

道路の路側余裕とたわみ性車両用防護柵の変形性能との関係 ～弱支柱防護柵と強支柱防護柵～

安藤和彦

1. まえがき

ガードレール等のたわみ性車両用防護柵（以下、防護柵という。）は、路外方向にたわみ変形することで車両が路外に逸脱するエネルギーを吸収し、車道側に円滑に誘導する機能を発揮している。防護柵を開発する際に、衝撃が少なく乗員に優しい防護柵を目指すなら、大きく変形して柔らかく受け止められる構造とするのがよいが、その分設置する道路の路側余裕が広くなければならない。路側に余裕がない道路には、多少乗員に対する衝撃は大きくなるものの、変形を少なくした硬めの防護柵も必要となる。

このようなことから、世界的には、路側の余裕に応じて、支柱等の強度を弱くし大きく変形して柔らかく受け止める防護柵（以下、弱支柱防護柵という。）と、変形量を抑制するため支柱や横梁の剛性を高めた防護柵（以下、強支柱防護柵という。）の2種類が使い分けられてきた。

一方、国内では通常路側余裕をあまり確保できないため、主に強支柱防護柵が用いられてきたが、最近、比較的スリムで設置幅を狭くできる弱支柱防護柵が注目を浴びてきている。弱支柱防護柵は国内では使用実績が少ないだけに、特徴を踏まえた適切な使分けが必要になってくるものと考えられる。

ここでは、今後二つのタイプを適切に使い分けるため、また新たな防護柵開発に資するため、弱支柱防護柵、強支柱防護柵の特徴を比較整理した。

2. 車両用防護柵が必要となる路側条件

路側余裕と防護柵の必要性を整理する前に、まず理想的な路側余裕・路側構造について、米国の路側構造¹⁾をもとに整理してみる。

路側余裕としては、可能であれば車両が路外に逸脱しても車線に復帰、または安全に停止できる路側余裕を確保したいところであり、米国等では

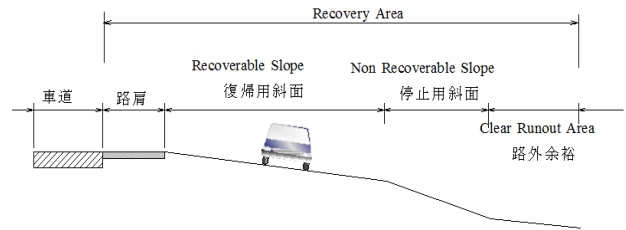


図-1 路外に十分な幅の余裕がある道路

基本的に路側構造自体がそのような機能を持つこととなっている（図-1）²⁾。

しかし、このような余裕のある道路は限られる。例えば路外に障害物等がある場合で、比較的路側余裕が確保できる場合は、この余裕の中で防護柵が大きく変形して衝撃を緩和し、車両を安全に停止させる、あるいはゆるやかに車線に復帰させることができる。図-1の Recovery Area に何らかの構造物が設置されている場合は、その前面に余裕を持って防護柵をとりつける（図-2）²⁾。

この図のように Recovery Area に比較的余裕がある場合は、弱支柱防護柵が適している。

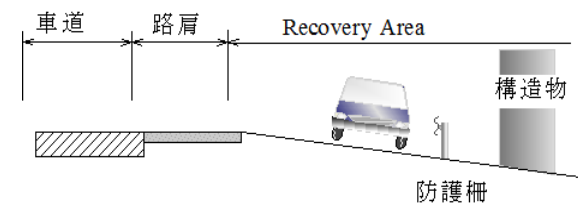


図-2 Recovery Areaに構造物が設置されている場合

一方国内の道路についてみると、例えば道路構造令の解説と運用³⁾では、道路の路側余裕としては路肩のみであり、最も広く確保する全路肩の場合でも 3.25m までとしている。この幅はすべての車両の一時停止が可能な幅として設定されたもので、路外に逸脱した車両の停止や元の車線への誘導までを考えた路肩の幅員や構造とはなっていない。

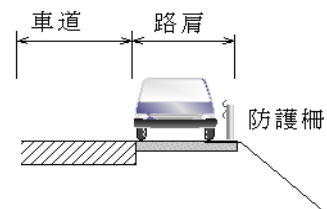


図-3 道路構造令による標準的な道路構造

Relationship Between Lateral Offset Distance and Design of Traffic Barriers

3. 防護柵の変形による車両の誘導

次に、車両が防護柵に衝突した状況での、路外に進入する車両の軌跡、防護柵の変形過程をみる。

衝突時の車両挙動と防護柵変形状況の関係について時系列に整理したものが図-4、図-5 である。車両が防護柵に衝突してから車線側に誘導されるまでの一連の流れを示している。図-4 のフローで注目すべき点は、c.支柱への衝突と d.支柱と横梁との切り離しである。弱支柱防護柵ではこれらが円滑に行えることが求められる。一方強支柱防護柵ではc.の支柱衝突が生じない構造が望ましい。

