

ガントリークレーン・シミュレータの導入と活用

一般財団法人 港湾労働安定協会 港湾技能研修センター 所長 竹内 孝一
次長 志方 定

1. はじめに

港湾技能研修センターは、港湾労働者の能力の開発・向上を目的として、昭和63年に財団法人港湾労働安定協会(平成24年4月に一般財団法人に移行)によって、愛知県豊橋市に設立された、ガントリークレーン実機を有する国内唯一の職業訓練施設です。

研修コースは、ガントリークレーン運転研修、ストラドルキャリア運転研修の他、愛知労働局長の登録教習機関として、クレーン運転士免許試験に係る実技教習他、玉掛け技能講習、フォークリフト運転技能講習及び船内荷役作業主任者技能講習等7科目の技能講習を実施しています。

また、愛知県公安委員会指定の指定自動車教習所として、大型自動車等の運転免許取得研修を実施しています。

平成19年度からは、港湾運送事業者の後継者育成を目的に、概ね入社5年未満の港湾労働者を対象とした、若年港湾労働者研修(港湾運送事業法、国際物流の現状等をテーマにした座学講座)を開始しました。

研修コースの中でも、ガントリークレーン運転研修は、設立当初から研修用に設置されたガントリークレーン実機を用いた研修として、多くの港湾運送事業者から、ガントリークレーンオペレーター養成のために研修生を派遣していただいているコースです。

こうした中で、ガントリークレーンを始めとして、港湾運送事業における機械化及び技術革新の進展に対応し、革新荷役機械に係る教育訓練を効果的に実

施するため、平成26年度に国は、ガントリークレーンシミュレータ(注1)を港湾技能研修センターに設置し、港湾労働者が高度な技術・技能を習得できるよう支援することとしました。

この稿では、導入されたガントリークレーンシミュレータの仕様及びシミュレータ訓練を導入したガントリークレーン運転研修と、新たな研修コースについて、カリキュラム等を検討してきた、「ガントリークレーン訓練カリキュラム等研究委員会」(以下、「研究委員会」)(注2)及びその専門部会の議論の経緯を含めて報告します。



図1 研修用ガントリークレーン実機
揚程25m、アウトリーチ33.5m
船舶を模した船形が設置されている(手前)

2. ガントリークレーンシミュレータの仕様

シミュレータに期待される性能や機能については、現在国内メーカーでは製造されていないことから、海外メーカーの製品をベースに検討を行いました。

重視したのは、実機との連携、ハードウェア構成、ソフトウェアの汎用性、クレーンモデルの対応能力、天候の変化等に対応できること等でした。以下、設置したシミュレータの主な仕様構成と、「研究委員会」における検討の視点について報告します。



図2 シミュレータの外観
奥が訓練生ブース、手前が指導員卓

2.1 ハードウェア構成

(1) 訓練生ブース（幅2.9m×奥行3.2m×高2.9m）

- ① 左右コンソール（スイッチ類を配置）
- ② 電動式3軸動揺装置（縦・横・ピッチ）
- ③ 模擬視界5面
- ④ 音響装置及び通話装置（指導員と通話）



図3 訓練生ブースの運転席・コンソール
操作レバー、ボタン類の位置は、研修センター実機と同じ配置に設計した。

(2) 指導員卓

- ① 制御装置状況表示用ディスプレイ
訓練生の操作状況をリアルタイムにモニタリングする。

- ② 模擬視界状況表示用ディスプレイ
訓練中の模擬視界を任意視点でリアルタイムにモニタリングする。
- ③ プリンター
- ④ 通話装置（訓練生と通話）

(3) 電子計算機

- ① ホスト（指導員卓システム用） 1台
- ② 指導員卓模擬視界生成用 1台
- ③ 訓練生ブース模擬視界生成用 5台
- ④ スペック
CPU：Intel Core i7
メインメモリ：8GB
HDD：250GB



図4 指導員卓のディスプレイ
左が制御状況表示用、右が模擬視界表示用。模擬視界の視点は、中央のジョイスティックの操作で自由に定められる。

2.2 ソフトウェア構成

(1) 運転モデル

- ① ガントリークレーン揚程2種類
(レール面上：39.5m、46.5m)
- ② レールスパン：30m
- ③ アウトリーチ：46m
- ④ スプレッダー：20/40/45ft

