

米国における道路施設の緩衝対策とその性能

安藤和彦*

1. はじめに

道路上には、信号機、標識柱、照明柱、橋脚、工事看板等、様々な施設が設置されている。これらは車道に近接して設置されるので車両が衝突する危険性が高く、車両衝突時の衝撃を和らげるため各種の緩衝対策が施される場合も多い。これらの緩衝対策について米国の状況をみると、日米で共通するものもあるが、我が国ではほとんど事例のない対策がいくつか実施されている。またこれら緩衝施設の性能評価もかなり厳格に行われている。米国でこれらの緩衝対策が進んでいる背景には、米国の道路・交通事情や道路交通事故状況等があるものと考えられるが、我が国の交通安全対策を向上させるために参考となる事例も多い。

ここではこれら道路施設の緩衝対策と、その性能について紹介する。

2. 米国における交通事故状況

2.1 棺桶型事故が多い

車両に乗っている状態で起きた死亡事故は棺桶型事故といわれる。米国は、まさしく車社会であり、棺桶型事故が多い。我が国で発生している棺桶型事故の割合は全事故の約3割¹⁾であるが、米国の場合約7割を占める²⁾。

2.2 法定速度が高い

米国の法定速度は州毎に異なっているが、高速で走行できるフリーウェイでは65～75mph（104～120km/h）の州が多い³⁾。

2.3 高速道路の距離が長い

我が国の高速道路延長は0.75万キロメートル⁴⁾であるが、米国のフリーウェイの延長は約7万キロメートルと我が国の10倍である⁴⁾。また、道路幅員も広く⁵⁾、一般により高い速度で走行できる道路環境が整備されている。

2.4 全体としての交通・事故状況

米国の道路交通事情として、我が国に比べ自動

車が高い速度で走行できる条件が整っているといえる。これは、車両が高い速度で衝突する機会が多くなることを示し、実際棺桶型の事故が多くを占める。また、衝突速度が高くなると、衝突エネルギーは速度の二乗に比例して大きくなるので、速度が高くなるほど運転者に対する衝撃は大きなものとなる。

このように米国では、高い速度で路側の道路施設に衝突した場合に、車両乗員を如何に保護するかが非常に重要な課題になっている。

3. 緩衝対策

3.1 基本となる緩衝性能の評価項目

米国で実施されている緩衝対策の性能は、対象施設の特徴や既往の事故調査分析等をもとに、対策毎に車両衝突条件が設定され、実車衝突試験によって確認される。

すべての施設について緩衝性として評価される主な基本項目は表-1のとおりである。

表-1 緩衝性能の評価項目⁶⁾

評価項目	内容
車両挙動	・衝突後の車両挙動(誘導性)が想定内(適正)である。
車両変形	・室内空間が適正に確保されている。
施設変形	・施設の変形が想定内である。 ・施設の部品が飛散、車内侵入しない
乗員評価	・乗員車内移動速度が所定の値以内である ・乗員加速度が所定の値以内である

3.2 柱状構造物の緩衝対策

米国の標識柱、照明柱等の柱状構造物には、交差点や中央分離帯等を除いて、車両が衝突した時に柱の基礎部分を切り離す切断構造が採用されつつある。特に速度80km/h(50mph)以上の道路の路側に設置された標識柱に対しては2013年までに切断構造を適用することとされている⁷⁾。

標識柱や照明柱の切断構造の例を写真-1に示す。この写真でわかるように、切断部分は上下の柱をボルトで連結している構造が一般的であり、車両衝突時にはボルトがせん断破壊を起こして上下が切り離される。

Shock Absorbing Measures for Roadside Structures and those Performances in U.S.A

電柱の場合は、電線で繋がれているので支柱が飛散する可能性は低いですが、電柱が倒れることで電線が切断される危険性がある。そのため、電線への影響が少ない構造が検討される。車両衝突時に衝撃を緩和する電柱構造の例を写真-2に示す⁸⁾。車両が衝突したときに地際部は変形するが電柱は倒れない構造になっているものである。

柱状構造物は、車両の衝突により図-1⁹⁾のような現象が生じる。上部の柱や標識板等が車両上部に衝突して車両のフロントガラスや屋根を破損することになるので、どの程度の損傷が生じるかを、事前に衝突試験やシミュレーション解析で把握しておくことが重要になる。また、車両が衝突した時に、支柱が切断、移動する方向を制御することも重要なポイントとなる。

柱状構造物の緩衝対策における、米国での基本的な要求性能は、表-2に示す衝突条件で乗員の安全性や車両の破損状況が表-1の条件を満足することが求められる。

衝突条件として工夫されている点は、支柱が切断されない程度の低い速度(30km/h)での衝突で、専ら車両の損傷によって衝突エネルギーが吸収される場合と、速度が高くなって切断箇所支柱が

分離された場合についてそれぞれ評価を行っていることである。また、他の施設と同様に、比較的施設への衝撃が小さい乗用車と、衝撃が大きいピックアップトラックの2車種について評価を行うことである。なお、衝突対象車両に大型車は含まれない。大型車衝突時には乗用車と異なり、柱状構造物の変形が大きくなり車両側への影響が少なくなることがあるためと予想される。

表-2 柱状構造物への評価条件⁶⁾

構造物	照明柱、標識柱		電柱	
	乗用車	ピックアップトラック	乗用車	ピックアップトラック
車両質量(kg)	1,100	2,270	1,100	2,270
衝突速度(km/h)	30	3段階 ^{a)} (50,70,100)	50	3段階 ^{a)} (50,70,100)
衝突角度	b.		c.	
適用	d.	e.	d.	e.

