

静・動弾性解析によるコンクリート界面における力学特性の検討

千葉工業大学 学生会員 安里 健志
千葉工業大学 正会員 内海 秀幸
千葉工業大学 フェロー 足立 一郎

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の早期劣化に関する事例が多く報告され、コンクリート構造物の維持管理の重要性が再認識されている。耐久性が低下したコンクリート構造物には「補修」が必要不可欠であり、補修後の構造物には耐久性及び安全性が求められる。しかしながら、コンクリート構造物の補修を行う上で必ず生じてしまう界面は、構造上の弱点となるためコンクリート界面の力学特性を明らかにすることが非常に重要である。

そこで本研究では、補修されたコンクリート材料の安全性を評価する上で、補修により生じた界面における変位・応力分布特性を明らかにすることを目的とした解析的研究を実施した。打継がれた材料系を、水セメント比を基準とした剛性の異なる材料から形成された梁とモデル化し、「曲げ」「ねじり」による力学挙動がどの程度界面の連続性に影響するか有限要素による線形静解析を行うとともに、補修により新たな材料が母材に埋め込まれた場合の界面応力について、超音波探査による付着特性評価を念頭に、無限動弾性波動場における異種介在物の縁応力を境界積分方程式法により解析した。

2. 解析概要

2. 1 有限要素解析

汎用性有限要素プログラム MSC. Nastran for Windows 2001 を用い、3 次元線形静解析を実施した。図 - 1 に解析モデルを示す。モデルは寸法が $10 \times 10 \times 40$ cm の界面を有するコンクリートの片持ち梁で、旧側の端面を完全拘束し、新側の端面に梁が「曲げ」及び「ねじり」となるように荷重を与えた。曲げは梁断面の上縁の各節点に 100kgf、ねじりは梁端面の各辺の節点に 25kgf をそれぞれ図 - 1 に示す荷重方向に与え、材料剛性は文献¹⁾に基づいて、水セメント比を代表とする値（表 - 1 参照）を与えた。旧側材料には、水セメント比 0.40 とし、新側は 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65 と変化させ異種剛性界面に与える変位、応力分布を検討した。尚、解析モデルの有限要素は一辺が 1 cm の 8 節点ソリッド要素を用いた。

2. 2 境界要素解析

図 - 2 に境界要素解析のモデルを示す。無限弾性領域を母材のコンクリートとし、剛性を水セメント比 0.40 と対応するように設定した。また母材中に半径 1 の円孔を設け、円孔内部のコンクリートを水セメント比 0.40, 0.45, 0.50, 0.55,

0.60, 0.65 とした。入射波は下方の無限遠方から動弾性波動 ($2\pi/\lambda=1.5$) を与えた。また解析モデルの旧側と新側の円孔境界は 72 要素とした。

3. 解析例

3. 1 曲げ、ねじりが界面に与える影響（有限要素解析）

図 - 3 に水セメント比 0.40 の界面の存在しない一体型片持ち梁モデルの解析例を示す。この水セメント比 0.40 における各要素の解析値を基準とし、モデル上面の中央（拘束している側を基準点 0 とし、荷重を加えている辺に向かって X とする。）についてのデータを抽出してコンクリート界面の連続性について検討する。

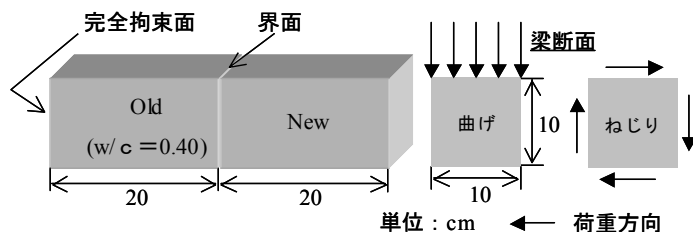


図 - 1 有限要素解析概要

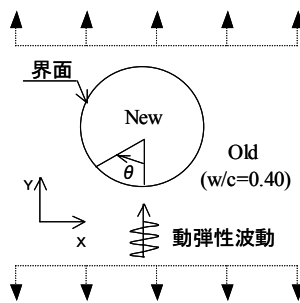


図 - 2 境界要素解析概要

表 - 1 要素材料の諸物性値

水セメント比 w/c	ヤング係数 E	せん断弾性係数 G
0.40	310062	124025
0.45	296862	118745
0.50	280202	112081
0.55	264312	105725
0.60	246754	98702
0.65	233406	93362

