

鉄道橋支承サイドブロック構造に対する合理的な形状の検討

鉄道建設・運輸施設整備支援機構

正会員 藤原 良憲

復建エンジニアリング

正会員○桒山 剛, 平 暁, 秋山 慎一郎

1. はじめに

近年, 新幹線鉄道における連続合成桁の設計では, 支承構造に地震時水平力分散ゴム支承を採用するケースが多くなっている. 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物¹⁾では, ゴム支承を用いる場合に移動制限装置と落橋防止装置を兼ねた水平脊を用いるケース, 下部工にストッパー等の落橋防止工を設け, 別途ゴムシューに移動制限装置を設けるケースが示されているが, 地震時水平力の影響が支配的でない場合, ゴム支承と一体となったサイドブロックで移動制限装置と落橋防止装置を兼ねた構造を採用するケースもある. 一方で, サイドブロック構造の損傷はセットボルトに作用する引張力の影響が支配的であるとの報告²⁾も示されており, 適切な引抜き力に対する評価が重要である. 以上の背景を元に, 本稿では移動制限装置と落橋防止装置を兼ねたサイドブロック構造について, 簡易式と精密解析の比較検討を行うことで合理的な形状の検討を試みたものである.

2. 検討対象としたサイドブロック形状

検討では, 図1に示す2ケースを対象とした. 標準的な形状のケース①と比べ, ケース②ではサイドブロック形状が扁平でありセットボルトに対する均等な引抜き力が作用するかが懸念される. 両ケースに対して, 簡易式による計算及び立体FEM解析を行い, 比較検討を実施した.

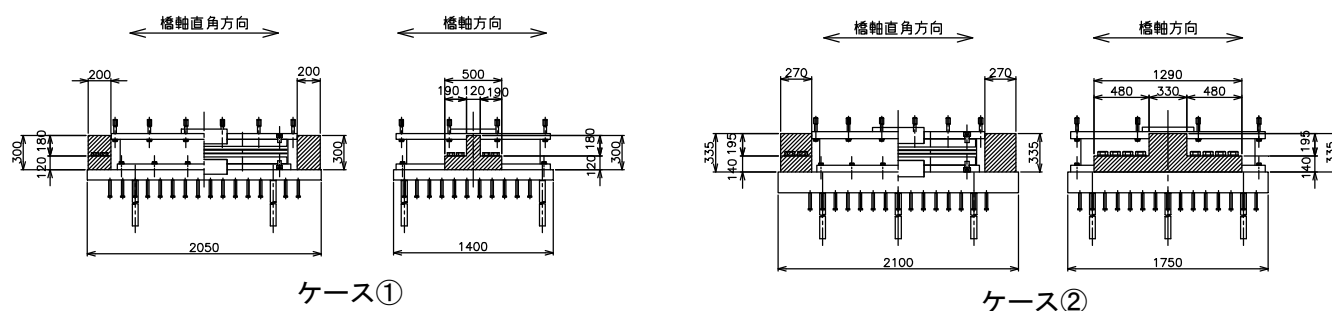


図1 検討対象のサイドブロック形状

3. 簡易式による算定

設計引張力 T_d は, 奥行方向のボルトが均等に引張力を負担すると仮定し, 以下に示す式にて算出した.

$$T_d = HT \times h1 \times L_{max} / (n2 \times (L1^2 + L2^2)) \times \gamma_a$$

ここに, HT : 水平力, $h1$: 作用高さ, L : 各ボルト列までの離隔, γ_a : 構造解析係数 (1.00) を示す.

図2に算出模式図を, 表1に簡易法によるサイドブロックボルトの照査結果一覧を示す.

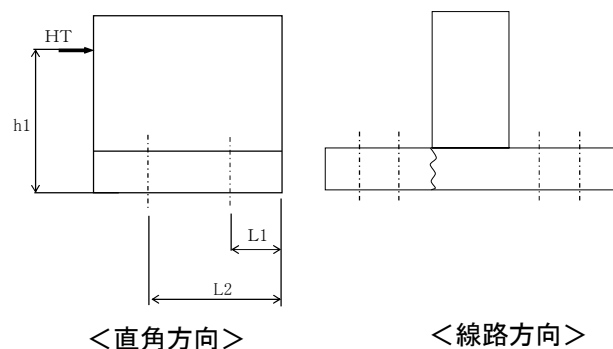


図2 算出模式図

表1 簡易法照査結果一覧表

		ケース①	ケース②
形状 諸元	h1	mm	283.50
	L1	mm	60
	L2	mm	80
	M	mm	140
	n	—	16
	n1	—	2
水平力	HT	kN	750
	Td	kN	321
引抜耐力	Tud	kN	495
	照査	検討式	0.65

4. FEM解析モデル

応答値の算出はFEM構造解析ソフトである midas FEA を用いた。解析モデルは本体をソリッド要素とし、材料の物性値は弾性係数 $2.00 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比 0.30、メッシュ分割は 10mm 程度に設定した。上査から伝達される水平力は分布荷重として考慮し、ケース①モデルに対しては 750kN、ケース②モデルに対しては 3100kN 相当を考慮した。サイドブロック底面の境界条件は押し込み側端部を鉛直方向のみ拘束する条件とし、セットボルト位置の引抜力を直接算出できるよう、先端をピン結合とした微小な梁要素を各セットボルト位置にモデル化した。ケース①及びケース②におけるFEM解析モデルを図3、図4に示す。

