

リングネット

村石 尚 (東亜グラウト工業株式会社 TKG 事業部技術部長) (前 防災技術研究部)

リングネットと落石防護柵

リングネット落石防護柵 (図1) が落石対策工法として日本に導入されてから約十年が経ちました。この間、国内の使用実績が増えるにつれ、ネット名称である“リングネット”が、大きな落石に対する防護柵工法の代名詞と呼ばれることも多くなりました。

本稿ではリングネットが落石対策に用いられるようになった歴史的背景、日本導入の経緯などをあらためて振り返ってみたいと思います。

軍事技術としてのリングネット

一定長さの鋼製ワイヤを小径の円形に組み、それらを相互に連結すると、リング状ワイヤを構造要素とする網が出来上がります。この網の形式が衝撃に極めて強い構造体であることは、古くから知られていました。

蒸気機関が軍艦の動力として用いられるようになり、戦いの装備が強力になるにつれ、それを撃破する潜水ボート (魚雷ボート) ができると、次にその攻撃を防ぐ手段として防潜網 (Anti-Torpedo Nets) が開発されました (図2)。

この網状の防具は1860年代すでに魚雷ボートの登場とともにあったようで、明治の連合艦隊の旗艦三笠にも最初の頃には装備されていたといわれています。その後、船に取り付けるタイプの防潜網は姿を消し、第二次世界大戦の欧州戦線や太平洋戦線では、潜水艦が発射する魚雷から港湾施設を護るため海中に吊り張る防護の網として用いられました。

リングネットの力学的特徴

現在のリングネットの網形式 (図3) は、上述の古い時代の軍用防潜網とは形も異なり、かなり進化したものです。図は $\phi 3\text{mm}$ 、引張強度 $1,770\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の、ワイヤとして極めて高強度の素線を巻き束ね、相互に組付けたリングネットパネルです。しかし、基本的なリングネットの特徴、すなわち、衝撃力に強い構造である点は変わりません。これは次のような理由によると考えられます。

リングネットはネット面に作用する落石などの衝撃で、衝撃部分が比較的容易に伸び広がる特徴があります。図4はネット面に作用する力でリングが変形、対角の接点間距



図1 リングネット落石防護柵と落石捕捉



図3 現在のリングネット (リング直径30cm)

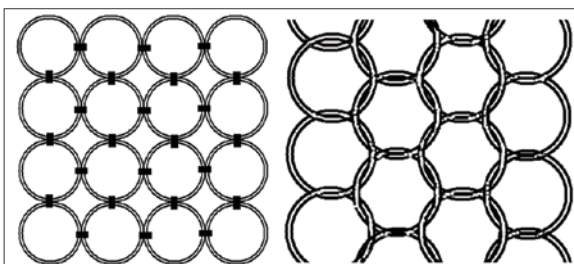


図2 古い時代の防潜網の形状

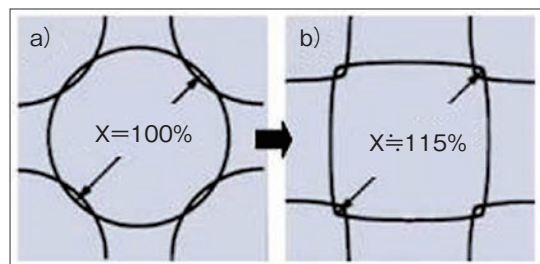


図4 リング単体の変形の代表的パターン

離が約15%も伸びる状況を図示したものです。円がほぼ四角形になり、対角接点間が15%広がるまでの変形はリング自体の形状の変化であり、比較的容易に変形（すなわち、柔らかな構造を特徴づける部分）します。一方、形状がほぼ四角形になってからは、これ以上は変形しづらくなり、高強度の硬いネット材としての特徴を呈するようになります。

すなわち、個別の要素のリングが、円から引き締まった四角にかわる、このように形状がかわるプロセスが変形途中に介在することが、網の柔軟性と、一方で網として丈夫で“破れにくい”特長を生みだすもとになっています。

リングネットを使う落石防護柵

ワイヤロープ（ドイツ語表現ではザイル）をネット状に組む、ザイルネット落石防護柵が、剛性の高い落石防護工より、はるかに大きな落石衝撃に耐えることが分かり、約20年前からヨーロッパで新しい形式の落石防護柵の開発が盛んに行われるようになりました。

さらに、その過程で、防護柵構成部材である落石衝撃面のパネルをザイルネットからリングネットへ切替える発想の転換が、その後の急激な防護柵性能の向上に結実しました。

なお、実際のリングネット防護柵は、このようなリングネットを主部材として構造に柔軟性をもたせつつ、加えて、周辺ワイヤロープの伸びに対し制動をかける小部品を組みあわせ、より効率的に衝撃エネルギーを吸収できるようにしています。

先がけとなった実物大試験

落石から列車を守るために落石の発生危険箇所には様々な防護設備が設置されています。このうち、比較的大きな落石に対してはコンクリート製の擁壁や覆い工が使われていましたが、斜面での施工が難しくコストがかかるという難点がありました。

そこで、大きな落石の対策工としてヨーロッパにおいて目覚ましい性能向上の過程にあった柔構造の防護柵、すなわちリングネット落石防護柵（スイス製）に着目し、その日本への導入にあたり、鉄道総研が中心となり1997年に様々な検討や試験（図5は都下五日市で行われた落石衝撃試験のうち、累積損傷テストの状況）を行いました。

構造の形式を先に決め、衝撃を与えるクラッシュテストで直接的に性能を保証する本工法は、その設計法自体が今



図5 試験柵を使っでの落石衝撃試験（五日市）

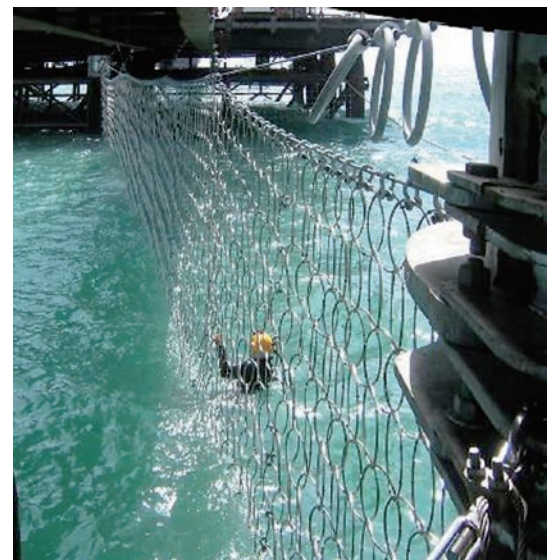


図6 海上施設に設置されているリングネット

まで日本にはないものでした。様々な検討の結果、従来のコンクリート製の覆い工とほぼ同等の性能を有し、施工性、経済性（設置場所により異なるが、ほぼ、1/5～1/10程度）に優れた工法であることが確認できました。

このリングネット落石防護柵は、現在、3,000キロジュールの落石エネルギー（9.6トンの石が約32mの高さから自由落下した衝撃にほぼ相当）まで対応でき、鉄道、道路、林野、砂防等の分野で広く技術が受け入れられ、利用されています。

終わりに

リングネットはまだ利用範囲が広がっています。図6は停泊中の船舶に対するテロ対策の防具としてベルシャ湾で設置された海上リングネットです。古い時代に軍用装備として初期の技術が登場しましたが、その後、人命や施設を確実に守るという、その用途は常に変ることがありません。