- a. 道路規格に応じた施設レベルにより選択
- b. 設置される道路で最も厳しい条件となる角度
- c. 0度～25度の範囲で想定される衝突角度
- d. 支柱が切断しない条件での評価
- e. 支柱が切断する条件での評価

支柱構造物の衝撃緩和構造は、支柱切断後の離脱挙動などによる二次被害の危険性があり、十分な路肩幅員が必要になるので我が国の狹隘な道路では適用が難しいが、比較的路側の幅員が確保でき、かつ車両が衝突する危険性があるような箇所であれば、緩衝構造として適用することも考えられる。

3.3 分岐部・防護柵端部緩衝施設

車線の分岐部には、かなり大型の緩衝施設が設置される。一般的なものとして、伸縮するガードレールと同様の鋼製波形型枠内に衝撃を吸収するセルを組み込んだタイプ（以下、セルタイプ）と、砂や水等が入った樹脂製ドラムを複数個設置したタイプ（以下、ドラムタイプ）が使われている（写真-3）。我が国でも、近年、同様のものが分岐部で設置されてきているが、米国ではかなり施設の規模が大きい。これは米国基準⁶⁾での要求性能が高いレベルにあることにもよるが、我が国では

大規模な施設を設置する路側余裕がないことも、両国間で規模に差が生じている一因として考えられる。



写真-1 柱の切断構造部分



写真-2 電柱の衝撃緩和構造の例



図-1 切断構造を有する標識柱への車両衝突

土研センター



セルタイプ ドラムタイプ
写真-3 分岐部緩衝施設

具体的な構造例⁷⁾と、車両衝突時の変形挙動を
図-2に示す。この施設の場合、表-2に示す衝突条
件で性能を満足するためには、8mに及ぶ緩衝長
が必要になっている。

車両用防護柵の端部も、車両衝突時の誘導性が
十分期待できない箇所であり、また車両の正面衝
突などで車両が大きな損傷を受けやすい。我が国
の基準¹⁰⁾では、防護柵の端部は車両が衝突しに
くい箇所に設けることが示されているが、米国で
は防護柵端部は、積極的に緩衝構造が採用されて
いる。緩衝構造としては、従来は写真-4a,c のよ
うに端部を土中にすりつける構造（すりつけ構
造）が多く用いられてきたが、ガードレールのす
りつけ構造は、車両が乗り上げて横転するなどの
予測不能な挙動を示すことが多いことから、今後
は写真-4b のような緩衝構造に構造変更してい
くこととされている^{5),11)}。

緩衝施設の衝突条件は表-3 および表-4 に示す
とおりである。質量の異なる 2 種類の乗用車と
ピックアップトラックを使って衝突エネルギーを
変えることで、緩衝施設の変形長（エネルギー吸
収長）が設計どおりであるか、緩衝性能が確保さ
れているかを確認することになる。なお、柱状構
造物同様、大型車衝突は考えられていない。



a. すりつけ構造
（ガードレール）
b. 緩衝構造
（ガードレール）
c. すりつけ構造
（ガードケーブル）

写真-4 車両用防護柵端部構造の例

表-3 緩衝施設の評価条件（前面衝突）⁶⁾

構造物	照明柱、標識柱		電柱		
	乗用車	ピックアップトラック	乗用車	ピックアップトラック	
車両質量 (kg)	1,100		2,270		
衝突速度 (km/h)	30	a.	50	a.	a.
衝突角度	b.			c.	
適用	d.	e.	e.	d.	e.

- a. 道路規格に応じた施設レベルにより50,70,100km/hから選択
- b. 1,100kg乗用車はオフセット衝突
- c. 設定範囲内で最も厳しいと想定される衝突角度

表-4 緩衝施設の評価条件（側面衝突）⁶⁾

構造物	セルタイプ		ドラムタイプ
	乗用車	ピックアップトラック	ピックアップトラック
車両質量 (kg)	1,100		2,270
衝突速度 (km/h)	3段階 ^{a)} (50,70,100)		3段階 ^{a)} (50,70,100)
衝突角度	15度	25度	20度
備考	ピックアップトラックの衝突位置は、先端部、端末部、逆方向の3箇所を実験評価		

- a. 道路規格に応じた施設レベルにより選択

3.4 車両用防護柵の接続部

形式が異なる車両用防護柵が隣接する箇所は、防護柵端部と同様に車両誘導性が期待できない区間となる。そのため、形式が異なる防護柵間を接続させ車両を誘導させることが重要になる。写真-5に代表的接続構造を示す。橋梁防護柵とガードレールの接続やガードレールとロープ型防護柵の接続

