

BIM/CIM と FEA の連携による輪荷重走行試験の再現解析とその考察

山口大学大学院 学生会員 ○竹下 聡一郎 山口大学大学院 非会員 Shao Peilun
 山口大学大学院 非会員 Elfrido Tita Elias 山口大学大学院 正会員 渡邊 学歩

1. 研究の概要および目的

複雑な3次元構造を可視化し、設計/施工の効率化を図るため、BIM/CIMの積極的利用が進められている。本研究では、BIMツールと設計の連携の実践を目的として、室内実験モデルの大規模3Dモデルを作成し、これを用いた有限要素解析を行ったので報告する。

2. 3DCADによるBIMモデルの作成

本研究では、写真-1に示す輪荷重走行試験機を用いた既往の実験¹⁾の再現解析を行うために、図-1に示す実験供試体のBIMモデルを3DCADで作成した。デッキプレートの補剛するUリブや、横リブとUリブの交差部にあるスリットおよび縦リブなどの複雑な構造を忠実に再現できるので、3DCADの活用が有効である。なお、デッキプレートは同図中央より手前側が板厚16mm、奥側が19mmと異なる板厚となっている。他、同プレートに補剛するUリブも左側2列の厚さが8mmであるのに対して、右側が6mmとなっており、輪荷重の作用位置を変更することで、1供試体で異なる四つの構造の輪荷重走行試験を検証できる。



写真-1 輪荷重走行試験機¹⁾

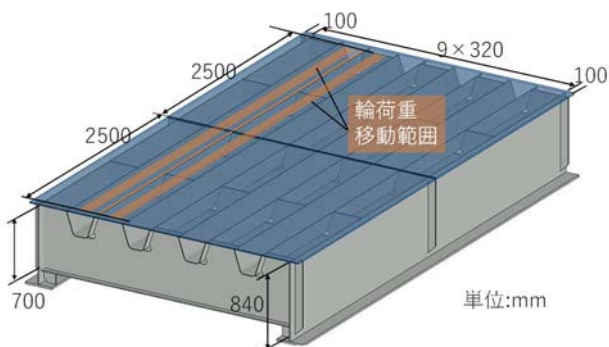
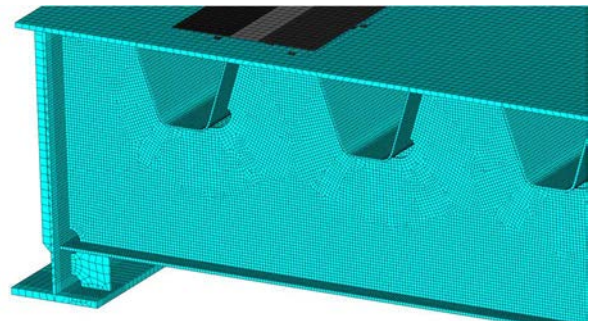


図-1 実験供試体 (BIMモデル)



(a) 構造全体



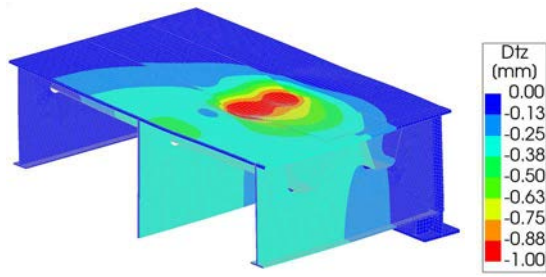
(b) 横リブ・Uリブ交差部(拡大)

図-2 BIM/CIMモデルから作成した有限要素モデル

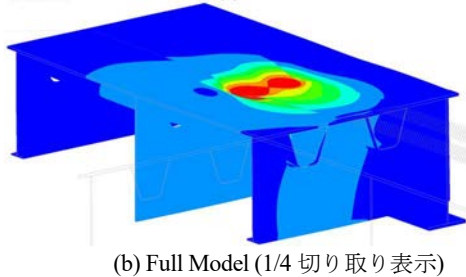
表-1 解析モデルの概要

モデル	単位	Type A	Type B
材質		SM490Y	
ヤング率 E	(N/mm ²)	2×10^5	
ポアソン比 ν	()	0.3	
質量密度 ρ	(t/m ³)	7.7	
荷重条件	(kN)	150 (ダブルタイヤ)	
要素種別		本体構造：ソリッド要素 載荷板：シェル要素	
		1次要素	2次要素
要素数		693,341	693,341
自由度数		2,266,466	8,868,855

図-2には、前述のBIMモデルを汎用構造解析ソフトで読み込み作成した解析モデルを示す。Uリブやスリットをモデル化するため、メッシュサイズが10mm程度となっており、構造モデル全体の要素数が非常に多くなっていることが分かる。実際、表-1には本解析モデルの概要を示すが、1次要素を用いたType Aのモデルは要素数69万、自由度数が約227万、2次要素の

