

NKK 福山原料バースアンローダークレーンカンチレバー更新

Renewal of Cantilever of Unloading Crane at Fukuyama Works

NKK 福山製鉄所 深川謙一*・光広 尊・木村孝明
平田善久・上田正武

1. 緒言

福山製鉄所のアンローダークレーンは建設以来18年～28年が経過し老朽化が顕在化してきている。精密点検の結果設備劣化の著しい2基のクラブトロリー式アンローダークレーンのカンチレバーを更新した。ここに、今回実施した更新において設備劣化の状況、更新判断、更新時の改善内容について報告する。

2. 設備概要

カンチレバーの更新を実施した2基のアンローダークレーン（以下UC）は共に1973年に設置したクラブトロリー式でありFig. 1に設備概略図を示す。設備能力は1500T/H、取扱物は鉱石、石炭の両用である。

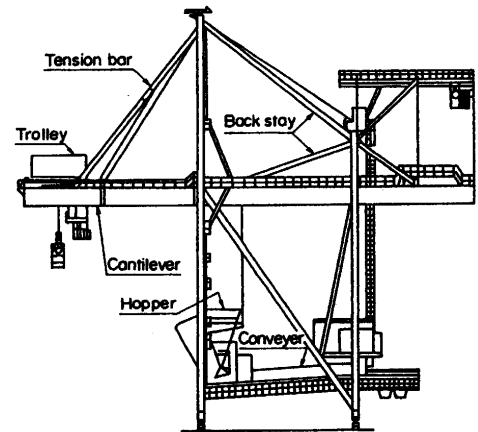


Fig. 1 Schematic view of unloading crane

3. 設備維持管理方法

設備に致命的損失を与えることのないよう周期的に点検、補強を行い維持管理を行っているが、前述のように建設以来20年以上経過しており腐食劣化等が顕著に見られるようになった。尚、補強を行う際には以下のことに留意している。

構造物において、ブラケット、スティフナー端部には応力集中が発生することは周知の通りであり、福山UCにおいて補強スティフナー端部の処置の違いにおける応力測定を行った。スティフナー形状と測定位置はFig. 2に示す通りである。

応力測定結果をTable. 1に示すがスティフナー溶接余盛部をグラインダー仕上げすることで245MPaから167MPaに応力を軽減することができた。福山において応力集中箇所の補修を行う際にはこのような応力集中軽減策を実施している。

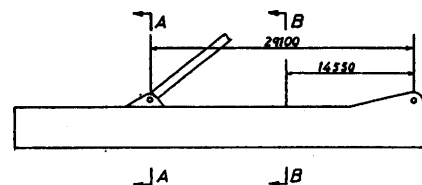


Fig. 2 Stiffener shape and stress measurement point

4. 更新前設備劣化状況と更新の判断基準

今回更新したUCはTable. 2で示す各荷重の組合わせに対して引張り、圧縮及び曲げ応力の合計が許容応力以下になるように設計されている。

Table. 1 Result of stress measurement

	①	②	③	④
before grinder	107.8~117.6	————	235.1~245.0	215.6~225.4
after grinder	————	88.2~107.8	156.8~166.6	137.2~147.0
after grinder at weldingbeed	————	————	137.2~156.8	————

Table.2 Load condition and allowable stress

case	combination load	allowable stress
A	$1.1 \times (\text{vertical static load}) + 1.6 \times (\text{vertical dynamic load})$	137.2 MPa
B	$1.1 \times (\text{vertical static load}) + 1.6 \times (\text{vertical dynamic load}) + 1.0 \times \{0.1 \times (\text{empty weight})\} + (\text{wind load})$	156.8 MPa
C	$(\text{vertical static load}) + (\text{vertical dynamic load}) + (\text{wind load})$	176.4 MPa

カンチレバーにおいて最大応力の生ずる断面はトロリーがカンチレバー先端に位置した時にFig. 3で示す断面A-Aに、トロリーがピン間中央に位置した時には断面B-Bに生じる。その際の荷重条件はいずれもTable. 2における作業時Bの場合である。

1992年3月に実施した精密点検時にカンチレバーセクション部（カンチレバー支点部）から20~25mの範囲の下フランジで腐食減肉が確認され、減肉2mm以上の部分がカンチレバー北側で約6㎡、南側では約16㎡に渡っていた。これら腐食減肉により最大応力部（断面B-B断面下フランジ）に生ずる応力を計算した結果下フランジの減肉が3mmの時発生応力は157MPaとなりTable. 2で示す許容応力156.8MPaを越えると推定される。

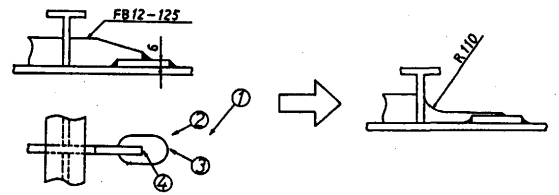


Fig. 3 Schematic view of cantilever

以上のことから下記のことが推定される。

- ①精密点検の結果より3mm以上の腐食減肉が見られ、腐食部分に発生している孔食部及びスティフナー端部へは切欠効果によって応力集中が発生し計算結果以上の応力が発生していると考えられる。
- ②Fig. 4に示す溶接構造部S-N曲線の特性を考慮すると、今回更新したカンチレバー溶接部における最大応力振幅値（実測値58MPa）から判断すると繰返し回数 3×10^6 回で寿命に達すると考えられる。