図-5 では、車両衝突により支柱が路外方向に押し倒されて、最終的に横梁から切り離された状況を示している。このような場合でも、横梁は破断せず、連続して車両を保持、誘導することが重要になる。

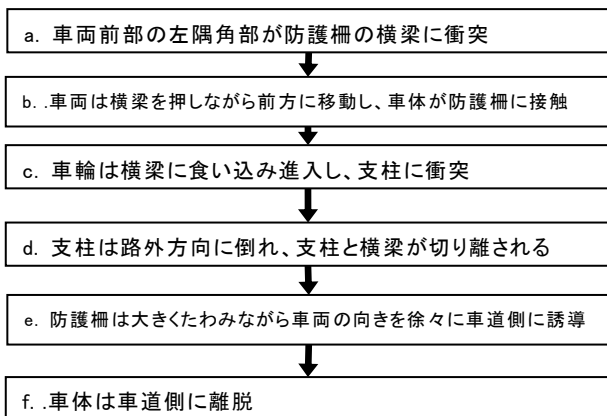


図-4 防護柵への車両衝突時の挙動

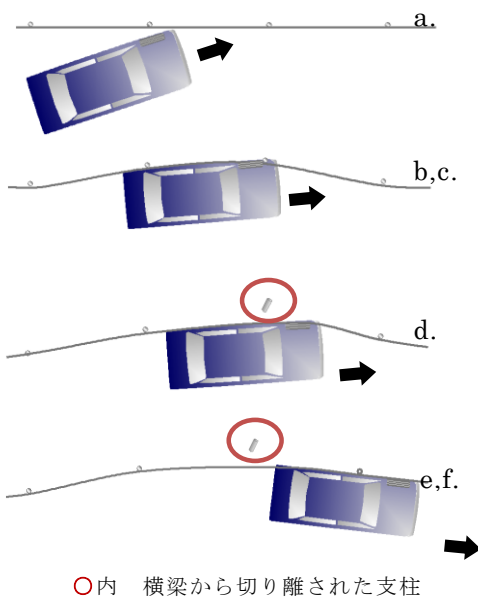


図-5 防護柵への車両衝突時の軌跡

4. 弱支柱防護柵と強支柱防護柵

4.1 路側の余裕と防護柵構造

(1) 弱支柱防護柵

路側に余裕がある場合の最も理想的な防護柵構造は、車両の誘導に障害となる支柱がない横梁のみの構造である。多少弛めに弦が張られた弓を想像するとよいが、車両が横梁に衝突すると車体は横梁のみで保持され、逸脱車両の進行方向を徐々に車道側に誘導する。しかし、このような構造は現実的には難しい。実際はこれに近い構造として、弱支柱防護柵がある。支柱は横梁を支え高さを保持する程度の強度を有しているが、重要な点として、車両が支柱に衝突した場合に、

- ①横梁と支柱が切り離され横梁のみが車両を保持・誘導する
- ②支柱は地面から容易に引き抜かれ、あるいは容易に曲がって支柱が車両に与える衝撃を極力低減させる
- ③横梁の両端は張力を確保するためアンカー基礎など高い強度の基礎に接続することがある。

弱支柱防護柵の代表的なガードレールの構造としては、米国の Weak Steel-Post Guardrail⁴⁾ 等がある。

図に示した構造は、横梁と支柱をボルト 1 本で直接接続し、車両が支柱に衝突した際に容易に

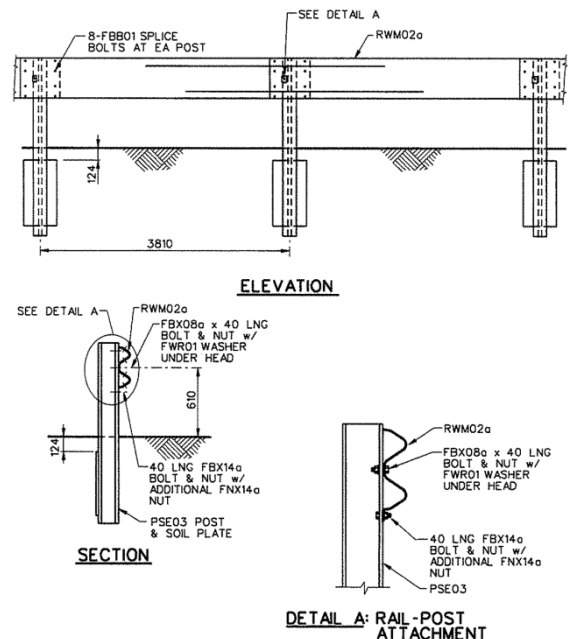


図-6 弱支柱ガードレール⁴⁾

土研センター

支柱と横梁を切り離すことができるようにしていること、支柱を細くして倒れやすくしていることなどがある。この構造では、所定の条件で車両が衝突した場合、2.2m 程度路外側に変形することが確認されている⁵⁾。

