

CLT 床版用鋼製防護柵に用いられる支柱の破壊挙動

環境構造工学分野 7021594 服部 紘大

1. はじめに

CLT はコンクリートと比較した際、軽量かつ十分な疲労耐久性を有することから、橋梁床版としての利用にも期待されている。しかしそのためには防護柵の取り付けが可能かつ車両が衝突した際の安全性が確認されていることが必須である。CLT 床版に防護柵を取り付ける試みとして、様々な方法が検討されており、鋼製支柱及び鞘管を含めた上部プレートを取り外し可能のものとした場合、鞘管に支柱を差し込む構造にすることで、支柱が車両衝突相当の荷重を受けた際、損傷が防護柵支柱及び鞘管の付属したプレートの上に留まった場合に、支柱部分やプレートを取り替えれば維持管理の効率化やコスト削減を期待できる。本研究では内鞘に 2 箇所のスリットを入れることで引張側の鞘が塑性変形してから折れ曲がり、圧縮側の鞘に当たることで圧縮側の鞘管を塑性変形させるという 2 段階の塑性変形で車両衝突によるエネルギーを吸収させることを意図した構造を 3D 有限要素ツールの Salome-Meca を用いて簡易にモデル化し、接触解析により 2 段階の塑性変形を再現できるか検討する。

2. 解析手法

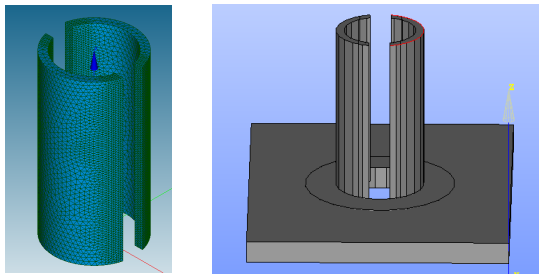


図-1 解析モデル 1 図-2 解析モデル 2

まず最初に弾塑性を考慮した接触解析をできるようにするために、鋼板を 2 枚隙間を少し開けて連ねたモデルで解析を行う。このモデルは鋼板が

一枚あたり縦 100mm、横 9mm、高さ 200mm のサイズで隙間を 7mm とした。材料諸元はヤング率 $E=206000\text{MPa}$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、応力降伏度 $\sigma_y = 238\text{MPa}$ とする。载荷についてはモデル上部の外側の辺 100mm に線载荷を加え最終荷重は 320N/mm とした。続いて鞘管の塑性変形の再現のため、図-1 に示す鞘管のみのモデルを使用して接触解析を行った。使用したモデルは鋼材で半径 50mm、41mm、高さ 200mm、スリット間 24.6mm、材料諸元は先程と同じで実際の実験と同じモデルを使用した。スリットについては実際は断面が少し外にそむけているが、解析の都合上、互いの断面を平行になるようにしてモデルを作成している。この条件で線载荷を鞘管の载荷側の縁に加え、底面を固定し挙動を確認する。最終荷重は鞘管の降伏も確認したかったため 863N/mm とした。実験結果と比較するため、y 軸は縦軸モーメントで揃えて、水平変位は三角比で考えて実験の最終水平変位量が 96.95mm だったため $\sin \theta$ より解析結果の値を 2.88 倍して比較を行う。最後に図-2 に示す鞘管底部にプレートを取り付けたモデルに関しては、縦 375mm 横 300mm 厚さ 25mm プレートの中央に穴が空いていて、正 24 角形で作成されたの鞘管がその穴に 12mm 差し込まれた状態で一体化されたモデルとなっている。この解析モデルの最終荷重は 700N/mm としている。縦軸モーメントを計算する際、高さは鞘管が刺さっている部分の中央の値を起点として 194mm と考える。水平変位は解析結果の値を 3.09 倍して比較を行う。

