鋼杭打込記録の自動作成システムの開発

大成建設（株）　正会員　○橋本　敦史
大成建設（株）　正会員　中村　広規
大成建設（株）　正会員　清水　剛

１．目的

近年，建設業界における若年者の就労者数が減少し，技能労働の担い手不足が問題となっている．そこで生産性向上のため，鋼杭打込記録の書類を ICT の活用により，自動作成することで省力化を図ることを目的に，鋼杭打込記録自動作成システム（以下，「帳票作成システム」）を開発して実証試験を行った．本報では，帳票作成システムの概要と実証試験の結果を示す．また，このシステムに出来形管理調書作成，写真データ登録，品質管理データ管理および 3 次元モデル連携の機能を付加し，システムを CIM 化した内容について示す．

２．鋼杭打込記録作成と課題

鋼管杭や H 鋼杭を施工する際，港湾工事出来形管理基準[1)]に基づき，①杭の貫入量，②打止り付近のリバウンド量，③打止り付近のラム落下高又は打撃エネルギー，④杭の打撃回数について，鋼杭打込記録を作成する必要がある．従来の作成方法は，現場で記録した野帳のデータや記録された用紙などを 1 日の杭打ち作業完了後に事務所に持ち帰り，鋼杭打込記録フォーマットに各データを手入力で入力し作成している．このため，事務所における書類作成の業務時間が長くなる原因にもなっている．また，鋼杭打込記録フォーマットに手入力する際，データの誤入力の発生や記録紙などの紛失の可能性がある．

３．帳票作成システム

(1) 帳票作成システムの概要

帳票作成システムの概要イメージを，**図-1** に示す．また，使用方法を下記に示す．

・スマートデバイスやパソコンを使用して，鋼杭 No.や鋼杭の諸元などの初期条件をウェブブラウザ上の帳票作成システムに事前に入力し，鋼杭打設当日に打設年月日や開始時間を入力する．

・鋼杭を打設している間，光学式杭打ち挙動計測システム[2)]により，貫入量とリバウンド量を計測し，杭打設終了後に，この計測したデータをクラウドに送信し，帳票作成システムでデータを取り込む．

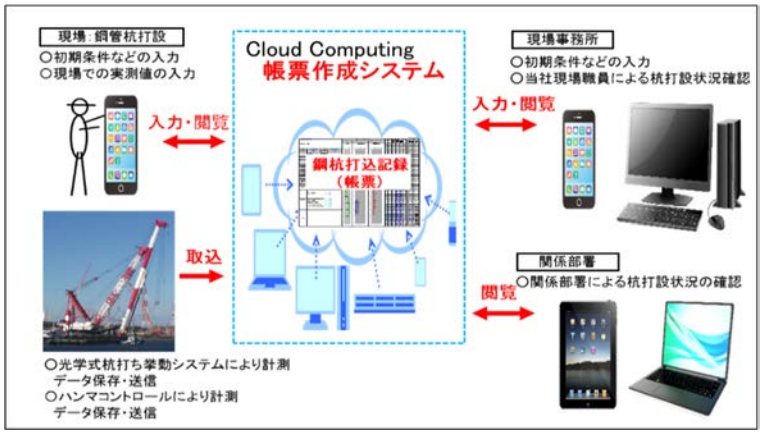

図-1　帳票作成システムのイメージ図

・同様に，鋼杭を打設している間，ハンマコントローラーにより打撃エネルギーと打撃回数を計測し，杭打設終了後に，この計測データをクラウドに送信し，帳票作成システムでデータに取り込む．

・杭打設終了後に，杭打設の終了時間と杭天端高を計測した出来形をウェブブラウザ上の帳票作成システムに入力する．

・帳票作成システムは，事前・事後に入力されたデータと杭打設後に取り込んだデータにより，自動で鋼杭打込記録を作成する．

・関係者は，スマートデバイスやパソコンを通じて常時データを確認できる．

キーワード　鋼杭，鋼管杭，打込記録，帳票作成，貫入量，リバウンド量
連絡先　〒245-0051　横浜市戸塚区名瀬町 344-1　大成建設（株）技術センター　ＴＥＬ080-9579-4366

表-1　従来と帳票作成システムの各種データ計測方法

項目		鋼杭打込記録作成に必要な項目	支持力算定に必要な項目	従来	帳票作成システム
貫入量	開始～打止り付近	○	－	・打込1m毎にハンマーコントロールのボタンを押す ・打込1mの打撃回数より貫入量を算定する	光学式杭打ち挙動計測システムにより計測する（csv形式のデータ）
	打止り付近	○	○	・記録紙を鋼管杭に貼り付け鉛筆を移動させ、記録紙の図より貫入量およびリバウンド量を読み取る（アナログ的計測）※1	
リバウンド量	開始～打止り付近	－	－	－	
	打止り付近	○	○	・※1と同様	
打撃エネルギー		○	○	・ハンマーコントロールにより計測する ・ロール紙に印刷して値を読み取る	・ハンマーコントロールにより計測する（text形式のデータ）
打撃回数		○	－		

