土木学会論文集, Vol. 81, No. 18, 25-18174, 2025.

桟橋の3次元データを活用した構造解析モデルへの効率的な変換方法の提案

宇野　州彦[1]・岡田　崇志[2]・福田　麻里[2]・田中　豊[3]・山路　徹[4]

[1] 正会員　五洋建設（株）技術研究所（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1）
E-mail: kunihiko.uno@mail.penta-ocean.co.jp (Corresponding Author)
[2] 五洋建設（株）ICT 推進室（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1）
[3] 正会員　（国研）海上・港湾・航空技術研究所　港湾空港技術研究所
（〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1）
[4] 正会員　（国研）海上・港湾・航空技術研究所　港湾空港技術研究所
（〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1）
E-mail: yamaji-t@p.mpat.go.jp

建設生産プロセスの効率化を目的に i-Construction が推進され，その一環として BIM/CIM の導入が進められている．BIM/CIM モデルを活用することで，構造物の構造解析を行うことも可能である．桟橋構造物においては，構造解析を実施するために節点や要素情報および当該要素における断面図情報が必要となるため，これらをモデルから効率的に抽出して構造解析モデルに反映することができれば，構造解析の生産性向上に繋がると考えられる．

そこで本研究では，桟橋の 3 次元データを活用した構造解析モデルへの効率的な変換方法について提案し，その効果を検証した．節点・要素情報や断面図情報が 3 次元データから抽出・出力できることで，従来の構造解析のモデル化に要した時間を大幅に削減することが可能となった．

Key Words : *pier, 3D data, CAD, section drawing, analysis model, auto conversion*

1. はじめに

国土交通省では, 建設生産プロセスの効率化を目的に, 2016年からi-Constructionが推進され，その一環としてBIM/CIM（Building / Construction Information Modeling / Management）の導入が進められている[注1)]．設計段階からBIM/CIMモデルが活用されることで，構造物の完成イメージが明確化されるだけでなく，鉄筋等の干渉チェックや数量の自動算出，概算コストの算定等のメリットがある．港湾施設においても，特に維持管理に着目したBIM/CIMモデルの効率的な作成方法等が示されている[1)]．

また，構造解析を行うことができる利点も挙げられるが，構造物の種類によっては，配筋情報を含む詳細度の高いデータが解析モデル化において求められる．さらに，桟橋等の港湾構造物においては，構造解析を実施する際の想定外力として，船舶の接岸力や牽引力も対象となるため，本体構造だけでなく防舷材や係船柱といった付属工の情報も必要となる．

データを活用した構造解析の実施に関する研究としては, 伊藤らが港湾構造物を対象とした研究を行っている．理化学研究所が開発したDPP（データ処理プラットフォーム）[2)]を用い，国土交通データプラットフォームからボーリングデータや数値標高モデルを利用して地盤モデルを作成し, 3次元有限要素モデルに変換して地震応答解析FLIP[3)]の入力ファイルの出力等を試みている[4)]．また，ケーソン構造物を対象に，モデル化に必要な情報を出力する手法が示されている[5)]．ただし，FLIPにおけるケーソン構造物は，線形平面要素としてモデル化することが多いため, 一般にケーソンの配筋情報はあまり使用しない．一方で，桟橋構造物では，鉄筋コンクリート製の梁部材等において，配筋情報を考慮した曲げモーメントと曲率の関係を算定し, 構造解析のモデル化を行う必要がある．したがって, 桟橋を対象にした場合, CAD等により3次元で描かれた図面データ（以下，3次元データ）から節点や要素の情報を出力するだけでなく，配筋断面図の情報も抽出する必要があるが，桟橋の節点や要素の情報に加え配筋断面図まで出力可能な手法はこれまでほとんど提案されていない．

一方，既存の港湾施設においては建設後50年を超える構造物も多く，効率的な維持管理が求められている．厳しい塩害環境に曝される桟橋は，上部工の鉄筋腐食等の劣化が生じると，設計作用外力に満たない船舶の接岸や