(2) 船舶モデル

コンテナバージ、フィーダー船、パナマックス船及びポストパナマックス船の4種類。

(3) 交通流モデル

ヤードトラクター、ヤードトラック、トレーラー、ストラドルキャリアー及び作業員等。

(4) 環境設定モデル

時刻による太陽位置、影、視程、雨・雪、風向・風速及び潮の干満を変化させることが可能。

(5) 衝突判定・模擬故障モデル

スプレッダーと対象物との衝突の判定、及びケーブル、フリッパー等の故障を意図的に発生させることができる。

(6) 「訓練生概要レポート」作成機能

運搬時間、時間あたりの運搬数、荷役経路の軌跡（グラフ化）及び衝突回数（軽度・致命的）等を表示できる。

3. 仕様の特徴と、研究委員会での検討

3.1 荷役現場の操作技能重視

研究委員会は仕様を検討する上での基本的考え方として、「荷役現場で実際にガントリークレーンを操作している人からの情報を重視すること。」としました。

同様に、カリキュラムを作成する上でも、「港湾施設において必要とされるガントリークレーン操作技能の内容を踏まえる。」としました。

例えば、荷役作業で重要な技能に、“振れ止め”があります。ガントリーの揚程、巻上・横行の速度に応じた再現性があるかどうか、着床時における衝撃の度合いは適切か、地切の際のコンテナの微妙な振れも再現できるのか等々、オペレーターが安全重視の作業のため、必要な訓練に活用できるかどうかの視点から検討が行われました。

3.2 実機では体験できない訓練が可能になる

シミュレータを活用した訓練の特徴は、実機では体験できない訓練が可能になることです。

(1) 風速・風向に変化をつける

荷役作業する上で、風による影響は作業の安全性の確保、効率的な作業の推進にとって、重要なファクターとなります。

国土交通省の通達は、クレーン等安全衛生規則第31条に定められた「強風」を基準にして、「10分間の平均風速10m/S以上」を「作業を中断する。」判断基準とすることとしています。

また、地切り及び着床時には、わずかの風であっても、コンテナ等の接触事故につながることがあります。

シミュレータでは、風速を0～30m/Sまで任意に変化させることができます。又風向も任意に設定でき、45度の範囲で自由に变化させることもできます。

(2) 雨・雪・霧及び時間による視界の変化と潮流の変化

オペレーターは、コンテナとスプレッダーの着脱を、自分の目で見て判断することになりますが、天候によってはいつでも視界鮮明とは限りません。港によっても天候条件は変わります。

様々な条件を設定し、荷役作業を体験することができます。

雨、雪、霧による視界の障害では強度も変化させることができます。ただ、霧の状態を最強にすると、視界ゼロの状態になり、作業不可能になることがわかりました。時間による視界の変化は、太陽の移動による影の位置が変化することへの対応訓練になります。

潮流の変化は、波による船舶の上下運動を発生させることができます。最大-5mから+5mまで変化させることができます。特にホールド作業を体験する訓練では大変有効になります。

3.3 「訓練生概要レポート」の効果

訓練生の行った訓練の成果を、様々なファクターで表示できます。

図5は、「訓練生概要レポート」の一部、荷役経路の検証図です。

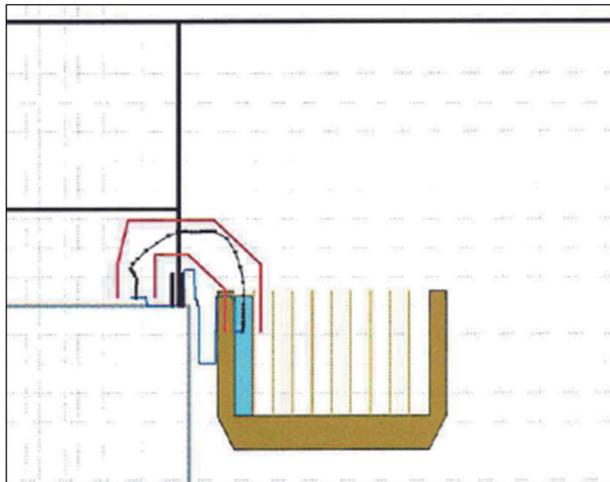


図5 荷役経路の検証図（良い例）

右側が船、左はガントリークレーンです。訓練生が左側から、右側の船にコンテナの積み込みをした経路が黒い線で記録されています。赤い線は、理想の経路図です。

黒の線が、赤い線の中に入っていることから、この訓練生の作業は、“適切な経路”に沿って、行われたものであると判断できます。

図6は、同じくコンテナを左側から右側の船に移動した経路が黒い線で記録されています。ただし、この場合は、赤い線で描かれた理想の経路から、逸脱していることがわかります。

