

災害調査報告書

クラブトロリ式橋形クレーンの ワイヤロープ切断災害

(要約版)

労働安全衛生総合研究所

1. 災害の概要

本災害は、定格荷重5トンのクラブトロリ式橋形クレーン（図1参照）の性能検査中に発生した。ブレーキテストを実施するために、定格荷重のテスト用ウェート（以下ウェート）をつり上げたところ、主巻ワイヤロープ（以下ワイヤロープ）に異常が認められたため、検査員がウェートを降ろすよう指示し、それに従ってウェートを降ろしていたところ、ワイヤロープが突然切断した。

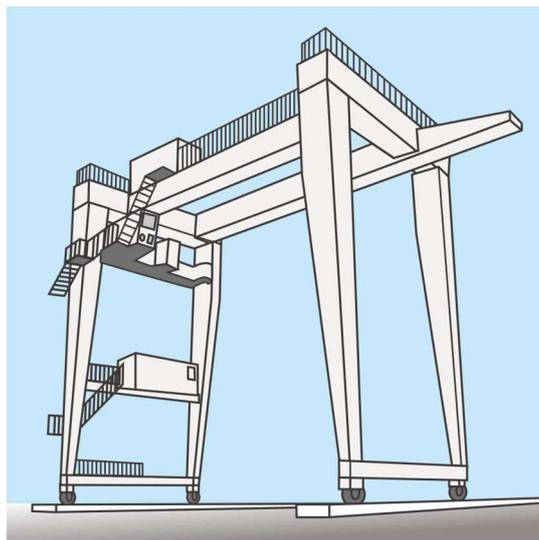


図1 クラブトロリ式橋形クレーンの例

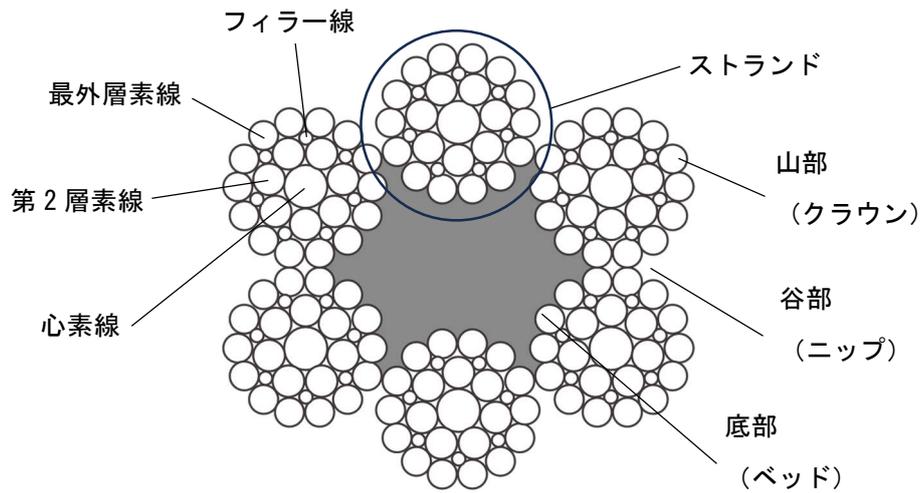
2. 発生状況の調査

2. 1 クレーンの種類と災害発生状況

定格荷重5トンのクラブトロリ式橋形クレーンの性能検査において、定格荷重のウェートをつり上げ、ブレーキテストを実施していたところ、ワイヤロープに異常が認められた。そこで、検査員がウェートを降ろすように指示し、それに従ってウェートを降ろしていたところ、突然ワイヤロープが切断し、ウェートが落下した。幸い人的被害はなかったが、ワイヤロープの切断原因について調査依頼があったことから、切断したワイヤロープを入手し、切断部分の損傷・破断状態の調査を実施した。

2. 2 切断したワイヤロープ

切断したワイヤロープの構成は6×Fi(29)、直径は14mm、JIS G 3525:2013¹⁾による公称破断荷重は116kNである。その断面形状を図2に示す。このワイヤロープは前回の交換から5年10ヶ月あまり使用されていた。



構成 : 6×Fi (29)