牽引，あるいは地震作用であっても損傷に至る可能性が指摘されている．このような劣化した桟橋を対象に，著者の一人は現状の残存耐力を評価する研究[6]をこれまで進めているが，耐力評価を行うためには桟橋の解析モデルを構築する必要があり，今後老朽化した桟橋が増加する状況においては，効率的な解析モデルの構築技術が求められている．老朽化した桟橋は建設年次が古いものが多く，現状このような桟橋の3次元データはほとんど存在しないと思われるが，予防保全型の維持管理を進めていく中では，3次元データを有する比較的新しい桟橋であっても，供用開始初期の段階から計画的な維持管理が求められていくため，3次元データから構造解析モデルへ変換できる技術は，維持管理分野においても必要な技術であると考えられる．

そこで本研究では，桟橋の3次元データを活用した構造解析モデルへの効率的な変換方法について提案し，その効果を検証する．

2. 対象桟橋および3次元化ツール

(1) 対象となる桟橋の3次元データ

本研究で対象とする桟橋の3次元データを**図-1**に示す．また，梁の配筋情報が分かるように拡大したものを**図-2**に示す．桟橋全体系の構造解析においては，一般に杭や梁が構造部材として取り扱われ，床版については重量のみを考慮することから，本研究ではあらかじめ3次元データから床版の配筋を含めた情報については削除している．また，桟橋の構造解析では地盤をばねとして取り扱い，杭に地盤ばねを接続してモデル化する手法が一般に用いられるが，今回の研究対象からは除外している．

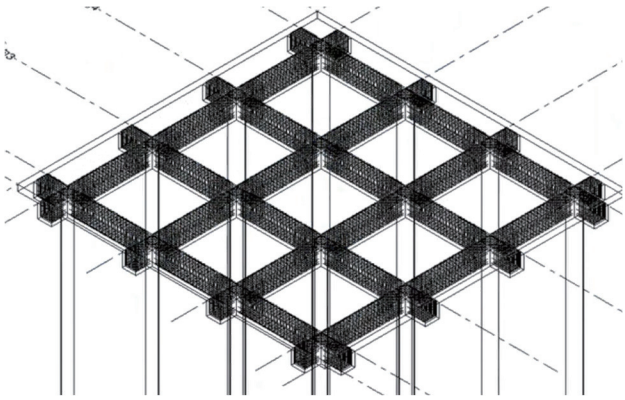


図-1 対象桟橋の3次元データ

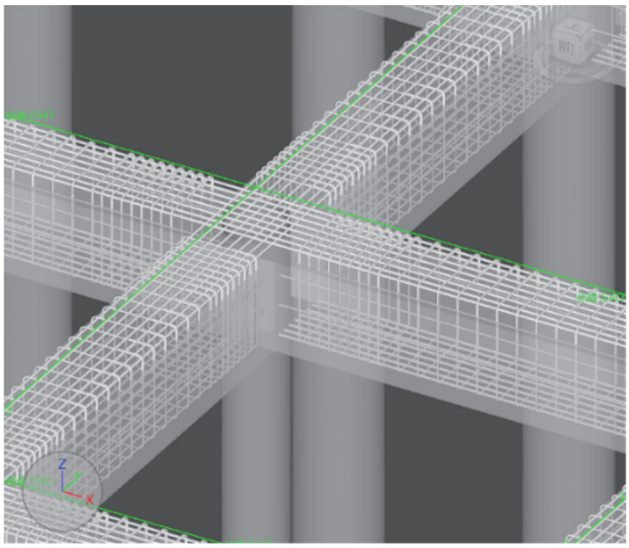
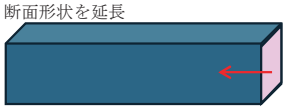


図-2 対象桟橋の梁部配筋拡大図

表-1 モデリング手法の比較

	ダイレクトモデリング （ソフト例：AutoCAD，Civil3D）	パラメトリックモデリング （ソフト例：Revit）
作成方法	一から作成	1. パーツの種類 （梁や柱等）を指定 2. パーツの種類によって作成順が決められているためそれに基づいて作成
特徴	・作成時の自由度が高い	・形状寸法とパラメータ（数値）が連動可能 ・品番や材質などの情報を付与させることができる
梁（下図）を作成する場合の例 	以下のどちらかで作成することが一般 ・断面形状を延長  ・伏図で示されている形状を延長 	パーツの種類を指定：梁 梁の断面形状を作成 延長方向を指定 