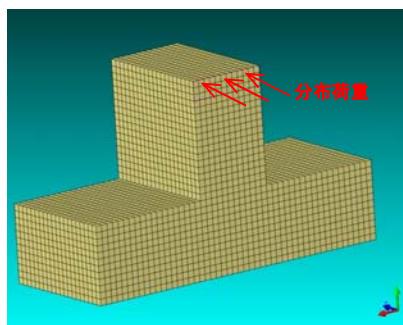


図3 FEM解析モデル（ケース①）

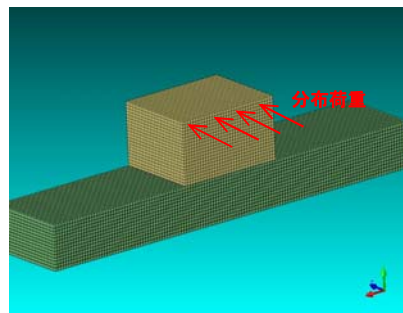
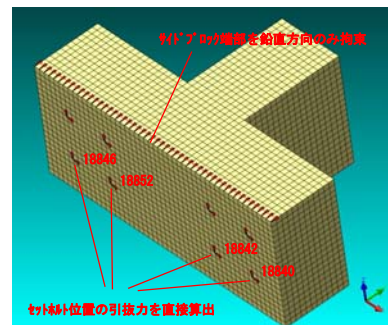
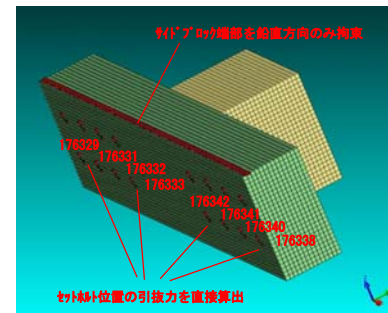


図4 FEM解析モデル（ケース②）



5. FEM解析結果

図5にケース②における鉛直方向主応力コンターを示す。また、表2には各ボルト列における引抜力算出結果を示す。FEM解析の結果、ケース①モデルでは中央側のボルトに対して外側ボルトの引抜力分担率は0.85程度となり、ケース②モデルでは最も外側のボルトの引抜力分担率は0.38程度となった。このことは、ボルト列数が増えれば増える程外側のセットボルトが負担する引抜力が減となる傾向を示している。また、突起付根の端部に局部応力が集中する傾向が確認されたが、実構造ではR10程度の丸みを付けて製作されるため実用上は問題にはならない。(図6モデルによる解析を実施)

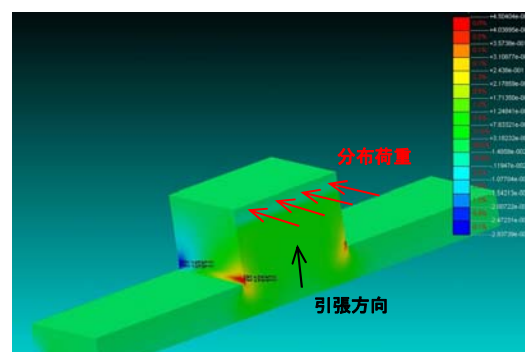


図5 鉛直方向主応力コンター（ケース②）

表2 引抜力算出結果一覧

ケース①モデル			ケース②モデル		
節点NO	引抜力(kN)	分担率	節点NO	引抜力(kN)	分担率
18840	-309	0.85	176329	-326	0.39
18842	-362	1.00	176331	-443	0.53
18852	-362	1.00	176332	-608	0.73
18846	-307	0.85	176333	-829	1.00
			176342	-820	1.00
			176341	-596	0.73
			176340	-432	0.53
			176338	-313	0.38

6. まとめ

道路橋で採用実績の多いレベル2地震対応のサイドブロック構造が過去の大規模地震で破断したという事象は確認されていない。これは、簡易式で考慮された安全率や、実際のボルト鋼材強度が設計上考慮している許容値以上となることが多いためと考えられ、従来の簡易式による設計でも実用上の問題は無いことを示している。

しかしながら、今回のFEM解析検討によりサイドブロックボルトの引抜力を算出することで簡易法との作用引抜力に対する相違点を抽出することが出来た。今回の解析モデルが必ずしも実際の事象を完全に再現できているとは言えないが、中央側のボルトに引抜力が偏る傾向にあることは認識しておくことが重要と考えられる。

今後は、本検討により得られた知見を考慮した上で、合理的なサイドブロック形状並びに効率的な配置が可能となるボルト列数の限界値を定めていきたい。

参考文献

- 国土交通省監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物），丸善，2009.7.
- 「東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会 最終報告書」，土木学会地震工学委員会，2015.8.

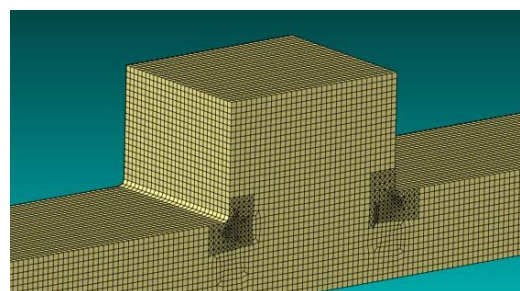


図6 面取り考慮モデル（ケース②）