

クレーン吊具の自動化開発

—自動玉外しおよび梁まとめ吊装置—

田坂 哲美 中場 雅之
* 内田 俊司 * 小田 康弘
* 谷 雄一

要 旨

技術研究所では建築施工に有効な各種ロボットの開発を進めており、本報は建築工事において柱・梁鉄骨をクレーンで揚重・搬送し、所定位置に設置した後、柱・梁の玉外しを遠隔操作により行うことができる「自動玉外し装置」、および「梁まとめ吊装置」を試作し、その機能の有効性を確認した内容について報告するものである。

「自動玉外し装置」は、高所作業の安全性確保を目的としたものであり、既存機種改良によって小型・軽量化と操作性の向上を図り、更なる省力化を実現した。

「梁まとめ吊装置」は、梁の自動玉外し機能による高所作業の安全性確保と省力化、および複数の梁のまとめ吊機能による工程短縮を狙いとした新規技術であるが、本報ではその第一ステップとしての梁1本吊装置の試作試験結果を報告する。

1. まえがき

施工現場では、高所での人的作業にともなう危険性を回避することや、ますます進む高齢化、熟練労働者の不足などに対応するため、種々の取り組みがなされている。

筆者らは、建築工事など高所での柱・梁の玉外し作業の危険性を極力少なくし、省力化、施工効率の向上を図ることなどを目的として1994年から「自動玉外し装置」と「梁まとめ吊装置」の開発に着手し、1995年試作機による実証試験を行った。

2. 自動玉外し装置

2. 1 開発の概要

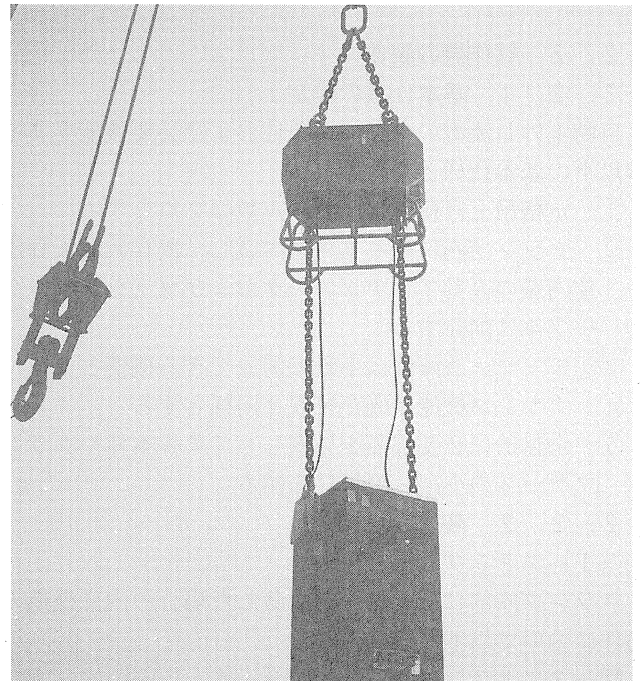
2. 1. 1 開発の目的

建築工事などの鉄骨柱の組立作業では、クレーンにより柱を所定位置まで揚重・搬送した後、柱に仮設した梯子などに作業員が登って玉掛けワイヤーを取り外す作業を行っている。これは高所での危険作業であるとともに手間のかかる作業となっている。このため、多くの現場で遠隔操作により玉外しを行うことができる既存の装置が利用されつつある。

本開発では、既存装置の安全に関する基本機能は踏襲しながら、機構、構成などの改良により小型・軽量化と操作性・作業性の向上を図ることを目的とした。写真—1に自動玉外し試作機の外観を示す。

2. 1. 2 装置の概要

既存装置の適用を検討したところ、基本的な機能は満たされているが玉掛け作業がしにくいなどの課題が明らかになったため、既存装置を改良することにより操作性の向上、小型・軽量化を図ることとした。



写真—1 自動玉外し試作機

*技術本部FACESプロジェクトチーム

(1) 既存装置の問題点

既存装置は、天秤本体から2個のクランプがそれぞれチェーン、プッシュプルケーブルおよび制御用電線により接続されており、クランプで玉掛けして柱などを揚重・搬送し、無線遠隔操作によりクランプのロックを開放して玉外しを行うもので、天秤本体に収納した直動アクチュエータを作動させプッシュプルケーブルを介してクランプピンを開放する機構になっている。また、玉掛けについては、レバーを手動操作することによりクランプピンを閉鎖させるようになっている。