直径 : 14 mm

図2 破断ワイヤロープの断面形状

3. ワイヤロープの損傷・破断状態

3. 1 破断状態

本件ワイヤロープの破断部（片方のみ入手，図3参照）は，図4(a)～(c)に示すように，破断端の近くで4本のストランド（小縄），破断端から245 mmと790 mmのところそれぞれ1本のストランドが破断している．ロープグリース（以下グリース）は全体に固化し，潤滑および防錆の効果は低下した状態である．

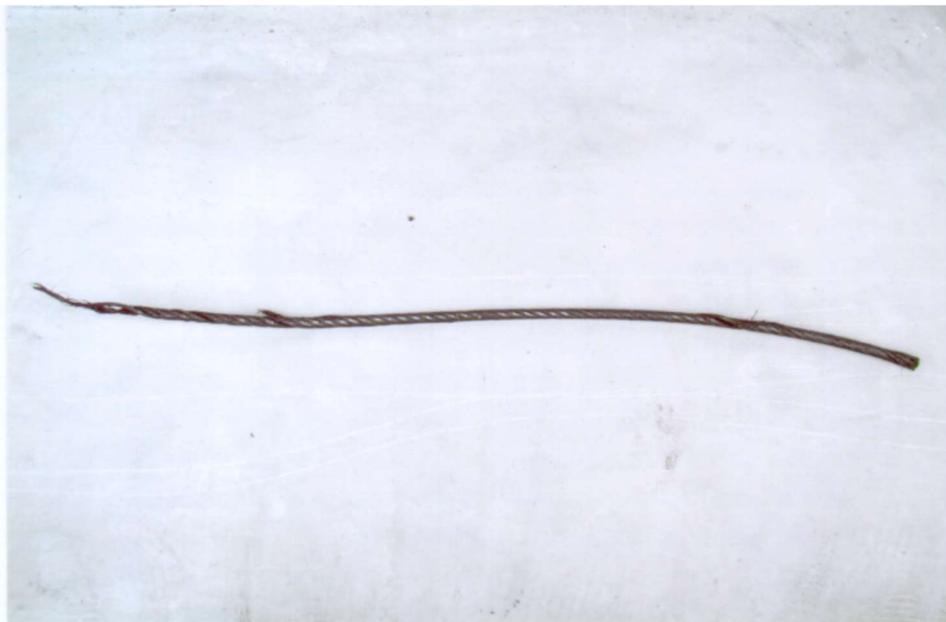


図3 調査した事故ロープ破断部試料（左端が破断部）



(a) 破断端



(b) 破断端から 245 mm



(c) 破断端から 790 mm

図4 事故ロープのストランド破断状態

3. 2 摩耗状態

図4の写真からも分かるように、試料の全長にわたって、ワイヤロープの片側ほぼ半周に顕著ないわゆる偏心摩耗が生じている。この外部摩耗の深さはかなり大きく、最外層素線の直径の1/2を超えるレベルである。ストランド破断端近くでは、さらに激しい摩耗を受けており、図5に示すように、

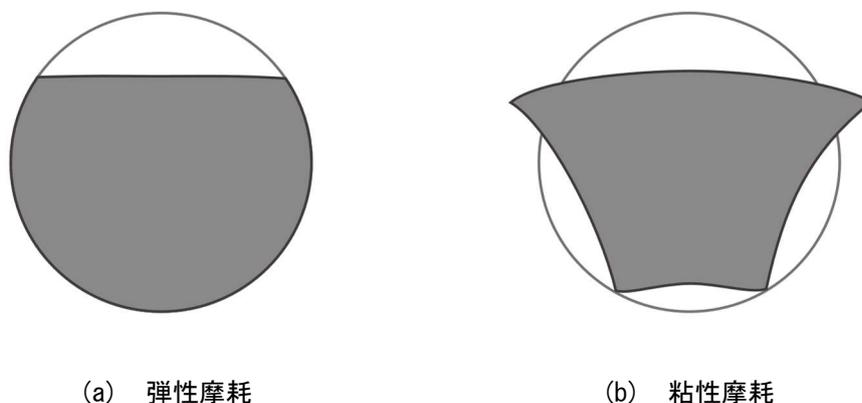
相当数の最外層素線が摩耗により短い間隔で断線し、複数個所で脱落する状態になっている。したがって、災害時には、破断部の最外層素線は全て摩耗により断線していたと考えるのが妥当である。