作業時間も記録されます。図5の良い例は、1分44秒、図6の好ましくない例では、4分36秒かかっています。

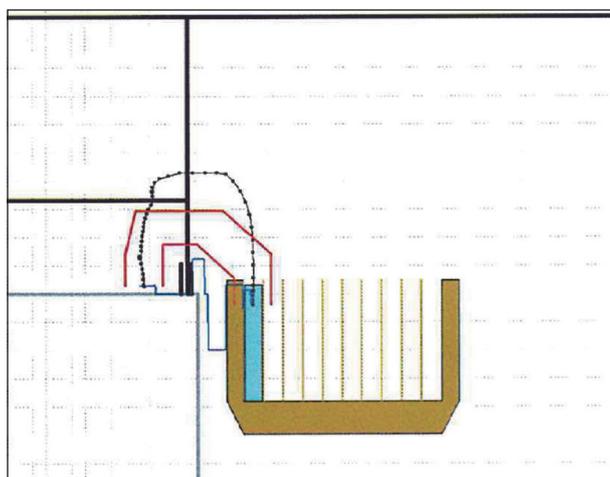


図6 荷役経路の検証図（好ましくない例）

このように、訓練の成果として、1回の作業毎にレポートが作成されます。

こうした荷役の軌跡、費やした時間の他、作業全体に要した時間（最短と最長を含む）と1時間あたりに換算した移動回数、コントロールレバーの操作回数、荷役作業中に起こした衝突の回数（コンテナとコンテナ、コンテナと部材等）が表示されます。

また、模擬故障を意図的に発生させ、その対応時間を判定することもできます。着床ピンの故障、コンテナの落下等を特定のコンテナに予めシナリオ化し、その際の応答時間を判定します。

このレポートによって、①訓練生の技能到達レベルを客観的に評価することができること。②オペレーターの行動特性を、その都度明らかにすることができます。

さらに活用を広げていくと、これからガントリークレーン荷役作業に携わることを目指している労働者の適正を判断するデータとしての利用も考えられます。研究委員会の委員からも、入職した若年労働者等が、ガントリークレーンオペレーターとしての適性をそなえているか、シミュレータを活用して判断することはできないかとの、意見もありました。

ただし、適性判断のための基準を作ることが必要ですし、さらに優れた荷役作業者のデータを収集し、「訓練生概要レポート」として蓄積する必要があります。

4. シミュレータ訓練を導入したガントリークレーン運転研修カリキュラムの構築

4.1 ガントリークレーン運転研修コース

「ガントリークレーン運転研修」は、クレーン運転士免許所持を条件に、ガントリークレーン初心者を対象にした研修コースです。図1にある、実機を使って訓練を行っています。

運転席を改造し、研修生2名と指導員1名が搭乗できる構造とし、1回定員2名で、訓練時間は35時間（5日間）で実施してきました。

訓練目標は、「1時間あたりのコンテナ取り扱い量を、25本から30本程度。」としています。

この研修コースに、シミュレータ訓練を組み合わせ、実機による訓練の安全性及び実機操作の能力向上をめざすこととしました。

(1) シミュレータ訓練導入の意義

研究委員会では、それまでの実機のみを使用した訓練に、シミュレータ訓練を導入することによる意義を専門部会の論議を踏まえ、次の様に整理しました。

- ① 安全の確保が今まで以上に容易になること。
訓練対象者が概ね初心者であることから、シミュレータ訓練の導入によって、より安全性の確保が期待できること。
- ② シミュレータと実機の訓練を交互に繰り返すことによる、技能向上効果が期待できる。
- ③ シミュレータ訓練導入により、今まで以上に、技能の向上が期待できることから、実機訓練の教科内容を拡大させ、今までできなかった教科を導入することも期待できる。
- ④ 指導態勢の見直しにより、訓練定員の増を図り、港湾運送事業主の期待に応えること。