国内では、図-6のようなガードレール構造の弱支柱防護柵は使われていない。国内で使われている代表的な弱支柱防護柵としては、図-7のボックスビーム型防護柵が挙げられる。この防護柵は中央分離帯に使われることが多い。弱支柱構造ではあるが、横梁の剛性を高めて変形量を抑制していることから、狭隘な国内の道路でも利用されている数少ない弱支柱構造である。また、近年は図-7のワイヤーロープ式防護柵が開発され今後の国内展開が期待されている⁶⁾。この形式の防護柵は、欧米では主として広幅員中央分離帯に用いられているが、防護柵の断面幅が狭くて済むことから、我が国では高規格の2車線道路の中央帯等への適用が検討されている。



ボックスビーム型防護柵 ワイヤーロープ式防護柵

図-7 国内で用いられている弱支柱防護柵

(2) 強支柱防護柵

車両衝突時の防護柵の変形量を抑制するためには、支柱の強度と横梁の剛性を高める必要がある。このとき、強支柱防護柵に弱支柱防護柵の場合と同じように車両が衝突すると、支柱衝突によって車両の誘導性は阻害され、乗員に与える衝撃も非常に大きなものとなる。

そこで強支柱防護柵では、車両が支柱に極力接触しない構造として、ブロックアウト構造（横梁がブラケットを介して支柱から張り出

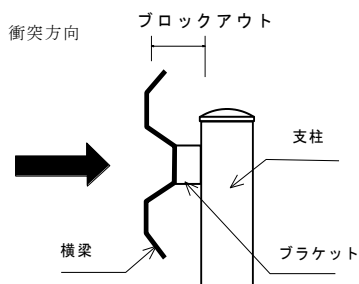


図-8 ブロックアウト構造

された構造)が採用されている。ブロックアウトの幅は、最大変形量や乗員に与える衝撃加速度がそれぞれの国の基準値を上回らない構造とすること、道路の建築限界に抵触しない構造とすること等を考慮して設計される。

ブロックアウトが確保された典型的な構造として、米国の Strong-post W-beam Guardrail⁷⁾を図-9に示す。250mm 程度のブロックアウト幅が確保されている。

図-9の構造の場合、所定の条件で衝突実験を行った際、0.9m 程度路外側に変形することが確認されており⁵⁾、図-7の弱支柱防護柵の半分以下の変形量となっている。

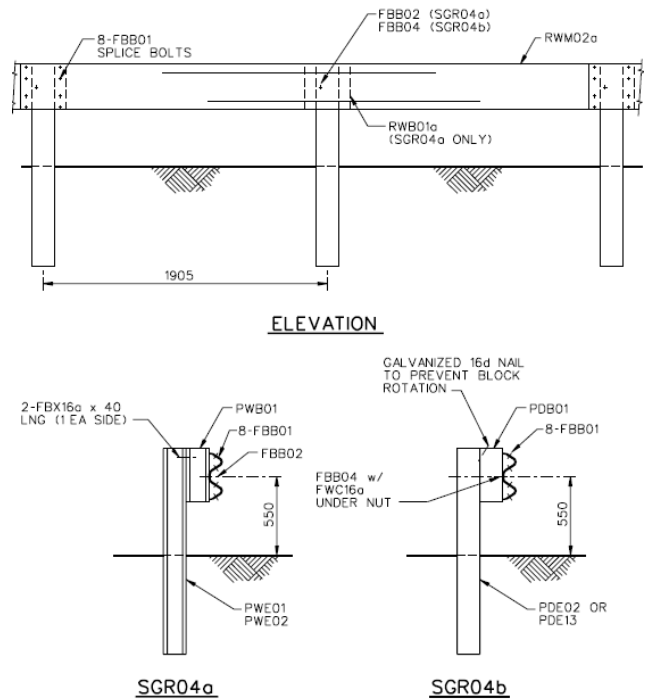


図-9 強支柱ガードレール⁷⁾

国内では、高規格道路等で路外が危険な箇所に設置される SB、SA、SS 種で同程度のブロックアウトの幅が確保されている⁸⁾。また一般道路では、路側余裕が限定されるため、ガードレールの場合で 80mm~110mm 程度が確保されている。いずれの場合も、車両が支柱に直接衝突しない、あるいは車両が支柱に接触する程度となることを踏まえたものである。