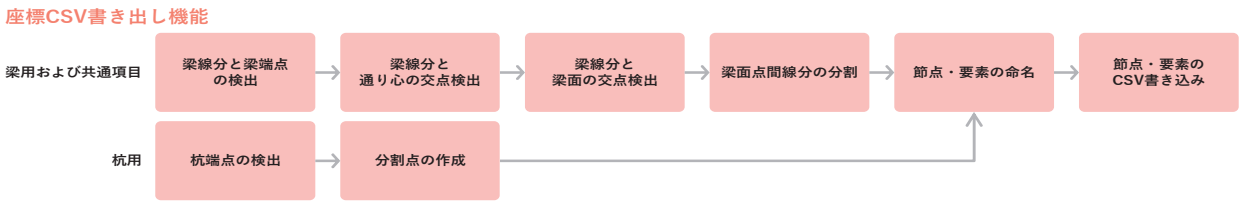


図-3　節点と要素の出力の手順

地盤ばねも含めたより効率的なモデル化手法については，今後の課題であると考えている．よって本研究では，杭および梁を対象に節点や要素の出力，および杭と梁の断面情報を出力することを対象とする．

(2)　データの 3 次元化に利用したツール

本研究で使用した桟橋については，Autodesk 社の Revit [注2)]というツールにより 3 次元データを作成している． 3 次元データの作成ツールによって，次章以降の節点や要素の出力および断面図情報の出力の方法が変わってくることから，ここでは描画ツールの Revit について，その特徴を簡単に説明する．

Revit は BIM/CIM モデリングソフトで，主に構造物のモデリングに使用される．「ファミリ」と呼ばれる部品ライブラリを使ってパラメトリックモデリングを行うところが特徴である [7]．ここで，パラメトリックモデリングとは，寸法や拘束条件を指定して形状を作成する手法である．土木分野においては，AutoCAD [注3)]や Civil3D [注4)]といったツールで描かれた 3 次元データが多いが，これらは一般にダイレクトモデリング（非パラメトリックモデリング）という手法であり，PC のマウスやキーボード操作等で線や面を押し出して形状を作成する手法である．モデリング手法の比較を**表-1** に示す．パラメトリックモデリングはダイレクトモデリングと比較して，作成者の描き方の差やスキルの差が生じにくいという特徴があることから，本研究の成果を広く普及させるという目的を鑑みて，モデル作成者による影響を受けにくい Revit により作成した 3 次元データを本研究の対象とした．

3.　構造解析モデルへの変換手法

(1)　変換手法の概要

本研究では，前章までに述べたように，桟橋の構造解析に必要な節点と要素に関する情報の出力と断面図に関する情報の出力を行うことを対象とする．ここで節点とは，構造を表現する基本要素であり，構造物の表面や内部に配置され，計算の対象となる点のことを指す．節点は空間上で座標を持ち，それぞれの座標値を使って構造の形状を定義する．例えば一次元の梁の場合は，2 つの

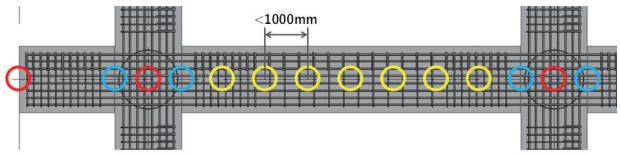


図-4　節点の設定箇所

節点で梁の両端を表現することになる．また要素とは，構造を分割するものであり，節点を結ぶ線分や面，体積として構造を分割する単位である．要素は節点の位置情報と材料特性等の情報を持ち，それぞれの要素内で応力等の計算が行われる．なお，本研究における断面図については，杭および梁断面の 2 次元図面データのことを指すものとする．以降で，節点と要素の出力方法および断面図の出力方法について説明する．