しかしながら、既存装置は玉掛けの際、クランプが重い上に（重量17Kg）、接続されているプッシュプルケーブルが硬いため操作しにくいという問題点があった。

(2) 試作機の概要

試作機のねらいは以下に示す2点である。

- ① クランプの操作性・作業性の向上を図る
- ② 天秤本体、クランプの小型・軽量化を図る

試作機は、既存装置から駆動用の直動アクチュエータとプッシュプルケーブルを取り除き、替りにクランプ内部に小型モーターを内蔵し、モーター駆動は本体内のバッテリー電源によるものとした。同時に、クランプ内部の機構を必要最小限の構成にし、クランプケースの薄型化を図ることにした。

図-1 に試作機概念図、図-2 に既存装置と試作機の全体構成比較図を示す。

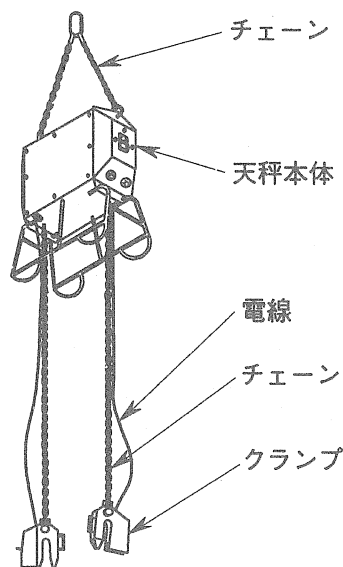


図-1 自動玉外し試作機概念図

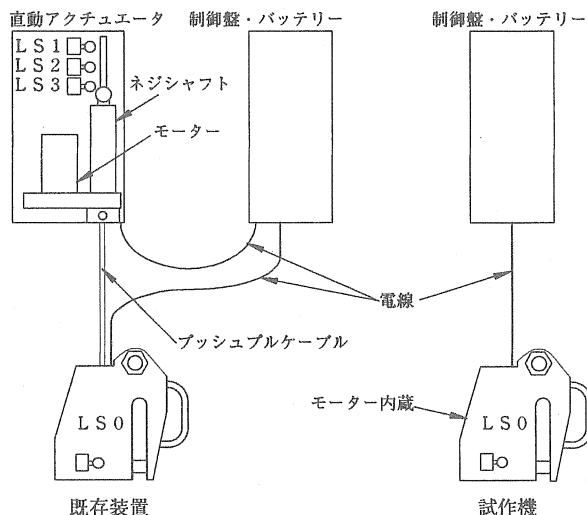


図-2 全体構成比較図

2. 2 試作機の製作

2. 2. 1 基本仕様の設定

自動玉外し装置の主な作業条件および必要機能をまとめ以下の基本仕様とした。

- ① 定格吊上げ荷重12tで吊点数は2点とする
- ② クランプ内にモーターを内蔵し、既存装置天秤本体に内蔵の直動アクチュエータおよびプッシュプルケーブルは削除する
- ③ モーター故障時は手動で開放できる機構とする
- ④ クランプ機能は既存装置と同様とする
- ⑤ 全体的に必要な部品を見直しして天秤本体やクランプケースの小型・軽量化を図る

