

既設 RC スラブ上の RC 補強梁の設計方法についての考察

JR 東日本コンサルタンツ (株)	正会員	○和田 将也
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

駅改良工事などで、電気や機械設備などの重量物を既設高架橋の RC スラブ上に設置する場合がある。しかし、スラブ厚は通常 200 mm 程度と薄く、重量物を新たに設置すると既設鉄筋応力が許容値を超過するため、出来るだけ既設梁上に設置するよう計画することが多い。しかし、鉄道高架橋の場合には軌道の位置は簡単には移動できないため、やむを得ずスラブ上に重量物を設置せざるを得ないことがある。そのような場合には、スラブ上面或いはスラブ下面の空いている空間に補強梁を設置して補強梁により重量物の荷重を支持する計画が選定される。本報告では、スラブ上面に RC 補強梁を設置する場合に着目し、RC スラブ上に設置する補強梁の設計について検討を行った。RC スラブ上に RC 梁を施工することから、既設スラブを型枠支保工として梁の生コンはスラブ上に直接打設するものとし、事前に後施工アンカージベル筋を設置することにより、一体化させる構造とした。上記の施工段階を踏んだ場合、各施工段階において設計の妥当性について検討を加えた。検討方法としては、FEM 解析を用いて、施工段階を考慮したステップごとの応力状態を断面力(曲げモーメント)に換算する。その後、FEM 解析の結果を正として、理論式で設計する場合の断面力と比較を行い、乖離点・留意点について考察を行う。

以下に施工段階を考慮したステップを記載する。また、簡易的な理論式による設計方針も併せて記載する。

ステップ 1：4 辺に梁を有するスラブの条件でスラブ自重のみを考慮する場合の短辺方向・長辺方向のスラブ端部・スパン中央の応力を算出し、断面力に換算する。

【設計方針】4 辺固定スラブの自重をスラブ全面に等分布荷重として載荷し、断面力を算出する。

ステップ 2：4 辺に梁を有する既設 RC スラブ上に補強梁を設置する際、生コン打設時（固まるまでの重量）における部分等分布荷重のみを載荷したときの短辺方向・長辺方向の端部・スパン中央の応力を算出し、断面力に換算する。

【設計方針】部分等分布荷重をスラブ全面の等分布荷重に換算した荷重に対して断面力を算出する。

ステップ 3：補強梁とスラブをジベル筋で一体化した後の断面において、設備荷重のみを補強梁中央に集中荷重として載荷したときの短辺方向・長辺方向の端部・スパン中央の応力を算出し、断面力に換算する。

【設計方針】(長辺方向) 補強梁を単純梁と考え、中央に集中荷重を載荷したときのスパン中央の断面力を算出する。

(短辺方向) 両端固定梁の中央に集中荷重を載荷したときの端部・スパン中央の断面力を算出する。

※ステップごとの応力(断面力)は弾性条件であることから、重ね合わせの原理に従い、累計されるものとする。

2. 解析の概要

①使用プログラム Midas FEA

②構造物の諸元 (図 1 参照)

スラブ寸法：2.7 m × 5.9 m (4 辺固定), $t = 200$ mm

補強梁寸法：1.0 m × 5.9 m (2 辺単純支持) $h = 0.7$ m

③要素タイプ

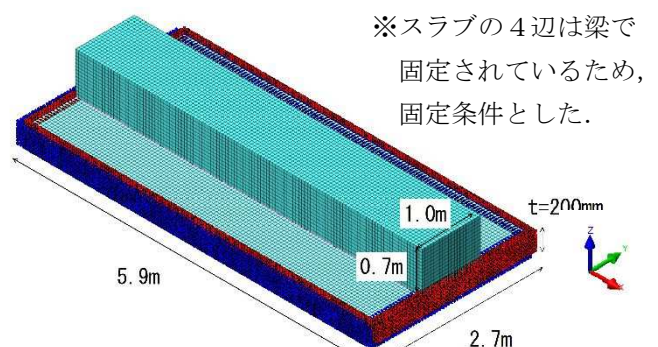
スラブ：ソリッド要素 (立体要素)

補強梁：ソリッド要素 (立体要素)

④荷重

RC スラブ, RC 補強梁自重：24.5 kN/m³

設備荷重：100 kN (補強梁中央に集中荷重として作用)



キーワード 既設 RC スラブ, RC 補強梁, 段階施工, FEM 解析, 鉄道高架橋

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

3. 解析の結果

各施工段階における応力の発生状況を図2～図7に記載する。同図において赤色の部分は引張応力が集中している箇所を示している。また、FEM 解析を基準とした理論式による曲げモーメントの比較結果を表1に示す。

