

道路用ボラードの利用状況と テロ対策用ボラードの性能評価

安 藤 和 彦

歩道等への車両の進入防止等を目的として設置されている道路用ボラードについて、その種類や設置状況を概略整理するとともに、道路用ボラードのうち欧米で基準化されているテロ対策を目的としたボラードについて、どの程度の強度性能が要求されているか、また性能評価がどのように行われているか、評価を最も積極的に行い実績のある米国の基準をもとに紹介する。

キーワード：道路、交通安全施設、ボラード、車両衝突、強度、性能評価、米国基準

1. はじめに

ボラード (bollard) は、もともと船の係留用の杭の名称であったが、現在は、民地の出入り口等で区画を明示する、あるいは歩道等で自動車の進入を抑止するなどの目的で設置される施設を指す用語として一般的になっている。ここでは、特に道路内に設置されるボラード（以下、道路用ボラードという。）を対象として述べる。

一般的に用いられる道路用ボラードには特に定められた要求性能はないが、テロなどの目的で境界内に侵入しようとする自動車の強行突破を阻止する特殊なボラードについては、米国等では性能を定めている。国内の社会的状況や交通事故状況等を考えると、今後日本においても、自動車の衝突に耐える強度を持ったボラードが必要とされる場合も出てくることが予想される。そのため以下では、現在利用されている道路用ボラードの種類や設置状況について整理するとともに、米国等で基準化されている自動車の衝突を想定したボラードはどの程度の強度性能が要求されているか、また性能評価はどのように行われているかを、評価を最も積極的に行い実績のある米国の基準をもとに紹介する。

2. 道路用ボラードの定義、種類と設置箇所

(1) 道路用ボラードの定義

道路用ボラードの定義として明確なものはない。

a. 「歩道上への自動車の乗入れや歩道上への乗上げ駐車を防止するため、歩車道境界や歩道上に設置される¹⁾」

施設、あるいはb. 「区画を明示し、自動車の進入を防ぐまたは区画内を保護する²⁾」施設といったとらえ方があるが、現在は広義のb.に近い考え方が一般的になっているように思われる。道路法でいう“駒止”には道路用ボラードが含まれ、また、中央線上や歩道と車道の境界に車線や道路区分を明示するために設置されているものも道路用ボラードである。なおこれらの定義では、同様の役割を持って設置される柵（防護柵等）との区分が明確でない。柵は、設置目的としてあるいは設置した結果として、歩行者等の通行抑制・誘導を行う機能を有している。そこで、ここでは道路用ボラードとして以下の施設を考えるものとする。

・車両（原動機付き自転車、軽車両を除く。）の進入の抑止または防止を目的として、副次的に車両の通行区分を明示するため、歩行者等の通行を阻害しないよう単体あるいは連続して道路内に設置される杭等の施設

(2) 道路用ボラードの種類

ボラードは、戦争で捕獲された敵の大砲等の武器を地面に埋めて境界を示しシンボルとしたのが発祥であるという説³⁾もあり、もともと民地境等において、境界区分を明示するために用いられてきた。現在は、都市景観に配慮し、さらにシンボリックな意味合いも込めて様々なデザイン、寸法、材質のものが用いられている。

これらボラードについて車両衝突時の強度に着目し、強度の弱い順から区分すると、以下の3種類に大別できる。

①車両運転者に対し視覚的な進入抑止効果や視線誘導

効果を持つが、車両が接触した時にはたわむことで車両に損傷を与えないもの

②車両運転者に対し視覚的な進入抑止効果や視線誘導効果を持ち、かつ微速衝突程度の車両を停止させる強度を有するもの

③車両衝突時に車両を停止させる強度を有するもの
以下では便宜的に、①をソフトボラード、②をハードボラード、③を車両衝突対応型ボラードと称し区分する。

また、ボラードの設置形態についてみると、

- ・基礎に固定する固定式
- ・時間帯により、あるいは許可車両のみを通過させるため、状況に応じて路面上の杭部分を路面下に収納できる上下式、または路面上の杭部分を取り外す着脱式

の2種類がある。上下式はライジングボラードと称さ

れ、国内では設置マニュアル⁴⁾も策定されるなど、近年脚光を浴びている。

道路用ボラードは歩道内に設置される場合が多いので、歩行者や自転車利用者が接触、衝突しても被害を及ぼさないための配慮として、ソフトボラードや、ハードボラード表面をゴムなどで覆ったものも多く利用されている。

