

リングネットを用いた竜巻飛来物防護ネットシステムの開発

自由落下試験による性能評価

Development of A Tornado Missile Net Protection System Using Ring Nets

Free-Fall Test for Performance Evaluation of the Net Protection System

(原子力土木部 設計管理G)

(Civil & Architectural Engineering Department, Nuclear Power Division)

竜巻は極めて局所的ではあるが大きな被害をもたらす災害である。竜巻による飛来物に対して原子力発電所の設備を防護する方法の一つに防護ネットがある。

A tornado is a disaster that causes heavy damage locally. Protection Nets have been clarified as one of the countermeasures to protect the facilities of Nuclear Power Plants from tornado-generated missiles. We have developed the Net Protection System with Ring Nets and evaluated the capturing performance using free-fall tests. As a result of the tests, the capacity was confirmed when the tornado missile hit the center and the corners of the net.

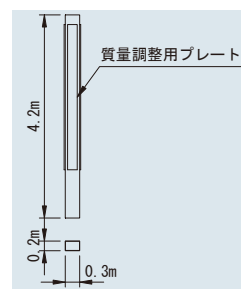
そこで、エネルギー吸収能力が高いリングネットを用いた防護ネットシステムを開発し、その性能を実証試験によって検証した。その結果、ネットの中央部・端部への衝突に対する捕捉性能を確認した。

1 研究の背景と目的

平成25年に施行された原子力規制委員会の新規規制基準では、竜巻により原子炉施設の安全性が損なわれないことを評価するための指標として「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(以下、ガイドという)が制定されており、竜巻による飛来物が例示されている。原子力発電所では竜巻による飛来物に対して設備を防護するための対策の一つとして、ひし形金網を用いた防護ネットが採用されている。しかし、ひし形金網の場合は、編み込みの向きにより荷重伝達に異方性があり、飛来物の運動エネルギーが大きい場合には複数枚を組合せて用いることが必要になる。

(1) 重錘

ガイドに記載の飛来物のうち、本試験では鋼製材(角型鋼管)を模擬した重錘を用いて自由落下試験を実施した。重錘の運動エネルギーはガイドを参考に設定した。第1表および第2図に試験に用いた重錘の諸元を示す。



第2図 重錘形状

第1表 重錘諸元

飛来物種別	鋼製材
重錘質量	550 ~ 600kg程度
衝突速度	30m/s程度
運動エネルギー	235kJ以上

そこで本研究では、異方性がなくエネルギー吸収能力が高いリングネットを用いた防護ネットシステムについて、ガイドに基づき設定した条件下での実証試験を行い、その捕捉性能を確認した。

(2) 試験方法

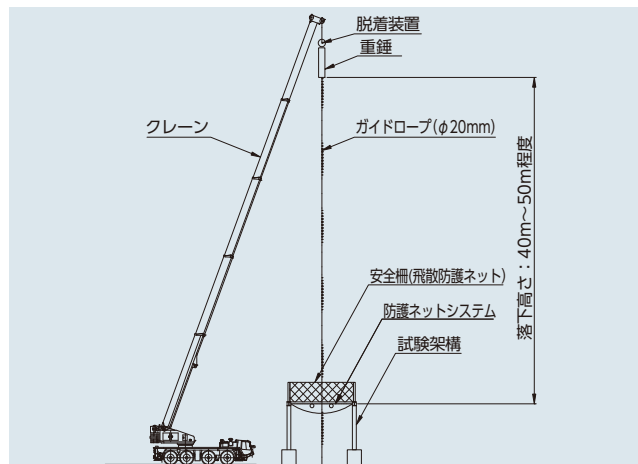
重錘はクレーンで所定の高さまで吊り上げ、脱着装置により切り離し自由落下させた。本試験における重錘の落下高さはクレーンの性能から40m ~ 50m程度とし、製作された重錘の質量に応じて、必要な運動エネルギーが確保できる高さに調整した。第3図に試験実施状況の模式図を示す。

2 試験概要

リングネット中央部および端部(ネット最端部より0.5m×0.5m内側)に竜巻飛来物を模擬した重錘を自由落下により衝突させる試験を実施した。ネット寸法は4m×4mとし、試験架構にフレームドロップ等を介して固定した。第1図に試験体の様子を示す。