2. 2. 2 装置の検討

(1) クランプ機構

クランプ内部にモーターを内蔵した場合の内部機構の動作について以下に述べる。

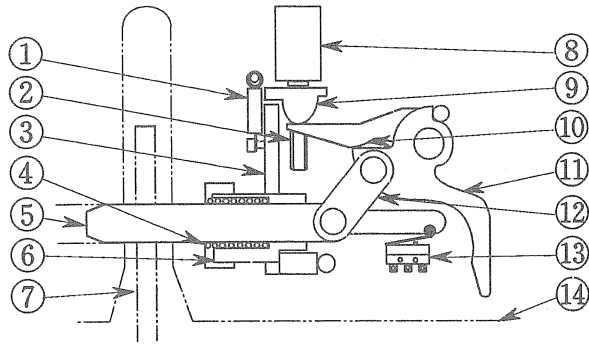
図-3 にクランプ動作概念図を示す。

- ① 吊荷の玉掛けは、ロックハンドルを手動で操作すると図-3(a)ロック状態となる。
- ② 吊荷を所定位置に設置したのち、無線で玉外し操作を行うとDCモーター⑧が正転始動し、ロック開放ネジシャフト②で直線運動に変換して開放ドグ⑨をすすめ開放レバー⑩を図の下方に移動させる。
- ③ 開放レバー⑩によりロックハンドル⑪を回し、ロックレバーリンク⑫を図-3(b)第1ロック開放状態にする。これで、ロックプレート③が下方に外れたとき主吊りピン⑤は右方に移動できることになる。
- ④ さらに開放ドグ⑨が下がるとロックプレート③を押し下げ図-3(c)第2ロック開放状態に示すように、ロックプレート③が下方に外れ、主吊ピン開放用スプリング④により主吊ピン⑤が開放される。

(2) 制御方法

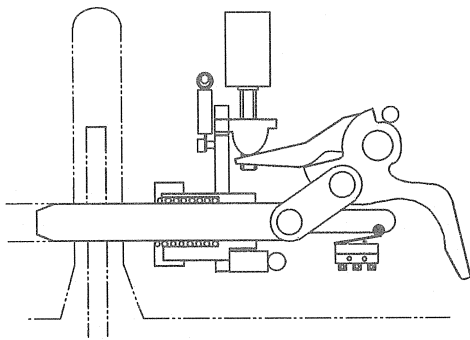
既存クランプの制御は、リミットスイッチ1個をクランプに内蔵させリミットスイッチ3個とタイマー3個を天秤本体に内蔵し、無線指令のON-OFF信号を受けて図-4のタイミングチャートに従って行っていた。

試作機は、リミットスイッチ1個をクランプに内蔵しタイマー2個を天秤本体に内蔵して、図-5のタイミングチャートに示すようにモーターの正転、逆転電流により主吊ピンの閉鎖/開放状態を検出し、モーター自身の制御を行うようにしたものである。クランプ内蔵のリミットスイッチはロック開放を確認し表示を行うものである。これにより制御が簡素化できるとともに電流変化により内部の状況が判断でき、より信頼性を向上させることができる。

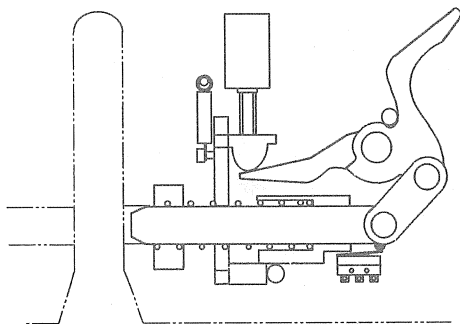


1	ロックプレートスプリング	8	モーター
2	ロック解放ネジシャフト	9	解放ドグ
3	ロックプレート	10	解放レバー
4	主吊りピン解放用スプリング	11	ロックハンドル
5	主吊りピン	12	ロックレバーリンク
6	スプリングケース	13	ピン抜け検出用リミットスイッチ
7	吊り荷アイプレート	14	クランプ本体

