

移動載荷により損傷した RC 床版の応力状態と有効幅の検討

(株)北武研究所

○正会員 細川 真利

北武コンサルタント(株)

正会員 坂口 淳一

北武コンサルタント(株)

正会員 渡辺 忠朋

(株) コムスエンジニアリング

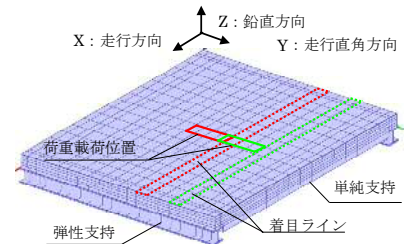
正会員 土屋 智史

1. はじめに

RC 床版の主な損傷原因は過積載等による疲労損傷であり、そのメカニズムは輪荷重試験による実験的なアプローチ¹⁾、現在では疲労損傷をモデル化した有限要素法により解明されている²⁾。そのような状況の中で、著者らはマクロ的な手法に基づく簡便かつ汎用性のある RC 床版の疲労破壊の照査方法の構築を目的として材料レベルでの疲労損傷に着目した³⁾。この手法は、RC 床版上面側の圧縮域コンクリートの圧縮疲労損傷に基づき、部材の疲労破壊を評価するものである。破壊条件は、応答値を圧縮域コンクリートの最小主応力 σ_2 、限界値をコンクリートの圧縮疲労強度 f'_{cr} とし、応答値が限界値を超える場合である。評価の方法は断面幅を設定し RC 床版を 2 次元の梁部材に置き換えコンクリートの圧縮域に作用する最小主応力を求めるものである。本稿では移動載荷により損傷した RC 床版の 3 次元での応力状態を確認するため、3 次元有限要素解析を用いて載荷位置や損傷の有無の違いが応力状態に与える影響を検討した。さらに主応力の結果から有効幅についても検討を行った。本検討は、応力状態の基礎的な傾向を把握するため弾性解析で行った。

2. 解析方法

解析ツールは三次元鉄筋コンクリート非線形解析 COM3D を用いた。解析対象は既往の論文で検討された輪荷重走行試験³⁾とした。解析モデルを図—1 に解析条件及び解析ケースを表—1 に示す。解析のパラメータは載荷位置と損傷の有無とした。健全な状態は損傷度 0.0、ひび割れ断面は損傷度 1.0 と今回は損傷度 0.5 をモデル化した。損傷モデルは、輪荷重により床版下面側のコンクリートがひび割れ損傷した状態を模擬するため、図—2 のように上面側から 2 層目より下の要素の弾性係数を低下させることとした。損傷度 1.0 の弾性係数は、最上段の要素を健全な弾性係数 E_c としひび割れ断面の断面二次モーメント I_y となるように設定した。載荷条件は T 荷重に相当するように載荷荷重を 100kN、載荷範囲を 200mm × 500mm とし節点荷重で図—1、図—2 に示す位置に載荷した。



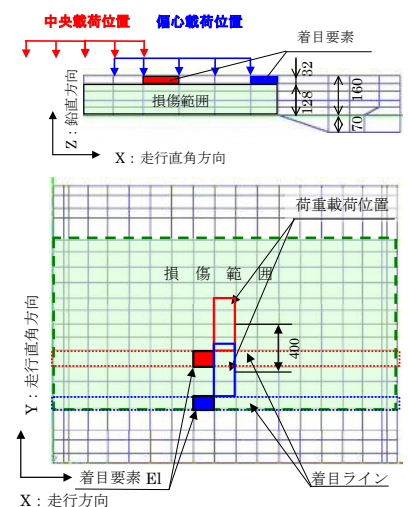
図—1 解析モデル

3. 解析結果と考察

床版上面の要素の最小主応力ベクトル図を図—3 に示す。全断面にわたって健全なケース 1, 3 は縦長の楕円状を呈しているが、損傷したケース 2, 4 では円状に近くなり、最小主応力が傾くことがわかる。これは損傷により単純支持による一方向スラブから、単純支持と弾性支持による二方向スラブへと変化することを示していると思われる。

図—1, 図—2 に示す着目ラインで X-Y 平面での最小主応力の分布図を図—4 に示す。中央載荷及び偏心載荷共に損傷状態では最小主応力は大きくなる。ここで、載荷点近傍 1650mm の最小主応力の不連続に小さな値は、荷重を節点に集中して与えているためと思われる。

図—5 に走行直角方向との最小主応力の角度を示す。最小主応力の角度は、中央載荷より偏心載荷の方が、また損傷が無い場合よりある方が大きくなる。載荷位置や損傷の有無が主応力の回転を与える影響を検討するため図—2 に示



図—2 損傷範囲及び載荷位置

キーワード RC 床版, 3 次元 FEM 解析, 主応力の回転, 有効幅

連絡先 〒062-0020 北海道札幌市豊平区月寒中央通 6 丁目 北武第 1 ビル 2F TEL 011-859-524

す載荷位置から一つ隣の着目要素 EL の角度を図—6 に示す。回転角度は約 30° から約 45° であり、損傷がある場合、偏心載荷の場合に大きくなる傾向がある。