ステップ1

- 理論式と FEM の結果は一致しており、端部・スパン中央において応力値の乖離はほとんどみられなかった。スラブ全面に等分布荷重が載荷している場合の検討結果は妥当である。

ステップ2

- 理論式において、部分等分布荷重をスラブに載荷した場合の計算は非常に煩雑なため、スラブ全面に等分布荷重が載荷したと考えて、ステップ1と同様の計算方法にて計算を行っている。しかし、部分的に載荷されている荷重を、スラブ全面に均して載荷しているため、全体的に FEM の結果より小さい値が得られている。

ステップ3

- 長辺方向の理論式において、補強梁に集中荷重を載荷する検討は、単純梁モデルを適用しており、スラブの4辺固定条件や梁とスラブが一体化した後の応力分担が考慮されていないため、乖離が大きかったものと考えられる。
- 短辺方向の理論式において、簡易的に両端固定モデルを適用した結果、FEM の解析結果より過大な値が得られた。特に、端部は FEM の結果と大きく乖離している。長辺方向と同様に、梁とスラブが一体化した後の応力分担を考慮した計算を行わないと、既設スラブの端部の応力が許容値を超過して過大な補強が必要となる可能性がある。

ステップ1 4辺固定スラブ スラブ自重

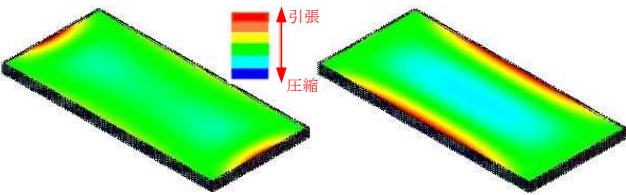


図2 長辺方向上面応力

図3 短辺方向上面応力

ステップ2 4辺固定スラブ 生コン荷重(固まる前)

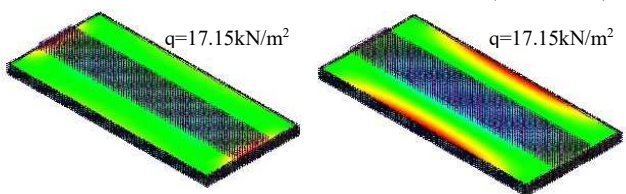


図4 長辺方向上面応力

図5 短辺方向上面応力

ステップ3 補強梁一体後 集中荷重

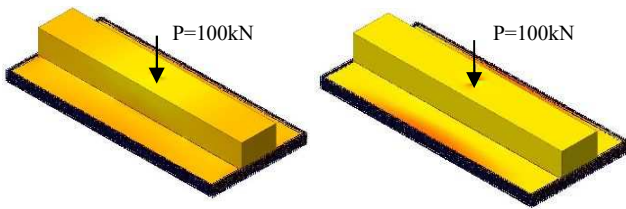


図6 長辺方向上面応力

図7 短辺方向上面応力

表1 FEM解析と理論式の乖離性について(曲げモーメントによる比較)

検討方法	方向	ステップ1				ステップ2				ステップ3			
		端部	判定	中央	判定	端部	判定	中央	判定	端部	判定	中央	判定
FEM	短辺方向	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-
	長辺方向	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	-	-	1.0	-
理論式による設計	短辺方向	0.99	○	1.01	○	0.91	△	0.72	×	6.17	×	1.74	×
	長辺方向	0.98	○	1.07	△	0.77	×	0.69	×	-	-	1.88	×

※FEM解析の結果を正とする。
※FEMとの結果の誤差が5%以内→○ FEMとの結果の誤差が5～10%以内→△ FEMとの結果の誤差が10%以上→×
※ステップ3長辺方向端部は、補強梁を単純支持として解析を行ったため、端部の応力については未検討。
※ステップ3中央部は一体化後の断面による照査を行った。

4. まとめと今後の課題

検討結果より、ステップ1では、理論式においてスラブに荷重を載荷させる場合、スラブ全面に等分布荷重が載荷した場合のみ正確な計算を行うことが可能であるということが確認できた。一方、ステップ2では、理論式で部分等分布荷重を等分布荷重に均して計算を行った影響で、FEM の解析結果と乖離したものと考えられる。また、ステップ3において、理論式では、補強梁とスラブを一体化させた後のモデルを考慮できていないため、FEM に近い値を再現しようとするためには格子計算による照査を取り入れる必要がある。設計を行う際、複雑なモデルを単純化して設計する場合、今回のように2方向で支持されたスラブ上の補強梁の設計においては、簡易的な理論式だけでは適切に評価できないことが分かった。今後は、格子計算と FEM 解析の比較を実施し、既設スラブの安全性の確認および補強梁の合理的な設計手法についても検討を加えたい。

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