

歩道等への車両の進入を防止する施設 ～設計の考え方と米国における構造事例～

安藤和彦

1. まえがき

近年、歩道や自転車歩行者道（以下「歩道等」という。）に車両が進入して、歩行者等に被害を与える事故が相次いでいる。このような事故への対策として、保安対策等が主な目的ではあるが、米国等では歩道等や出入りに車両の進入を防止できる強度や性能を持った施設（以下「進入防止施設」という。）が用いられている。

ここでは今後国内において、交通安全対策として進入防止施設が設計開発され、広く使つかわれていくための参考に資するものとして、進入防止施設の設計の考え方や施設の機能、構造等について米国の構造事例をもとに紹介する。

2. 進入防止施設の設置箇所

ここで述べる進入防止施設は、歩道等と車道との境界、アーケード、モールや歩行者天国等で車両の出入りが制限される区間の出入り口、道路と沿道敷地との境界等に設置され、進行方向を誤った車両が進入して歩行者や住民等の第三者に被害を及ぼすことを防止する施設を想定している。具体的な設置箇所の例を図-1に示す。

なお国内では、モールの入り口等にソフトライジングボードが設置されている事例²⁾があるが、車両接触時にたわむ構造のため、注意喚起と心理的進入抑止効果を期待しているものと考えられる。

進入防止施設には、正面衝突に対応した施設と

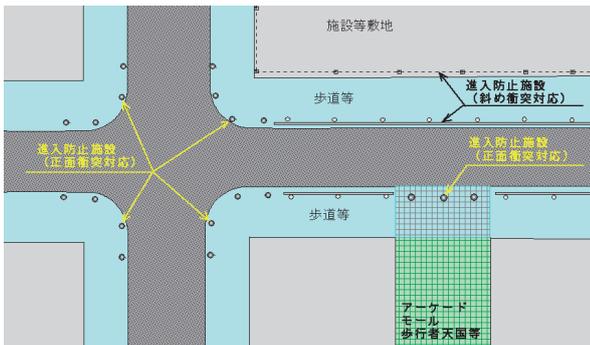


図-1 進入防止施設を設置する箇所の例

斜め衝突に対応した施設がある。正面衝突に対応した施設では車両をその場に停止させることが、また斜め衝突に対応した施設では車両の進行方向を変えることが求められる。

3. 進入防止施設の設計衝突エネルギー

進入防止施設の構造設計にあたっては、まず車両が施設に持ち込む衝突エネルギーを想定しなければならない。

衝突エネルギーは、車両の質量、衝突速度、衝突方向の三条件によりおよそ決まる。これらは、正面衝突、斜め衝突別（図-2）に、式(1)および式(2)により計算される。なお、歩道の直線部に設置されたボラードなどでも、車両用防護柵のような車両を誘導する機能がないものは、正面衝突時の衝突エネルギーを想定することが必要になる。

$$E_b = 1/2 \cdot m \cdot v^2 \quad \text{式(1)}$$

$$E_p = 1/2 \cdot m \cdot (v \cdot \sin\theta)^2 \quad \text{式(2)}$$

ここで E_b :正面衝突時の衝突エネルギー(kJ)

E_p :斜め衝突時の衝突エネルギー(kJ)

m ; 車両質量(kg)

v ; 車両速度(m/s)

θ ; 衝突角度(°)

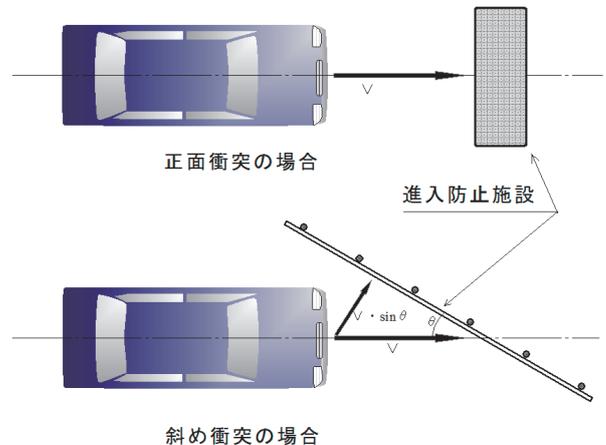


図-2 車両進入時の設計衝突速度の考え方

式(1)は、ボラードなど正面衝突を想定した施設の設計に用いる衝突エネルギーであり、車両の運動

エネルギーに相当するものである。式(2)は、フェンスや車両用防護柵の設計に用いる衝突エネルギーである。式(2)は、我が国の防護柵基準³⁾では衝撃度(Is)を算出する式として用いられている。