(a) ロック状態



(b) 第1ロック開放状態



(c) 第2ロック開放状態

図-3 クランプ動作概念図

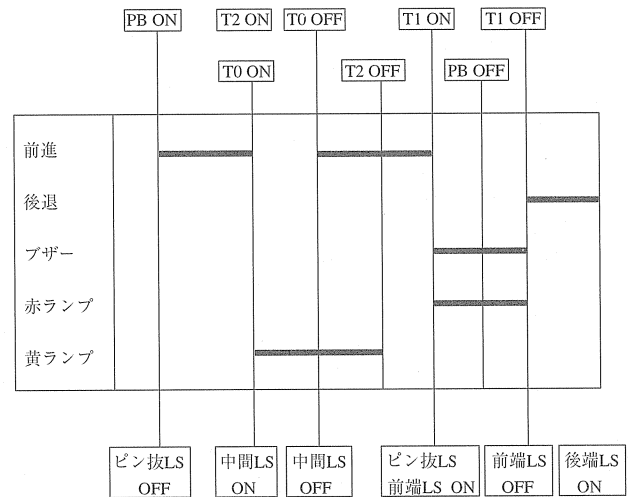


図-4 既存装置タイミングチャート

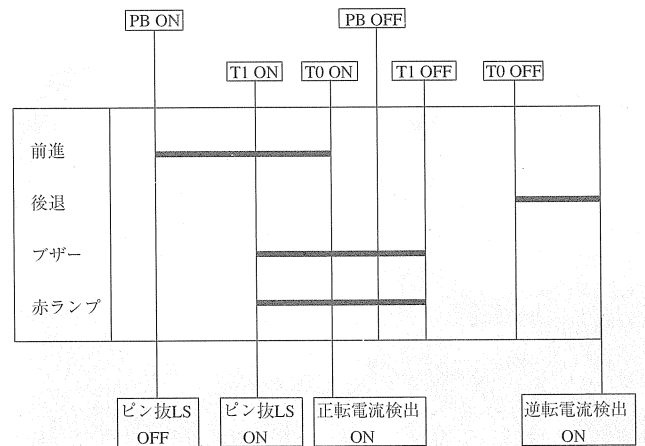


図-5 試作機タイミングチャート

2. 2. 3 試作機の仕様

表一に試作機の仕様を示す。

天秤本体は、最大吊揚げ荷重12Tonは変えないで直動アクチュエータなどを取り除くことにより、自重を既存同等機の225Kgから150Kgに軽量化した。

クランプは、2台装備し1台の最大吊揚げ荷重6Tonは変わらないが、クランプケースの薄型化などにより自重を17Kgから14Kgに軽量化した。

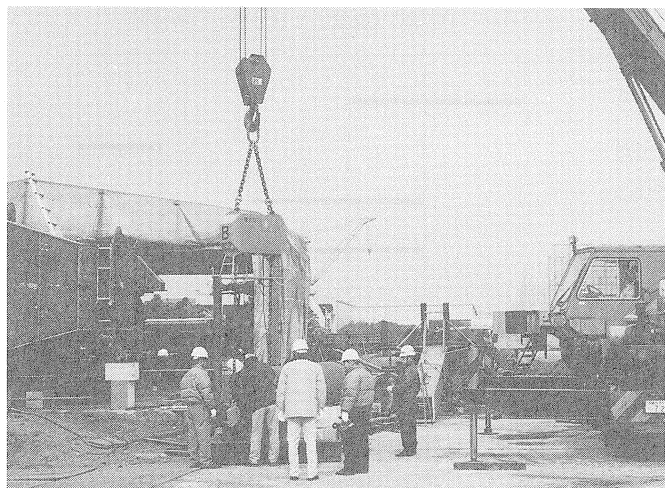
制御部は、プログラマブルコントローラー、電流検出器、無線受信機、バッテリーなどで構成されるが、バッテリーは1回充電で300回以上のロック開放操作が可能な容量とした。

表一 試作機仕様

天秤本体	揚重	最大12Ton
	自重	150kg
	吊り点間隔	610mm
	制御方法	プログラマブルコントローラー
	動作確認ランプ	2×2個 (DC12V)
	動作確認ブザー	1×2個 (DC12V)
	電源	50Ah 12Vバッテリー2個
	バッテリー寿命	操作回数合計300回
クランプ	揚重	1台6Ton×2台
	自重	14kg×2台
	主吊りピン径	φ20mm
	開口	25mm
無線制御装置	送信機バッテリー寿命	電源入時間合計15時間
	受信機寸法,重量	296×228×80 3kg
	到達範囲	無障害状態で約100m

2. 3 試作機の試験

上記の仕様に従って試作機を製作し、工場および当社機材センターで試験を行った。写真一に試験状況、表一に試験結果を示す。



写真一 試験状況

表一 試作機試験結果

項目		結果
機能試験	玉掛け	良好
	揚重、搬送	良好
	玉外し	良好
	操作、表示	良好
安全性試験	衝撃	異常なし
	荷重 (定格荷重×1.25)	異常なし
	安全装置	異常なし
	クランプ動作時間	4.5秒(第1ロック解除) +0.5秒(第2ロック解除)
	安全吊上最低荷重 (クランプ1個あたり)	100kg (吊り上げ中 クランプピン不動作)

