

FEM 解析による損傷制御型サイドブロック取付ボルトの配置方法の検討

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○張 広鋒
 首都高速道路株式会社 正会員 和田 新
 首都高速道路株式会社 正会員 右高 裕二

1. はじめに

近年の大規模地震では、支承サイドブロックの取付ボルトの破断やサイドブロック本体の脱落などの被害が多数報告されている。破損したサイドブロック部材が高架下に落下すると第三者被害を引き起こす恐れがあり、このようなリスクを回避するための一対策として、著者らは高い変形性能を有し、かつ部材が破断しない損傷制御型サイドブロック (Damage-Controlled Side Block, 以下 DCSB) の研究開発を行ってきた^{1)~2)}。DCSB の設計思想としては、常時では従来型サイドブロックと同様に上部構造の横変位を拘束するが、大地震時における終局状態では凸部の塑性変形によって頂部が上沓より低くなり上部構造への拘束を開放する。図-1 に DCSB の変形前の形状および上部構造への拘束を開放した後の終局状態のイメージ図を示す。これまでは、塑性変形が生じやすく、かつ大変形時でも破断しない凸部の形状を重点的に検討してきた^{1)~2)}。本研究では、これまでの検討結果を踏まえ、取付ボルトの破断を確実に防ぐため、三次元弾塑性 FEM 解析を用いて取付ボルトの最適な配置方法を検討した。

2. DCSB 取付ボルトの配置方法

DCSB 凸部の頂部に水平力が作用する場合は、取付ボルトには水平力に釣り合うせん断力に加え、水平力による曲げモーメントによって前面の取付ボルトに上向きの引張力が作用する (図-2 (b))。引張力に対して取付ボルトによる抵抗力が不十分であると、フランジが浮き上がり、さらに変形することがある。フランジの変形に伴って取付ボルトの塑性変形が増大し、最終的に破断に至る可能性がある。これまでの検討では、通常のサイドブロックに適用される図-2 (a) に示す配置方法を用いていた。一連の実験では、取付ボルトの破断が生じていなかったが、フランジの橋軸方向の中央付近に曲げによる微小な面外変形が見られた。このようなことがあるため、著者らは、図-2 (b) に示す新たな取付ボルトの配置方法を提案することとした。今までの配置方法と比べ、新たな配置方法では、凸部前列の引張に抵抗するボルトの本数を4本から5本に変更した。

新たな配置方法を含む DCSB 全体の性能を検証するための静的・動的実験に先立ち、本研究では、三次元 FEM 解析を用いて配置方法の妥当性を検討することとした。

3. 解析モデルおよび解析結果

解析では、50トン支承に適用するDCSBを対象とした。取付ボルトには強度区分8.8のM24 (保証耐力:212kN) を用いた。これは、別途検討している設計方法によって設計したものである。図-3にFEM解析モデルの詳細を示す。解析では、材料の弾塑性の他、以下の幾何学不連続性も考慮してフランジの変形を再現できるように設定した。1) ボルトとフランジボルト孔間に隙間を設け、両者が接触しないように設定した。2) フランジの浮きや変形を再現可能にするため、フランジとベースプレート間に接触面要素を配置した。このような

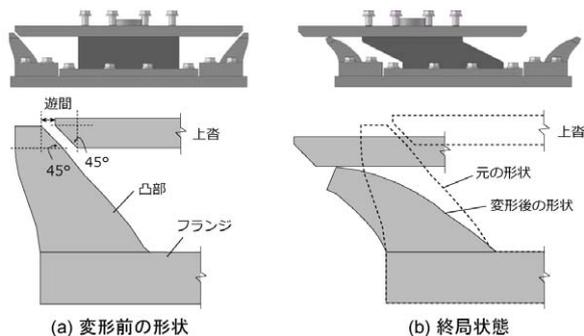


図-1 DCSBの形状及び終局状態のイメージ図

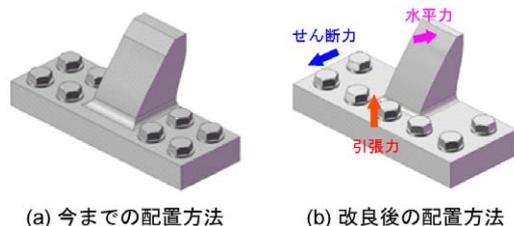


図-2 DCSBの取付ボルトの配置方法

キーワード 橋梁, 耐震, 支承, サイドブロック, FEM 解析

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-10-11 (一財) 首都高速道路技術センター技術研究所 TEL 03-3578-5751

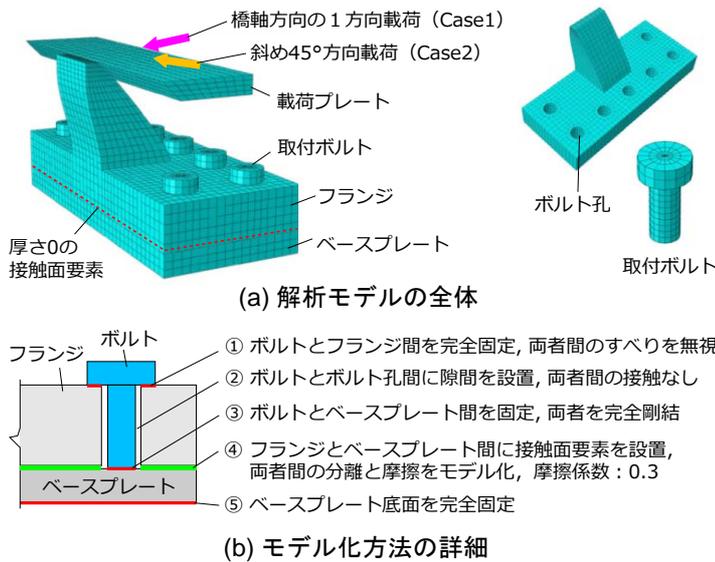


図-3 FEM解析モデルの詳細

モデル化方法を用いることによって、フランジとベースプレート間に圧縮状態となる際には、連続体と同様に両者が一体となるが、引張状態となる際は両者が自由に分離することが可能となる。