(3) 道路用ボラードの設置箇所

道路用ボラードの設置位置としては、歩道端や路側では、

- ・歩道への車両乗り上げ、駐車、進入を抑止するため歩道内に設置
- ・車両通行帯の物理的な車道区分として、区画線上、あるいはゼブラゾーン上に設置
- ・車両の速度を抑制するために車線境界に設置



a. ソフトボラード
(中央線明示)



b. ソフトボラード
(分離帯端部明示)



c. ソフトボラード
(T型タイプとして柵の機能を付加)



d. ハードボラード
(車両の歩道内駐車防止)



e. ハードボラード
(車両の歩道内進入防止)



f. ハードボラード
(道路内の樹木保護)



g. ハードボラード
(面型タイプ、着脱式)



h. ハードボラード
(ゴムカバーで覆ったタイプ)



i. ハードボラード
(車輪誘導タイプ)



j. 車両衝突対応型ボラード



k. 車両衝突対応型ボラード
(ライジングタイプ)



l. 車両衝突対応型ボラード
(ガードレールビームを付けた例)

写真—1 ボラードの設置事例

- ・標識柱，照明柱，植樹等の明示や保護のため，これら道路施設の前後に設置
 - また，中央帯等では
 - ・対向車線への逸脱を抑止するため2車線道路の中央線上に設置
 - ・車両のUターンや車両の対向車線側への進入を抑止するために設置
- などがある。

代表的な設置事例を写真—1に示す。ボラードには様々な形態のものがあることがわかる。写真で，「d. ハードボラード」と「j. 車両激突対応型ボラード」はロンドン市内で一般的に見られる共通的なデザインであるが，車両激突対応型ボラードにはかなり大型のボールが使われている。「i. ハードボラード」もロンドン市内で使われているものである。交差点等での大型車両による巻き込み事故の防止等を目的として，自動車の後輪等を誘導させる独特の形状となっている。

3. 車両激突対応型ボラード

(1) 車両激突対応型ボラードとは

車両激突対応型ボラードは，車両の衝突を想定した強度を有するボラードであるが，ここでは特にテロ対策として，主要公共施設等に爆薬などを積載した車両が侵入し，施設破壊を試みることを防ぐ目的で設置されるものをいう。米国では1985年に，米国国務省外交安全局（the U.S. Department of State, Bureau of Diplomatic Security）より，SD-STD-02.01 境界防護バリア及びゲートの車両衝突試験方法（Test Method for Vehicle Crash Testing of Perimeter Barriers and Gates）⁵⁾として策定された。この基準では，ボラード

の他，溝，土堤，保安ゲート，土嚢壁，コンクリート壁等，車両の侵入を防止する目的で設置する施設全般（以下，防護施設という。）を対象としている。

この基準は，1995年4月の米国オクラホマ連邦ビル爆破事件や2001年9月の米国同時多発テロを受けて基準の見直しが行われ，2003年に改定された後，2007年に米国材料試験協会（ASTM; American Society for Testing & Materials）より ASTM F2656-07⁶⁾として統一基準化され発出された。なお SD-STD-02.01 や ASTM F2656-07 は，製品販売の際の性能評価基準として，国際的に広く用いられている^{例えば7)～9)}。

(2) 車両激突対応型ボラードの性能評価⁶⁾

(a) 衝突条件

車両の衝突条件を表—1に示す。

設計するボラードの衝突性能は，保護対象施設の危機管理レベル（国・自治体等のレベル，職員・利用者数，施設規模，入居機関に対する脅威のレベルなどを勘案して設定¹⁰⁾）を踏まえ，保護対象区画内の施設と区画道路状況等との関係から車種や物理的に到達可能な速度等を設定し¹¹⁾，表—1内から選定することとなる。

○衝突車両

テロ等による意図的な車両の衝突を想定しているが，保護すべき公共施設などは都市内にあることがほとんどであり，都市内で違和感なく利用されている車両として，小型車，ピックアップトラック，中型トラック，大型トラックの4種類が想定されている。

○衝突速度

衝突速度は，小型車及びピックアップトラックは 65 km/h ～ 100 km/h，中型トラック及び大型トラック

表—1 指定衝突条件

区分	試験車両	最小慣性質量		公称最低衝突速度		速度許容範囲		運動エネルギー	
		kg	(lb)	km/h	(mph)	km/h	(mph)	kJ	(ft-kips)
C40	小型車	1,100	(2,430)	65	(40)	60.1 – 75.0	(38.0 – 46.9)	179	(131)
C50				80	(50)	75.1 – 90.0	(47.0 – 56.9)	271	(205)
C60				100	(60)	90.1 以上	(57.0 以上)	424	(295)
PU40	ピックアップトラック	2,300	(5,070)	65	(40)	60.1 – 75.0	(38.0 – 46.9)	375	(273)
PU50				80	(50)	75.1 – 90.0	(47.0 – 56.9)	568	(426)
PU60				100	(60)	90.1 以上	(57.0 以上)	887	(613)
M30	中型トラック	6,800	(15,000)	50	(30)	45.0 – 60.0	(28.0 – 37.9)	656	(451)
M40				65	(40)	60.1 – 75.0	(38.0 – 46.9)	1,110	(802)
M50				80	(50)	75.1 以上	(47.0 以上)	1,680	(1,250)
H30	大型トラック	29,500	(65,000)	50	(30)	45.0 – 60.0	(28.0 – 37.9)	2,850	(1,950)
H40				65	(40)	60.1 – 75.0	(38.0 – 46.9)	4,810	(3,740)
H50				80	(50)	75.1 以上	(47.0 以上)	7,280	(5,430)