(2) 新カリキュラムの検討結果

教科の構成は、これまでの実機のみでの訓練カリキュラムを基本に、実機による訓練の前に、同様のシミュレータ訓練を付加することを基本に構成しました。

シミュレータ訓練の時間は、全体で5時間としました。

以下は、そのカリキュラム構成の概略です。

表1 カリキュラム構成 (概要)

教科の細目	(内 容)
作業の概要(学科)	構造・取扱い、安全衛生(事故防止)等
シミュレータ①	準備作業、作業前点検、 運転操作基本(巻上げ、横行、走行)
基本操作	振止め、デッキ積降し作業、ホールド積降し作業等
シミュレータ②	ベイ合せ、積降し作業等
応用操作	デッキ積降し作業、ホールド積降し作業
運転評価	

(注：赤字がシミュレータ訓練科目)

また、実機の訓練時間を可能な限り確保するために、シミュレータ②の訓練と実機による「応用

操作」訓練の一部を2名の訓練生が別々に受講する時間割にしました。

(3) 試行訓練(注3)による効果の検証

研究委員会では、新カリキュラムの有効性及び、シミュレータ訓練が実機の操作におよぼす効果を検証するため、試行訓練を2回実施しました。(1回18時間、1回定員2名)

また、受講した訓練生及び担当した指導員の意見を基に検証会議(注4)を開催し、その効果を確認しました。

- ① ガントリークレーンの操作技能で重視される“振止め操作”に関して、「実機操作の前に、シミュレータによって“振れを止める”必要性の学習と、実際の振れの止め方の訓練を行うことにより、訓練生が実機操作をする上で、その心構え(気持ちのゆとり)ができていた。」「初心者である訓練生が、はじめて操作する不安感、緊張感がシミュレータ訓練によって軽減させる効果がある。」等々の成果を得る事ができました。
- ② 気象条件(強風、雨、雪等)の変化に対応する訓練については、訓練生から一様に、「風の中での振れ止め、地切、着床は大変難しかった。今後の作業の参考になる貴重な体験ができた。」との評価を得る事ができました。
- ③ 「訓練生概要レポート」は、効果を検証する上で、貴重なデータになりました。特に荷役経路が図で明示されることは、荷役時間全体の短縮に結びつける効果は大きいと判断されました。試行訓練を受講したある訓練生の1人は、「1年後に再度この訓練を受講し、1年間の現場作業での成長を確認したい。」との意見もありました。
- ④ 教科毎の訓練時間設定の妥当性については、訓練生の習熟度・満足度から判断して、今回の訓練からは、一様な結論は出ませんでした。
検証会議では、「今後訓練を実施する中で、適切な標準時間を設定すること。」とされました。



図7 検証会議において、シミュレータ訓練を視察する、研究委員会委員

(4) 今後の課題

今回の試行訓練は基本的にガントリークレーン操作の初心者が対象でしたが、ある程度の経験者を対象とした訓練を行う場合は、シミュレータの動作精度を、さらに実機に近づけることが求められます。実際に行われている荷役作業で、精度と安全重視のための必要な操作が、シミュレータで再現できることが求められます。(例えば、ホールド荷役作業において、船の傾きに応じた、精密な横行・走行操作等。)

一部の動作に関してはシミュレータ訓練のシナリオを編集する過程で、複数の要素を組合せて可能にできることもわかってきました。

さらに、機能の研究を進める必要があります。必要な場合は、ソフトウェアの改良も検討しなければなりません。

4.2 「ガントリークレーンシミュレータ活用訓練」の構築

前出の実機とシミュレータを組み合わせた訓練の他に、シミュレータのみによる研修コースを開発しました。

1 回定員 3 名、訓練時間は 18 時間（3 日間）としました。

以下は、そのカリキュラム構成の概略です。

表2 カリキュラム構成（概要）

教科の細目	(内 容)
取扱い基本	・安全作業、基本構造・操作方法
荷役作業 1	・パナマックス船のデッキ作業及び強風、潮流の変化等への対応訓練
評 価	訓練生概要レポートによる評価
荷役作業 2	・ポストパナマックス船のデッキ作業及び強風、潮流の変化等への対応訓練 ・パナマックス船又はポストパナマックス船のホールド作業及び、強風、潮流の変化等への対応訓練
評 価	訓練生概要レポートによる評価
荷役作業 3	・パナマックス船又はポストパナマックス船のホールド作業及び、コンテナキャスティング障害等への対応訓練
評 価	・訓練生概要レポートによる評価
機械故障時の対応訓練	・ブレーキ故障、フリッパー故障等への対応訓練

