

鉄道車両の脱線により鋼製逸脱防止装置に作用する衝撃力に関する解析的研究

九州大学 学生会員 ○ 瀨上 翔太

九州大学 学生会員 深澤 仁

九州大学 正会員 園田 佳巨

鉄道総合技術研究所 正会員 曾我部 正道

1. 目的

近年、鉄道車両技術の発展による営業速度の増加や路線が市街地内を通行している状況などにより、列車が速度超過や地震等により脱線し、最悪の場合には車両横転などの大惨事を招くという事態が生じている。このような事故の安全対策の1つとして、たとえ車輪が脱線してもそれ以上逸脱しないよう、レールの外側に鋼製逸脱防止装置(以下、鋼製ガードと称する)を設置するという工法が考えられる。鋼製ガードを用いて鉄道車両の脱線後の逸脱を防止し、円滑に車体の軌道を修正・誘導するためには、鋼製ガードの耐衝撃性能を正確に把握することが重要である。本研究で対象とした鋼製ガードは、複数の部品をボルト接合により締結する構造になっており、鋼製ガードの耐衝撃性能はボルトの耐力の影響を受けることが予想される。よって、本研究では鋼製ガードの耐衝撃性能を評価することを目的として、3次元弾塑性有限要素解析により、鋼製ガード構造の破損の可能性を定量的に把握した。

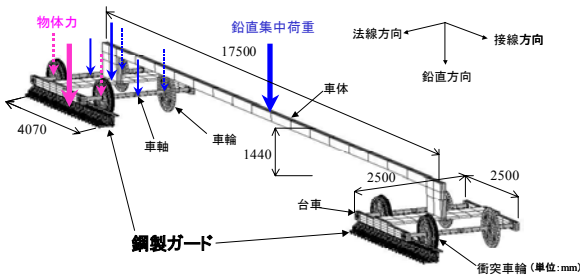


図-1 解析モデル全体図

2. 内容

2.1 解析モデルおよび解析条件

本研究では、車両と鋼製ガードを、それぞれ8積分点を有するソリッド要素を用いてモデル化した。図-1に解析モデル全体図を示す。車体、台車、車軸、車輪に関しては弾性体とし、実車重量値をそれぞれの部位の重心位置に鉛直集中荷重として与えた。衝突車輪と鋼製ガードに関しては、衝突解析の精度を向上させるために詳細な要素分割を行い、弾塑性体として、その自重は各要素に対して物体力として与えた。図-2に鋼製ガードのモデルの詳細を示す。鋼製ガードにおけるボルト以外の鋼材の材料特性は、図-3に示すように降伏強度を300 N/mm²とし、それ以降は初期剛性の1/100の剛性でひずみ硬化するものと仮定した。また、ボルトの材料特性については、JIS規格の六角ボルトの強度区分を参考にしており、本解析では比較的剛性の大きい強度区分 10.9(降伏強度 940 N/mm²、弾性係数 470 kN/mm²)のボルトを採用した。

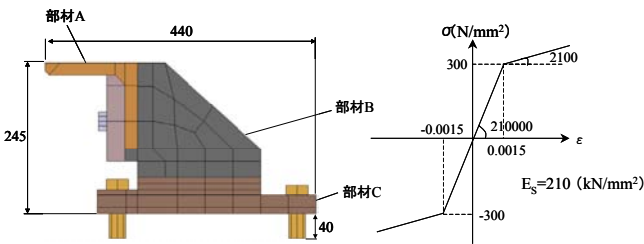


図-2 鋼製ガードモデル 図-3 鋼材の構成則

また、本解析では、図-4(1)のように列車が鋼製ガードと平行に進行しながら衝突するモード1と、図-4(2)のように入射角度をもって鋼製ガードに衝突するモード2を想定した。さらに、表-1に示す解析ケースを元に解析を行い、考察した。

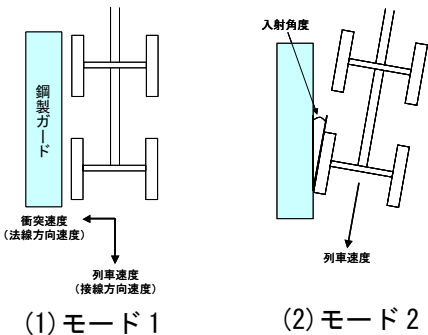


図-4 衝突条件のイメージ図

表-1 解析ケース

CASE	列車速度(km/h)	衝突速度(m/s)	入射角度(°)	衝突条件
1	50	1	0	モード1
2	100	1	0	モード1
3	270	3	0	モード1
4	270	5	0	モード1
5	270		1	モード2
6	270		5	モード2