クでは 50 km/h ～ 80 km/h としており、車両の加速性能を見込んだ条件設定がされている。

○積載物

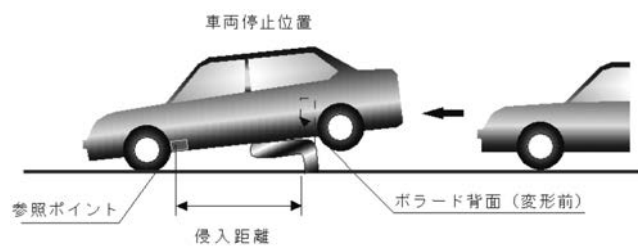
車両激突対応型ボラードの衝突条件として特徴的な点は、テロなどでの爆発物を搭載した車両の衝突を想定していることである。そのため、車両への爆発物の搭載位置として、乗用車では助手席、トラックでは荷台最前部に爆発物を搭載した状態を想定し、爆発物がどの程度境界内に侵入するかが重要視される。

(b) 性能評価

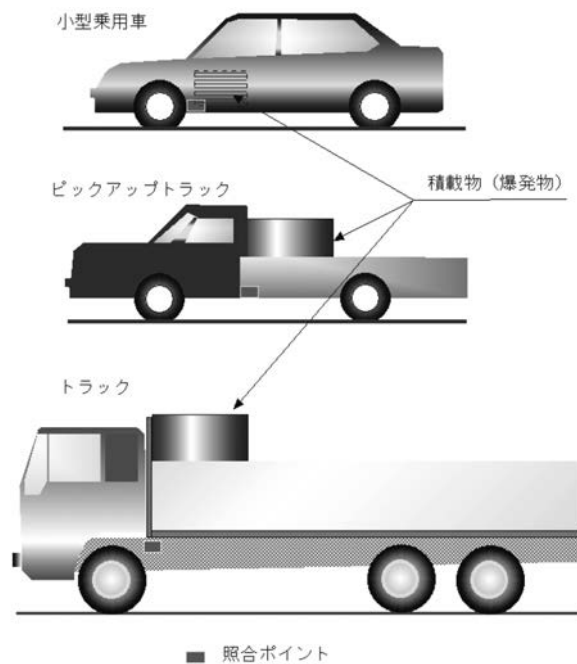
車両激突対応型ボラードの性能評価は、衝突車両の侵入距離(図—1)によって行う。車両の侵入位置は、図—2に示す各車両の照合ポイントが防護施設の最背面からどの程度侵入しているかによって、表—2により評価区分される。

なお、これらの距離の設定根拠としては、防護施設の 30 m 後方に保護対象施設がある場合、侵入距離が 1 m であれば爆発物の爆発による保護対象施設への影響は 9% 程度であるのに対して、3 m 侵入すると 33% に増加し、6 m では 80% と急激に増加する⁵⁾。6 m を超えると実用レベルでは無くなる。そのため、性能評価としては P1 から P4 まで 4 段階に区分される。

実際の防護施設の設置計画は部外者には明確にされていないが、新たに防護施設を設置する場合は保護対象施設との隔離距離を 30 m 以上確保するか、あるいは防護施設の侵入防止性能 (P1 ～ P4) を加えた隔離距離を確保すること、隔離距離が十分確保できない場合は、経済検討を行い、移転あるいは保護対象施設自体に防曝性能を持たせる対策を行うことになるものと思われる^{10) ～ 12)}。