第1図 試験体



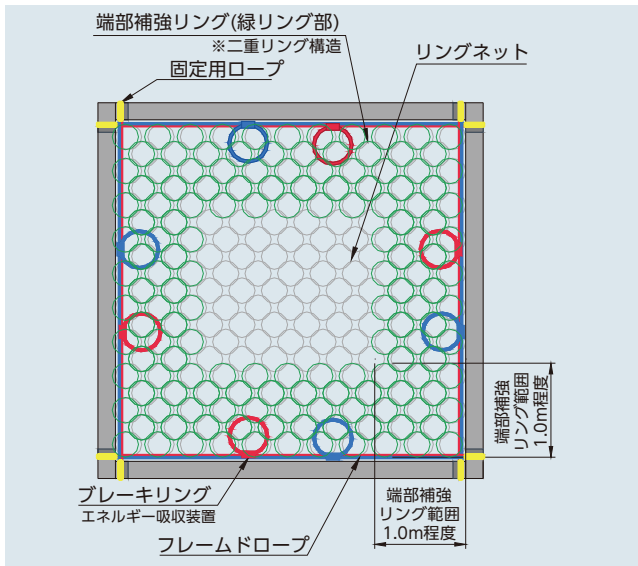
第3図 試験実施状況

3 防護ネットシステムの構成

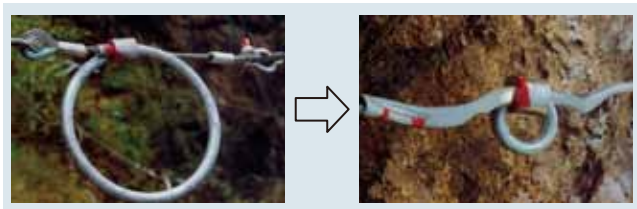
第4図にリングネットを用いた防護ネットシステムの基本構造図を示す。

リングネットは、素線径3mmの鋼線をφ300mmに巻き束ねたリングをネット状に編んだ構造で、本防護ネットシステムにおいては素線を19回巻き束ねたリングを用いている。また、ネット周辺部は端部補強のために19回巻きリングを二重にしている。リングネットはフレームドロップを介して固定用ロープにより架構に接続される。

フレームドロップには、1本に1つのブレーキリングが装着されている。ブレーキリングは鋼管をリング状にした構造で、鋼管内をロープが挿通しており、ロープに張力が作用すると絞られるように変形してエネルギーを吸収する。第5図にエネルギー吸収前後のブレーキリングを示す。



第4図 本防護ネットシステムの基本構成図



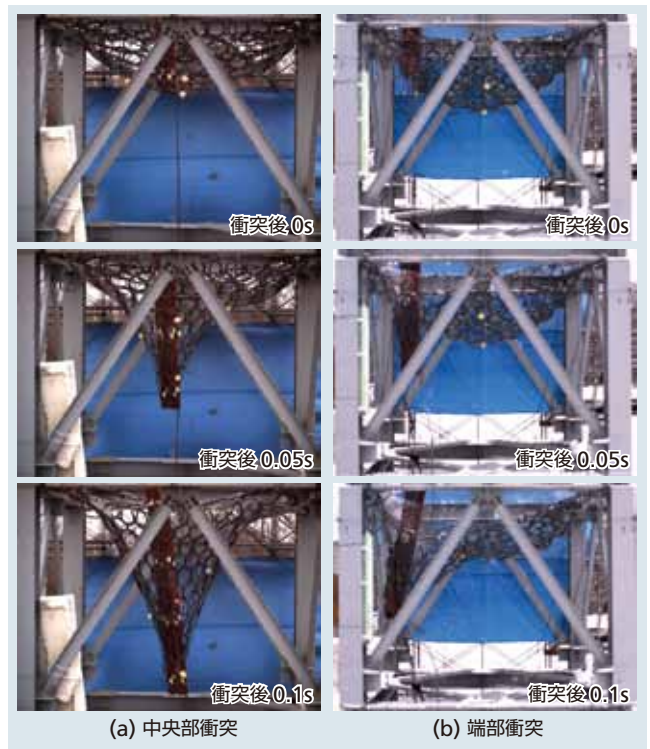
第5図 エネルギー吸収前後のブレーキリング

4 試験結果

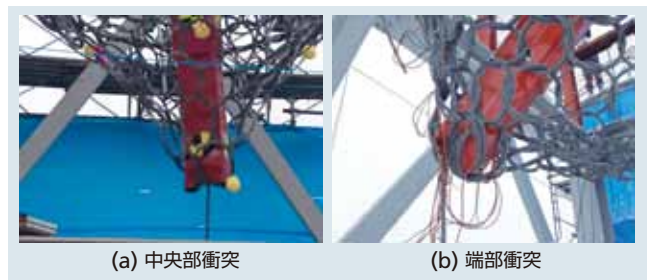
第2表に試験結果をまとめて示す。各試験ケースの運動エネルギーは、第1表に示す運動エネルギー 235kJを満足する結果となった。ネット中央部および端部衝突の両方の試験ケースにおいて重錘の捕捉に成功した。ネットの変形状況を第6図に、衝突位置の状況を第7図に示す。

第2表 試験結果

飛来物種別	鋼製材	
	中央部	端部
衝突位置	中央部	端部
重錘質量	557.0kg	608.0kg
衝突速度	30.1 m/s	28.4m/s
運動エネルギー	252.3kJ	245.2kJ
捕捉の成否	成功	成功
最大たわみ量	3.52m	2.15m



第6図 ネットの変形状況



第7図 衝突位置の状況

5 まとめ

本試験により、ガイド記載の鋼製材に対してネット中央部・端部衝突ともにネットの破断およびすり抜けなどを生じさせず、飛来物を捕捉できることを確認できた。

今後は、本防護ネットシステムの吸収エネルギー算定手法の確立に向けた検討を進めていきたい。



執筆者／原田 怜