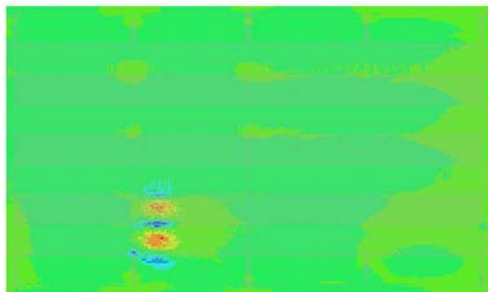


(a) 1/4 Model

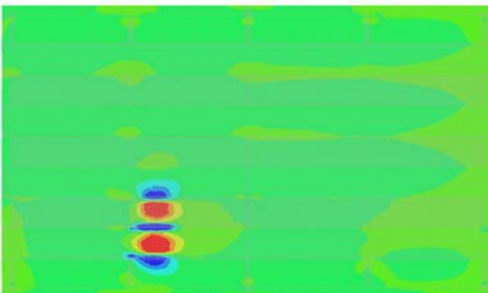


(b) Full Model (1/4 切り取り表示)

図-3 1/4 Model と Full Model での荷重載荷時変形の違い



(a) 1次要素モデル



(b) 2次要素モデル

図-4 1次 vs. 2次要素による輪荷重載荷時のデッキプレート内の橋軸直角方向ひずみの分布

モデルは Type B では要素数が等しいものの、887万自由度と非常に大きなモデルとなっている。解析時間の短縮を目的に、構造が対称であると仮定して 1/4 モデルに縮退させて解析を試みたが、当然ながら、図-3 に示す通り、実験供試体をフルでモデル化した場合と比べて変形が大きくなりすぎてしまい、実際の状況を再現できない。理由は明らかであるが、図-2 に示した通り、輪荷重が偏載荷となっているためである。仮に、構造が対称であっても、荷重条件等により実橋や複雑な構造を全てモデル化する必要があり、こうした構造を解析するには大きなメモリが必要となる。

3. 輪荷重走行試験の再現解析

図-4 には、輪荷重載荷時のデッキプレート内の橋軸

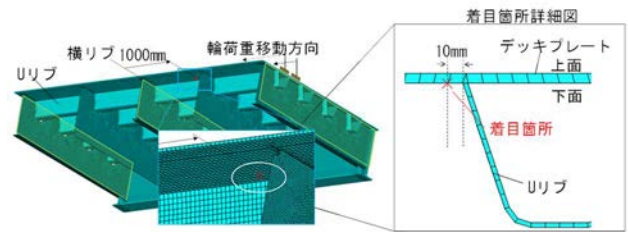


図-5 デッキプレート裏面の着目節点

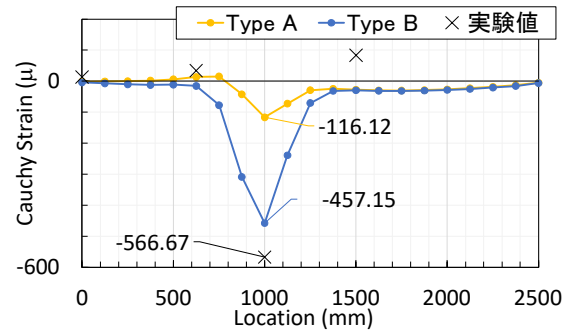


図-6 デッキプレートひずみの再現度の違い

直角方向ひずみの分布図を示す。1 次要素を用いた場合に比べて 2 次要素でモデル化すると、輪荷重接地面におけるデッキプレートのひずみ分布が滑らかになっている他、ひずみの値も大きくなっている。

図-5 に示すデッキプレート裏面の着目節点（デッキプレート裏側の U リブとデッキプレート接合部付近）におけるひずみが、輪荷重の移動によってどのように変化するかを図-6 に示す。着目点が供試体中央から 1000mm に位置しているため、タイヤが同点を通過する際にひずみが負側で最も大きくなっている。2 次要素でモデル化した Type B の解析結果は実験結果に近い値（ -457.2μ ）を示しているが、1 次要素を用いてモデル化した Type A では、実験結果の 1/5 程度（ -116.1μ ）のひずみしか発生しておらず、解析精度が大きく低下している。

4. 考察

- 曲線部を有する U リブやスリットを含む複雑な供試体を BIM ツールの活用によりモデル化が容易になる。
- 構造や荷重条件の非対称性により、部分構造モデルの採用ができないだけでなく、解析精度を保証するために高次要素を使用する必要がある。
- これにより、構造モデルの自由度数が桁違いに大きくなり、並列計算技術や大規模計算サーバーを利用促進が進むと考えられる。

参考文献

1) 村越潤, 梁取直樹, 石澤俊希, 遠山直樹, 小菅匠: 鋼床版デッキプレート進展き裂に対するデッキプレート増厚の効果に関する検討: 鋼構造論文集, p57, p61: 2012年9月。