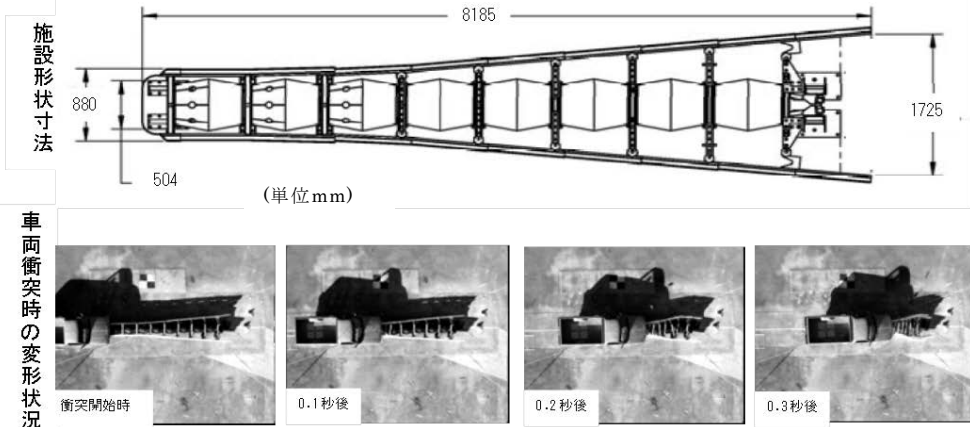


図-2 緩衝施設の具体的な例と車両衝突時の挙動（前面衝突）

等は、我が国では見ることのできない工夫がなされている。また、接続部についても、車両の安全性を確保するために評価を行うべき衝突条件が示されている（表-5）。



a. 橋梁防護柵とガードレール間
 b. 形状の異なるコンクリート防護柵間
 c. ガードレールとガードケーブル間
 d. ガードレールとコンクリート防護柵間

写真-5 車両用防護柵の接続部の例

表-5 接続部の評価条件⁶⁾

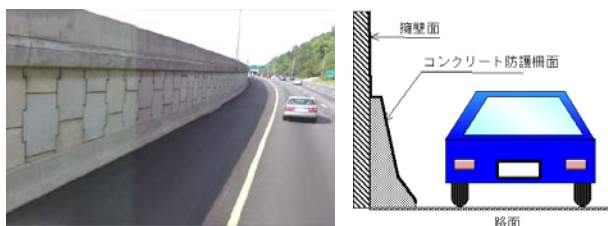
構造物	接続部	
	乗用車	ピックアップトラック
車両質量 (kg)	1,100	2,270
衝突速度 (km/h)	3段階 ^{a)} (50,70,100)	
衝突角度	0度～25度 ^{b)}	

a. 道路規格に応じた施設レベルにより選択
 b. 設定範囲内で最も厳しいと想定される衝突角度

3.5 擁壁・切土区間

図-3は擁壁区間の例を示したものである。

図-3の左側は擁壁区間の状況、右側は擁壁の断面形状を示している。このように、我が国では直壁が用いられている擁壁についても、車両が接触



擁壁区間の状況

擁壁下部の断面形状

図-3 下部にコンクリート製防護柵断面を有する擁壁の事例

する可能性がある擁壁下部にはコンクリート製防護柵と同じ角度を持った斜面形状を採用する等、車両が衝突したときの衝撃緩和、車両誘導性を高める工夫がなされている場合が多い。また、切土区間の土留め構造物も同様の対策が施されている。

4. おわりに

米国では、車両が衝突しそうな箇所や構造物には緩衝対策を実施する方針が明確であり、その場合の性能設計もかなりしっかりと行われている。このような考え方は我が国でも大いに参考になるものであり、これらの緩衝技術や評価方法を含め我が国でもさらに検討が加えられていくことを期待したい。

参考文献

- (財) 交通事故総合分析センター：平成21年版交通統計、平成22年6月
- National Highway Traffic Safety Administration：
<http://www.fars.nhtsa.dot.gov/Main/index.aspx>
- The Public's Library and Digital Archive：
<http://www.ibiblio.org/rdu/slattud/maps/index2.html>
- Federal Highway Administration：
<http://www.fhwa.dot.gov/ohim/hs01/hm41.htm>
- AASHTO：Roadside Design Guide, 2006
- AASHTO：Manual for Assessing Safety Hardware, 2009
- Federal Highway Administration：http://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/policy_guide/roadhardware/
- Richard Foedinger et al.：Development of An Energy Absorbing Composite Utility Pole, TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM
- Junwon Seo et al.：Crash performance of X-shaped support base work zone temporary sign structures, International Journal of Crashworthiness, Vol.13, No. 4, August 2008, pp.437-450
- 日本道路協会：防護柵設置基準・道解説、平成20年1月
- Federal Highway Administration：W-beam Guardrail Repair Standard, November 2008

安藤和彦*



財団法人土木研究センター
 技術研究所道路研究部長
 Kazuhiko ANDO