

12. 振動くい打ち作業がクレーンブームに及ぼす影響

建設省 関東地方建設局 関東技術事務所 塩野久夫 鎌田政也 小佐部憲重

1. まえがき

クレーンと振動くい打機を組合せたくいの打込み、引抜き作業においてクレーンアームに亀裂や破損を生じることがあるが、これらの原因と考えられる振動荷重のクレーンブームに及ぼす影響について実態を究明するため調査を実施した。

本報告では、鋼矢板の引抜き及び実験台を用いて行なった試験結果をもとに、作業時にクレーンアームに生じる振動負荷特性並びに操作面からみた一部の問題点について述べる。



写真-1 試験風景

2. 試験概要

試験は鋼矢板の引抜きと、模擬くいとしての実験台により実施した。試験には下記の機械を用い、アーム先端、中間(長さ2種)、基部にそれぞれ抵抗線ひずみゲージ、加速度計を張付けた。

(1) 主要器材

- i) クレーン本体 : 伸鋼 (PαH 440-S) 1台
- ii) クレーンアーム : ラチス型パイプ構造 (標準 12m, 中間アーム 6m, 9m) 各1本
- iii) 振動くい打機 : 高周波 (45 KW, 60 KW) 各1台, 低周波 (75 KW) 1台
- iv) 鋼矢板 : (SP-3 ~ 10mもの) 6枚 (SP-4 ~ 15mもの) 12枚
- v) 実験台 : 緩衝スプリング付固定台

(2) 測定項目 及び 計測要領

- i) 応力 (アーム、鋼矢板抵抗線ひずみゲージを張付け、ひずみ量を検出)
- ii) 加速度 (振動くい打機本体、及びアーム先端より5m間隔にそれぞれ加速度計を取付け検出)
- iii) 吊上げ荷重 (ロードセルまたは、振動くい打機上部金具に抵抗線ひずみゲージを張付け検出)
- iv) 消費電力 (消費電流、電圧の計測)
- v) アーム角度 (アームに取付けた傾斜計より検出)
- vi) くい抜き早さ (シーア回転数の読みとり)

3. 試験結果と検討

(1) 振動荷重のフリ上げによって生じるブーム挙動

i) アーム応力の発生状況

くい引抜き工程のうち、クレーンアームに高い応力が作用するのは振動くい打機の始動、停止直後に

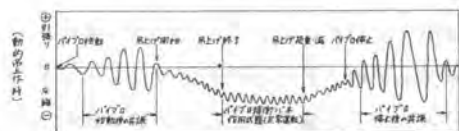


図-1. 動的フリ上げ時のアームひずみ波形例

生じる共振時と、振動くい打機が定格回転となってフリ上げ力を増し腰切りが始まる前に表われる。

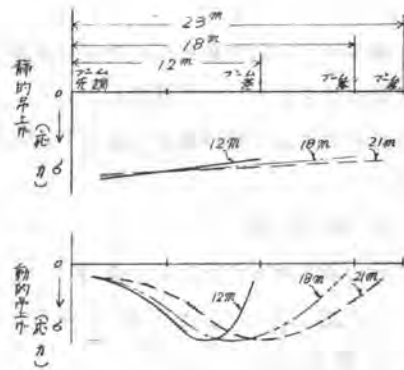
図-1に動的フリ上げによって生じる部材(主けた一基部)のひずみ発生状況を波形に示す。このうち、作業の前後に生じる共振現象は振動くい打機の回転数がフレーンアームの固有振動数領域を通過する際に生じるものであり、特に振動くい打機停止後には定常回転から停止までの時間が比較的長いので共振を通過の際大きく振動が成長しアームには高い応力が発生する。(一例として、高周波 NVA-60SS、フリ上げ荷重 12 ton で $26 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ を示した。なお、アーム材質は $80 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ の高張力鋼が使用されているが「移動式フレーン構造規格」「強度計算基準」によると、静的フリ上げ時の部材許容応力は約 $14 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ とされている。) また、作業中の定常回転の状態になると平均応力は高まるが、振巾は $2 \sim 4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ の比較的小さな範囲で繰返されている。

