

## 網羅的な解析結果を用いた応答値の可視化に関する一考察

株式会社ささこう 正会員 ○笹澤陽佑

### 1. はじめに

近年、多くの土木構造物（例えば図1）の実務設計に FEM 解析が適用されつつある。FEM 解析は、山崎<sup>1)</sup>が指摘しているように、簡便な方法（骨組み解析等）によって構造解析を行うことが困難な場合などに適用される。その手順は、表1の左側の通り、「①諸条件の入力→②解析実行→③応答値の出力/可視化」である。①諸条件とは、構造物の形状や材料、作用する荷重などの情報を指す。

一方、荷重条件（位置や大きさ）は、建設プロセスにおける計画段階から設計完了までの過程で変更となる場合が多い。その場合は、図2の左側の手順を複数回実施する必要があり、FEM 解析に多くのリソース（人の手）が必要となる。近年、コンピュータの性能向上により、解析時間は短縮傾向にあるが、従来の手順に「人の手」が介在している限り、そこが FEM 解析におけるボトルネックとなる。

そこで、「網羅的な解析により得られた応答値をデータベース化し、荷重条件に応じて、その結果を検索する」という、新たな手順（図2右側）を試みることにした。

本研究では、自社開発した FEM ソフト<sup>2)</sup>により、仮想モデルを構築し、新たな手順を実施したうえで、実務における活用方や検証項目などを考察する。

### 2. 検討内容

#### (1) 網羅的な解析

本研究における、網羅的な解析とは、「荷重が作用する可能性のある全節点に単位荷重を載荷させること」を指す。これは、構造解析における影響線を求める過程と同意である。なお、解析は自動で全節点に載荷するようプログラムした。応答値は、梁の変位とした。単位荷重の載荷により得られた応答値を csv に出力し、これをデータベースとした。図3に示すように、得られた単位荷重に対する変位図を組合せ、等倍することで、任意の荷重条件を再現できる。

#### (2) 対象構造物

対象構造物は、図4に示す、梁で構成された格子構造の上に面的なスラブを設置したものとした。梁

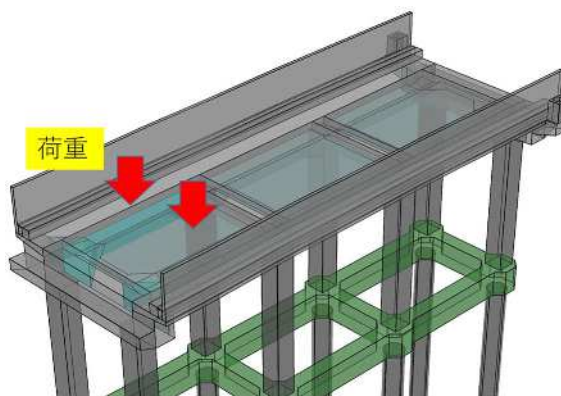


図1 土木構造物のイメージ

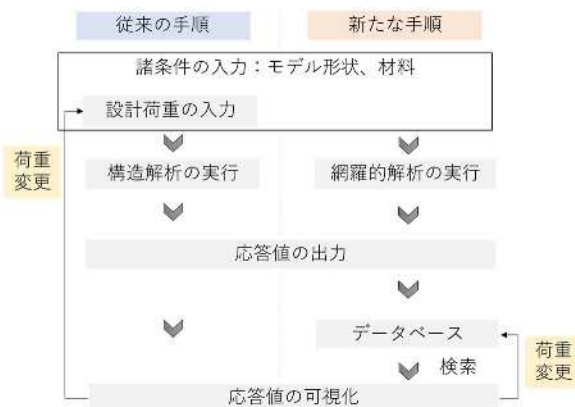


図2 FEM 解析の手順

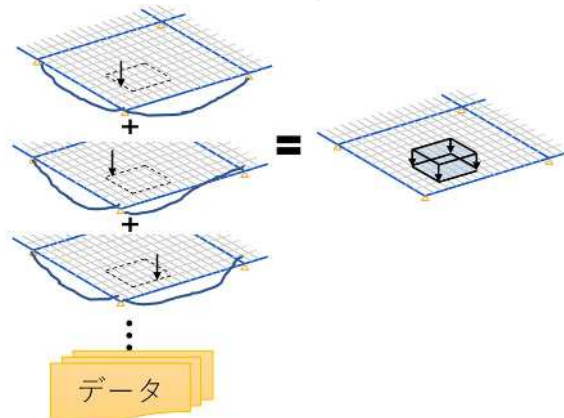


図3 網羅的な解析のイメージ

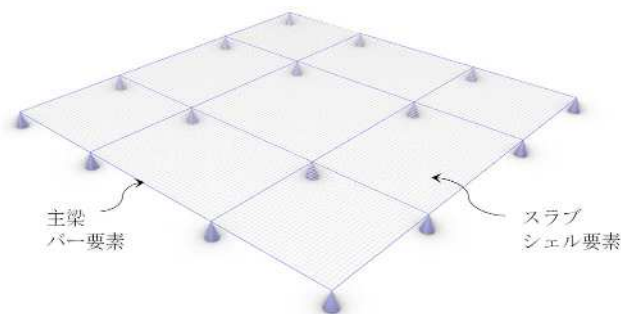


図4 解析モデル

とスラブはいずれも鉄筋コンクリート造を想定した。各部材の寸法および材料諸元は、表2の通りである。スラブ上には、機械などの設備荷重が任意の位置に設置される状況を想定した。

