

既設 RC スラブの開口補強（鋼板補強）について

JR 東日本コンサルタンツ（株） 正会員 ○鶴岡宏樹
 JR 東日本コンサルタンツ（株） 正会員 西村 純
 JR 東日本コンサルタンツ（株） フェロー会員 九富 理
 JR 東日本コンサルタンツ（株） 正会員 山本 忠

1. はじめに

平成 30 年度（73 回年次学術講演会）に、「既設 RC スラブの鋼板による開口補強に関する一考察」と題し、既設 RC スラブに新たに開口を設けた場合について、FEM 解析を実施して開口周囲の合理的な鋼板補強について考察している。また、平成 31 年度（74 回年次学術講演会）に、スラブ固定端付近に着目して、スラブ端部についても補強が必要となる場合があることおよびその応力発生状況を報告した。

しかし、上記の検討においては実際の施工ステップを考慮した解析を行うことができていなかったため、本稿では施工ステップ（補強鋼板設置→新設開口設置→活荷重載荷）を考慮した 3 次元 FEM 解析を実施し、現場で施工可能な鋼板補強案を提案する。

2. 解析の概要

既設スラブを開口補強する際の施工ステップを考慮し、補強鋼板・荷重条件等を定める。施工手順と曲げモーメントのイメージを図 1 に示す。

(1) 補強鋼板厚

等分布荷重である死荷重 ($W_D=6.125\text{kN/m}^2$) と活荷重 ($W_L=5.0\text{kN/m}^2$) の割合から、引張鉄筋の応力が現状非悪化（設計引張応力を超えない状態）となるような補強鋼板厚を算出する。

・補強前の既設鉄筋応力度（自重のみ）； $\sigma_{S1}=M_{D1}/A_{S1} \cdot dj$

・補強後の曲げモーメント増分； $\Delta M_2 = M_{D2} - M_{D1} + M_{L2}$

・補強後の既設鉄筋応力度増分； $\Delta \sigma_{S2} = \Delta M_2 / (A_{S1} + A_{S2}) \cdot dj$

上記の関係から鋼板厚を設定する。（単純化した必要補強量の算定）

・ $(W_D/W_L) \cdot (M_{D2} - M_{D1} + M_{L2}) \cdot A_{S1} = M_{D1} \cdot (A_{S1} + A_{S2})$

（ A_{S1} ；D13@250mm と想定）

以上より、現状非悪化を満足する単位幅当りの必要補強鋼板厚は 1.77 mm となる。よって、市場性を考慮し使用する鋼板厚を 6mm とする。

(2) 補強鋼板幅

開口設置前のスラブ端部の設計曲げモーメントに対して、開口を設置して片持ち梁状態となった固定側の曲げモーメント増加区間に鋼板を設置することとする。本検討の補強鋼板幅は 750mm となった。

(3) 解放力

鋼板にて開口補強する際の鋼板の発生応力度を求める場合、実際の施工手順を考慮すると図 1 のような計算ステップとなる。施工手順を考慮した計算（開口設置による応力解放）ができないプログラムの場合は、スラブ自重による断面力（両端固定梁）を理論式にて把握し、開口設置に伴う解放力（等価節点力）を手計算にて算出して、鋼板設置モデルに直接載荷することで評価した。（図 2）

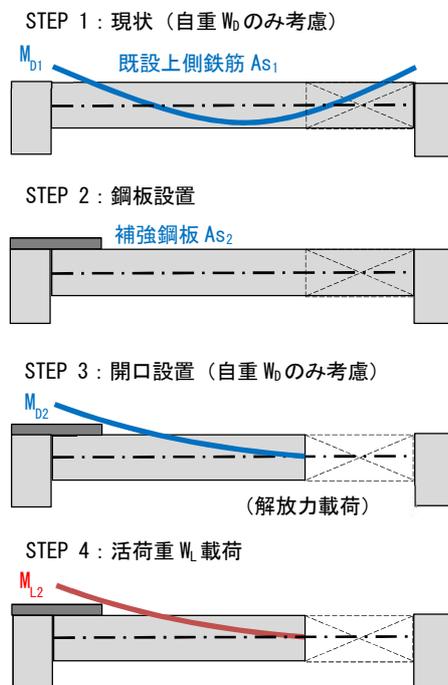


図 1 開口補強ステップ図と曲げモーメント

凡例	
・ M_{D1} ：	補強前の死荷重による曲げモーメント (kN・m)
・ M_{D2} ：	補強後の死荷重による曲げモーメント (kN・m)
・ M_{L2} ：	補強後の活荷重による曲げモーメント (kN・m)
・ A_{S1} ：	既設スラブ上側鉄筋量 (mm ²)
・ A_{S2} ：	補強鋼板断面積 (mm ²)
・ σ_s ：	鉄筋応力度 (N/mm ²)
・ d ：	有効高さ (mm)
・ j ：	$1-k/3$ (k：中立軸比)



図 2 解放力を考慮したモデル図

キーワード RC スラブ、開口補強、FEM 解析

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川 1-1-1 14 階 JR 東日本コンサルタンツ(株) TEL 03-5435-7627

