

落石防護柵の性能実証試験の現状調査について

金沢大学 正会員 前川 幸次

1. はじめに

2009年7月に直径約1.2mの落石が落石防護柵を突き抜けた富士山スカイライン駐車場での死亡事故は記憶に新しい。設置されていた在来型の落石防護柵(ワイヤーロープ金網式)は、ワイヤーロープ、支柱および金網の吸収エネルギーと予測される落石の衝突エネルギーの比較により安全性の確認(設計)が行われているが、落石対策の難しさを示す事故であった。

この15年程の間にわが国で開発・導入されている落石防護柵は、在来型の落石防護柵にはないワイヤーロープの保護・緩衝機構や異なる形式により大きな落石エネルギーに適応可能とされている。わが国では、各メーカー独自の性能実証試験が(あるときは試行錯誤的に)行われ、その成果が設計式や設計手法の拠り所とされることが多い。一方、スイス(SAEFL)は2001年に落石防護柵の性能認証指針¹⁾を制定し、試験方法から評価方法まで規定している。また、EU27カ国(EOTA)でも2008年に類似の指針²⁾を制定している。これらにより製品ごとの規格化とその性能保証が行われている。性能認証指針が対象とする落石防護柵は、①ネット(主ネットと金網)、②支柱(基部はヒンジ構造)、③連結部材(ワイヤーロープ、クランプ、緩衝装置等)から構成されるものであり、その性能を設計式で評価することの難しさを回避する一つの方策として、性能認証のシステムは有効と考えられる。

本報告は、輸入品も含めてわが国で設置されている落石防護柵について行われた性能実証試験の概要を調査するために、主要なメーカーおよび協会にアンケート調査をお願いし、取りまとめたものである。

2. アンケートの概要と結果

在来型の落石防護柵(落石対策便覧の設計例であるワイヤーロープ金網式)にはないワイヤーロープの保護・緩衝機構や異なる形式の落石防護柵を扱っているメーカーおよび協会に対して、実証試験の概要および設計手法についてアンケートをお願いした。表1は回答のあった製品名(A~Mの13タイプ16件)ごとに質問項目の(1)~(17)の結果を示す。なお、製品タイプ13は実証試験の実施年の順に並んでいる。

- 1) 質問項目(1)製品性能と(10)衝撃度の関係： 欧州製品H, I, LおよびA, Cでは、性能認証指針(2001年)あるいはその思想のため、製品性能が実証試験の衝撃度(衝突エネルギー)になっている。一方、日本製品B, D, E, F, Jの製品性能は実証試験の衝撃度よりも大きなレベルまで設定されている。これは、実証試験を基にした数値解析や落石対策便覧を拠り所とした設計手法に基づいてグレードアップされた落石防護柵が設置されていることを意味する。なお、日本製品G, K, Mの製品性能は衝撃度にほぼ一致しているが、繊維性ネットを主体としている製品G, Mでは性能のグレードアップを設計手法により行うことが簡単ではない等の理由と思われる。
- 2) 質問項目(5)衝突体(重錘)形状： 欧州製品では、2001年以降は性能認証指針に定められた重錘形状(表1・備考：SAEFL型, EOTA型参照)が使用され、それ以前は自然岩石が使用されている。日本製品では、衝突面が球状の重錘から近年はSAEFL型またはEOTA型の重錘に移ってきている。
- 3) 質問項目(9)衝突速度： 欧州製品では性能認証指針の衝突速度規定(25 m/s以上)が確保されている。日本製品での衝突速度は13.8~23.8 m/sであり、同じ衝撃度で衝突速度を25 m/sとする場合に比べると、重錘質量を約3.3~1.1倍、および衝突投影面積を約2.2~1.07倍で行っていることになる。なお、製品Dは重錘を鉄球にすることで比較的遅い衝突速度でも所定の衝撃度を確保している。

3. まとめ

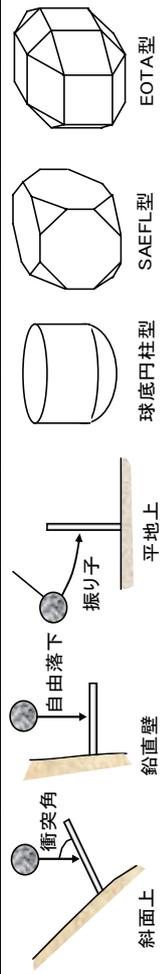
実証試験は落石防護柵にとって厳しい衝突条件(大径落石の低速衝突よりも小径落石の高速衝突の方が厳しいと思われる)で行うべきであり、製品の性能保証と公正な競争のためにも、欧州の性能認証指針の衝突速度(25 m/s)

キーワード 落石防護柵, 認証試験, 性能実証試験, アンケート

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学自然科学研究棟 2C-313 TEL 076-234-4602

表-1 落石防護柵の実験概要に関するアンケート結果

製品名(整理名)	A-1	A-2	A-3	B	C-1	C-2	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
(1) 製品性能 (kJ)	~1000	~1500	~3000	~1500	~1500	~2000	200~1000	~500	~1000	200	~3000	~100	~500	~600	250~3000	~150	
(2) 実験実施主体	フランス	自社	球底円柱鋼殻コン														
(3) 実験実施年	1988	1993	1993	1993	1996	1997	2000	2001	2001	2002	2002	2005	2006	2007	2007	2008	
(4) 衝突体重量 (tf)	3.0	3.9	6.0	3.0	4.1	5.3	7.0	3.1	3.0	1.6	9.6	0.32	1.46	2.0	3.2	0.9	
(5) 衝突体形状	自然岩石	球底円柱鋼殻コン	球底円柱鋼殻コン	球底円柱鋼殻コン	自然岩石(概ね球形)	球底円柱鋼殻コン											
(6) 衝突方法	索道から離脱	自由落下	自由落下	自由落下	索道から離脱	自由落下											
(7) 衝突角度(度)	90?	90	90	90	60	90	90	90	90	90	60	60	90	90	75	90	
(8) 鉛直落下高(m)	—	17.0	—	17.0	—	10.0	13.0	12.0	12.0	12.5	—	—	15.0	29.0	32.0	16.6	
(9) 衝突速度(m/s)	26.2	28.6	31.8	18.3	27.0	26.5	13.8	15.3	15.3	15.3	25.0	25.0	18.0	23.8	25.0	18.0	
(10) 衝撃度(kJ)	1017	1599	3018	510	1500	2040	700	395	400	196	3000	100	215	568(625)	例:1000	150	
(11) 速度計測	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	センサー	
(12) 実験形態	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	実物	
(13) スパン数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
(14) 設置場所	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	
(15) 衝突部位	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	中央スパン	
(16) 性能評価基準	技術導入先の方法(実験を根拠)	落石対策便覧と実験を根拠															
(17) 設計手法・思想	技術導入先の方法(実験を根拠)	落石対策便覧と実験を根拠															
備考	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	斜面上	



以上) の適否も含めて試験方法についての指針, さらには数値解析や吸収可能エネルギーの累加則に基づく設計手法の妥当性, あるいは性能認証制度についての議論を期待したい。

謝辞 本報告は平成 21 年度科学研究費補助金(基盤研究(C)20560440)とアンケートに回答頂いた落石防護柵メーカー各社・協会の協力によるものであり, ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) W. Gerber: Guideline for the approval of rockfall protection kits, SAEFL and the Swiss Federal Research Institute, 2001.
- 2) EOTA: ETAG 027 – Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits – , 2008.