### (3) 解析モデル

梁は、バー要素、スラブはシェル要素でモデル化した(図4)。梁の格点はすべて剛結合とし、梁の交点を支点とした。スラブを0.1m×0.1mの要素に分割し、スラブの総節点数は1万個となった。

### (4) 応答値のリアルタイム可視化

変位図を描写する際は、荷重範囲と大きさを指定する仕様とした。図5に示すように、荷重の範囲をマウスでドラッグすることで、簡易に変更することが可能である。指定された荷重条件に応じて、変位図が自動で可視化される。応答値の可視化までの手順を図2の右側に示す。データベースから応答値を検索し、変位図を描写するまでに必要な時間は、約0.2秒であり、リアルタイムと言える。

表2 部材寸法と弾性係数

	寸法(mm)		弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	
	幅	高さ	ヤング係数	せん断弾性係数
梁	1,000	1,300	26.5×10 <sup>4</sup>	1.1×10 <sup>4</sup>
スラブ	-	300	26.5×10 <sup>4</sup>	1.1×10 <sup>4</sup>

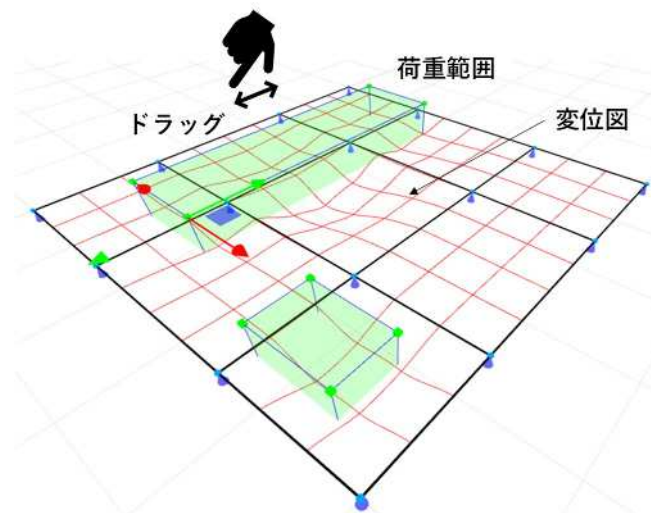


図5 変位図の可視化

## 3. 検討結果

### (1) 解析時間

本モデルにおいて、スラブの1万節点に対する「網羅的な解析」を完了するまでに必要な時間は、2～3日であった。解析は、全自動で実施されるため、この間に人の手を必要としない。網羅的な解析は、従来の手順に比べ時間を要するが、荷重変更→可視化までの時間を大幅に短縮できる。

### (2) 適用範囲

本手法は、影響線の重ね合わせにより、応答値を可視化するものであるため、静的な線形解析を実施する場合に適用できる。なお、現段階では、「荷重の変更」のみに対応している。すなわち、解析モデルの寸法、部材の剛性が変更となる場合は、再度、網羅的な解析を実施する必要がある。

(3) 活用事例：本手法は、下記の状況で活用できると考える。

- ① 応答値が最大となる荷重条件を複数回トライアルする場合に有効で、実際に設計する荷重条件を絞ることが可能となる。
- ② 荷重条件が建設プロセスの進展により、複数回変更となることがあらかじめ想定される場合に有効で、設計条件の変更による契約の手間を削減することが可能となる。

## 4. おわりに

本研究では、網羅的な解析を実施し、その活用方などを考察した。今後は、曲げモーメントやせん断力などの断面力の可視化、限界値の情報を出力結果に反映させ、性能照査の過程をリアルタイムで把握できる仕様とする予定である。また、梁の断面力について、等分布荷重を亀の甲荷重として算定した断面力との比較検証などを考えている。今後は、網羅的な解析が広く活用され、これにより捻出した時間が「人間にしかできない創造的な作業」に充てられることに期待する。

## 5. 参考文献・解析コード： 1) 山崎淳：コンクリート構造物の設計手法としてのFEM解析(その1)

2) 解析コード：<https://structuralengine.com>

キーワード FEM解析、網羅的な解析、影響線

連絡先 〒181-0013 東京都三鷹市下連雀3-3-50 パークファミリア501 株式会社ささこう TEL050-5806-0301