2. 4 試作機の評価

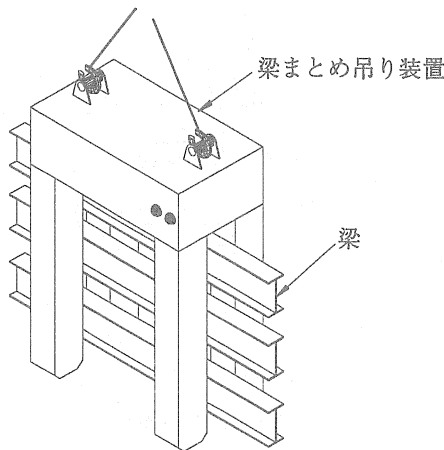
試作機のねらいは、既存装置の改良による操作性の向上と小型・軽量化を図ることにあつたが、既存装置のパワーユニット、プッシュプルケーブルの削除、機構、制御方法の改良、必要部品の見直しなどにより操作性・作業性の向上、装置全体の小型・軽量化が実現し、試験によりその有効性が確認できた。

3. 梁まとめ吊装置

3. 1 開発の概要

3. 1. 1 開発の目的

建築工事などの鉄骨梁の組立作業では、クレーンにより梁を所定位置に設置した後、梁の吊ピース位置まで命綱を頼りに歩行しワイヤーの玉外しを行っている。特に、風の強い日は危険であり極力このような危険作業は回避しなければならない。同時に、一度に複数の梁を安全に揚重・搬送することにより施工効率を向上させサイクルタイム短縮を図ることも重要であり、これらを合わせて実現させる装置の開発を目指した。開発目標とする複数梁まとめ吊り装置計画図を図一に示す。



図一 複数梁まとめ吊装置計画図

3. 1. 2 試作機の概要

上記目的を達成する装置を製作するに先立ち、まず、梁1本吊装置を備えた試作機により新規技術としての機構の有効性を検証することとした。これは、梁の複数本吊り実機は、試作機で基本機能の有効性が確認できれば技術的には特に問題はないと判断したためである。

本装置は、クレーンに吊下げて使用するもので、4本の脚を有し、無線遠隔操作により内部のアーム機構を動作させて梁の脱着を行うものである。写真-3に梁まとめ吊り装置の外観、図-7に外形寸法を示す。