ただ、摩耗の状態は、摩耗表面が比較的滑らかで均等であることおよび使用期間が5年10ヶ月と長いことから、短期間に（少ない繰返し数で）、例えば固定要素と接触して擦れるような異常な発生状態ではなく、かなりの長期にわたって繰返しシーブ（綱車）を通過したために発生したと考えられる。また、素線そのものの摩耗状態は図6(a)に示すいわゆる弾性摩耗であり、ワイヤロープの使用状態に特に異常があったとは考えにくい。

結局のところ、長期間使用していたにもかかわらず、破断部について適切な点検がなされなかったことが原因で、本件の様な深さまで摩耗が進展したものと考えられる。なお、上記の偏心摩耗はストランドの頂上部（山部）に生じたものであるが、ストランド同士が接触する部分（谷部）にも一部顕著な摩耗が観察された。しかし、これはストランド破断部にのみ限定されており、外部摩耗が激しくなって、副次的に生じた損傷状態と判断される。



図5 摩耗で脱落したストランド最外層素線



(a) 弾性摩耗

(b) 粘性摩耗

図6 ストランド外層素線の典型的な摩耗状態

(本件の場合(a)が大部分)

3. 3 素線の破断状態

素線の破断状態については、肉眼および20倍の拡大鏡で観察した結果、

- (1) ストランド破断部近傍の最外層素線（各ストランド14本）は、ほぼ全てが著しく摩耗して有効断面が大幅に減少した状態で破断している。
 - (2) 第2層素線（各ストランド7本）は、1/3程度ははっきりした横断面形の破断、ほぼ1/3が若干のくびれを伴うせん断形破壊、残りはほとんどくびれのない分散したせん断形破壊部分からなる破断状態である。
 - (3) 心素線（各ストランド1本）は全て典型的横断面型の破断形態を示している。
- という特徴が確認できた。なお、参考のため、素線の破断形態の典型例を図7に示す。

