

クレーン吊具の自動化開発（その2）

—4機種の吊具の開発と現場適用結果—

中場 雅之* 内田 俊司**
増谷 正治** 谷 雄一**

要旨

自動化施工あるいは在来施工にかかわらず、クレーン作業において吊荷に応じた吊具を使用して作業をおこなうことは、施工効率、安全性などの向上にとって重要である。全天候型自動化施工システム「FACES」においてはクレーンとともに吊具の自動化を図り、自動玉外し装置および梁まとめ吊り装置をあらたに開発して鉄骨建方作業に適用した。さらにシャトルクレーンの持つ特性を有効に利用したバランス吊具を開発して外壁取付作業に適用した結果、どちらも高い有効性を確認した。

また在来工法においても、軽量P C板の3枚吊り装置を開発し、吊荷姿勢制御装置「PENTA-KITE」と組み合わせて超高層ビルの外壁取付工事に適用した結果、施工時間が大幅に短縮するなどの効果が得られた。今後FACES向けの吊具について在来工事へ展開を図るための改善を行なうとともに、施工の機械化を目指した開発をさらに進めてゆく。

1. まえがき

建設現場ではクレーンを使用する作業は多岐にわたっており、クレーンによる取付や搬送作業の効率が全体の工程に影響を与える。

クレーン作業の効率向上のためには、クレーン自体の機能向上だけでなく、機械と人との協調作業の接点である玉掛け・部材取付・玉外しなどの作業を効率よく安全におこなうことも必要である。これらの作業は高所での危険作業である場合も多いため、作業員の高齢化および熟練工不足を背景として、安全性向上・省力化を視野に入れた作業改善を図ることが重要となる。

このような背景のもと、技術本部および技術研究所ではクレーン作業の作業改善を目指し、搬送部材の特徴に応じた種々の吊具の開発を進めてきた。表-1にこの経緯を示す。

この中で全天候型自動化施工システム「FACES」に適用した「梁のまとめ吊り装置」および「自動玉外し装置」は試作機による機能検証試験を95年度に実施したが、それまでの開発内容については既に「クレーン吊具の自動化開発」¹⁾として技術研究所年報（Vol.26,1996）に報告した。

また「バランス吊具」はシャトルクレーンの特徴を最大限生かし、外壁石装パネルをクレー

ンフックから偏心した位置で吊ることが可能な装置であり、FACES特有の吊具として開発したものである。

一方、在来工法を対象として「P C板3枚吊り装置」を開発し、鉄骨造の超高層ビルに適用した。この装置は吊荷姿勢制御装置「PENTA-KITE」に組み合わせ、軽量のP C板を3枚まとめて揚重・搬送する装置で、P C板取付作業の効率向上を目指したものである。

以下第2項では、FACESに適用した「梁のまとめ吊り装置」、「自動玉外し装置」および「バランス吊具」、第3項では在来工事に適用した「P C板3枚吊り装置」の合わせて4機種の吊具について、各機種の概要、適用状況および適用結果について報告する。

表-1 吊具開発経緯

機種	年度	93	94	95	96	97
吊荷姿勢制御装置 在来 (PENTA-KITE)	開発 施工					
梁まとめ吊り FACES (PEGASUS)				開発	施工	
自動玉外し FACES (Power-Shackle)				開発	施工	
バランス吊具 FACES					開発	施工
PC板3枚吊り装置 在来 (P-KITE+3)			開発	施工		
工事の状況		OBP		H3E	FACES	

*技術研究所 **技術本部 FACESプロジェクトチーム

2. FACES適用機種

2. 1 工事概要

梁まとめ吊り装置「ペガサス」、自動玉外し装置「パワーシャックル」、および「バランス吊具」を適用した工事の概要を表-2に記す。

表-2 適用工事の概要（全天候型自動化工法）

建物名称	日本橋浜町Fタワー
構 造	S造、S R C造、R C造
階 数	地下2階、地上20階、塔屋2階
敷地面積	3,754 m ²
延床面積	34,876 m ²
建築面積	2,667 m ²
最高高さ	85m
建物用途	事務所、住宅、店舗、多目的ホール、駐車場

2. 2 梁まとめ吊り装置：ペガサス

2. 2. 1 開発目的

本装置の開発目的を下記に示す。

- ①梁を複数本をまとめて揚重することで、搬送時間の短縮を図る。
- ②梁の把持・解放を無線遠隔操作で行うことで高所作業を削減し、安全性の向上を図る。
- ③梁を把持し固定することで、シャトルクレーンのフック旋回動作に吊り荷が効率よく追従し、搬送中の干渉回避、位置決め時の微調整など、搬送作業の安全性向上を図る。
- ④上記同様、搬送中の荷振れを減少でき、クレーン操作を容易にすることで、オペレータの作業負荷を軽減する。

2. 2. 2 装置の概要

(1) 構成と特徴

本装置は4本の脚部とこれを支持する天秤部などから構成され、脚部には上下方向に3段の把持装置を備え、天秤部には把持装置の駆動機構、制御盤、無線受信機、バッテリーなどを内蔵している。本装置の特徴を下記に、おもな構成と名称を図-1に示す。

- ①2対の開閉するレバーで梁（H型断面を有するもの）のウェブを把持し、梁の自重によりレバーの把持力が増す機構である。把持レバーの開閉機構を図-2に示す。
- ②不具合発生時の対策として、手動解放装置を装備している。
- ③レバーの動作確認にはランプ、ブザーの他に機械的にレバーに連動する矢印表示を装備している。

