

フラットスラブ構造物における構造解析モデルの検討

清水建設株式会社 正会員 ○頃安 研吾
 清水建設株式会社 正会員 伊藤 愛子
 清水建設株式会社 正会員 荒木 尚幸

1. はじめに

近年、海外の開削トンネルによる地下鉄駅舎では、施工の容易性や地下空間確保の観点から、従来からの版桁構造に代わりフラットスラブ構造が採用される事例が増えている。地下鉄駅舎にフラットスラブを適用した場合、柱本数が少なく側壁の拘束も無視できないため、一般的なフラットスラブの設計が適用できない可能性がある。本稿ではフラットスラブ構造の大規模な開削トンネル（図-1）を想定し、一般の設計法による構造解析とソリッド要素を用いた FEM 解析による断面力を比較し、構造解析モデルの適用性の検討を行った。

2. 構造解析モデルの概要

フラットスラブの設計では一般に、隣り合う柱間の幅を有するラーメン構造にみなした骨組解析を行い、得られた断面力を柱列帯及び柱間帯に分配する近似解法や薄板理論による構造解析が用いられている。よって、構造解析モデルは以下の3種類とした。

- (1) フレームモデル：ラーメン構造に置換した骨組解析
- (2) シェルモデル：スラブにシェル要素を用いた FEM 解析
- (3) ソリッドモデル：スラブにソリッド要素を用いた FEM 解析

各構造解析モデルを図-2 に示す。上床版と地下1階の柱及びカラムキャピタルのみをモデル化の対象とした。荷重は鉛直方向に単位荷重 100kN/m^2 載荷した。

3. 解析結果

3モデルのうち、ソリッドモデルが最も精度が高く実情に近い解析結果である前提として、それぞれの解析結果の曲げモーメントを比較する。図-3 にシェルモデル及びソリッドモデルの断面力分布コンター図を示す。図-4 に3モデルの断面力図を示す。なお、図中の横線は柱前面を曲げモーメントの照査位置とした場合の近似解法による設計断面力を示す。近似解法による設計断面力は参考文献に基づいた分配係数にて算定したものである。

図-3 よりソリッドモデル、シェルモデルともに柱近傍に負曲げモーメントが集中するが、ソリッドモデルは柱近傍に一様に分布するのに対し、シェルモデルでは柱中心に明確なピークが発生し、負曲げ、正曲げとも最大値が大きくなる傾向がある。図-4 より近似解法は、FEM 解析（ソリッドモデル）の結果を包含しているが、軌道方向では直上近傍で FEM 解析（シェルモデル）のほうが大きな曲げモーメントが発生する結果となった。図-5 にソリッドモデルの軌道横断方向柱列線断面での水平方向の応力コンター図を示す。応力はカラムキ

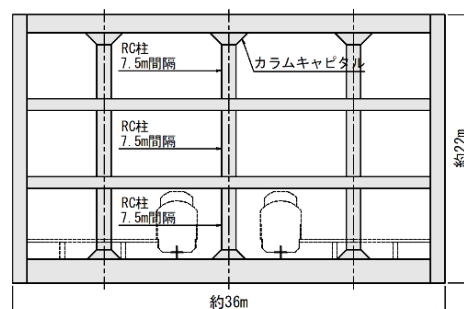
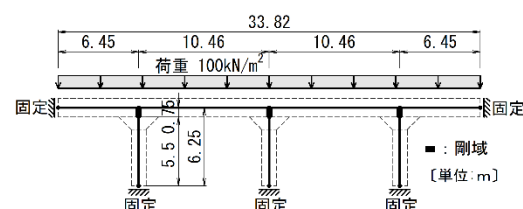
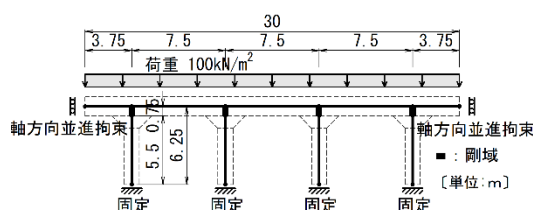