ii) 静と動荷重のフリ上げによる生じるブーム応力比較

図-2は、アーム長さ方向に作用する応力を長さ別(12m, 18m, 21m)フリ上げ荷重別(静・動)に傾向線として表したものである。

静荷重の場合では、先端部がやや高めでゆるやかな勾配をもつて直線的に応力が分布しているが、アームが長くなると次第に先端部から基部までほぼ均一な傾向を示してくる。

これに比べ動的フリ上げの際には、12mアームでブーム基部に、18m, 21mアームになると中間アームの後部



付近に高い応力が作用し先端部では比較的小さな値となる。このことはアームの挙動に伴って曲げ応力が作用したためと考えられ静的フリ上げ時と比べて最も異なる現象といえる。また応力の大きさについてみると、振動くい打機が定格回転の状態では静と動の絶対値に大きな差がみられないが、共振時には、フリ上げ荷重の軽い範囲(10t以下)で2倍前後、フリ上げ荷重が増すとともに静と動の差は小さくなって約1.7tのフリ上げ時には、1.5倍程度 動的な場合が高く作用した。

iii) フリ上げ方法の違いによるアーム応力

図-3は静的にフリ上げた場合の方向が、垂直と横引きで行なった際に4本の主桁に生じる応力の相違を示したものである。

垂直フリ上げの場合は圧縮方向に大きさはほぼ均一に作用しているのに比べ、横引きでは左,右の主桁で支える荷重配分に大きな差がみられる。この偏荷重の載荷状態に振動が加わると、部材には局部的に応力が集中する。

次に、衝撃的にフリ上げた際には当然高い応力となるが、最も顕著に表われたのは12m

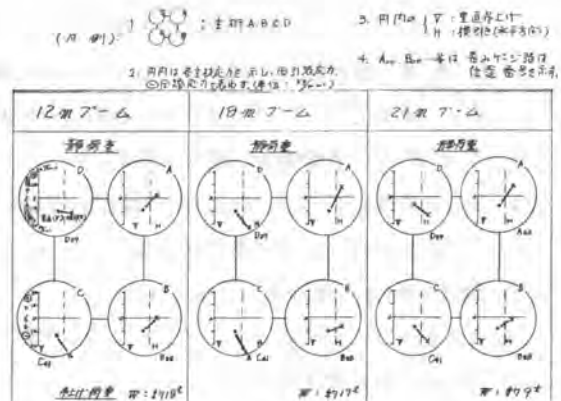


図-3 フリ上げ方向(垂直、横引き)の違いによるアーム応力の変化

ブーム、ブーム角 75° 、 22° フリ上げ時に主桁基部付近に $36 \sim 38 \text{ kg/mm}^2$ の応力が発生しており極めて危険な状態となっている。

① 共振時のブーム振動軌跡

振動くい打機の始動、停止直後には、振動数と応力の大きさが異なった数回の共振が生じるが、そのうち最も高い応力となる振動数はブーム長さによって異っており、12mブームで11~13 Hz、18~21mブームでは7~9 Hzの領域で表われている。図-4に共振時のブーム軌跡を示すが、これを計算結果にあてはめると一次と二次振動の中間的振動数となっており、応力の作用状況とよく一致している。

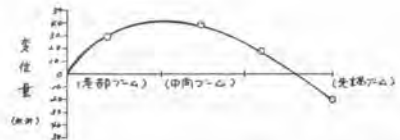


図-4. 共振時のブーム振動軌跡

(2) 施工操作面からの検討

① 引抜き方法の違いが、引抜き所要時間とブーム応力に与える影響

一般に、くいの引抜き法として ①振動くい打機をくいにあかけ、ワイヤロープをゆるめた状態で作動を開始し、くいの縁を切つてその後フリ上げと振動を併用する方法と、②初めからフリ上げ状態にして振動くい打機を作動させながら引抜く方法とが行われている。