(2) 各記録の計測方法

表-1 に，従来と本帳票作成システムにおける鋼杭打込記録作成に必要な各種データの計測方法の比較を示す．鋼杭打込記録作成に必要な項目は，貫入量（開始～打止り付近），リバウンド量（打止り付近），打撃エネルギーおよび打撃回数である．また，支持力算定に必要な項目は，貫入量（打止り付近），リバウンド量（打止り付近）および打撃エネルギーである．従来の打止り付近の貫入量とリバウンド量の計測は，**図-2** に示すように，記録紙を鋼管杭に貼り付け，鉛筆を移動させ記録を取るアナログ的計測である．

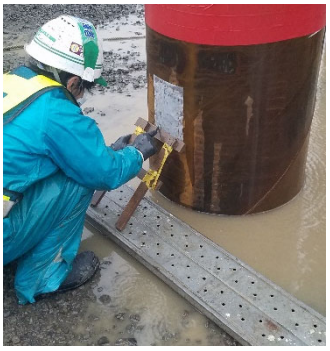

図-2　従来の計測状況

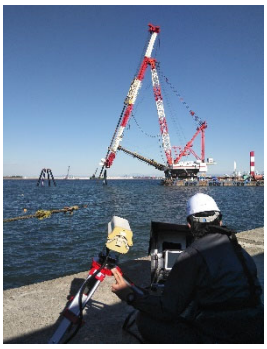

図-3　今回の計測状況

一方，帳票作成システムでは，光学式杭打ち挙動計測システムにより貫入量とリバウンド量を開始から打止り完了まで計測する．**図-3** に，その計測状況を，また**図-4** に，貫入量とリバウンド量の計測結果例を示すが，従来と光学式杭打ち挙動計測システムは，ほぼ同じ値であることが確認できる．なお，鋼管杭を打撃するハンマーは，オランダ製の IHC 油圧ハンマーを対象としている．

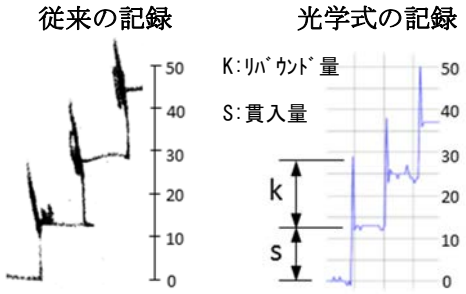

図-4　貫入量とリバウンド量の計測結果例

(3) 帳票作成システムの操作手順

図-5 に帳票作成システムの操作手順を示す．

①準備段階として，事前に杭打設を行う鋼管杭 No.や鋼管杭諸元などの初期条件を事務所のパソコンやスマートデバイスにて帳票作成システムに入力する．

②杭打設を開始する際は，既に帳票作成システムに登録した鋼杭 No.を選択し，打設年月日と開始時間をスマートデバイスにて帳票作成システムに入力する．

③杭打設中は，光学式杭打ち挙動計測システムにて貫入量とリバウンド量を計測する．また，ハンマコントローラーにて打撃エネルギーと打撃回数を計測する．杭打設終了後に光学式杭打ち挙動計測システムにより計測した貫入量とリバウンド量の csv データをクラウドに送信する．また，ハンマコントロールにて計測されプリンターレコーダーに蓄積された打撃エネルギーと打撃回数の text データをクラウドに送信する．

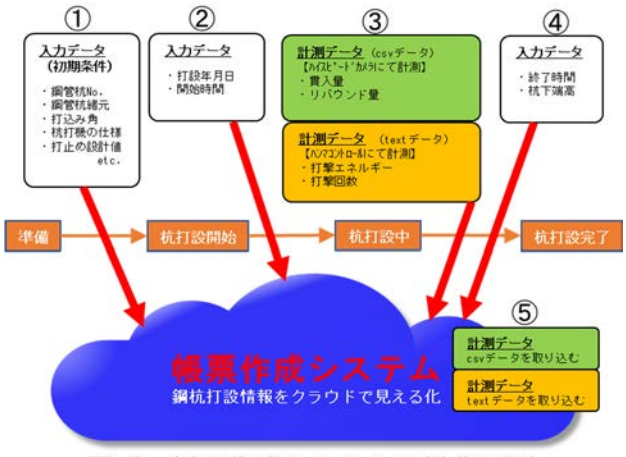

図-5　帳票作成システムの操作手順

④杭打設終了後，終了時間と現場測量により算定した杭下端高さをスマートデバイスにて帳票作成システム

に入力する．

⑤帳票作成システムにて貫入量とリバウンド量の csv データと打撃エネルギーと打撃回数の text データを取り込み，鋼杭打込記録を作成する．**図-6** に，帳票作成システムで作成した鋼杭打込記録例を示す．