解析では、実地震力の作用状況を考慮し、橋軸直角方向に荷重する場合 (Case1) と斜め45° に荷重する場合 (Case2) の両ケースを実施した。Case2の場合は、橋軸直角方向の荷重に伴って橋軸方向に摩擦による荷重が生じる。摩擦係数は、サイドブロックと载荷プレート間の表面状態を考慮し、便宜的に0.3とした³⁾。図-4に解析結果の荷重荷重およびボルト軸力を示す。各取付ボルトの軸力は、両ケースとも中央にあるボルト③が最も大きく、外側に配置されているものほど徐々に小さくなる分布となっている。Case1とCase2のボルト③の軸力の最大値は162kNと152kNで、それぞれ保証耐力の212kNの76%および72%である。図-5に、一例としてCase2の最大荷重時(直角変位：20mm)の変形状況およびMises応力コンター図を示す。図より、凸部が全体的に緩やかに変形していることが分かる。また、ボルト③と④間のフランジ断面の応力コンター図より、ボルト③付近のフランジの応力が降伏応力の半分以下であり、最大荷重時までフランジに塑性変形が生じていないことが分かる。

4. まとめ

本研究では、高い変形性能を有しかつ部材が脆性的に破断しないDCSBの実用化に向けて、三次元弾塑性FEM解析による取付ボルトの配置方法の検討を行った。検討の結果、改良した取付ボルト配置方法を適用するにより、凸部が終局に至るまで取付ボルトのひずみが弾性域内に収まることが解析的に確認された。なお、DCSBは、国立研究開発法人土木研究所、株式会社高速道路総合研究所、阪神高速道路株式会社、名古屋高速道路公社および首都高速道路株式会社による「支承の長期耐久性に関する共同研究」において首都高速道路グループが主体となって開発したものである。

4. まとめ

本研究では、高い変形性能を有しかつ部材が脆性的に破断しないDCSBの実用化に向けて、三次元弾塑性FEM解析による取付ボルトの配置方法の検討を行った。検討の結果、改良した取付ボルト配置方法を適用するにより、凸部が終局に至るまで取付ボルトのひずみが弾性域内に収まることが解析的に確認された。なお、DCSBは、国立研究開発法人土木研究所、株式会社高速道路総合研究所、阪神高速道路株式会社、名古屋高速道路公社および首都高速道路株式会社による「支承の長期耐久性に関する共同研究」において首都高速道路グループが主体となって開発したものである。

参考文献

- 1) 張 広鋒, 蔵治 賢太郎, 右高 裕二, 大住 圭太: 地震時の損傷を制御する新型支承サイドブロックに関する研究, 第18回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム, pp. 1-6, H27. 7.
- 2) 蔵治 賢太郎, 右高 裕二, 張 広鋒, 大住 圭太: 地震時の損傷を制御する支承サイドブロックの FEM 解析による形状検討, 土木学会第70回年次学術講演会, pp. 271-272, H27. 9.
- 3) 土木学会: 高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針 (案), 2006

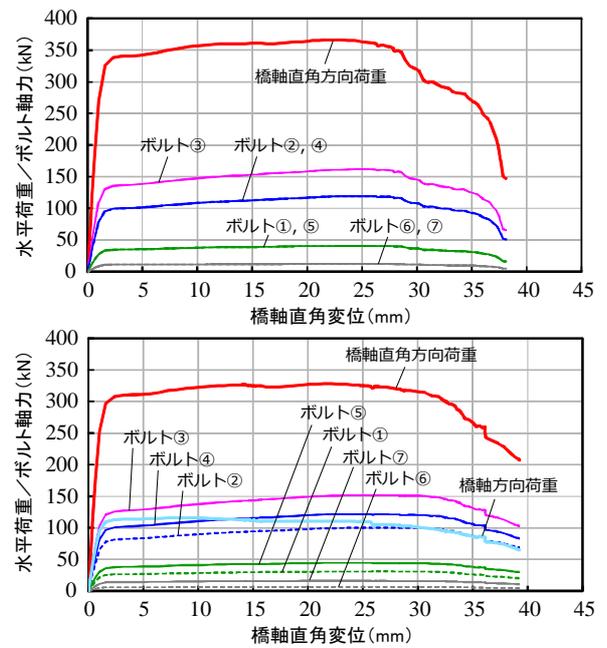


図-4 荷重荷重とボルト軸力 (上: Case1, 下: Case2)

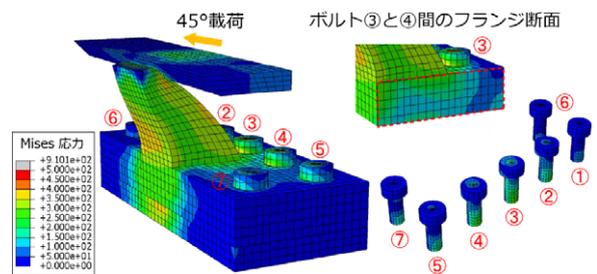


図-5 Case2の最大荷重時応力コンター図