものとしている。

$$K_x = \frac{12EI_x}{H^3} \quad (1)$$

E はヤング係数、 H は階高、 I_x は柱の断面2次モーメントを指す。

2.2 データフロー言語とデータの透明性

モジュールを記述する上で、計算式の書法は設計規準に則っている。手続き処理型の言語では、処理記述に労力を要する。それに対し、DSPに代表されるデータフロー言語では、処理手続き順序を気にせずに設計仕様を記述可能である。このことで、ユーザーはモジュール内部を容易に把握でき、自らの用途に合わせてその記述を変更することも容易となる。

これまでの一連の研究において、データの透明性の必要性を著者等は唱えているが⁽⁴⁾、データフロー言語によってプログラムを記述することは、処理及びデータの透明性を保証しており、DSPによる設計支援システムは初学者の教育において有効であると考えられる。

3. システムの実装と実行検証

3.1 実装

OSをWindowsとするパーソナルコンピュータを計算機環境とし、DSPを用いて本システムを実装する。偏心率を求めるための平面計画情報、「スパン数」「座標値」「柱情報」「軸力」「断面2次モーメント」「階高」「ヤング係数」をモジュールに入力し、その計算結果を出力する。このシステムは平面計画情報を変更することで容易に平面計画の変更を受け入れる。このシステムのデータフローを図1に示す⁽⁵⁾。

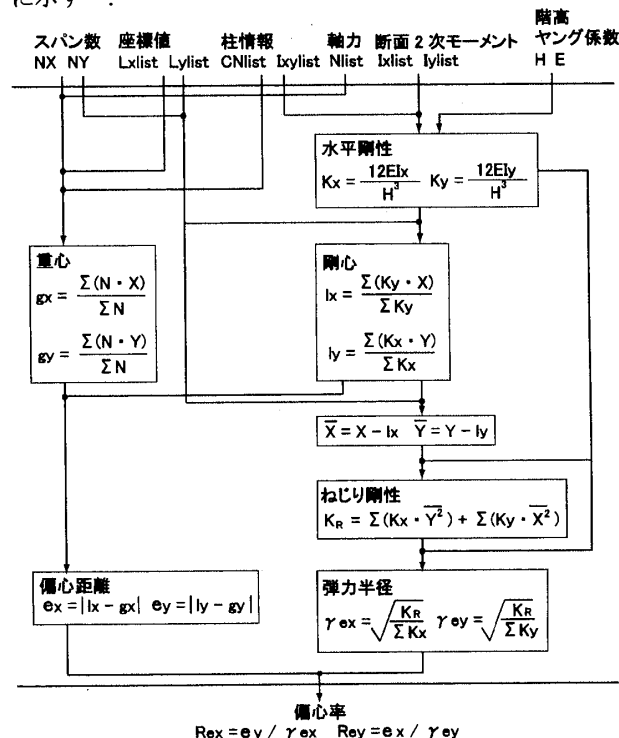


図1 データフロー図

3.2. 例題による実行検証

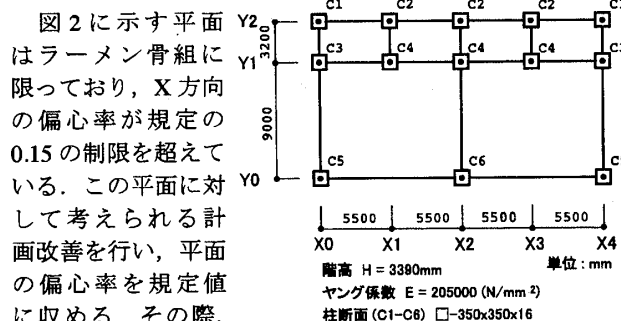


図2 レギュラーな柱配置の平面

計画の変更を評価する値として柱の総重量を、CASE 3 では偏心率を用いる。

CASE1 柱本数を変更する場合

Y0 から 4500 mm の位置に柱を追加する場合を考える。2 本追加では X 方向の偏心率 $Re = 0.162$ となり、規定値を満たさない。3 本目を追加すると $Re = 0.146$ となり、 $Re < 0.15$ を満たした。さらに 2 本追加し、合計 5 本追加すると、 $Re = 0.115$ となったが、図 3(a) に示すように柱の総重量は初期骨組に比べて約 40% 増加した。

CASE2 柱断面を変更する場合

Y0 通りの柱 3 本の断面を大きくすることで偏心率の低減ができる。

断面を $\square -400 \times 400 \times 16$ としたところ、 $Re = 0.133$ となり、規定値を満たした。更に、 $\square -400 \times 400 \times 25$ まで断面を変更すれば、偏心率を約 80% 低減でき、その際の重量増は 20% 未満となった。断面の変更に伴う偏心率の変化と柱の総重量の関係を図 3(b) に示す。

CASE3 柱位置を変更する場合

図 3 に示すように Y1 通りの柱を Y0 軸に向けて移動させ、偏心率の変化を調べる。柱の断面変更は行わないので、総重量の変化はみられない。そこで、偏心率を評価値とし、柱の移動距離との関係を検討する。

