

RCセグメント用鋼製型枠の有限要素解析

石川島建材工業株式会社	正会員	○阿部 義
石川島建材工業株式会社	正会員	松浪 康行
石川島建材工業株式会社	正会員	大関 宗孝
東京都立大学大学院工学研究科	正会員	長嶋 文雄

1. はじめに

RCセグメント用鋼製型枠は、型枠供用期間において、コンクリート打設時の締固め振動等に対して十分な耐久性能を有する必要がある。例えば、製品の寸法精度の確保や、共用期間中に締固め振動が累積されることから、疲労に対する耐力も要求される。しかし、これまでは経験的な設計が行われて来ており、このような「型枠の要求性能」に関する詳しい検討はされていない^{1),2)}。本報告は、RCセグメント用鋼製型枠を3次元にモデル化し、FEM解析により、型枠の各部位（側版、端版、底板）の応力度分布や応力範囲を明らかにし、型枠の要求性能に関する資料を得ることを目的としたものである。

2. 3次元有限要素解析

RCセグメント用鋼製型枠のコンクリート締固め時における3次元有限要素解析を行った。解析モデルは図1に示すように1/4対称モデルとし、モデルの底部

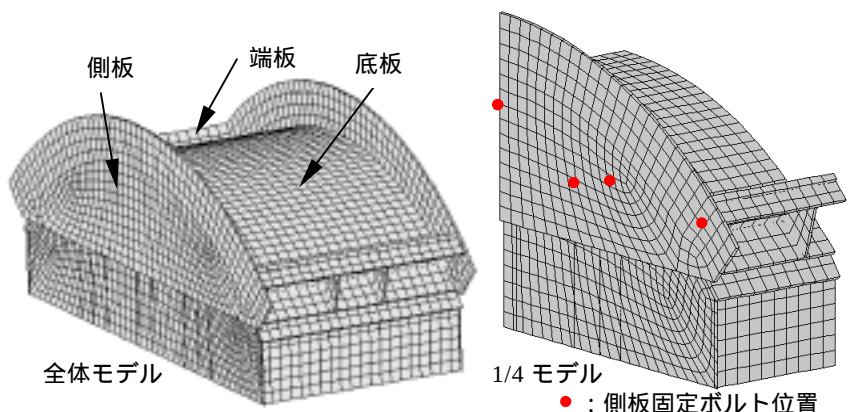


図1 解析モデル

は拘束とした。側板と底板はボルト固定しており、ボルト部をピン結合にてモデル化した。部材溶接接合部は剛結合とした。解析に用いた圧力は、コンクリート打設時の振動締固め試験結果より、振動圧力（圧力平均値＋標準偏差値（ σ ）：0.034 MPa）振動圧力の約3倍（0.1 MPa）圧力平均値（0.014 MPa）の3ケースとし、コンクリート接触面に等分布に作用させた。図2に示すように、圧力は初めの0.02秒間で漸増させ、0.02～0.04秒で一定とし、0.04～0.06秒で零に漸減させ。重力加速度は载荷初めに0.01秒間で滑らかに作用させ、その後は一定とした。側板の板厚は19,12,9mmとした。なお、実際の振動締固め時には蓋を設置していたが、モデル簡易化のため省略した。

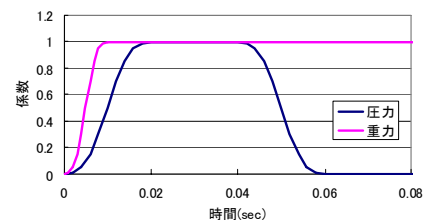


図2 圧力と重力の係数

3. 解析結果

3.1 応力分布図 図3に振動圧力0.034MPa、側板の板厚12mmの応力解析結果（Von-Mises 応力分布図）を示す。底板および端板に生じる応力は側板に生じる応力に比べて非常に小さい値であり、側板についてのみ考察する。側板の応力は、側板と底板ボルト固定部に応力集中が生じていた。このときの最大応力は9.46MPaであった。よって、側板と端版のボルト固定部の応力

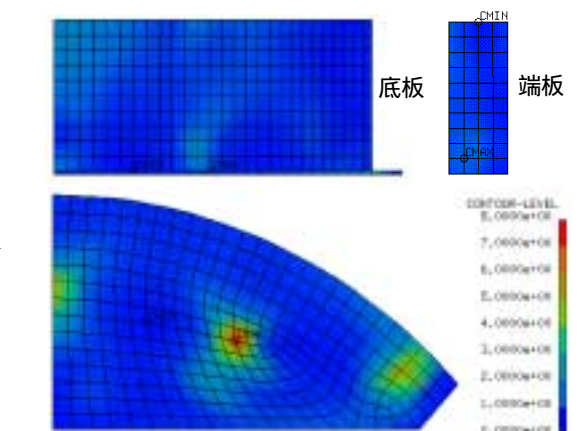


図3 応力分布図（圧力0.034MPa、側板の板厚12mm）

キーワード RCセグメント、鋼製型枠、振動締固め、FEM解析、疲労

連絡先 〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 TEL03-5221-7378 FAX03-5221-7298（技術部）