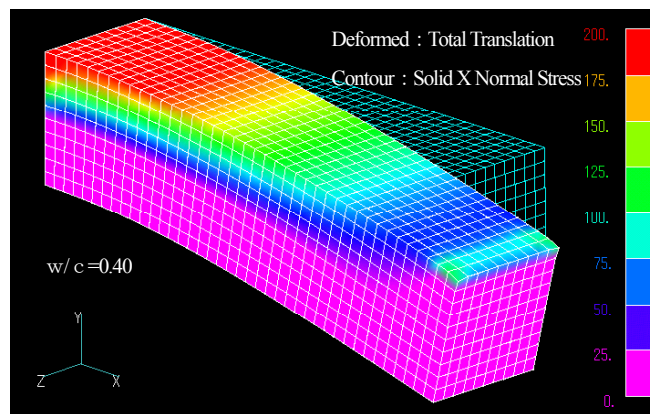


図 - 3 一体型モデルの有限要素解析例

キーワード：界面，有限要素法，境界要素法，補修

連絡先：〒275 - 0016 千葉県習志野市津田沼 2 - 17 - 1 TEL 047 - 478 - 0440

図-4に梁上面の曲げにより生じたY方向変位比を示す。Y方向変位比は端面が完全拘束されたコンクリートの旧側において各水セメント比ともほぼ同じ値を示し、新側は線形的な増加傾向が認められた。また高水セメント比ほどその増加の割合も高い値を示した。これは新側部分の水セメント比の違いによりコンクリートの界面を境に傾向が変化したと考えられる。しかしながら旧側の傾向がほぼ一定の値を示したことを考慮すると、旧側部分のY方向変位比は、新側部分の水セメント比の違いに起因しないことが認められた。

図-5に梁上面の曲げにより生じたX方向応力比を示す。図よりX方向応力比はコンクリート界面付近に影響が現れ、界面近傍の旧側部分で最も高い値を示した。また図-6にねじりによるせん断応力比を示す。せん断応力比の最小値は界面付近の旧側、最大値は新側に現れ界面付近に大きな差が生じた。このことより、これらコンクリート強度に直接的に関与するX方向応力比、せん断応力比ともにコンクリート界面付近において最大値を示したことから、界面が存在するコンクリートにおいて、界面付近では連続性が保たれているものの一体型より連続性への影響がより一層生じると考えられる。

3. 2 動弾性波動が界面に与える影響（境界要素解析）

図-7に旧側、新側ともに水セメント比0.40の一体型モデルにおける変位分布を示す。これを定量的に評価するために図-2に示すような角度を θ とし、各水セメント比の旧側、新側ともに水セメント比0.40で得られた値で除したものをY方向変位比及び接線方向縁応力比として検討した。

図-8に動弾性波動によるY方向変位比を示す。Y方向変位比の水セメント比による影響は θ が 90° 、 270° の時にはほぼ見られず、 θ が 180° の時に最も大きな差が生じた。一体型と比べて水セメント比が高いほど変位比は減少し、水セメント比0.05の変化に対して5%程度低減することが認められた。また図-9には、 θ が 180° で対象性を示したため 0° から 180° までの動弾性波動による接線方向縁応力比を検討した。 θ が 90° 付近で接線方向縁応力比は大きく変化する傾向を示し、 90° より後では一体型と比べて水セメント比が高いほど接線方向縁応力比は増加し、水セメント比0.05の変化に対して50%程度増加することが認められた。このことより、 θ が 90° 前後で一体型と比べ連続性への影響がより一層生じると考えられる。

4. まとめ

本解析では物性値の違いによるコンクリート界面を表現し、解析結果を示した。今後の課題としては実験との整合性を検討し、コンクリートの打継目をモデル化することが挙げられる。