ところで、正面衝突に対応した施設と斜め衝突に対応した施設に求められる性能の差異について、国内ではあまり認知されていない。これを式(1)と式(2)をもとに、衝突エネルギーによって比較してみる。1トン乗用車が法定速度で衝突する場合を想定すると(表-1)、正面衝突に対応した進入防止施設は、斜め衝突に対応した車両用防護柵に比べて衝突エネルギーが非常に大きくなるのがわかる。従って、正面衝突に対応した施設は、大きなエネルギー吸収性能が得られる構造でなければならない。

表-1 衝突角度による衝突エネルギーの比較例

設定条件	正面衝突 (ボラード等)	斜め衝突 (車両用防護柵等)
車両質量	1,000kg*	
衝突速度	60km/h	
衝突角度	90度	20度*
衝突エネルギー	139kJ	16kJ

*防護柵基準³⁾に準拠

進入防止施設は、式(1)、式(2)で設定された衝突エネルギーを、施設および車両の変形や滑動によって全て吸収させる性能がなければならない。この性能は、施設が吸収できる衝突エネルギーの大きさや、衝突後の施設および車両の移動距離等によって評価される¹⁾。

4. 進入防止施設の区分

進入防止施設は、構造上や用途上から以下のように区分される⁴⁾。

4.1 可動部の有無による区分

4.1.1 アクティブバリアシステム

施設に可動部を有するシステムである。人力、装置のいずれか、あるいは両者によって車両の進入をコントロールする。常時車両が出入りする箇所や時間帯を設けて車両の進入を抑制する箇所等に用いる。固定式では、路上部分が塑性あるいは弾性変形し、衝突荷重は強固な基礎部が受け持つ。仮設式、移動式では、施設および車両の塑性変形等と、施設全体の滑動等で衝突エネルギーを吸収する。

4.1.2 パッシブバリアシステム

(1) 衝撃吸収タイプ

施設に可動部のないシステムである。常時交通を規制する箇所に適する。高いエネルギー吸収能力とエネルギーを基礎に伝達する能力を有している。路上部分が塑性あるいは弾性変形し、衝突荷重は強固な基礎部が受け持つ。

(2) 方向転換タイプ

歩道等や敷地境界等で、車道から車両が斜めに衝突した場合に、車両進入を防止する施設として用いられる。車両が衝突した時に、路上部分が塑性変形、移動あるいは弾性変形しながら進入する車両を別の方向に誘導して衝撃を緩和する。

4.2 設置方法による区分

4.2.1 固定バリアシステム

常設とするか、あるいは移動・解体に重機を必要とするシステムである。強固なシステムが構築でき、想定する衝突エネルギーが大きい場合に適しているが、損傷後の復旧に時間を要する。

4.2.2 簡易/移動バリアシステム

簡易/移動バリアシステムは、場所毎に移動設置できる。移動には重機が必要となる場合もある。固定バリアよりも想定する衝突エネルギーは小さくなるが、損傷復旧が比較的容易である。頻繁な接触がある箇所、安全上の観点で早急な復旧が必要となる箇所に適する。

5. 進入防止施設の代表的構造

米国で実績のある進入防止施設の代表的構造の例¹⁾を図-3に示す。

5.1 アクティブバリアシステム

5.1.1 固定式版タイプ(図-3 a)⁵⁾

作動させないときには路面内に格納するタイプである。車両衝突時に版の軸力で荷重を受け持つ構造であり、高い強度が得られる一方、車両側の変形が非常に大きくなる。版の軸力を受ける大型基礎が必要となるが、基礎深さを浅くできる利点がある。車両を通過させる場合は、路上部分が基礎内に格納される。常時車両の出入り口規制を行う場所で、大型車両等も通過する場所に適する。