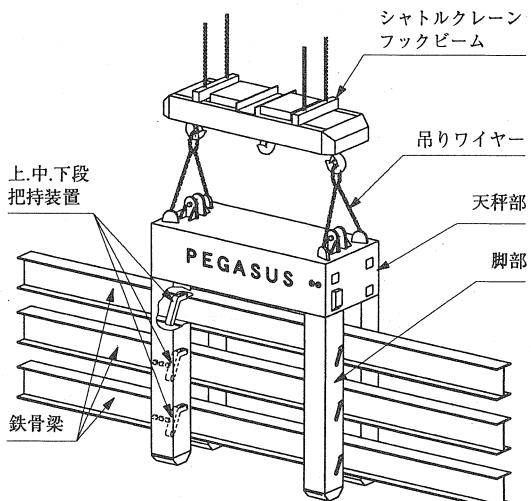


図-1 梁まとめ吊り装置のおもな構成と名称

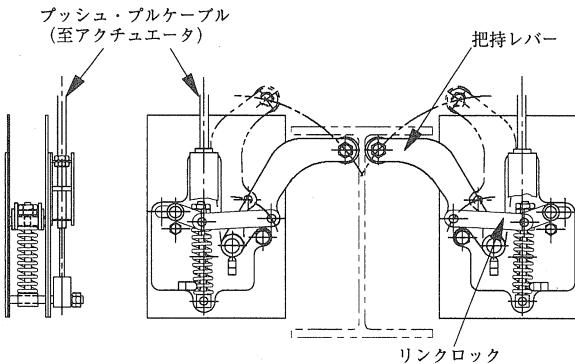


図-2 把持レバーの開閉機構（実用機）

(2) 試作機からの改善内容

'95年度におこなった試作機での試験の結果、機構および動作などの確実性は検証できたが、装置の小型・軽量化が課題となった。このため、レバーの開閉機構を見直し、この部分のコンパクト化を図った結果、装置重量は当初3段吊実用機で目標としていた2.5ton (24.5kN) を達成した。

また、実用機は3段吊としたため、地上での荷取りの際、梁部材の置き方にも工夫が必要である。このため、あらたに梁部材を収容する仮置きラックを設計・製作した。仮置きラックは梁部材を3段重ねた状態に置いておく装置であり、4本の脚部と、これを支持する基部などで構成されている。脚部には梁を受ける仮受レバーが3段取付けてあり、基部上には仮受レバー操作用の手動ハンドルと、まとめ吊り装置の点検ステージがある。1つの手動ハンドルの操作で1段分の全仮受レバー（4本）が同時に閉じ（梁を受け）、梁を吊り上げると自動的に

開く（解放する）機構である。

本装置と仮置きラックの使用状況を写真-1に示す。

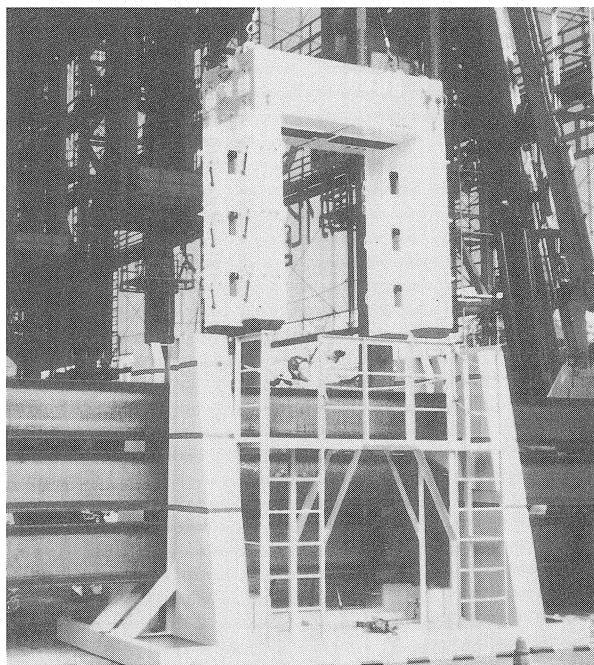


写真-1 梁まとめ吊り装置と仮置きラック

表-3 梁まとめ吊り装置の仕様

装置全体	基本使用荷重 重量 外形寸法	6 Ton 2.5 Ton 2280L×960W×2630h
駆動装置	台数 駆動方法 電源 使用回数	3台（天秤部に搭載） ギヤードモータおよびネジシャフト バッテリー：DC 24 V (12V×2台) 1回充電にて80回開閉×3段
把持装置	台数 動作伝達方法 吊点間隔 各段間隔	12台（4台×3段） プッシュ・プルケーブル 2,000 mm 600 mm
動作表示灯	レバー開 レバー動作中 レバー閉	上・中・下各段2個（緑） 上・中・下各段2個（橙） 上・中・下各段2個（赤）
無線受信待機表示灯	2個（青）	
電圧低下警告灯	2個（紫）	
レバー開閉確認ブザー	上・中・下各段1個（3秒間）	
無線遠隔制御装置	特定小電力タイプ1台	
無線指令機	荷捌場用・施工階用各1台（計2台）	
本体充電器	入力：AC100 V 1台	
無線指令機用充電器	入力：AC100 V 1台（外部設置）	
対象部材		
本 数	1～3本	
断面形状	最大：H900×300 但し3段吊りする場合H450以下	
長 さ	最小：H150×150	
重 量	3～1.5 m程度	
	最大：4.0Ton 但し、各段の合計が6.0Ton以下	
	最小：100 kg	

(1kg=9.8N、1Ton=9800N)