参考文献

- 1) 國分正胤：土木材料実験，技報堂，pp.158-160，1972

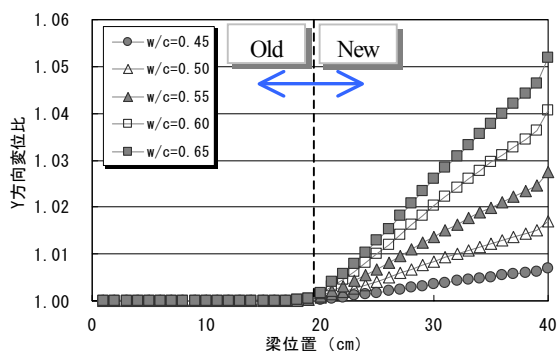


図-4 曲げによるY方向変位比

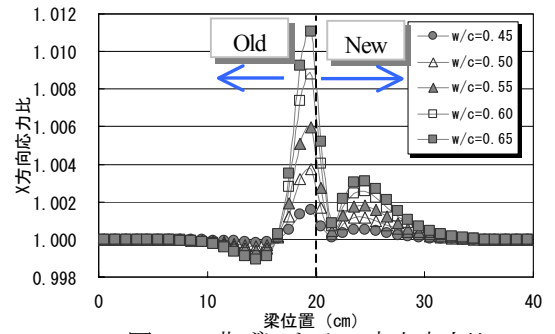


図-5 曲げによるX方向応力比

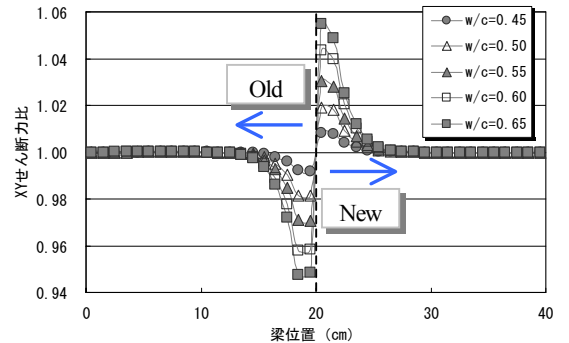


図-6 ねじりによるせん断応力比

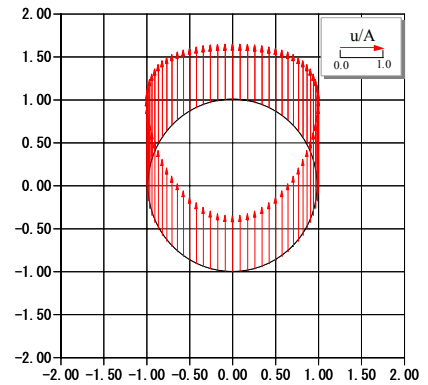


図-7 一体型モデルの境界要素解析例

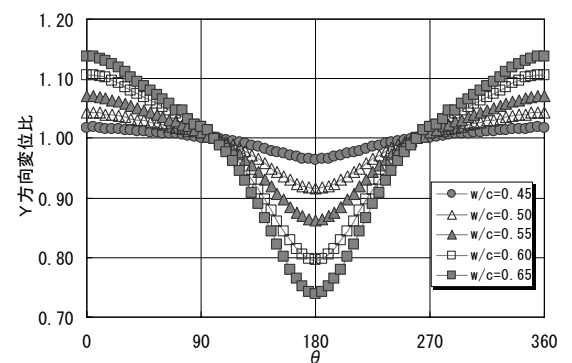


図-8 Y方向変位比

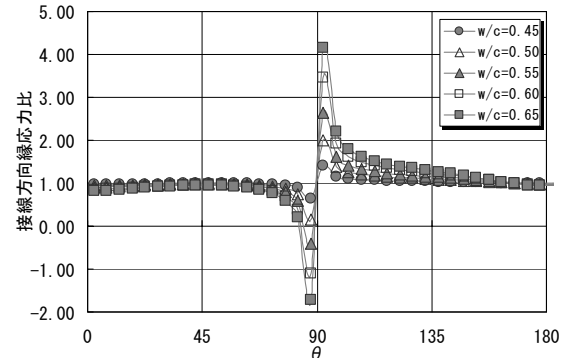


図-9 接線方向縁応力比