(2)　節点と要素の出力

節点と要素の出力について，出力に至るまでの手順を**図-3** に示す．まず梁についての出力までの手順を説明する．梁は梁断面中央の軸心線（梁線分）と梁端部の点をまず認識する必要があり，梁端部を最初の節点として設定する．その後，それぞれの梁が交差する点を新たに節点として設定し，さらに，梁線分と交差する梁の側面との交点を節点として設定する．これらについては，**図-4** に示すように，梁端部点および梁が交差する点が赤丸となり，梁線分と交差する梁の側面の交点が青丸となる．梁線分と交差する梁の側面との交点を節点として設定する理由としては，梁同士が交差する青丸の区間においては，構造解析では一般に剛性の高い梁としての設定（以下，剛域設定）を行うため，節点として設定する必要がある．また，各交点間の分割については，構造解析において必要十分な振動モードが表現できるように要素長が 1m 未満となるように節点を設定する．図中の黄色の丸が 1m 未満で梁を分割した節点である．節点の設定が終われば，それぞれの節点間をつなぐものを要素として生成することになる．なお，杭についても基本的には梁と同様で，まず杭の端部点である，杭頭部と杭先端を認識させ，梁内にある杭の範囲については，構造解析で剛域設定となるために，梁下面と杭との交差部を節点として設定する．梁下面と杭との交点から杭先端までの範囲においては，梁と同様に要素長が 1m 未満となるように節点を設

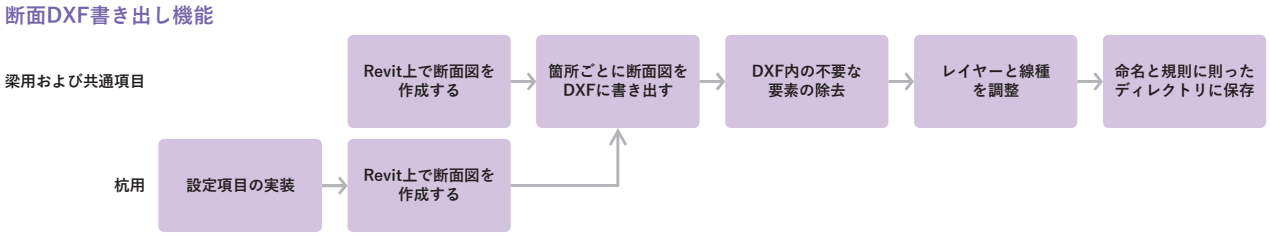


図-5　断面図の出力の手順

定する．節点と要素の設定がされれば，構造解析で活用しやすいように，これらの数値情報を CSV ファイルとして出力する．

(3)　断面図の出力

断面図については，節点と要素の設定を行った後に**図-5** に示す手順で実施する．断面図はそれぞれの要素に対応する断面配筋情報を 3 次元データから抽出し，2 次元断面図として出力する．これらにより，各要素とその断面図が対応するようになる．ただし，全ての要素における断面図をファイルとして出力すると容量が大きくなるだけでなく，解析ソフトにインポートする際に煩雑になってしまうため，梁の配筋状態や杭の断面に変化がない範囲においては，最小限の出力となるようにしている．断面図については，DXF ファイルで出力することで，様々な構造解析ソフトにインポートできると考えられる．

	A	B	C	D
1	N1_R0	-20540.8	-11906.6	2850
2	N1_1	-19240.8	-11906.6	2850
3	N1_R1	-18790.8	-11906.6	2850
4	N1_3	-18340.8	-11906.6	2850
5	N1_4	-17420.8	-11906.6	2850
6	N1_5	-16500.8	-11906.6	2850
7	N1_6	-15580.8	-11906.6	2850
8	N1_7	-14660.8	-11906.6	2850
9	N1_8	-13740.8	-11906.6	2850
10	N1_R2	-13290.8	-11906.6	2850
11	N1_10	-12840.8	-11906.6	2850
12	N1_11	-11920.8	-11906.6	2850
13	N1_12	-11000.8	-11906.6	2850
14	N1_13	-10080.8	-11906.6	2850
15	N1_14	-9160.83	-11906.6	2850
16	N1_15	-8240.83	-11906.6	2850
17	N1_R3	-7790.83	-11906.6	2850
18	N1_17	-7340.83	-11906.6	2850
19	N1_18	-6420.83	-11906.6	2850
20	N1_19	-5500.83	-11906.6	2850