(3) 装置の仕様

梁まとめ吊り装置の仕様を表-3に示す。

(4) 使用方法

本装置による作業手順を図-3に示す。

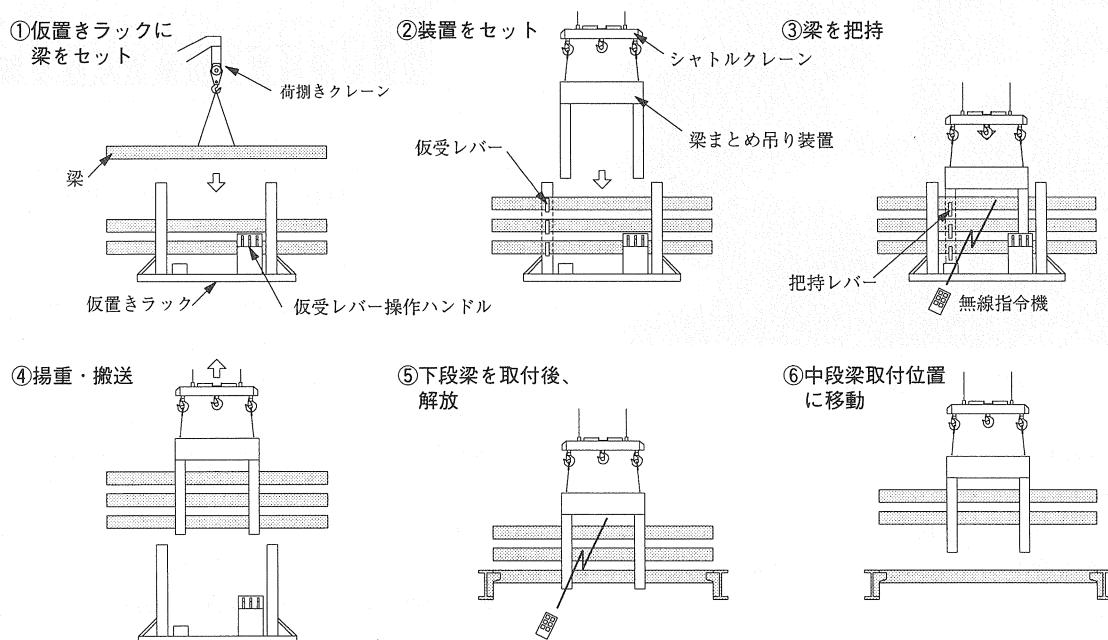


図-3 梁まとめ吊り装置による作業手順

2. 2. 3 現場への適用

(1) 適用範囲

鉄骨建方は2台のシャトルクレーンを使用して施工した。本装置はこのうち2号機に使用し、同機の施工範囲のすべての小梁を本装置の適用対象とした。適用範囲を図-4に、施工状況を写真-2に示す。

適用範囲：地上 3階～17階

対象部材：小梁 40～50本／1フロア

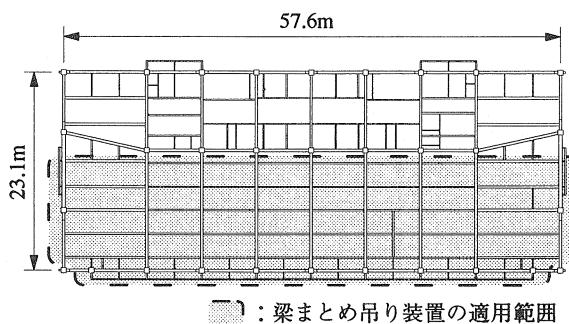


図-4 梁まとめ吊り装置の適用範囲

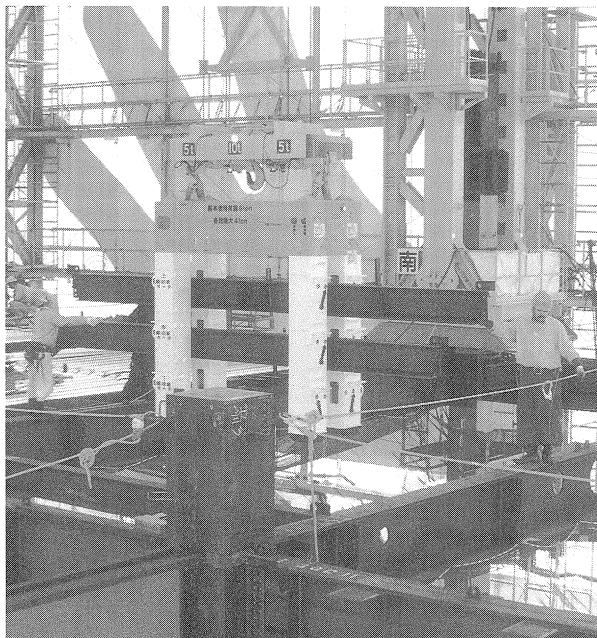


写真-2 梁の取付状況

(2) 適用結果

現場適用の結果を下記に示す。

①サイクルタイムの短縮

本装置を使用した場合と、1本ずつ搬送した場合の8階～17階における1本あたりのサイクルタイム（玉掛→揚重→水平搬送→取付→荷取復帰の所要時間）を計測した結果、

- ・装置を使用した場合の平均：5.9分／1本

- ・1本ずつ搬送の場合の平均：14.0分／1本

であり、本装置を使用することで施工時間をおよそ58%短縮できた。

②習熟効果

階数と各階における3本取付時の平均サイクルタイムの関係を図-5に示す。階数が高くなるについたがって揚程が大きくなるため、揚重時間が長くなる。しかし、3～8階では取付時間、玉掛時間が逆に短縮し、サイクルタイム全体では短縮傾向にあり、その後、ほぼ安定したサイクルタイムになっている。これは3～8階を施工する間、作業者が徐々に操作に習熟した結果であると推察される。