5.1.2 可搬式版タイプ(図-3 b)⁶⁾

限られ時間帯等に車両の進入をコントロールする場所に移動設置する。この施設においても、所定の条件で車両の衝突に耐える構造になっている。

図-3 aと同様の構造であるが、車両衝突時には、施設と車両が一体となってある程度の距離を滑動し

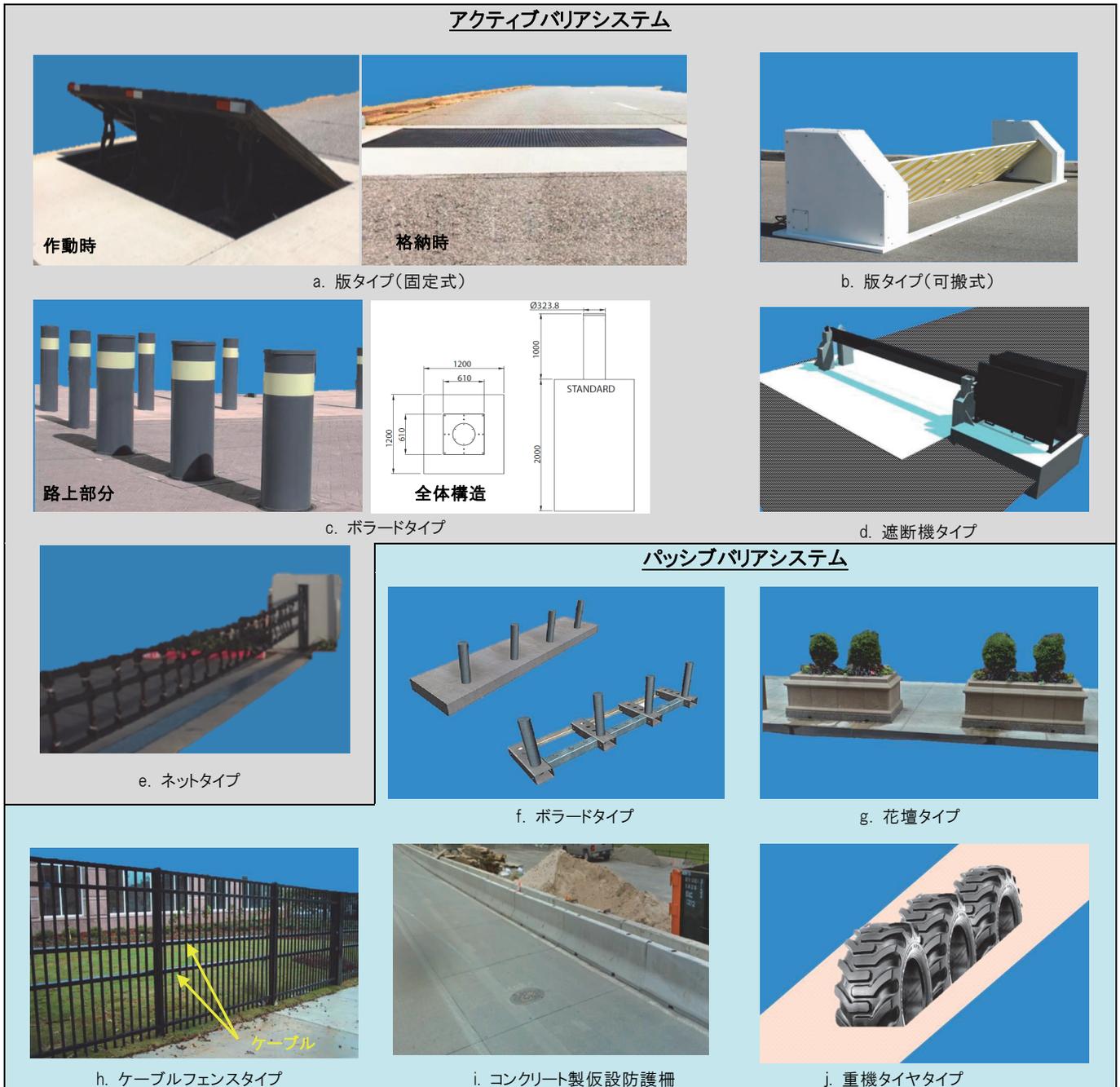


図-3 進入防止施設の例

た後、停止する。

5.1.3 ボラードタイプ (図-3 c) 7)

路上部分は柱を幾つか並べただけであり、他の施設に比べコンパクトな構造となっている。特に国内での展開に有利な施設と考えられる。ただし、図-3 cの全体構造に示したように、大型の基礎が必要となる。

5.1.4 遮断機タイプ (図-3 d) 8)

遮断用のバーが手動や油圧で上下動等する。遮断用バーの強度や左右固定部の強度が衝突性能に大きく影響する。図-3 dに示すような一体型の大きな基

礎が用いられる。同じ固定型の版タイプなどより吸収できる衝突エネルギーは小さくなる。

5.1.5 ネットタイプ (図-3 e) 5)

