

吹き付けモルタルによるトンネル補強工法の性能評価(その2)

—— F E M解析による実構造物への適用性の検証 ——

(株)熊谷組 正会員 ○ 緒方明彦 山本忠典
(株)熊谷組 正会員 岩井孝幸 正会員 森 康雄
(株)熊谷組 横田孝雄

1. はじめに

近年、コンクリート剥落防止対策として様々な工法による補強工事が各所で実施されている。供用開始から数十年経過している鉄道トンネルにおいても覆工コンクリートの劣化が進行しており、コンクリートの剥落が懸念されている。筆者らは、供用中の鉄道トンネルの補強工事を想定し、覆工コンクリートの剥落による重大災害の防止を目的としたモルタル吹き付けによる補強工法の可能性を検討した。

本論文は、モルタル吹き付け工法の性能試験結果を踏まえ、トンネル覆工の剥落防止対策として適用した場合の安全性をF E M解析を用いて検証したものである。

2. 検証方法

小型平板押抜き試験結果は、構造が直線形状であるが、本工法が用いられるトンネル壁面は曲線となる場合が多く、試験で得られた結果より危険側になることが想定された。ここでは、F E M解析を用いて、試験結果の検証と実構造物への適用を図-1 に示すフローにしたがって検証を行った。

3. 解析モデルの検証と判定値の設定

押抜き試験で用いられた試験体は、コンクリート製小型平板にモルタルを吹き付けたものであったが、破壊に至る挙動は、コンクリート平板と吹き付けモルタルの付着力が大きく、一体構造としてせん断破壊が発生していた。したがって解析モデルは、特にコンクリート平板と吹き付けの間に境界要素などを考慮せず、図-2 に示すモデルを作成した。

(1) 物性値

F E M解析に用いた物性値を表-1 に示す。

表-1 F E M解析に用いた物性値

	弾性係数 N/mm ²	ポアソン比
吹付け材料	2.01×10^4	0.2
本体材料	3.50×10^4	0.2
鉄 筋	20.0×10^4	0.3

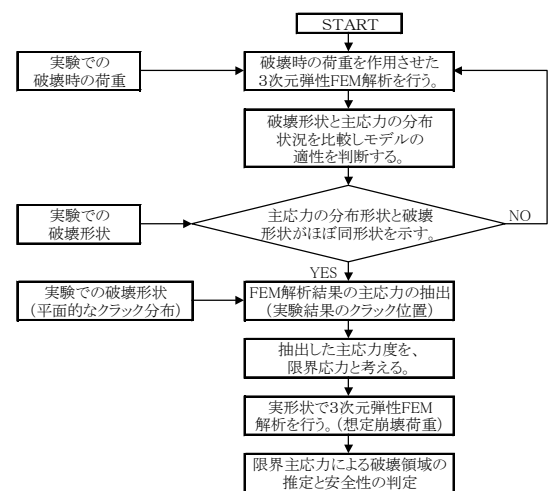


図-1 解析検証フロー図

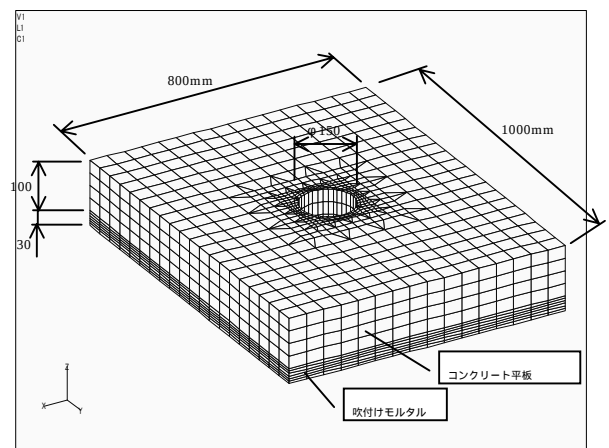


図-2 押抜き試験解析モデル

(2) 解析ケース

試験結果に対する解析は、荷重が作用する載荷範囲の影響と鉄筋の影響を把握するため、表-2 に示すケースを行った。

表-2 解析ケース

	荷重載荷方法	鉄筋のモデル化
Case1	載荷断面全体に等分布	鉄筋をモデル化しない。
Case2	断面周長部分に等分布	鉄筋をモデル化する。
Case3	載荷断面全体に等分布	鉄筋をモデル化する。

(3) 解析結果の評価

解析結果は、モデル下面の主応力値と押抜き試験の破壊面が一致する場所より評価を行った。(図-3～図-5)

キーワード コンクリート剥落、補強、押し抜き試験、F E M解析

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木設計部 地盤・基礎グループ
TEL:03-3235-8622 FAX:03-3266-8525 E-mail:aogata@ku.kumagaigumi.co.jp

参照) Case1,2 の結果は、最も外側のクラック線と発生主応力の 0.75N/mm^2 (引張応力) のコンターラインがほぼ同じ位置である。また、Case3 の結果からは、同様の線が発生応力の 1.00N/mm^2 (引張応力) のコンターラインとほぼ同じラインとなる。これは、鉄筋の効果により約 30%引張強度が増加したことを示している。また、荷重載荷方法の違いによる解析結果に大きな違いがなく、鉄筋の効果による主応力コンターは、値こそ違うものの分布形状に大きく差異はないことが判った。