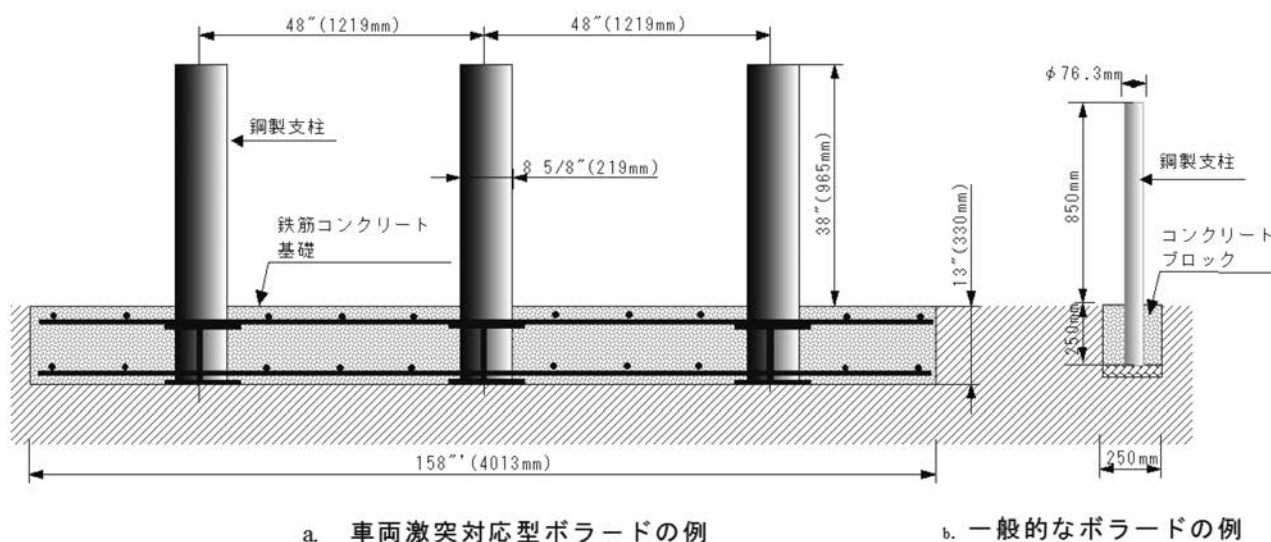
図—1 侵入距離



図—2 各車両の侵入距離照合ポイント

表—2 侵入距離水準

区分	動的侵入距離水準
P1	≤ 1 m (3.3 ft)
P2	1.01 ～ 7 m (3.31 ～ 23.0 ft)
P3	7.01 ～ 30 m (23.1 ～ 98.4 ft)
P4	30 m (98 ft) ≥



図—3 ボラード構造の例

(3) 構造例

車両激突対応型ボラードの具体的な構造¹³⁾は、欧米の製品でみることができる。図—3に構造例を示す。

図には、5トン車が50 km/hで衝突しても停止させることができる車両激突対応型ボラード構造とともに、比較のため一般に用いられるボラード構造の例も併せて示した。両者を比較すると、車両激突対応型ボラードはかなりの大型構造物になっており、広い設置スペースが求められることがわかる。国内での利用を考えると、歩道内等の狭いスペースに設置することが多くなるので、コンパクトで高い強度の得られる基礎の設計が重要となるものと考えられる。

4. おわりに

国内では多種多様な道路用ボラードが使われているが、ボラードに求められる性能や都市景観への配慮などを踏まえると、設置する場所や設置に適する構造、材質、色彩等は自ずと制限されてくる。強度性能についても、米国等では、車両激突対応型ボラードについて、車両による意図的で具体的な侵入条件を想定した性能照査が行われている。我が国に車両激突対応型ボラードを導入する場合、米国基準のようにテロまでを想定する施設が要求されることは少ないと思われるが、例えば歩行者専用道路の入り口等、車両の進入を物理的に防止すべき箇所は多々ある。道路用ボラードの設置場所、ボラード構造・強度、設置方法等について、我が国の道路・交通事情を勘案して整理し、道路

用ボラードを適切に効果的に整備するための、統一的な考え方を明らかにしていくことが必要と考えられる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 社団法人交通工学研究会；平成10年度ボラード設置に関する調査報告書，平成11年3月
- 2) transalt.org；Rethinking Bollards, 2007
- 3) <http://www.reliance-foundry.com/blog/bollards-security-safety-design>
- 4) 公益財団法人国際交通安全学会；ソフトライジングボラード導入ガイドライン2015，平成27年3月
- 5) Department of State, Diplomatic Security; Test Method for Vehicle Crash Testing of Perimeter Barriers and Gates, AD-STD-02.01, Revision A, 2003
- 6) American Society of Test & Materials; Standard Test Method for Vehicle Crash Testing of Perimeter Barriers, ASTM F2656-07, 2007
- 7) <http://faacbollard.com/>
- 8) <http://www.professionalsecurity.co.uk/products/physical-security/bollard-crash-test/>
- 9) <http://www.greengateaccess.co.uk/news/k4-pas68-crash-test/>
- 10) Interagency Security Committee; The Risk Management Process for Federal Facilities: An Interagency Security Committee Standard, U.S. Department of Homeland Security, 2013
- 11) Department of Defense; Selection and Application of Vehicle Barriers, UFC 4-022-02, 2010
- 12) Department of Defense; DoD Security Engineering Facilities Planning Manual, UFC 4-020-01, 2008
- 13) http://www.apexfab.com/wp-content/uploads/2014/06/Apex_SellSheet_Bollard-web.pdf

【筆者紹介】

安藤 和彦（あんど う かずひこ）
（一財）土木研究センター
道路研究部長