車両をネットによって捕捉する構造である。規制時にはネットが上昇し、進入する車両をネットの伸びとともに、左右に格納されているネットが引き出されて捕捉し、極力左右の固定部が損傷を受けない弾性タイプの施設である。他の施設に比べ車両の損傷も少ない。ただし、車両が大きく入り込むため、車両が停止するまでの余裕スペースを確保することが必要になる。

5.2 パッシブバリアシステム

5.2.1 ボラードタイプ (図-3 f) ⁹⁾

固定式ボラードは最も一般的な施設である。図-3 f内で、左上はコンクリート基礎を設けた完成形を、右下は基礎内の鋼製枠構造を示している。ボラード間を鋼製枠で連結し強度を高めている。車両衝突時には、2～3本のボラードが同時に車両に衝突するように配置される。

5.2.2 コンクリート製花壇タイプ (図-3 g)

景観性に優れるコンクリート製の花壇も、基礎を固定することで進入防止施設として使用できる。路上からは見えないが、埋設される基礎部は路上部と同程度の大型基礎になる。

5.2.3 ケーブルフェンスタイプ (図-3 h) ¹⁰⁾

フェンスにケーブルを渡して、車両の衝突に対応させたものである。区画境界等で、斜め衝突を想定した設計がなされる。ケーブルは、張力を与えれば、車両をフェンスに沿って誘導することができる。

5.2.4 車両用防護柵 (図-3 i)

仮設型のプレキャストコンクリート製やガードレール等の車両用防護柵も進入防止施設として用いられる。区画境界等に用いられ、区画道路から斜めに衝突した場合が想定される。正面衝突や衝突角度が大きくなる箇所には適さない。

5.2.5 重機タイヤ (図-3 j)

重機タイヤは、下半分を突き固めて埋設させればある程度の効果が得られる。比較的入手しやすい施設といえる。

6. 今後の国内での利用について

6.1 設計条件の設定

進入防止施設を設計するには、衝突エネルギーを算出するため衝突車両、衝突速度、衝突角度等の入力条件を設定しなければならない。道路種別、道路構造、交通状況等、国内の道路交通事情に沿った条件設定を行っていく必要があるものと考えられる。

6.2 進入防止施設の小型化の検討

前述したように、正面衝突を想定した進入防止施設は衝突エネルギーが非常に大きくなるので、施設規模が大きくなりやすい。一方、幅員が狭い国内の歩道等に適用させるには、施設の小型化は必須となる。比較的規模の小さい施設として、ボラードなどは国内では馴染みがあるので、これを車両衝突に対応した施設として強度を引き上げることが最も現

実的と考えられる。

6.3 景観性や利便性への配慮

歩道内に設置された進入防止施設は、歩行者等にとって迷惑な存在になりやすい。歩行者等の利用が多かつある程度の歩道幅員が確保できる場合は、歩道施設の一部として花壇タイプを設けたり腰掛けになる幅広のボラードを設置したりするなど、道路利用者の快適性、利便性に寄与する工夫がされることが望まれる。また、道路景観を構成する施設として、周辺景観に配慮していくことも求められる。道路景観に合致した施設の構造や色彩を選択することで、道路利用者に親しまれる施設となる。これらの選択が行える施設について品揃えしていくことも、進入防止施設の普及には不可欠と考えられる。

7. あとがき

ここで紹介した進入防止施設は、歩道等への車両の進入防止を主としたものであるが、その他保安対策等としての利用も含め米国等では多くの実績がある。これらを参考に国内に適した進入防止施設が開発され多く使われていくことで、交通事故減少がさらに進むことを期待したい。

参考文献

- 1) ASTM; Standard Test Method for Vehicle Crash Testing of Perimeter Barriers, F2656-07, 2007
- 2) <https://www.city.niigata.lg.jp/chuo/kurashi/douro-kotsu/risingbollard.html>
- 3) 公益社団法人日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説、2016
- 4) Department of State, USA; Certified anti-ram vehicle barriers, Bureau of Diplomatic Security, 2006
- 5) <http://www.barrier1.us/>
- 6) <http://deltascientific.com/>
- 7) <http://www.avon-barrier.com/>
- 8) <http://autogate.com/>
- 9) <http://counterterror.rsaprotect.com/>
- 10) <http://herculeshighsecurity.com/>

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