(4) 解析モデル

- ①使用プログラム Midas FEA
- ②構造物の諸元 (図3 参照)
 - スラブ寸法 : 3m×15m (長辺方向2辺固定), t=250mm
 - 開口寸法 : 短辺方向 : 500mm (一定)
 - 長辺方向 : 1000~5000mm (@1000mm)
 - 補強鋼板 : 短辺方向 : 750mm (一定)
 - 長辺方向 : 開口幅+両側 1000mm
- ③要素タイプ
 - スラブ : ソリッド要素 (立体要素)
 - 鋼板 : シェル要素 (板要素)

④荷重

スラブ自重 : 24.5kN/m³
 群集荷重 : 5.0kN/m²

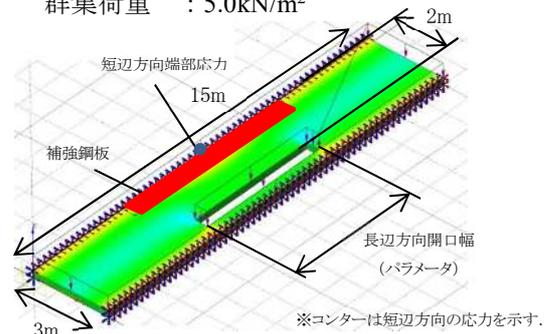


図3 応力度算出時解析モデル

3. 解析結果の整理

解析結果より、鋼板の応力からアンカーにかかるせん断力を算出し、必要な止めアンカー量を算出した。表1に鋼板引張力(アンカーにかかるせん断力)と必要アンカー径と本数を示す。

表1 アンカーにかかるせん断力と必要アンカー面積

長辺方向開口幅 (m)	鋼板の引張力 アンカーにかかるせん断力S (kN/長辺方向1mあたり)	必要アンカー面積 A (mm ²) = S / τ _a (長辺方向1m×短辺方向0.75mあたり) ※ τ _a = 85N/mm ²	参考	
			D13 (126.7mm ²)	
1.0	17.0	200	2	本以上必要
2.0	21.2	249	2	本以上必要
3.0	30.0	353	3	本以上必要
4.0	40.2	473	4	本以上必要
5.0	48.7	573	5	本以上必要

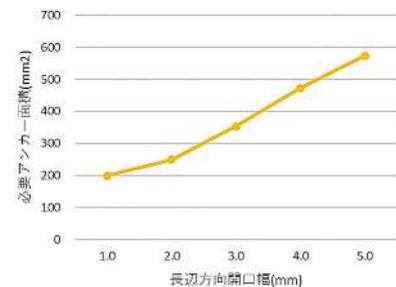
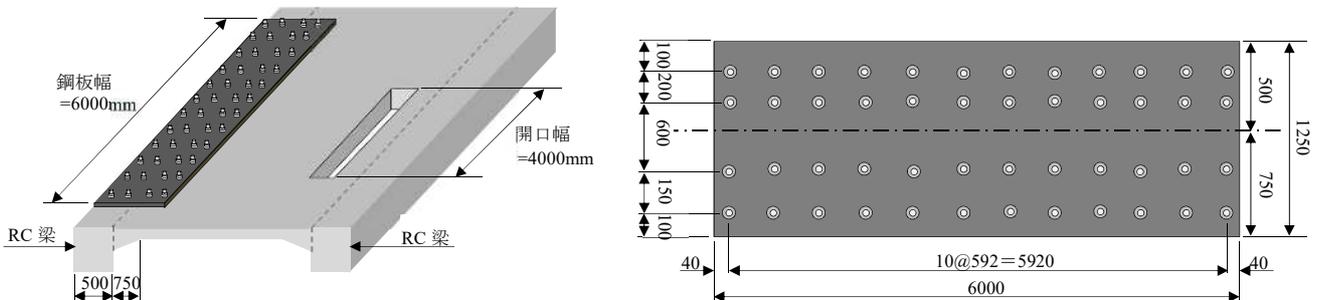


図4 開口幅ごとの必要アンカー面積

4. 鋼板による開口補強方法

解析結果を反映した鋼板による補強方法案の事例(開口幅4.0m)を以下に示す。鋼板は、スラブを支持するRC梁に同等のアンカー本数で定着する必要がある。



5. まとめと今後の課題

- ・既設スラブに新たに開口を設置した場合のスラブ端部補強について、施工ステップを考慮した解析モデルを使って検証し、死荷重：活荷重が6：4程度のケースではスラブ応力が現状非悪化となることを確認できた。
- ・開口幅が拡大するほど必要アンカー面積も増大することが分かった。これは、スラブの3次元効果により開口が比較的小さい場合はスラブ全体で応力負担することができアンカー面積は小さいが、開口が大きくなると片持ち構造に近くなることから3次元効果が期待できず、アンカー面積の拡大につながったためと考えられる。
- ・必要アンカー面積から標準的なアンカー径(D13)の必要本数を求め、基準に基づいたアンカー配置から鋼板による補強方法案を示すことができた。
- ・今後は、スラブ開口への鋼板補強の標準化に向けて、検討ケースを増やしていきたい。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，2004.4
- 2) 東日本旅客鉄道株式会社：あと施工アンカー設計マニュアル，2004.12
- 3) 平成30年度全国大会第73回年次学術講演会：既設RCスラブの鋼板による開口補強に関する一考察，2018
- 4) 平成31年度全国大会第74回年次学術講演会：既設RCスラブの開口による端部応力に関する一考察，2019