③梁に吊りピースが不要になった。

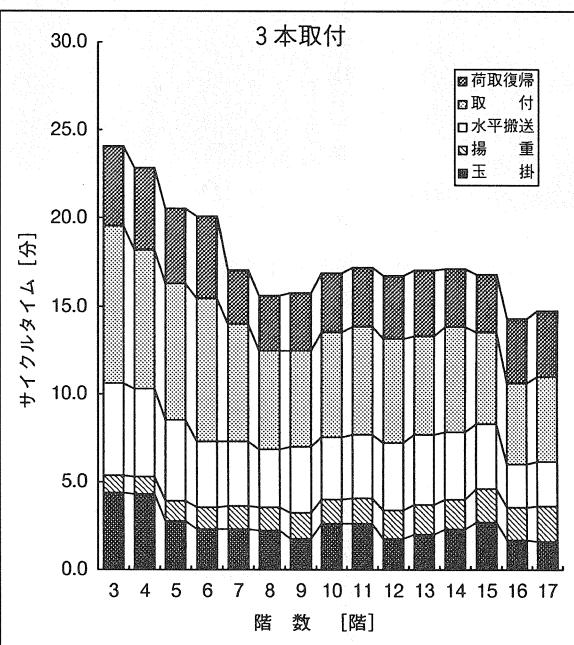


図-5 階数とサイクルタイムの関係

2. 2. 4 今後の展開

本装置はFACESの要素技術として開発したものであるが、施工を通じて広い有効性を検証することができた。このため今後、在来工法にも展開を図るとともに、下記のような改良を進めてゆく予定である。

- ①把持装置の駆動方式を簡素化し、装置の小型・軽量化を図る。
- ②装置の脚部を細くし、梁の各種ピースとの干渉を少なくする。
- ③脚部の開口巾を広げ、各段の間隔を大きくして、大きな梁巾・梁成の部材にも対応可能にする。

2. 3 自動玉外し装置：パワーシャックル

2. 3. 1 開発目的

遠隔操作で玉外しを行う「自動玉外し装置」は安全性が高く省力化になるため、多くの現場で利用されているが、既存の装置はシャックル部が重く、プッシュ・プルケーブルが硬いため、取り扱いに慣れるまで時間がかかっていた。また、FACESでは施工階において吊り代の制限があるため、在来工事用につくられた既存装置の使用が困難であった。

そこで、プッシュ・プルケーブルを取り除いて操作性の向上をはかり、吊り代と吊り荷重などクレーンの能力を無駄なく使用できるあらたな「自動玉外し装置：パワーシャックル」を開発した。

2. 3. 2 装置の概要

'95年度、天秤（本体）部分を持つ在来工事向け試作機を作成し、機能検証試験をおこなった。この結果を反映して以下に述べるFACES向け実用機を開発した。

（1）構成と特徴

本装置は制御盤、バッテリー、無線装置、および吊りチェーンの付いたシャックル部から構成されている。この他表示用ランプ・ブザーなども含め、これらの間をコネクタとケーブルを介して接続している。本装置の特徴を下記に、各部の名称を図-6に示す。

- ①既存装置解放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、この替りにシャックル内部に小型ギヤードモータを組み込むなど、機構・構造を見直し、各部を軽量化した。
- ②制御方式を見直して省電力化し、制御盤とバッテリーを小型・軽量化した。

既存装置との重量比較を表-4に示す。表に示すように本装置には天秤（本体部）がないため、天秤を除いた部品①～⑦の合計重量を比較すると、既存装置の重量は177kg(1735N)、本装置は55kg(539N)であり、約70%軽量化した。

（2）試作機との相違点

- ①上記の機構変更、小型・軽量化を実現した結果、FACES向け実用機は、天秤（本体）部をなくすことができ、天秤内に装備されていた制御装置はシャトルクレーンのフックビーム内に搭載した。
- ②シャックル部だけをクレーンフックに直接装着して使用するため、クレーンの吊り代が確保できるとともに、不要なときは取り外して保管することもできた。
- ③バッテリー自体も小型になったため、取り外して事務所で充電できるようになった。

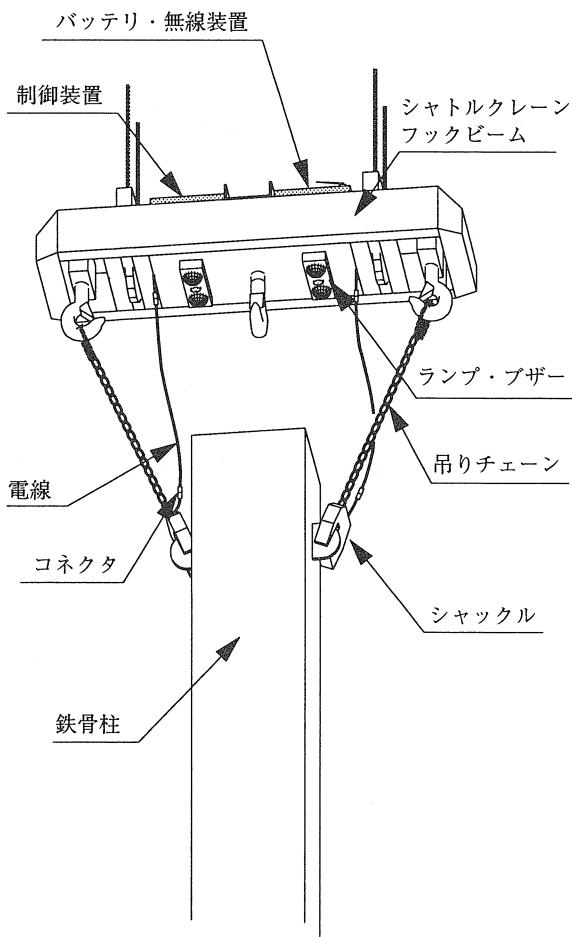


図-6 自動玉外し装置のおもな構成と名称

表-4 重量比較表 (単位: kg)

No.	部品名	数量	既存装置	本装置
①	制御装置	1	8	7
②	駆動装置	2	50	1
③	動力伝達装置	2	7	0
④	バッテリー	2/1	40	3
⑤	シャックル	2	36	24
⑥	吊りチェーン	2	35	10
⑦	警報装置他		2	10
①～⑦小計			177	55
⑧	天秤	1	223	—
合 計			400	55

(1kg=9.8N)