両方式を、引抜き所要時間、ブーム応力の面から検討する。図-5は、両方式による引抜き状況をくいに生じた応力をもとに表したものである。

まず、引抜きに要した時間は鋼矢板(SP-3) 10m打込みの状態、振動くい打機の始動から縁切りが始まるまで単独に作用した場合、NVA-60SSで21秒、V-75で6秒を要した。次に、初めから振動くい打機とフリ上げを併用した場合には、NVA-60SSで34秒、V-75で11秒を要し、高周波(NVA-60SS)で13秒、低周波(V-75)で5秒、振動くい打機単独作用時が早かった。なお、縁切り後の引抜き時間では、引抜き方法、機種別に大きな相違はなかった。

これら引抜き方法によってくいの縁切り時間に差が生じるのは、くいに作用する振動くい打機の起振力の作用が起因していると考えられ、単独作用の場合にはくいに引張り、圧縮とバランスよく作用しているのに対して、フリ上げを同時に行なった場合にはくいに引張り荷重が強く作用し、圧縮力が著しく減少するため縁切りに時間を要するものと思われる。

ブーム応力についてみると、発生応力の最大値には両者に差がみられないが、引抜き完了までの

フリ上げ継続時間に関与があるので、長時間の使用を考慮するとその影響は無視できないものと思われる。

ii) 振動くい打機の適正な始動、停止時期

くい引抜き時の始動時には、可能な限りくいに振動くい打機をセットしてフリ上げワイヤをゆるめた状態で始動し、定格回転数となって繰切りが完了してからフリ上げるのがブーム応力の低減、引抜き所要時間の短縮面から好ましく、空振りまたはくいをフリ上げた状態での始動は壁けるべきである。(図-5参照)

停止時には繰切り後どの位置で振動くい打機を停止するかが重要であり、これらの状況を把握するためフリ上げ荷重とブーム共振応力の関連を図-6に示した。

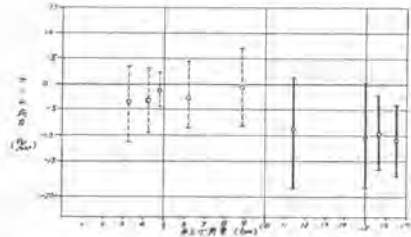


図-6 フリ上げ荷重ごとのブーム共振応力

これによると、低試ブーム、振動くい打機の組合せでは、10t前後のフリ荷重までは平均応力は小さいが、応力が引張り、圧縮の領域にわたって繰返されている。このことは部材や溶接部の疲労に対して大きな影響を与えるものと思われる。

また、10tを越えたフリ上げ状態で振動くい打機を停止した際の共振は、軽量荷時に比べて高い応力を生じているが、主として圧縮領域での繰返し応力であり、前者に比べて比較的危険度は少ないものと思われる。

一般には、繰切り後クレーン単独引抜き可能な位置までフリ上げ、振動くい打機をくいにあおけたままワイヤをゆるめ停止するのが望ましく、くい引抜き後、くいに付着した泥滞しのための空振り等は極力壁けるべきである。

4. 破壊等の原因及び防止対策のまとめ

これまで実施した現場調査、実験、計算結果をとおして問題点を整理する。

(1) 破壊等の原因

i) 正常な運転状態においても共振時の大きな繰返し応力が部材や溶接部に疲労を与えており、破壊や寿命短縮の原因となっている。

ii) 操作法等が起因した問題点

① 横引きや、衝撃的な引抜きを行なうと、部材に偏荷重や異常に高い荷重が作用し危険である。

② 緩衝バネを密着状態で使用することが多くなったり、標準以上のバランスウエイトを搭載して作業を行なうと、破壊や寿命の短縮となるばかりでなく、過荷重の場合ブームに座屈を生じることがある。

(2) ブーム破壊の防止対策

① 専用ブームの開発 ② ブーム振動吸収機構の開発 ③ 過荷重防止装置の開発 ④ 振動くい打機の急速停止機構の開発 ⑤ 作業前後におけるブームの保守点検を厳守する。

5. おわりに

数少ない資料からではあるが、作業時のクレーンブームに及ぼす影響と操作面からみた問題点について検討を行なった。本調査について関係各位の御批判をいただければ幸いです。