負担より、側板と底板ボルト固定部の荷重負担が大きいことが確認できた。実際の型枠では、ボルト固定部にワッシャーなどを用いて応力集中を緩和する構造となっている。

3.2 変位分布図

図4に圧力0.034MPa、側板板厚12mmのときの変位解析結果（側板変位分布図）を示す。ボルト固定部で変位が零となり、側板上部で大きな値となり、最大値は0.67mmとなった。この数値は1/4モデルで解析を行った場合の値なので、全体モデルを考慮する場合は2倍にする必要がある。また、セグメント幅1.0mに対する最大変形の割合は0.134%であった。実際の変位量は、型枠上部に蓋が設置されるため、小さい値になると思われる。

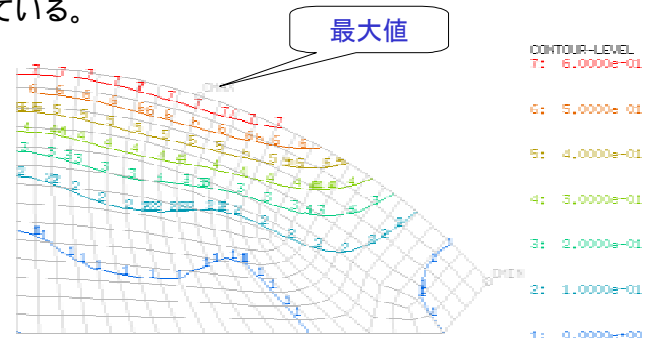


図4 変位分布図（mm、圧力0.034MPa、側板の板厚12mm）

3.3 時系列応力・時系列変位

図5に側板の最大応力を示す要素の時刻歴応力図を、図6に側板の最大変形を示す要素の時刻歴変位図を示す。応力、変位共に、载荷圧力が最大となる時刻（0.02～0.04秒）で最大値となり、圧

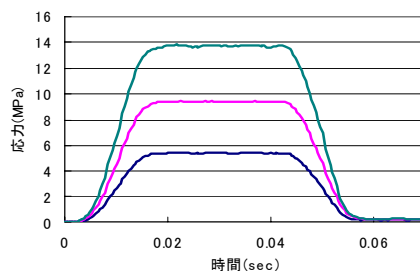


図5 側板の最大応力を示す要素の時刻歴応力

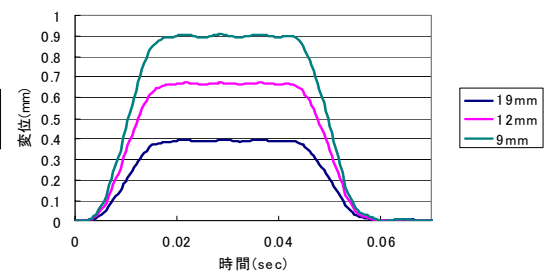


図6 側板の最大変形を示す要素の時刻歴変位（圧力0.034MPa）

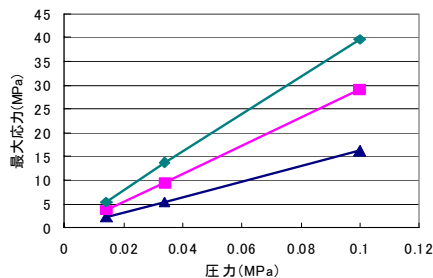


図7 側板の最大応力

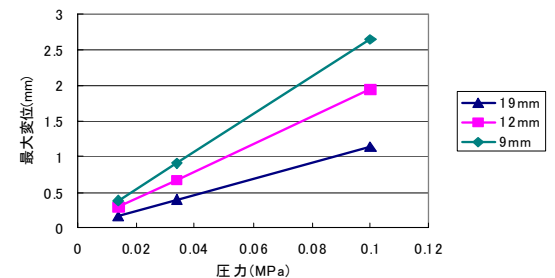


図8 側板の最大変位

力が完全に除荷されたときにほぼ零となり、残留応力および残留変位はほとんど発生していなかった。

3.4 载荷圧力を変化させたときの側板の最大応力・最大変位

側板の各板厚における、振動圧力を変化させたときの側板の最大応力を図7に、側板の最大変位を図8に示す。振動圧力が大きくなるにつれて、また、側板の板厚が薄くなるにつれて、最大応力および最大変位が大きな値となった。また、側板の最大応力と最大変位は、振動圧力に関して比例関係にあるといえる。

なお、これらの最大応力は、「鋼構造物の疲労設計指針・同解説：（社）日本鋼構造協会編」で示されている変動振幅応力を受ける際の応力の打ち切り限界 $\tau_{ve} = 42\text{MPa}$ の範囲内であることから、いずれの板厚に対しても型枠が疲労特性を有していることが確認できた。側板変位は、側板厚さ9mmで最大2.642mmを示し、セグメント幅1.0mに対する変形の割合は0.528%であった。

4. まとめ

RCセグメントを3次元有限要素解析することにより、型枠の各部位の応力度分布や応力範囲を明らかにし、型枠の要求性能に関する資料を得た。今後は、簡易モデルを用いた解析手法に関する検討を行う予定である。

[参考文献]

- 1)若林正憲他：セグメント振動締固め製作時の合理的な加振方法の研究：トンネル工学研究論文報告書第7巻 1997年11月報告（41）：pp.325-330,1997
- 2)尾上好夫他：セグメント振動締固め製作時の発生加速度の予測：土木学会第52回年次学術講演会講演概要集：pp.182-183,1997