(2) 仕様

本装置の仕様を表-5に示す。

表-5 自動玉外し装置の仕様

制御盤	重量 電源	シャトルクレーンフックビーム上に搭載 7 kg バッテリー：DC 12 V (7Ah 重量3 kg)
シャックル	使用荷重 重量 ピン径 開口巾	シャトルクレーンフックに吊り下げ 6 Ton × 2台 12 kg / 1台 20 mm 26 mm
駆動装置	台数 駆動方法	シャックル内蔵 1台/シャックル1台 小型ギヤードモータ 寸法：Φ23×70
警告装置	ブザー ランプ	シャトルクレーンフックビーム下に取付 ピン解放確認 受信待機、電圧低下、ピン解放確認
無線遠隔制御装置 無線指令器 本体用充電器 無線指令器用充電器		特定小電力タイプ1台 1台 入力：AC100 V 1台（外部設置） 入力：AC100 V 1台（外部設置）

(1kg=9.8N、1Ton=9800N)

2.3.3 現場への適用

(1) 適用範囲

本装置を2台のシャトルクレーンに装着し、下記の部材を対象に使用した。

適用範囲：地上 3階～R階(21階)

対象部材：柱 約20本/1フロア
：大梁 約35本/1フロア

本装置の施工状況を写真-3、写真-4に示す。

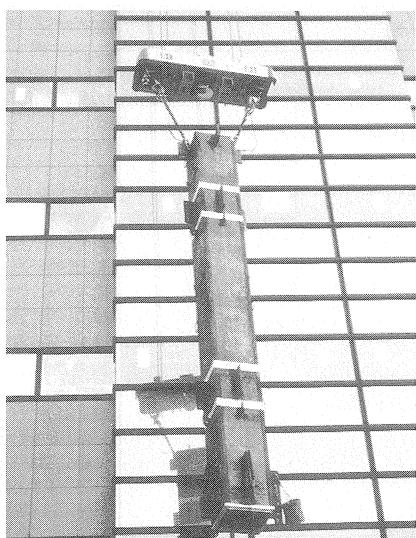


写真-3 柱の搬送状況

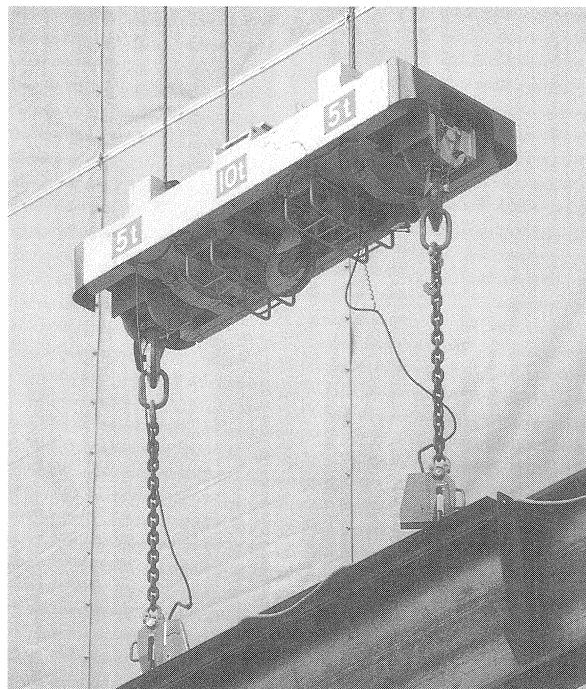


写真-4 梁の搬送状況

(2) 適用結果

現場適用の結果を下記に示す。

- ①柱の玉外しの場合、高所作業の削減だけでなく、柱への昇降が不要になったため、搬送・建て方作業の能率が向上した。
- ②シャックルの解放動作の確実性、強度など安全に関する機能は既存の装置と同等であることが確認できた。
- ③装置を小型・軽量化し、クレーンのフックビーム内に組み込んだため、クレーンの能力（吊り荷重・吊り代）を無駄なく使用できた。
- ④プッシュ・プルケーブルを取り除き、シャックル部を軽量化したため、操作性、および保守性が向上した。
- ⑤バッテリーの交換を容易にしたため、電圧低下による作業中断などのトラブルを回避できた。

2.3.4 今後の展開

FACES向け実用機はシャトルクレーンのフックに搭載することを想定して設計・製作したものであるが、今後天秤部の見直しなどの改良を進め、在来のクレーン作業にも適用可能な汎用型の実用機を開発する予定である。また、シャックル部と天秤部が分離可能になり、他の吊具への組込みが容易になったので、建築工事だけでなくクレーン作業の多い土木工事、作業船などにも適用範囲を拡大していく。

2.4 バランス吊具

2.4.1 開発目的

本装置の開発目的を下記に示す。(図-7参照)

- ①支柱フレーム基部の下での外壁パネル取付時、パネルの吊り替えや引き寄せ作業を削減することで作業時間の短縮および安全性向上を図る。
- ②その他、取付場所の上部に構造物などがある場合でもクレーン適用を可能にし、クレーン稼働率を向上させる。

2.4.2 装置の概要

(1) バランスの原理

1 フックの一般的なクレーンで本装置のような固定ウェイト式吊天秤を吊った場合、一定の荷重を吊った時にしか吊具は水平バランスしない。

シャトルクレーンは3フックの付いたビーム状のフックブロックを持ち、主巻ワイヤーの取付間隔が離れているため、図-8に示すようにT a・T bが許容される張力の範囲であれば、吊荷重が無負荷から一定の荷重までの範囲で天秤は水平を保持する。