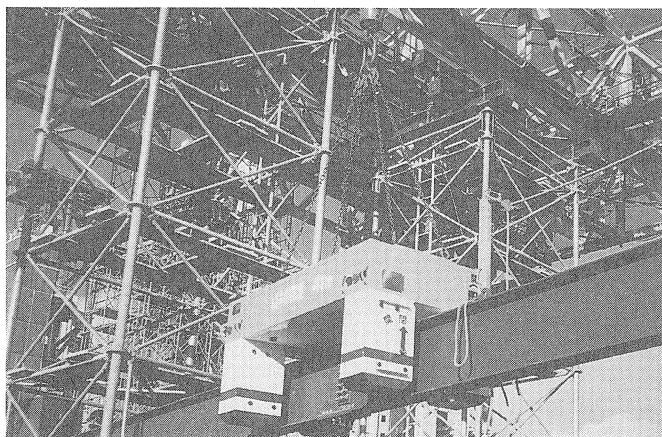


写真-3 梁まとめ吊り試作機

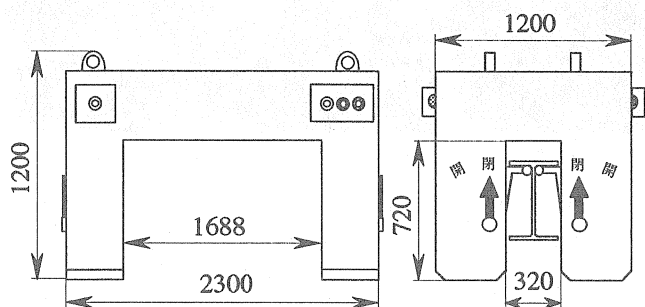


図-7 梁まとめ吊り試作機外形寸法

3. 2 試作機の製作

3. 2. 1 基本仕様の設定

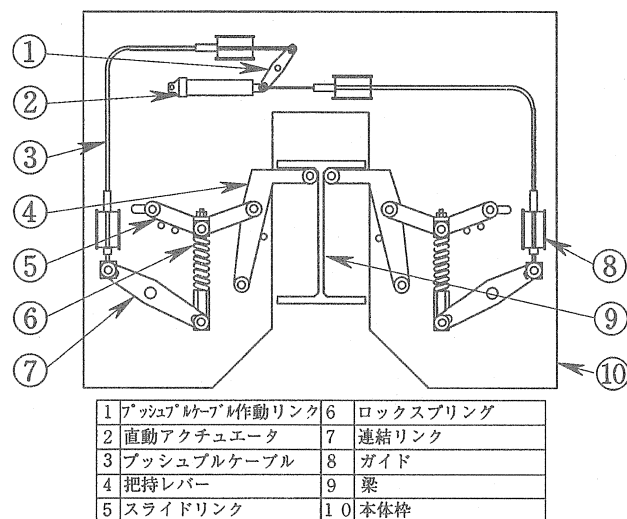
梁まとめ吊装置の主な作業条件および必要機能をまとめ以下の基本仕様とした。

- ① 定格吊上げ荷重は4Tonとする
- ② 外形寸法は幅2300mm、高さ1300mm、奥行き1200mm以下とし、可能な限り小型化を図る
- ③ 自重は1.2Ton未満とし、可能な限り軽量化を図る
- ④ 4本脚とし各脚には部材把持用開閉アーム機構を採用する
- ⑤ 動力開閉不能となった場合、手動で開放できる機構を装備する

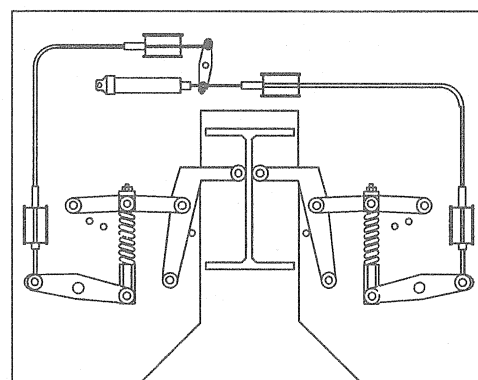
3. 2. 2 梁把持機構

本装置の主要な機構である梁を把持するレバーの動作について以下に述べる。

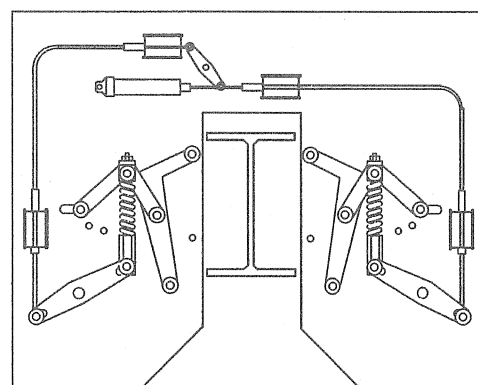
① 内部は図-8に示す機構とし、梁を把持クレーンで揚重・搬送する時は図-8(a)把持状態に示すように梁ウェブ部を各脚部の4本の把持レバー④で挟み込む。この状態ではスライドリンク⑤はストッパーが掛かり把持レバー④を開くことはできない。



(a) 把持状態



(b) リンクロック開放状態



(c) 把持レバー開放状態

図-8 梁まとめ吊り試作機動作概念図

- ② 梁を所定位置に設置すると、梁は把持レバー④に挟まれた状態で上方にずれる。次に、開放操作を行うと図-8(b)リンクロック開放状態に示すように、直動アクチュエータ②が作動し両側のプッシュプルケーブル③を押し、ロックスプリング⑥を押し上げ、スライドリンク⑤のロックが解除される。
- ③ さらに②を作動させるとロックスプリング⑥が押し上げられることによって、図-8(c)把持レバー開放状態に示すように把持レバー④が開放される。
- ④ 開放時、把持レバー④によって梁を持上げないで、かつ梁に当たらない無負荷の場合でもスムーズに開放できるようにロックスプリング⑥の設計を行うことにより、次項で述べる対象梁の最低重量 100Kg 以上の梁で適用可能となる。