Y1 通りの柱を Y0 通りへ 500 mm ずつ近づけると、偏心率は概ね 10% ずつ低減し、2000 mm 移動させたところで、 $Re = 0.138$ となり規定値を満たした。Y0-Y1 のスパンが 3200 mm となるまで変化させると、偏心率は 90% 以上低減した。更に、移動量を 7000 mm まで変化させると、偏心率は初期値の 30% 近くまで増加した。この作業による偏心の推移を図 3(c) に示す。

4. 評価

以上の検討において、3つのアプローチで有効に偏心率の低減が可能であることを示した。

これら3つの改善は、実務においては平行して行われる作業であり、このモジュールの利用によってより短時間で偏心率の変更が可能である。また、平面計画を感覚的に変更できることから、初学者教育において、このシステムの利用が平面計画に関する偏心率変更の感覚を養うことも可能である。また、DSP の特性である解取得の過程が検証可能であることも含め、このモジュールをコアとする設計支援システムは初学者教育機能を備えていると考えられる。

5. おわりに

偏心率を求めるシステムの開発の有効性を検証した。ここで示した設計支援ツールは、その記述性および透明性からブラックボックスとならない設計支援システムであり、実務設計のみならず、初学者教育においても有効な機能を有している。

参考文献

- 1) 江口翔, 原田幸一, 山成實:九州地区における建築構造設計技術者のコンピュータ支援設計システムに関する意識調査, 鋼構造年次論文報告集, 第17巻, pp.109-114, 2009.11
- 2) 2007年度版建築物の構造関係技術基準解説書, 国土交通省他監修, pp.296-301, 2007.8
- 3) 梅田政信, 長澤勲, 樋口達治, 永田良人:設計計算のプログラム書法, 信学技報, AI 91-60, pp.25-32, 1991
- 4) M. Yamanari, H. Tanaka: Acquisition of designable space for planar steel frames, Digital Architecture and Construction, WIT Press, pp.77-84, 2006
- 5) 長澤勲, 前田潤滋, 手越義昭, 牧野稔: 建築設計支援システムにおける小規模な組合せ選択問題のためのプログラミング手法, 日本建築学会構造系論文報告集, No. 417, pp.157-166, 1990.11

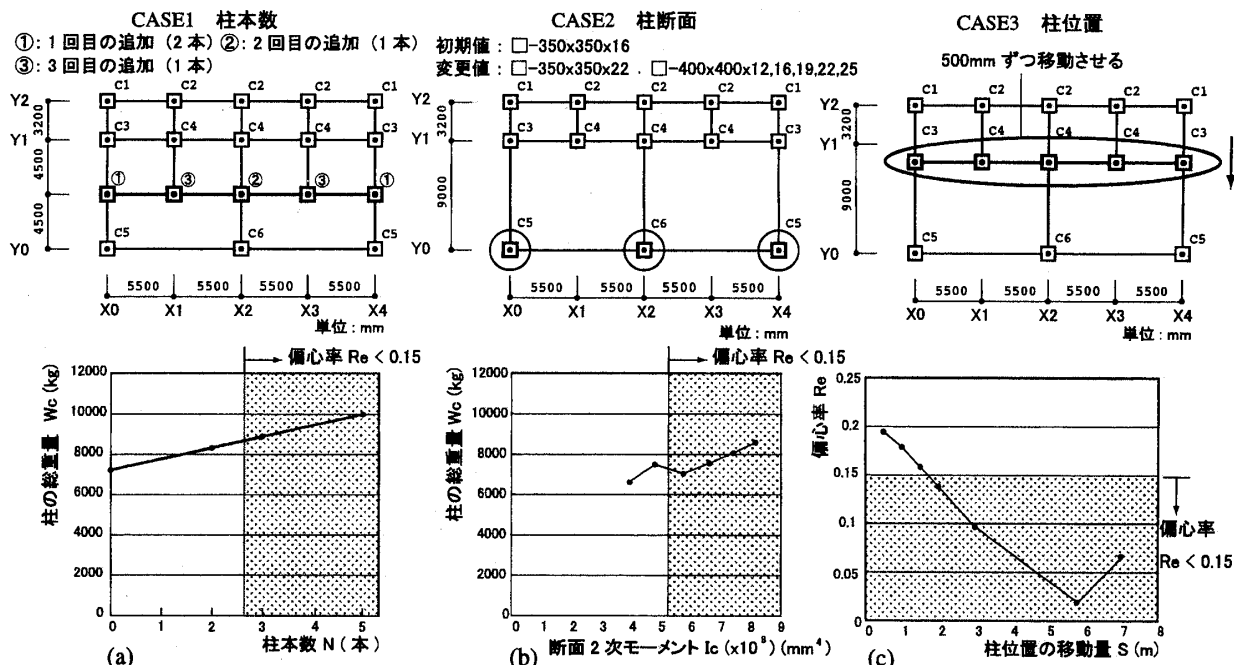


図3 例題による実行検証

*1 熊本大学大学院 博士前期課程
 *2 熊本大学大学院 博士後期課程
 *3 熊本大学大学院 准教授・工博

*1 Graduate Student, Kumamoto University
 *2 Graduate Student, Kumamoto University
 *3 Assoc. Prof., Kumamoto University, Dr. of Eng.