なお，鋼杭の支持力算定式には様々な算定式が提案されている．本帳票作成システムでは Hiley の簡略式，道示式，5S の式，IHC 提案式，Hiley 修正式からその工事で適用する支持力算定式を選択し，支持力を算定することができる．

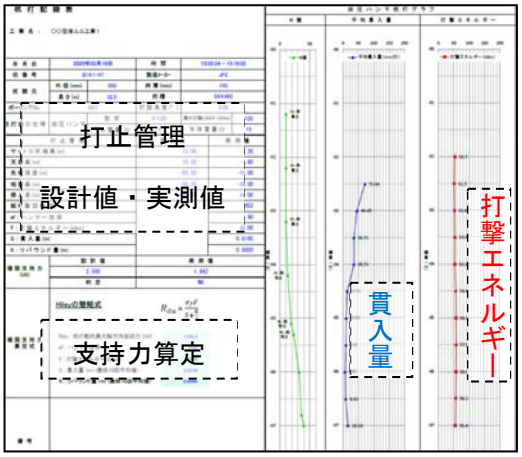

図-6　鋼杭打込記録例

4．実証試験

(1) 実証試験の概要

本実証試験では，鋼杭打込記録の作成業務について，従来方式での作業時間と帳票作成システム使用時の作業時間を比較することにより省力化の効果の確認を行った．杭 1 本当りの鋼杭打込記録を作成するのに要する時間を，①事前作業，②現場作業，③書類作成作業に分けて比較した．作業内容の比較を**表-2** に示す．また，**図-7** に，鋼管杭打設状況を示す．

表-2　作業内容の比較

	従来方式	システム利用時
①事前作業	作業なし	事前データ入力
②現場作業	鋼管杭打設	鋼管杭打設
	打込1m毎の打撃回数計測	打込1m毎の打撃回数計測
	打込1m毎の打撃ｴﾈﾙｷﾞｰ計測	打込1m毎の打撃ｴﾈﾙｷﾞｰ計測
	打止め付近の支持力管理	光学式杭打ち挙動計測システム
③書類作成作業	貫入量・ﾘﾊﾞｳﾝﾄﾞ量の読み取り（記録紙より）	貫入量・ﾘﾊﾞｳﾝﾄﾞ量の整理とデータ送信
	打撃ｴﾈﾙｷﾞｰ・打撃回数の整理（印字記録紙より）	打撃ｴﾈﾙｷﾞｰの読み込みとデータ送信
	ﾃﾞｰﾀ整理・手入力・帳票出力	ﾃﾞｰﾀ取り込み・帳票出力

a) 事前作業

従来方式では事前作業はなしであるが，システム利用時の事前作業では杭 No.，鋼管杭諸元，杭打機の仕様，打止め設計値などの初期条件をスマートデバイスやパソコンを使用して事前に入力した．

b) 現場作業

従来方式の打止め付近の支持力管理方法では，鋼管杭近傍にて記録紙を鋼管杭に貼り，鉛筆を用いて貫入量とリバウンド量を記録した．また，鋼管杭打設中に打込 1 m毎の打撃エネルギーと打撃回数を計測し，杭打設終了後に計測結果を記録紙に印字して回収した．

システム利用時は，光学式杭打ち挙動計測システムにより鋼管杭打設中の貫入量とリバウンド量を計測した．また，打撃エネルギー・打撃回数はハンマコントローラーにて計測され，プリンターレコーダーに蓄積した．

図-7　鋼管杭打設状況

c) 書類作成作業

従来方式は，現場で得られた貫入量とリバウンド量の記録紙や打撃エネルギーと打撃回数の記録紙から各数値をエクセルの鋼杭打込記録フォーマットに手入力し，鋼杭打込記録を作成した．

システム利用時は，打設終了後に貫入量とリバウンド量の csv データおよび打撃エネルギーと打撃回数の text データをクラウドに送信し，帳票作成システムにてこれらのデータを取り込み，鋼杭打込記録を作成した．