3. 解析結果

最初に鋼板 2 枚の解析結果が次の図 3、図 4 のようになった。弾塑性を考慮しつつ接触解析を通じて 2 段階の降伏を確認することができた。

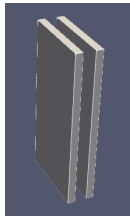


図-3 解析モデル

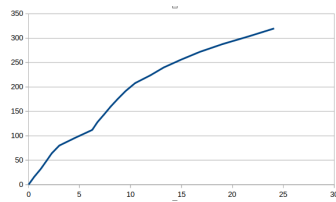


図-4 荷重-変位量

続いて鞘管のみの解析モデルの結果より,Paravisでの様子は図5のようになった。

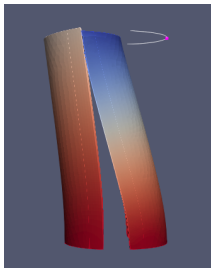


図-5 Paravis での結果

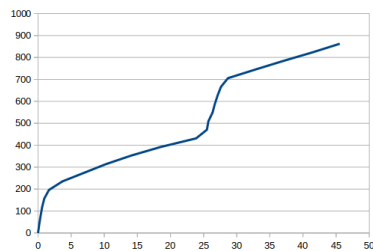


図-6 荷重-変位量

モデルの載荷線側の中央1点をプロットしてy軸方向への荷重-変位量のグラフを見ると図6のようになった。

続いてこの結果を過去の実験結果と縦軸モーメントで比較すると次の図7のような結果になった。このような結果となった理由として考えられるのは、実際のモデルは鞘管と支柱がドリフトピンで連結されていて剛性はより大きくなると思われるため、支柱を含めたモデルによる数値改正が必要である。次

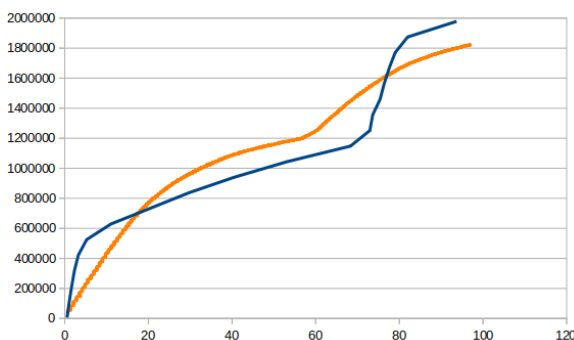


図-7 縦軸モーメント - 変位量

に鞘管とプレートを一体化させたモデルの結果を示す。Paravisの結果が図8, 荷重-変位量を見たグラフは図9のようになった。プロットした箇所は

図1のモデル同様載荷線の中央一点をプロットしている。円柱のモデルではしっかりと一体化できていなかったせいか、剛性がとても弱い結果になってしまったためしっかりと一体化できるであろう角柱のモデルで解析を行っている。その結果こちらのモデルでも鞘管のみと近似した結果が得られた。図10は過去の実験結果と縦軸モーメントで比較した結果になる。

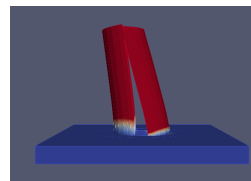


図-8 Paravis での結果

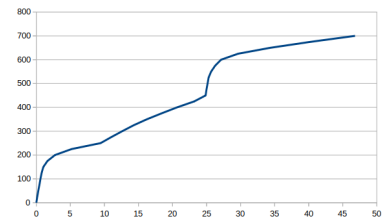


図-9 荷重-変位量

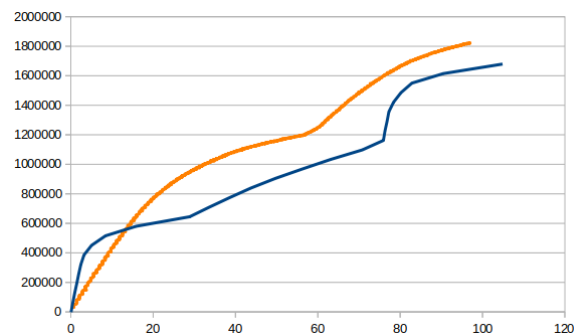


図-10 縦軸モーメント - 変位量

4. 今後の展望

接触解析を使用した解析の目処が見えたと言える結果が得られたため、しっかりとした比較を行うためにもパーツは増やしていき、最終的には全体のモデルを作成して実験値との比較を行いたい。そしてスリットが入っていることでどの程度エネルギーが吸収できているかの検証や、ラグスクリューボルトの位置を変えたモデルがあるためそのモデルとの比較も行ってみたい。

参考文献

- 1) 小川 虹輝, 後藤 文彦, 佐々木 貴信, 荒木 昇吾, 今井 良: CLT 床版への取付・交換を考慮した鋼製防護柵の破壊挙動, 構造工学論文集 Vol.70A(2024年3月), p.855-893