キーワード 鉄道車両、鋼製逸脱防止装置、衝撃力、ボルト、破断

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番 Tel/Fax 092-802-3370

2.2 解析結果および考察

本研究では、前後 2 つの鋼製ガードのうち、前輪部分が衝突する鋼製ガードを考察の対象とした。また、図-5 に示すように、M16 のボルトについては、3 本のうち変形が著しい衝突部位側の 2 本のボルトを、M27 のボルトについては、衝突部位側の 1 本のボルトを考察の対象とした。なお、JIS 規格に基づき、各ボルトの相当塑性ひずみが 9%を超えると、そのボルトは破断する可能性があるものとした。図-6 に、M16 のボルトの相当塑性ひずみ-時間関係を示す。

解析結果として、表-2 に各ケースにおけるボルトの破断本数を示す。ただし、M27 のボルトについては、いずれのケースでも破断しないという結果が得られた。

まず、M16 のボルトについては、CASE3, 4 において破断本数が増加することから、列車速度より衝突速度の影響を強く受けると考えられる。これは、鋼製ガードの構造特性として、衝突速度が増加すると部材 B と部材 C の間に作用するせん断力が増大するためであると考えられる。CASE5, 6 に見られる破断本数の増加についても同様のことが原因であると考えられる。

次に、M20 のボルトについては、車両の衝突を直接受ける部材 A を締結しているため、M16 のボルトより破断本数が多いことが確認できる。今回の試算では、CASE1~4 の結果に示すように、列車速度と衝突速度の両方の影響を受けるが、CASE5, 6 の結果から入射角度が変化しても破断本数にはあまり相違が見られなかった。しかし、図-7 に示すように、入射角度が 1° の CASE5 では車輪が広範囲に擦るように衝突するが、入射角度が 5° の CASE6 では車輪が鋼製ガードに貫入するような衝突となり、両者の変形モードは大きく異なることが確認された。また、CASE6 の場合には衝突車輪が鋼製ガードを乗り越えてしまい、車両の軌道を修正できなかったため、同様の衝突条件が実際に想定されるようであれば、鋼製ガードに構造上の改良が必要であると考えられる。

3. 結論

今回の結果から、ボルトの破断本数の予測が鋼製ガードの耐衝撃性能を評価する 1 つの指標となり得ると考えられる。また、車両の逸脱を防止し、軌道を修正・誘導するという観点から考えると、部材 B と部材 C との結合を担う M16 のボルトは十分な耐衝撃性能を備えることが重要である。今後は、ボルトの破断を考慮した衝撃解析により、鋼製ガードの全体挙動をより詳細に再現する予定である。

【参考文献】

- (1) 小栗富士雄, 小栗達男: 標準機械設計図表便覧, 改新增補 4 版
- (2) 大西清: JIS にもとづく機械設計製図便覧

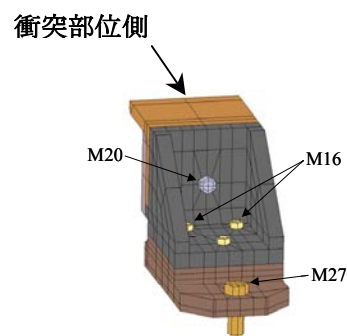


図-5 ボルトの呼び径

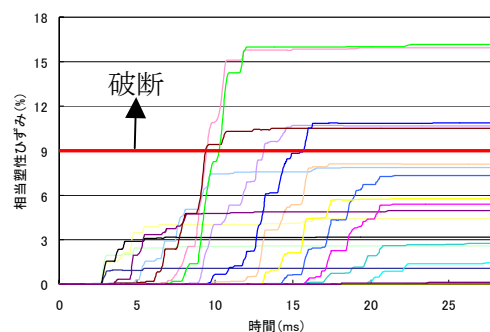


図-6 M16 のボルトの相当塑性ひずみ-時間関係

表-2 ボルトの破断本数

CASE	破断本数	
	M16(全44本)	M20(全22本)
1	0	3
2	0	7
3	6	11
4	18	14
5	0	9
6	5	10

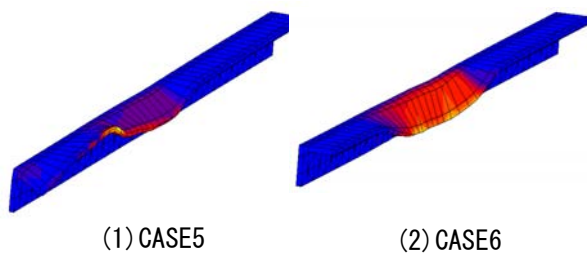


図-7 部材 A の相当塑性ひずみ分布