(2) 実証試験の結果

a) 事前作業

システム利用時おいて，今回対象とする杭本数は全 36 本であり，事前データ入力に 15 分要したが，杭 1 本当り 1 分（15 分÷36 本＝0.42 分→1 分）とした．

b) 現場作業

現場作業中に測定を行う打撃エネルギー，打撃回数および光学式杭打ち挙動計測システムによる計測時間

は，鋼管杭打設中の時間に含まれるため帳票作成の作業時間に考慮していない．

従来方式では，作業を一時中止し記録紙を貼り付け貫入量とリバウンド量を計測した時間を考慮している．

c) 書類作成作業

従来方式では，データ整理・手入力・帳票出力の作業に 15 分を必要としたため，計 20 分必要となった．これに対し，システム利用時では計 7 分を必要とした．

d) 合計作業時間

従来方式の 25 分に対し，システム利用時は 8 分となり，約 3 割の作業時間で鋼杭打込記録を作成できる結果となった．

実証試験における従来方式とシステム利用時の杭 1 本当たりの作業時間計測結果を**表-3** に示す．

表-3　作業時間計測結果（1 本当り）

従来方式		(分)	システム利用時		(分)
①事前作業					
1)	作業なし	0	1)	事前データ入力	1
	計	0		計	1
②現場作業（鋼管杭打設）					
1)	鋼管杭打設中 ・打込1m毎の打撃回数計測 ・打込1m毎の打撃エネルギー計測	―	1)	鋼管杭打設中 ・光学式杭打ち挙動計測ｼｽﾃﾑによる計測 ・打込1m毎の打撃エネルギー計測	―
2)	打止め時の支持力管理	5			
	計	5		計	0
③書類作成作業					
1)	貫入量・リバウンドの読み取り（記録紙より）	3	1)	貫入量・リバウンド量の整理とﾃﾞｰﾀ送信	2
2)	打撃ｴﾈﾙｷﾞｰ、打撃回数の整理（印字記録紙より）	2	2)	打撃エネルギーの読み込みとデータ送信	3
3)	データ整理・手入力・帳票出力	15	3)	データ取り込み・帳票出力	2
	計	20		計	7
合計		25	合計		8

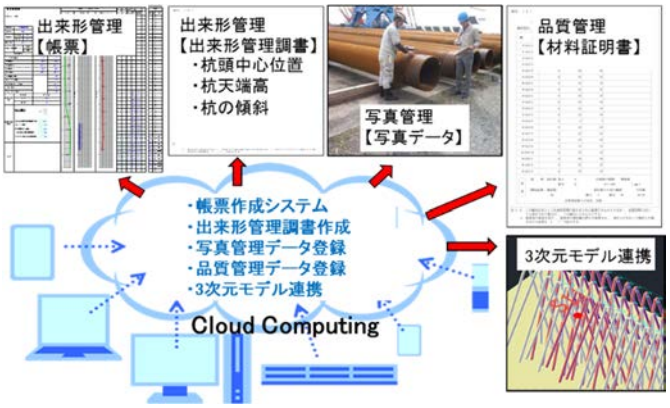

図-8　追加機能の CIM 化のイメージ図

5．CIM 化のための追加機能

鋼杭を施工する上で様々な管理基準に沿った記録を残す必要がある．これまで述べてきた鋼杭打込記録は出来形管理基準の管理項目の一つであり，その他の管理項目には杭頭中心位置，杭天端高，杭の傾斜の記録があり，これらの出来形管理調書を作成する必要がある．また，写真管理基準では各管理項目に従った写真の記録が必要であり，品質管理基準でも材料証明書の記録が必要である．

今回，これまでに開発した帳票作成システムに出来形管理調書作成，写真管理データ登録，品質管理データ登録および 3 次元モデル連携の機能を追加した．**図-8** に追加機能の CIM 化のイメージ図を示す．出来形管理調書作成の機能では，出来形管理調書の共通フォーマットを帳票作成システムに追加し，スマートデバイスやパソコンを使用して現場での杭頭中心位置，杭天端高および杭の傾斜の実測値を，ウェブブラウザ上のシステムに入力することで出来形管理調書を作成することができる．また，写真管理の写真データや品質管理の材料証明書のスキャンデータは，杭 No.と関連付けてシステム内に保存できる．最後に，3 次元モデル連携の機能は，専用ソフトで作成した 3 次元の鋼杭配置図において，各鋼杭に対しそれぞれ杭 No.を設定してシステム内に保存し，システム内で杭 No.を選定することで 3 次元の鋼杭配置図のどの杭を示しているか見える化が可能である，本システムに各データの入力や保存をする際は，データと杭 No.を関連付けしており，システム内にデータを一元管理しているので，ある杭 No.を選択することで必要とするデータを抽出することができる．

6．まとめ

本実証試験では，帳票作成システムを使用して鋼杭打込記録作成業務の作業時間を省力化できることを確認することができた．光学式杭打ち挙動計測システムでの計測は，天候，杭配置および現場状況により計測が困難な場合があるため，引き続きそれらの状況にも対応できるよう改良する予定である．

参考文献

1)　日本港湾協会：港湾工事共通仕様書，2017

2)　冨澤幸一：構造物基礎杭の総合施工管理技術，土木建設技術発表会 2018 講演概要集，2018

3)　中村和成：既製杭施工データ総合管理システムの開発，基礎工，2018