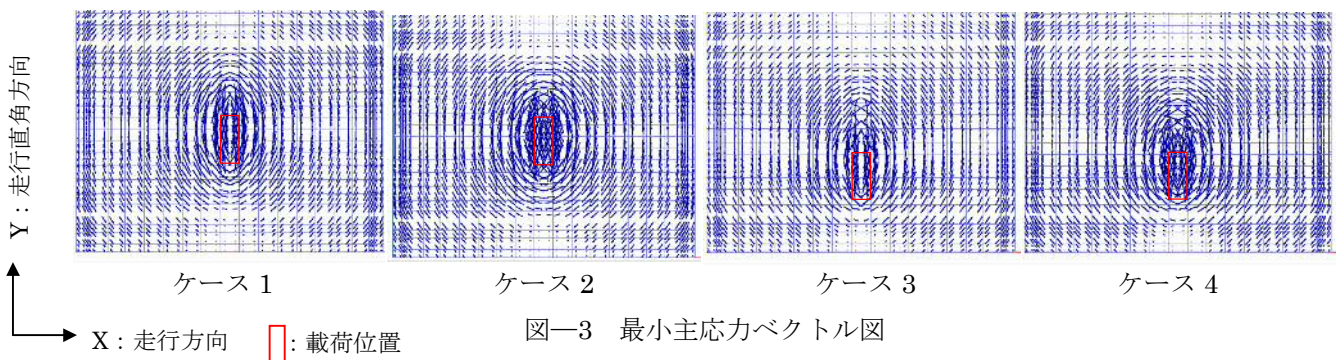
次に有効幅の検討を行った。有効幅の算出方法は、図—7 に示すように $\sigma_{\min}$ を除き変動応力分の斜線部の面積と等価になるように設定した。図—8 に算出した有効幅と集中荷重を受ける一方方向スラブの示方書による式④と合わせて示す。中央載荷による Case1,2 は示方書による式とほぼ同じ値であった。損傷を受けた場合の有効幅は、中央載荷、偏心載荷共に狭くなった。

4. おわりに

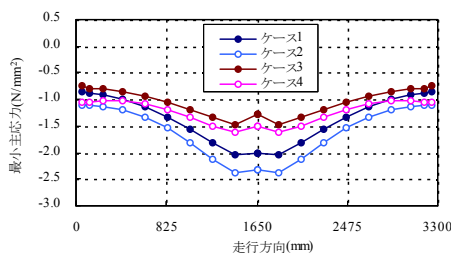
損傷した床版は、中央・偏心載荷共に最小主応力と角度は大きくなり、有効幅は狭くなる。今後は、非線形でも解析を行い応力状態や有効幅の検討を行う予定である。

表—1 解析条件および解析ケース

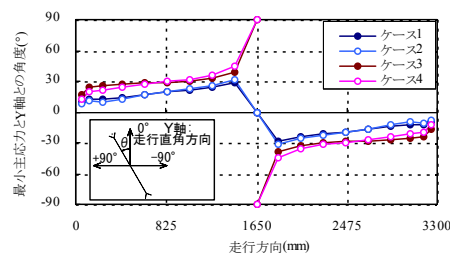
	床版本体	弾性支持
弾性係数 N/mm ²	E _c 2.54×10 ⁴	2.05×10 ³
断面二次モーメント mm ⁴	コンクリート全断面	I _G 3.41×10 ⁸
	ひび割れ断面	I _y 9.86×10 ⁷
	損傷度	弾性係数 N/mm ²
	0.0	2.54×10 ⁴
	0.5	1.45×10 ⁴
	1.0	3.61×10 ³
	載荷位置	損傷の有無
ケース1	中央 偏心	なし
ケース2		あり
ケース3		なし
ケース4		あり



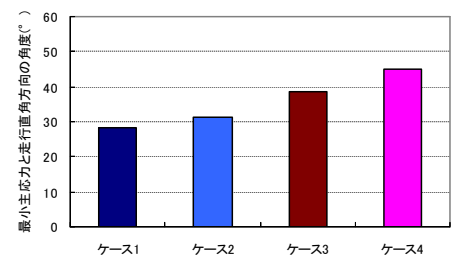
図—3 最小主応力ベクトル図



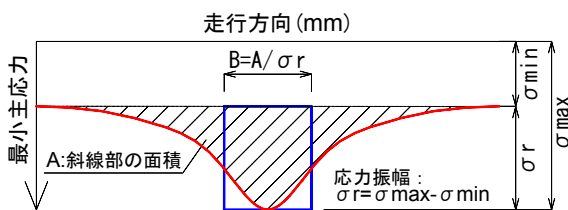
図—4 最小主応力の分布図



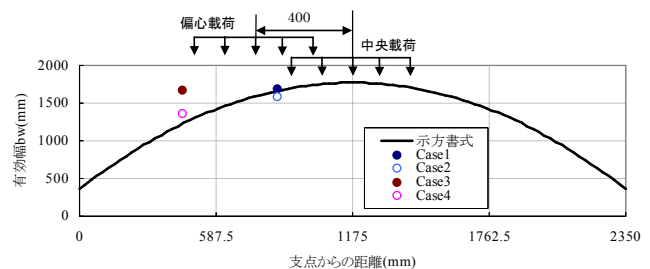
図—5 最小主応力の角度の分布図



図—6 着目要素の最小主応力の角度



図—7 有効幅の算出方法



図—8 各ケースの有効幅

参考文献

- 1) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版株式会社，2007.10
- 2) 藤山知加子，商 峰，櫻井信彰，前川宏一：直接経路積分法に基づく鋼コンクリート合成床版の疲労寿命推定と損傷モード，土木学会論文集，Vol.66，No.1，pp.106-116，2010
- 3) 坂口淳一，渡辺忠朋，土屋智史，久部修弘：補強 RC 床版の補強メカニズムとコンクリートの圧縮疲労損傷に基づく RC 床版の疲労破壊評価に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.2，pp.421-426，2013
- 4) 土木学会：2012 年制定 コンクリート標準示方書【設計編】，pp.125-127，2013