図-1 フラットスラブ構造物の概要

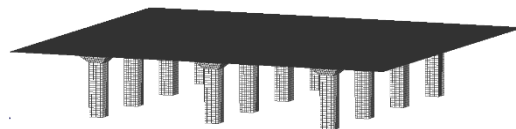


a. 軌道横断方向

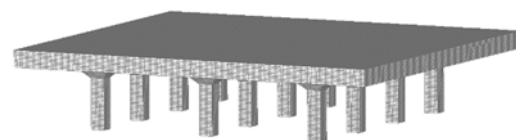


b. 軌道方向

(1) フレームモデル



(2) シェルモデル



(3) ソリッドモデル

図-2 解析モデル

キーワード 開削トンネル、フラットスラブ構造物、設計、近似解法、FEM 解析

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設株式会社 TEL 03-3561-8770

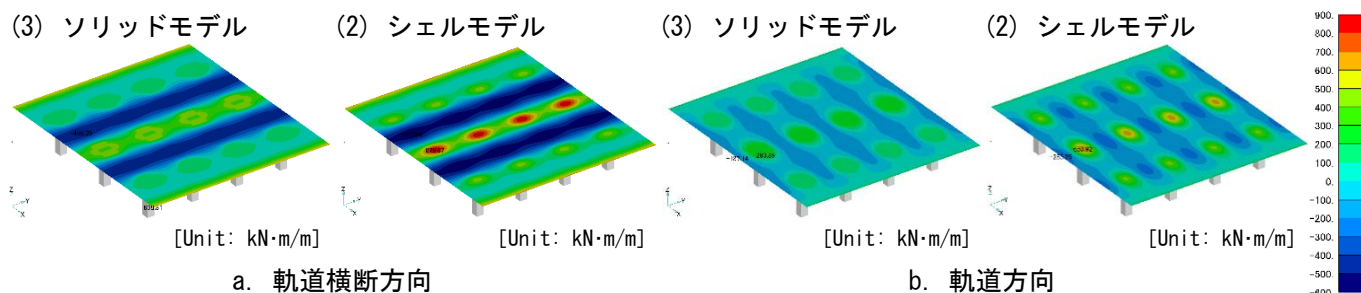


図-3 曲げモーメントコンター図

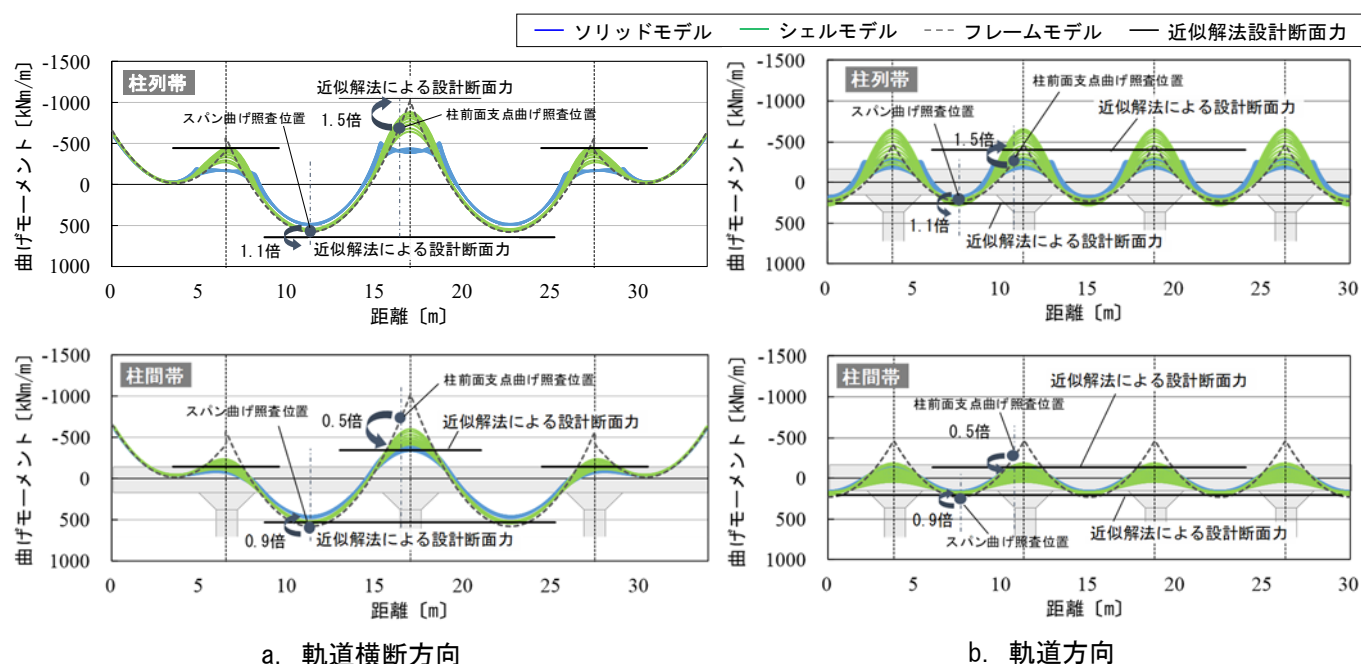


図-4 曲げモーメント分布図

ャピタルに沿って上下に分散しており，平面保持の仮定に基づくシェルモデルの適用限界を示している。

4. まとめ

本検討の範囲内で得られた知見を以下に記す。

- (1) フラットスラブ構造の近似解法は，FEM 解析（ソリッドモデル）の結果を包含しており，近似解法で設計を行えば安全性には問題ないと考えられる。
- (2) 3つの解析手法は概ね同傾向を示すが，合理的な設計を行う場合はソリッド要素を用いるのがよい。
- (3) ソリッドモデルにおいても柱直上で最大引張り応

力が発生しており，柱前面の断面力を設計に用いることは危険側となる可能性があることを示唆している。また柱近傍でのカラムキャピタルに集中した圧縮応力度やスラブ内の軸引張力を考慮した設計が必要である。

フラットスラブ構造の地下鉄駅舎は部材数が少なくシンプルな構造であるが，柱1本あたりの軸力が大きく柱近傍では応力状態が非常に複雑となる。合理的な設計を行うためにはソリッド要素を用いた FEM 解析が適しているが，現時点では解析結果を工学的に設計に反映させる設計手法が確立しているとは言い難い。また，せん断力に対する設計手法も多くの課題を残している。本稿がこれらの課題解決のための一助となれば幸いである。

参考文献

- ・国土交通省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，丸善 2004，4