以上のことから、実構造物への適用は最も簡素な Case1 のモデルを採用し、主応力(引張り応力)が 0.75N/mm^2 以上発生した場合を危険領域と判断することとした。

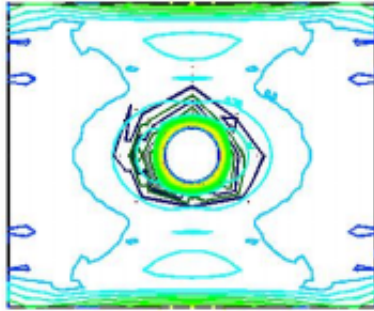


図-3 解析結果(case1)

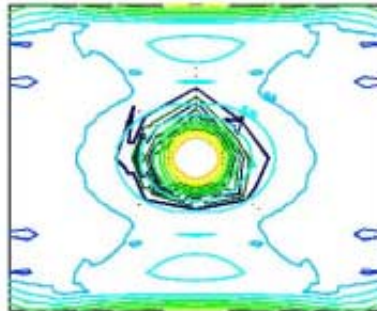


図-4 解析結果(case2)

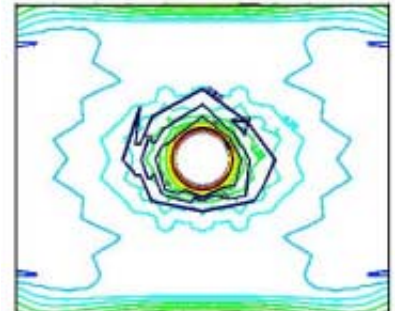


図-5 解析結果(case3)

4. 実構造物への適用

実構造物への適用として、半径 4 m、覆工厚 25cm のトンネルにモルタル吹き付け工法 ($t=30\text{mm}$)を採用し、覆工が $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ で剥落した場合を想定した。解析モデルを図-6 に示す。

(1) 物性値

解析モデルに用いた物性値を表-3 に示す。

表-3 FEM 解析に用いた物性値

	弾性係数 N/mm^2	ポアソン比
吹付け材料	2.01×10^4	0.2
本体材料	3.50×10^4	0.2

(2) 解析結果の評価

解析結果より、主に剥落部周辺に引張り応力が発生した。剥落部の周辺部における発生主応力は、吹き付け面上側で最大 0.2N/mm^2 、下面(内側) 0.26N/mm^2 であり、限界応力と考えられる 0.75N/mm^2 に対し、約 1/3 の値となった。したがって、 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ の剥落荷重では吹き付けモルタルは、破壊に至らないと考えられる。

5. まとめ

モルタル吹き付けによる補強工法は、コンクリート剥落が比較的小さな場合に有効であることが、解析から検証できた。今後は、アーチ形状の違いや剥落の大きさによる吹き付け工法の安全性の確認と覆工本体と吹き付け面の付着性の経時劣化について検討する必要があると考えられる。

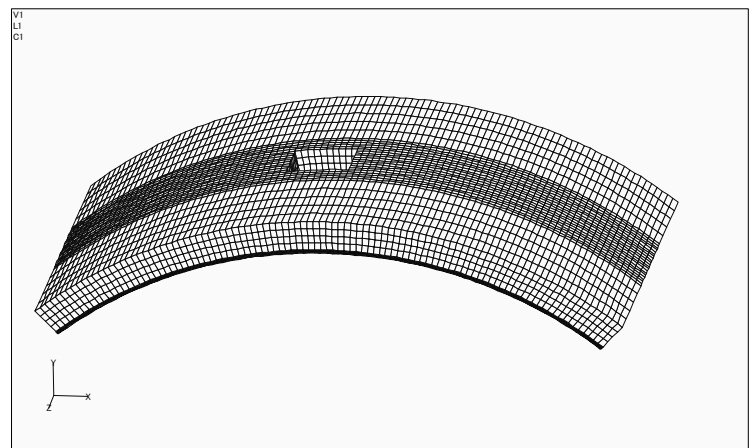


図-6 解析モデル図

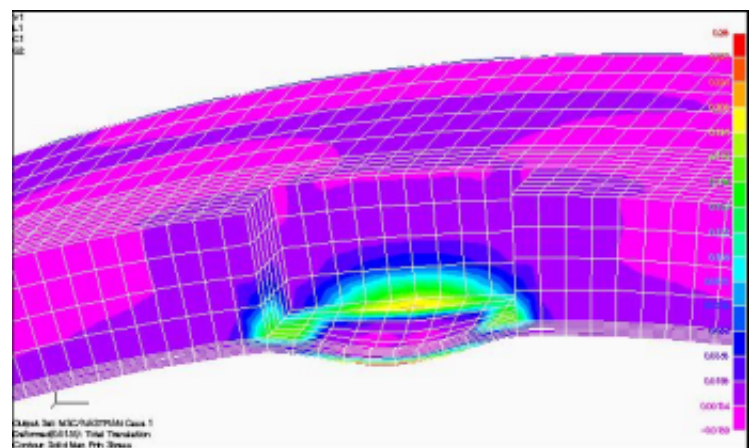


図-7 解析結果(拡大図)