許容される張力の上限はワイヤー破断荷重から決められる安全使用荷重、下限はクレーン巻ドラムが乱巻を起こさないための地巻張力である。

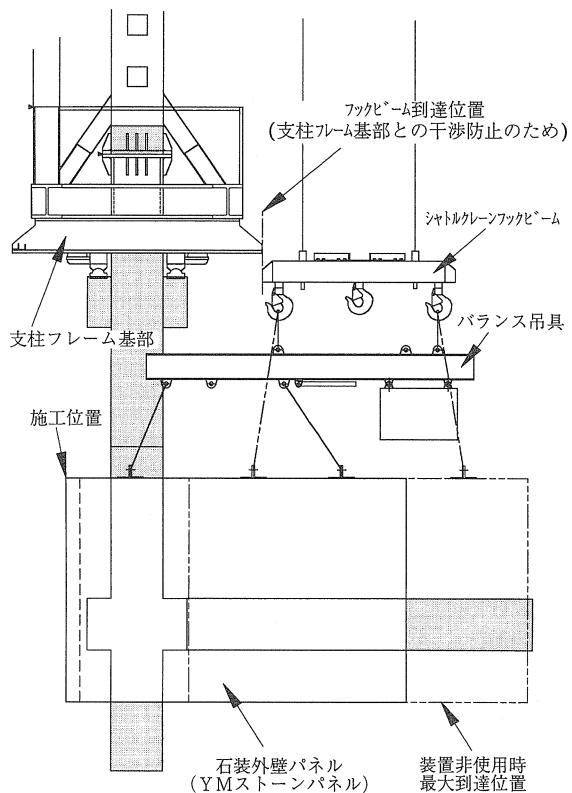


図-7 施工概念

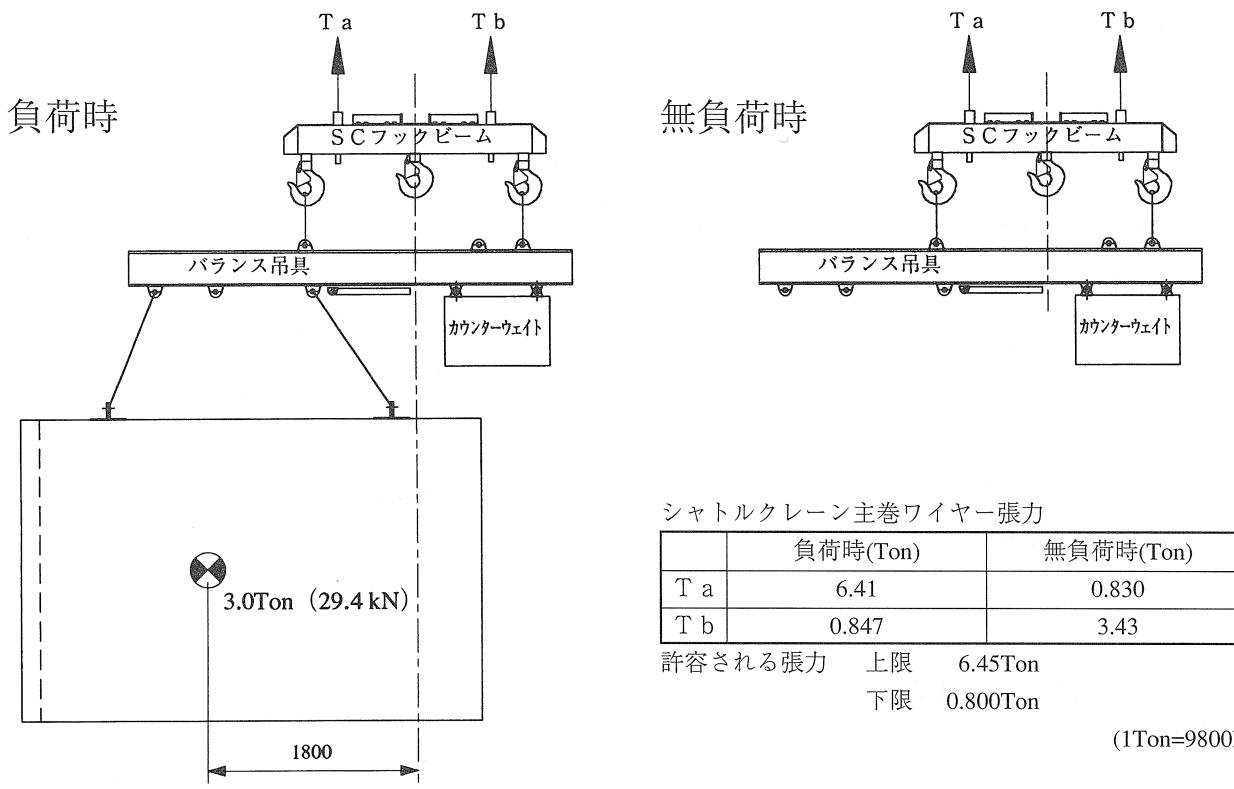


図-8 バランス説明

(2) 構成と特徴

本装置は天秤本体とカウンターウェイト、脚、吊りピース等から構成されている。本装置の特徴を下記に、おもな構成と名称を図-9に示す。

- ①無動力の固定ウェイト式天秤でありながら、一定の荷重範囲では水平を保持することができる。
- ②カウンターウェイトは分割式で、対象吊荷重量に応じて加減調整できる。