これらのことからカンチレバーはいつ亀裂が発生してもおかしくない状況にあると判断し更新を決定した。

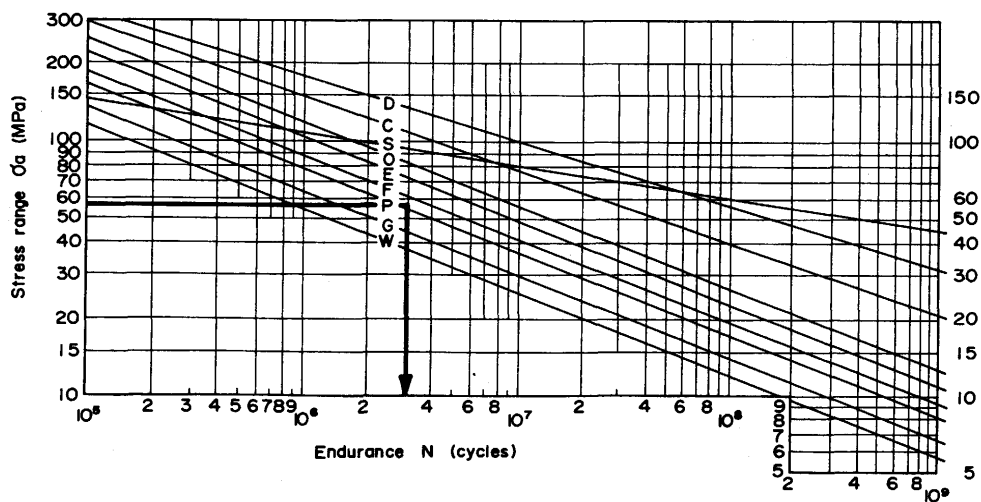


Fig. 4 Stress-Number of cycles curve of welding structure

5. 更新範囲と更新時改善策

カンチレバーの更新方法として、①カンチレバーの一式更新。②劣化程度の良い先端9mは流用する部分更新。③腐食劣化の激しい下フランジのみの更新。これら3ケースの方法を検討した結果福山においては設備停止に伴う滞船料が更新全費用を大きく左右させる要因となり一式更新と部分更新の更新費用に差がでないことからカンチレバー一式更新が得策であると判断した。

カンチレバー更新に伴いテンションバー、バックスティ、起伏減速機の更新を同時に実施した。

更新時の設計においては新規格(JIS B8821)による荷重係数及び許容応力に基づいて設計を行った。Table. 4に旧規格と新規格の荷重係数比較、Table. 5に新規格の荷重の組合わせを示す。新規格での許容応力は引張りと圧縮では異なり、Fig. 2の断面B-Bにおける許容応力は上フランジ166.6MPa、下フランジ127.4MPaである。

Table.4 Comparison of load factor

past standard	dynamic load factor (ϕ)	1.60
present standard	impact factor (ϕ)	1.60
	work factor (M)	1.20
	total factor ($\phi \times M$)	1.92

Table.5 Load condition at present standard

case	combination load
A	$M \times \{ \phi \times (\text{lift load}) + (\text{empty weight}) + (\text{horizontal load}) \}$
B	$M \times \{ \phi \times (\text{lift load}) + (\text{empty weight}) + (\text{horizontal load}) \} \times (\text{wind load})$
C	$\{ (\text{lift load}) + (\text{empty weight}) + (\text{earthquake or impact load}) \}$ or $\{ (\text{empty weight}) + (\text{wind load}) \}$

更新に当たっての主な構造面での改善策として、

- ①カンチレバー下フランジの板厚UPによる応力軽減。
 - ②カンチレバー重量増加に伴いテンションバー、ウェブ及びバックスティ板厚UP。
 - ③レール下構造を溶接構造からCT鋼に変更し強度UP。
 - ④レールクランプを通しボルトから溶接タイプに変更し雨水等の侵入防止。
- を行った。又、材質はSM490を使用した。

6. カンチレバー予防保全

今回のカンチレバー更新においては今後の腐食、亀裂を抑えるべく種々の改善策を実施したが点検作業は必要不可欠である。UCの点検作業は高所作業でもあり点検にゴンドラを必要とする箇所もある為保全不可、又時間的にも制約が大きい。そこでこれらの問題を解決すると共にタイムリーな点検を行うことで設備異常を早期発見し重大故障防止を目的とした常設タイプの亀裂・応力モニタリング装置を設置した。本モニタリング装置によって3M点検時に応力変動、亀裂発生の有無を点検し予防保全に努めている。

7. 結言

以上述べたように今回のカンチレバー更新では、新規格による設計及び種々の改善策を取り入れると共に新規導入した亀裂・応力モニタリング装置による設備点検を実施し設備の安定稼働に努めている。

又、他アンローダーについては今後の対応を計画中である。