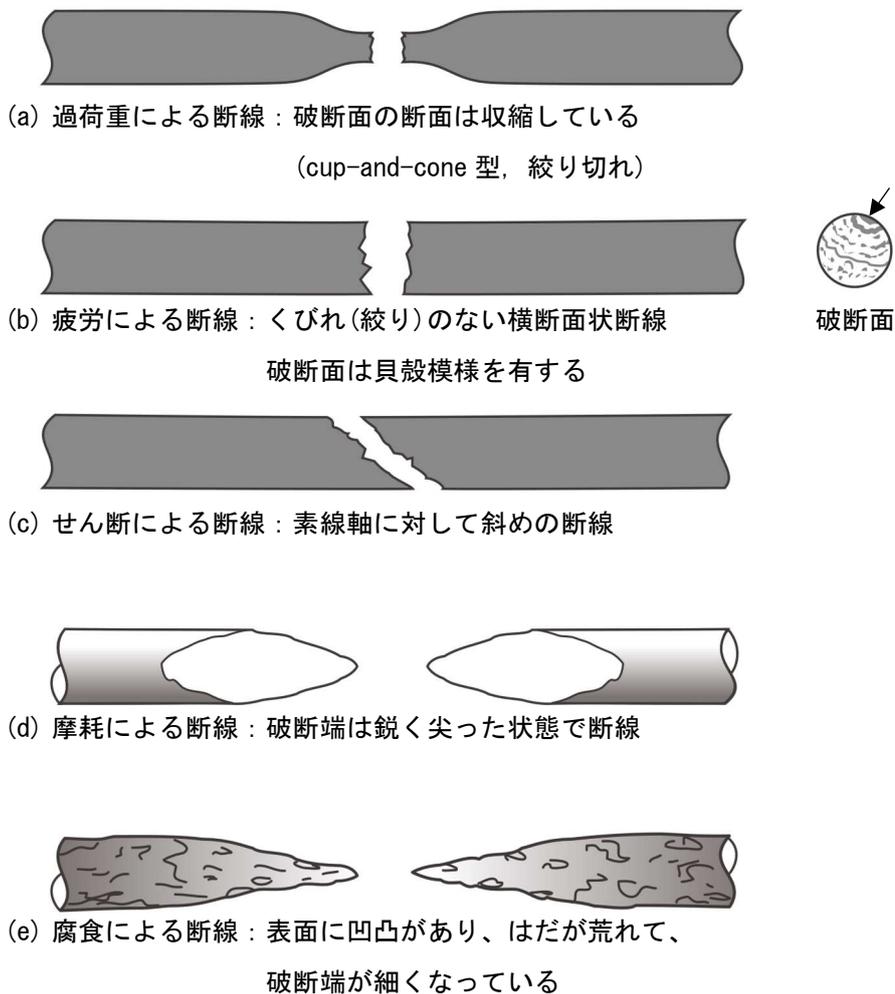


図7 ワイヤロープ素線の主な破断様式と破断端の形態

3. 4 腐食の状態

本件ワイヤロープは、3. 1で述べたようにグリースの状態が決して良好とは言えず、部分的に腐食が進行しているところも見られるため、腐食が素線の摩耗および疲労破断を促進したことは十分考えられる。しかし、断線の主因となるような腐食状況はこの試料の範囲では認められない。

なお、破断部近傍でロープ芯がほぼ等間隔（約40mm）で破断しているのが観察されているが、これは、芯繊維と劣化して固化したグリースが一体化して棒状になり、シーブ通過による曲げ疲労によって破断したものと考えられる。この損傷状態そのものは直接ワイヤロープの摩耗および疲労に影響するとは考えにくい。このような状態が生じるほどのグリースの劣化は、当然摩耗および疲労を促進したものと思われる。

3. 5 変形等

本件ワイヤロープ破断部では、全体に偏心摩耗に伴った若干のロープ断面の扁平化が生じている。これはシーブに対して偏心摩耗部が長期間片当たりの状態であったことによるものと思われる。但しこの扁平化は僅かで、それが本件ワイヤロープ破断の主因になるほどではない。

4. 考察

本件ワイヤロープの損傷状態の中で、切断の主原因は3章の結果から判断するに、やはり、3. 2で述べたストランド最外層の顕著な偏心摩耗と考えられよう。それによっておそらくは破断部の全てのストランドの最外層素線は実質上荷重負担能力を失い、結果として、大幅に荷重負担の増した内部の素線で、まず最も曲げ疲労しやすい心素線が疲労破壊すると共に、続いて、第2層素線で、比較的少ない曲げ繰返しによる疲労き裂の発生・進展に続く断線が生じ、最終的には残った内部素線が事故時の定格荷重に耐えられなくなって、一気に破断するに至ったと考えられる。

なお、摩耗損傷が少ない範囲では、曲げ疲労は平均荷重に相当する荷重（ロープ張力）の変化にあまり影響されないが、本件のように荷重負担増が異常に大きくなった場合には疲労損傷が急速に進行し、その後の寿命が大幅に減少する。

また、3. 3および3. 4に述べたように腐食および変形については、いずれも軽度で、これらは本件ロープ破断の原因とは考えられない。

5. 災害の発生原因

以上の調査検討の結果、次の結論が得られた。

- (1) 本件ワイヤロープの破断の主たる原因は、その破断部を中心としてストランド外層素線が断線するほどに進行した偏心摩耗である。
- (2) 外層素線の偏心摩耗による荷重負担増によって内部素線の疲労による断線が促進され、ついには定格荷重に耐えきれずに残りの内部素線が破断した。
- (3) 本件の偏心摩耗は、ほぼ適正と推測される負荷条件での比較的長期間の使用で生じたものと判断される。したがって、ワイヤロープの破断が生じるまで損傷が進行した原因は、この部分がシーブと繰返し接触し、この種の損傷が最も発生しやすい個所であるにも拘わらず、適切な点検がなされていないことと考えられる。

6. 同種災害の再発防止対策

本災害は、ワイヤロープがかなりの長期にわたって繰返しシーブ（綱車）を通過したために発生した。このことは、ワイヤロープを長期間使用していながら、破断部について適切な点検がなされていなかったことを意味する。ワイヤロープはシーブを通過する回数の多いところほど劣化する。したがって、同種の災害を防止するには、検査するクレーンにおいてワイヤロープのどの部分が最もシーブを通過するかを把握し、ワイヤロープを点検する際にはその部分を重点的に点検することが重要である。

参考文献

- 1) 日本規格協会, JIS G 3525:2013 ワイヤロープ