国内の強支柱防護柵の最大変形量についてみると、一般的に利用されているものは 0.4m~0.6m 程度⁸⁾であり、路側余裕が限られる国内の道路事情を踏まえた構造になっている。

4.2 防護柵の変形性能と使分け

(1) 弱支柱防護柵と強支柱防護柵の特徴比較

表-1 は弱支柱防護柵と強支柱防護柵の特徴を比較したものである。

最近の防護柵の開発では、表-1 に示された特徴のうち、弱支柱防護柵は断面幅を狭くできること、強支柱は路側余裕が少なくても機能を発揮することなど、開発者にとって特に利点となる面に着目しているように思われる。しかし、例えば弱支柱防護柵は比較的高い地盤強度が必要になること、強支柱防護柵は比較的设置幅を要することなど、それぞれ防護柵機能を発揮するために求められる種々の要件がある。これらの要件を十分勘案し、各防護柵の特徴を踏まえた構造設計を行うことが求められる。

表-1 弱支柱防護柵、強支柱防護柵の特徴比較

判断項目	弱支柱防護柵	強支柱防護柵
乗員への衝撃	大きくたわみ乗員への衝撃が少ない	たわみ量が限定されるため比較的衝撃が大きくなる
設置幅	ブロックアウト構造の必要性がなく、断面幅を狭くできる	ブロックアウト構造であり設置幅を要する
路側余裕	路側余裕が必要	路側余裕が限られる場合に適する
支柱管理	ある程度腐食があっても機能発揮	支柱劣化は機能低下に至る
損傷長	比較的長い	比較的短い
地盤強度	支柱を曲がりやすくするための高い地盤強度が必要	比較的弱地盤も可
端部構造 [*]	両側端部は反力を得るアンカー構造が必要	端部構造を特に変える必要はない

^{*} 端部は、車両衝突用の緩衝構造を併用することが望ましい。

(2) 防護柵の変形を踏まえた選定・設置

道路管理者が防護柵を設置する際は、路外状況に応じて許容できる防護柵の変形量を確認し、適切な変形量の防護柵を選定しなければならない。防護柵の性能が掲載されている車両用防護柵標準仕様⁸⁾に変形量の目安となる‘最大進入行程’が明示されている。道路に近接して障害物がある場合などには、この最大進入行程の値を参考に防護柵と障害物との距離を勘案して適正な形式の防護柵を選定すること、あるいは適正な位置に設置することが求められる。

現在、防護柵設置の際に、防護柵の変形量を考慮して形式を選定することはあまりないように思

われる。今後路側余裕を必要とする弱支柱防護柵の利用が拡大していくと、さらに混乱を来す恐れもある。‘たわみ性防護柵は変形して機能を発揮する’ということ念頭に適切な形式選定を行う必要がある。

5. おわりに

車両用防護柵が昭和 30 年代後半から使われ始めてから既に半世紀が過ぎたが、現在でも交通安全に寄与する役割は大きく、道路情勢の変化や景観性への配慮等の社会ニーズに対応して、更なる構造的工夫も求められてきている。我が国の防護柵は我が国の道路事情に則して発展を遂げてきたが、諸外国では、防護柵に求められる要件や機能を十分理解し、異なる発想で開発された防護柵も多い。これらには、今後の防護柵の発展に有用な情報も多く含まれている。国際的な動向にも注目し、交通安全の向上に寄与する防護柵の開発、設置が行われていくことを期待したい。

参考文献

- 1) American Association of State Highway and Transport Officials; Roadside Design Guide. 2006
- 2) Alberta Infrastructures and Transportation; Roadside Design Guide, <http://www.transportation.alberta.ca/3451.htm>
- 3) (社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用、平成 16 年
- 4) <http://www.aashtotf13.org/OldGuide/plots/Systems/sgr02.pdf>
- 5) Transportation Research Board; Guardrail and Median Barriers Crashworthiness, NCHRP Synthesis 244, 1997
- 6) 平澤他：2 車線道路におけるワイヤーロープ式防護柵の開発と実用化、http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h25giken/program/kadai/pdf/innovation/innova1_02.pdf
- 7) <http://www.aashtotf13.org/OldGuide/plots/Systems/sgr04a-bDS.pdf>
- 8) (社)日本道路協会：車両用防護柵標準仕様・同解説、平成 16 年

安藤和彦



(一財)土木研究センター
技術研究所道路研究部長
Kazuhiko ANDO