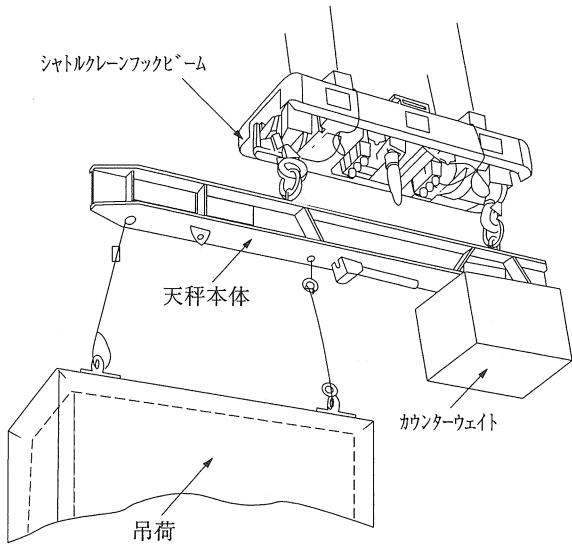


図-9 バランス吊具のおもな構成と名称

(2) 仕様

バランス吊具の仕様を表-6に示す。

表-6 バランス吊具仕様

装置本体	基本使用荷重	3 Ton
	最大重量	3 Ton
	寸法	3800×604×h1090mm
	カウンターウェイト重量	1.7~2.6Ton
	せりだし距離	1.8m
対象部材	吊上可能重量	0~3 Ton

(1Ton=9800N)

2.4.3 現場適用

(1) 適用範囲

本装置を2台のシャトルクレーンに装着し、下記の部材を対象に使用した。

適用範囲：5階～R階(21階)

対象部材：石装外壁パネル(YMストーンパネル)
(重量 最大3Ton (29.4kN))

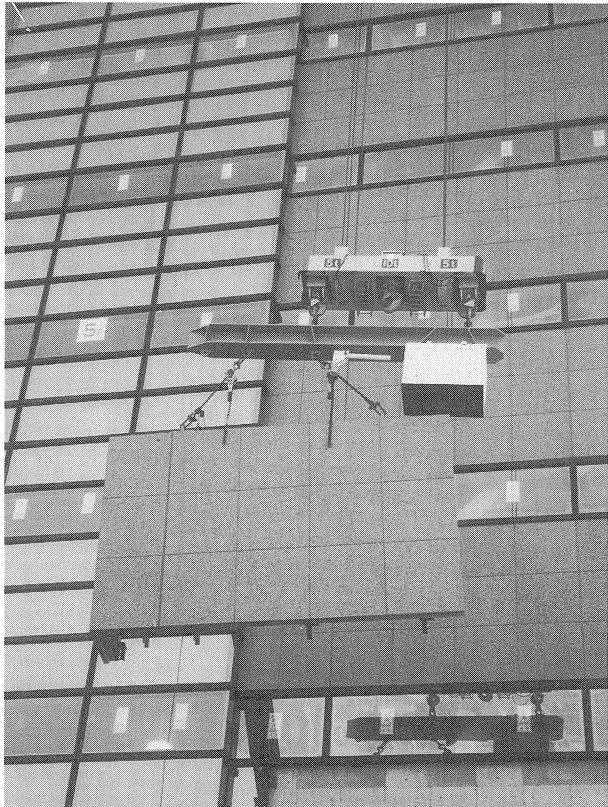


写真-5 施工状況

本装置の施工状況を写真-5に示す。

(2) 適用結果

現場適用の結果を下記に示す。

①サイクルタイムの短縮

装置を使用しない場合、チェーンブロック等による引き寄せおよび吊り替え作業が必要となる。本装置を使用した場合、平均サイクルタイムは、YMストーンパネル1枚当たり34分となり、施工時間の短縮が実現できた。

②安全性の向上

引き寄せ作業を削減したことにより、作業の安全性が向上し、省力化を実現した。

2.4.4 今後の展開

本装置はシャトルクレーンの特性に着目して開発し、その有効性を確認できたが、直接在来クレーンへ適用することは困難である。そこで今後は、在来工法での使用を目標として下記のような開発を進める。

①シングルフックでも傾きが生じないウェイト移動式の吊天秤を開発する。

②ファンその他の装置の付加により旋回制御を可能にする。

3. 在来工法向け機種

3. 1 工事概要

「PENTA-KITE+PC板3枚吊り装置」を適用した在来工法の工事概要を表-7に示す。

表-7 適用工事の概要（在来工法）

建物名称	大森ベルポートA 3棟
構 造	S造、SRC造、RC造
階 数	地下3階、地上18階、塔屋1階
敷地面積	7,212.91 m ²
延床面積	46,645.05 m ²
建築面積	2,358.81 m ²
最高高さ	75.78 m
建物用途	事務所、店舗、駐車場

3. 2 PC板3枚吊り装置

3. 2. 1 開発目的

本装置の開発目的を下記に示す。

- ①既存の吊荷旋回制御装置「PENTA-KITE」と組み合わせて使用し、軽量PC板をまとめて揚重することで、搬送時間の短縮を図る。
- ②「PENTA-KITE」の能力である吊荷旋回自動制御、位置決め時の微調整機能を有効に活用し、作業の安全性、効率を高める。

3. 2. 2 装置の概要

(1) 構成と特徴

本装置は4本のアーム、アーム上下用シリンダーおよびこれらを取付た枠、吊りビームなどから構成されている。本装置の特徴を下記に、おもな構成と各部の名称を図-10に示す。

- ①軽量なPC板を3枚まとめて揚重・搬送できる。
- ②各PC板は、取付順に重心移動により、PENTA-KITE本体を吊っているクレーンフックより建物側へせり出すようバランスを考慮しているので、クレーンフックが建物と干渉しにくく、引き寄せ作業が容易となる。図-11にせりだし機構の概念を示す。
- ③PENTA-KITE本来の能力を活用し、吊荷の自動旋回制御・位置決め時の微調整ができる。