3. 2. 3 試作機の仕様

表-3 に試作機の仕様を示す。

レバーの駆動はモーターとネジシャフトを使用し、手動開放のためにクラッチ機構を設ける。レバー先端は梁の横ずれなどに効果のあるローレット加工を施したローラーを用いた。

制御部はプログラマブルコントローラー、無線装置、バッテリーなどで構成されるが、バッテリーは1回充電で300回以上の動作が可能な容量とした。

また、対象部材については、次の通り設定した。

- ・断面形状本体寸法 最大：H1000×300×22×32
最小：H125×125×6.5×9
- ・長さ 最小：3m
- ・重量 最大：4000Kg
最小：100Kg

表-3 試作機の仕様

天秤本体	基本使用荷重	4 Ton
	吊り点間隔	上部2000×540mm
	自重	1.5Ton
直動アクチュエータ	駆動方法	ギヤードモーターおよびネジシャフト
	電源	12Vバッテリー 2個
把持装置	台数	4台
	動作伝達方法	プッシュ・プルケーブル
動作表示灯	レバー開、閉、動作中各2個	
動作表示器	時計針式2個	
無線遠隔制御装置	特定小電力タイプ1台	

3. 3 試作機の試験

上記の仕様に従って試作機を製作し、工場試験を行った。表-4 に試験結果、写真-4 に試験状況を示す。

表-4 梁まとめ吊試作機試験結果

項目		結果
無負荷動作確認	テスト鉤操作	良好
	無線指令機操作	良好
開閉動作	動作時間	開、閉とも4.8秒→良好
	操作性	良好
手動解放操作	開操作トルク	50Kgf・cm→良好
	開操作時間及び回転数	時間15秒、回転回数22回転→良好
	表示灯	点灯タイミング
確認ブザー		良好
偏心荷重試験		補助ワイヤー使用で対応可
最軽量部材把持時解放試験		100Kgに設定
引き抜き試験		傾きに対して良好
最小断面吊り上げ試験		良好
最大ウェブ厚吊り上げ試験		良好
部材芯ずれ時把持機能試験		芯ずれ±10mm以内で良好
オーバーウェブ厚把持試験		ウェブ厚44mm適用可

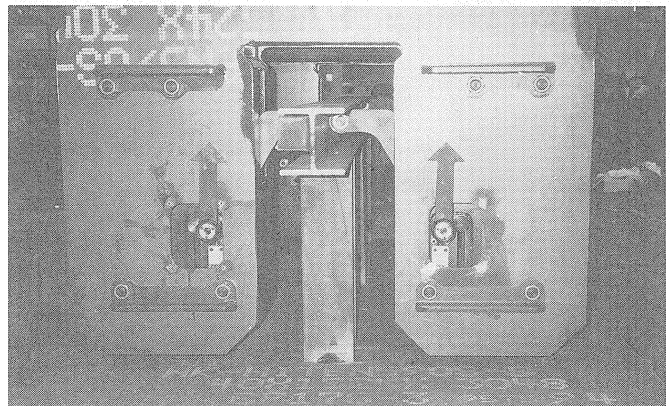


写真-4 梁まとめ吊試作機工場試験状況

3. 4 試作機の評価

以上の結果、当初の目的はほぼ達成でき機能的にも特に問題はないことが確認できた。課題として、現場試験では問題とはならなかったが、本体重量が基本仕様を超えたことが挙げられる。今後、実機（自重2.6Ton、吊上荷重6 Ton仕様）の製作に向けて小型・軽量化を図るためには機構、構造面での洗練化を図る必要がある。さらに、将来的には直動アクチュエータ部のモーターとネジシャフトに換えて各レバーを小型モーターで直接駆動する方式の採用などの検討が必要である。

4. まとめ

本報で述べた2機種は、建築工事への適用を目的として開発したものであるが、自動玉外し装置はプッシュプルケーブルが電線に替ったことで他の吊具への組込みが容易になり適用性が拡大するなど、クレーンを使った高所作業が多い土木工事や作業船等においても適用できる技術である。今後、さらに改良を加えながら適用工種を広げて行く所存である。次年度、本技術について実機製作、現場適用結果を踏まえて報告する。