(1) 研修生の状況に応じて、カリキュラムは柔軟に対応

表2のカリキュラムは、基本的には“モデルカリキュラム”としました。受講生の所属する港によっては、荷役作業の方法も異なり、天候条件も異なります。そうした条件によって柔軟に対応することとしました。

また、訓練時間も 6 時間（1 日）及び 12 時間（2 日間）の受講も可能としました。

(2) 多様な訓練ニーズ

シミュレータの設置後、港湾荷役作業の方等を対象とした数回の見学会を開催しました。(平成 27 年度は毎月 1 回開催予定)

参加された方々から、活用方法に関し様々なご意見をいただきました。

- ① オペレーターに従事している者の、不得意分野を補強する訓練
- ② コンテナ荷役作業に関係する作業中で、オペレーター以外の業務に従事する者(デッキマン、フォアマン等)の体験訓練
- ③ これからオペレーターをめざす方の訓練
- ④ 荷役作業中に、事故を起こしたオペレーターの再訓練
- ⑤ 事業所が重視している安全作業に特化した訓練等々、いずれにしてもモデルカリキュラムを

基本として、多様なニーズに柔軟に対応することが求められます。

5. おわりに

平成27年度の訓練は開始されたばかりですが、「ガントリークレーン運転研修」コースのシミュレータ訓練では、「訓練開始時の実機操作が今までに増して、スムーズに行われるようになった。」との報告もあります。

35時間の訓練終了時に、それまでと比較して実機操作がどの程度上達したのか、注視していく必要があります。

また、シミュレータ活用訓練の第1回の受講生は、港湾運送事業所の作業（安全）管理責任者の方で、天候条件の変化に対応する訓練や、訓練生概要レポートに関心を示され、今後同社の従業員教育への活用方法を検討されるとのことでした。

平成25年度に厚生労働省が行った「港湾運送事業雇用実態調査」の、六大港職種別労働者数では、「ガントリークレーン運転者」（オペレーター）は425人とされています。ガントリークレーンの設置台数から推測すると、指定港93港では、600人ほどになるかと推測されます。

こうしたオペレーター養成には、年齢的な要素、作業者の適正等を勘案しなければなりませんし、いわゆる“1人前”になるには一定の時間と、多くの経費がかかることは言うまでもありません。

シミュレータを設置した全国唯一の機関として、実機を含めた訓練コースの実施、効果的カリキュラムの研究、シミュレータを活用した優れた技能者のデータの収集と数値化等々を通じて、オペレーター養成の一翼を担う研修センターに課せられた課題は多くのものがあります。

(注1) ガントリークレーン・シミュレータ
Kongsberg GlobalSim（アメリカ）製
型式：ML4000

(注2) 「ガントリークレーン訓練カリキュラム等研究委員会」
厚生労働省の委託により設けられた委員会。学識経験者、港湾運送事業主、労働組合の代表によって構成。6回の「研究委員会」及び7回の「専門部会」が開催された。
詳しくは、「ガントリークレーン訓練カリキュラム等研究委員会」報告書にまとめられ、厚生労働省に提出された。

(注3) 試行訓練
平成27年2月、3月に計2回行われた。
受講生はそれぞれ2名。港湾運送事業所から派遣していただいた。

(注4) 検証会議
受講した訓練生、担当指導員、「研究委員会」及び「専門部会」委員により構成され、試行訓練最終日に、その成果についての検証をおこなった。

<参考文献>

この報告文は、一般社団法人港湾荷役機械システム協会（東京都港区西新橋2-17-2）機関誌「港湾荷役」（NO.4 VOL.60 2015）に掲載された「ガントリークレーン・シミュレータの導入とカリキュラムの構築」のタイトルの一部を変更し転載しました。