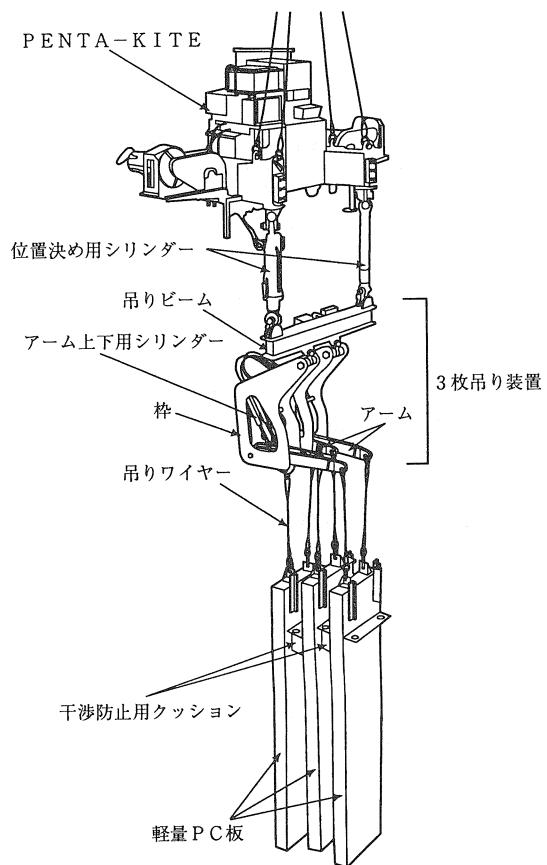


図-10 PC板3枚吊り装置のおもな構成と名称

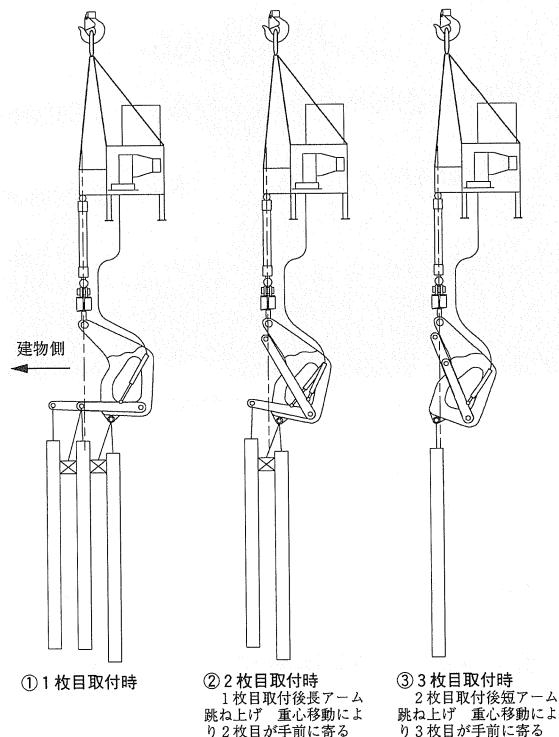


図-11 3枚吊り装置せり出し機構

(2) 仕様

本装置の仕様を表-8に示す。

表-8 PENTA-KITE 3枚吊り装置仕様

吊上荷重	最大 4.5 Ton 1列あたり 1.5 Ton
吊具重量	PENTA-KITE本体 980kg、3枚吊り装置 720kg
動力	空冷ガソリンエンジン
制御回路	DC12V
燃料タンク量	約 6リットル
操作方式	無線式リモコン 2台
稼働時間	約8時間／日

(1kg=9.8N、1Ton=9800N)

3. 2. 3 現場への適用

(1) 適用範囲

外壁工事はタワークレーンを2台使用して施工した。本装置はクレーンの施工範囲のうちコーナー板を除く外壁PC板を対象にした。施工状況を写真-6に示す。

適用範囲：地上 10階～18階

対象部材：外壁PC板 約50枚／1フロア
(重量 1.2Ton (11.76kN))



写真-6 PC板の搬送状況

(2) 適用結果

現場適用の結果を下記に示す。

①サイクルタイムの短縮

本装置を使用した場合と1枚ずつ搬送した場合の8階～12階におけるサイクルタイム（玉掛→揚重・搬送→取付→荷取復帰の所要時間）を計測した結果、

- ・装置を使用した場合の平均：5.0分／1枚
- ・1枚ずつ搬送の場合の平均：9.9分／1枚

であり、本装置を使用することで施工時間をおよそ50%短縮できた。

②PENTA-KITEとの組み合わせ使用により、強風時でも吊荷が安定し、作業の安全性が向上した。

③PENTA-KITEのシリンダーで位置決め時の微調整をおこない、クレーンオペレータの作業負荷を軽減した。

3. 2. 4 今後の展開

本装置は外壁PC板取付工事の安全性、施工効率向上を目的に開発したが、施工を通じて有効性を検証できた。今後は主に以下の点について改良を進める。

①PC板を3枚まとめて立て起こせるラックを開発し、玉掛け作業を簡略化する。

②PENTA-KITEと3枚吊装置をまとめて置ける架台を開発し、運用を円滑化する。

4. まとめ

4機種の吊具を開発し、施工に適用した結果、以下の結論を得た。

①FACESに「梁まとめ吊り装置」および「自動玉外し装置」の実用機を適用した結果、施工効率や安全性の面で効果があった。これらは在来工事においても有効であるため、今後来工事向けの改善を行い、現場展開を図ってゆく。

②バランス吊具はシャトルクレーンの特徴を活かし固定ウェイトでのバランスを実現した。今後は移動ウェイト式の在来工事向け機種を検討する。

③PENTA-KITE+3枚吊り装置は超高層ビルでの軽量PC板取付作業のサイクルタイムが短縮するなどの効果があった。今後この装置に組み合わせるラックなどの開発を行い、より有効性を高めて現場適用を進める。

結論に示すように、作業に適した吊具を使用することは、クレーン作業の改善に有効である。

今後も引き続いてこれらの吊具の改善を進めるとともに、施工に対する各種の機械化・自動化技術の適用結果を分析し、必要な工種および作業を抽出したうえで次の開発に取り組む所存である。

最後に、両工事のJV関係者の皆様には多大なご指導とご協力を頂きました。紙面をかりて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 田坂ほか：クレーン吊具の自動化開発、五洋建設技術研究所年報、Vol.26、pp.53-58、1996