(a)　節点情報

	A	B	C
1	N1_0_1	N1_R0	N1_1
2	N1_1_2	N1_1	N1_R1
3	N1_2_3	N1_R1	N1_3
4	N1_3_4	N1_3	N1_4
5	N1_4_5	N1_4	N1_5
6	N1_5_6	N1_5	N1_6
7	N1_6_7	N1_6	N1_7
8	N1_7_8	N1_7	N1_8
9	N1_8_9	N1_8	N1_R2
10	N1_9_10	N1_R2	N1_10
11	N1_10_11	N1_10	N1_11
12	N1_11_12	N1_11	N1_12
13	N1_12_13	N1_12	N1_13
14	N1_13_14	N1_13	N1_14
15	N1_14_15	N1_14	N1_15
16	N1_15_16	N1_15	N1_R3
17	N1_16_17	N1_R3	N1_17
18	N1_17_18	N1_17	N1_18
19	N1_18_19	N1_18	N1_19
20	N1_19_20	N1_19	N1_20

(b)　要素情報

図-6　節点と要素の出力結果（一部）

4.　変換手法の適用

(1)　節点・要素および断面図の出力

前章に示した出力手順に基づいて，**図-1** に示した桟橋を対象に節点と要素および断面図の出力を行った．出力した節点と要素の一部を**図-6** に示す．節点情報としては，A 列に節点名称とし，B～D 列に各節点の x, y, z 座標をそれぞれ出力するようにしている．要素情報については，A 列に要素名称とし，B 列と C 列に要素をつなぐ節点名称（有限要素解析における i 端，j 端）としている．これらを CSV ファイルにて出力することで，様々な解析ソフトへインポートが可能であると考えられる．節点情報が適切に出力できているかを描画ソフトで確認したものを**図-7** に示す．図より，桟橋形状であることが認識でき，また個別の節点について，**図-4** に丸印を付記した箇所の節点等が出力されていることが確認できる．

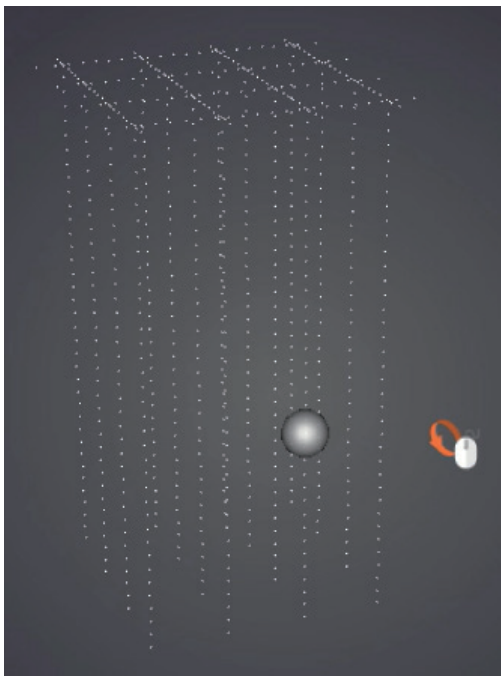


図-7　出力した節点の描画結果

断面図の出力については，様々な構造解析へのインポートを考慮すると，各断面図で 1 つの DXF ファイルとして出力したほうが，汎用性が高いと考えられるため，それぞれの断面図を個別の DXF ファイルで出力することとした．一方で，対象となる箇所の断面図が正しく出力できているかを確認するためには，各断面図が一覧として別途 DXF ファイルとして出力されることが望ましいと考えられるため，**図-8** に示すように断面図一覧の

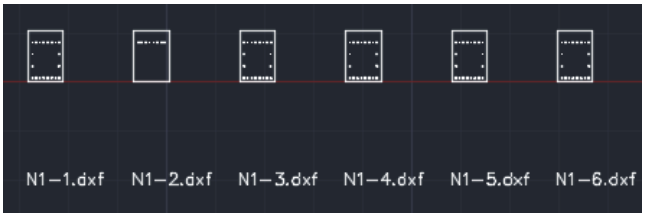


図-8　梁断面図一覧の DXF ファイル（一部表示）

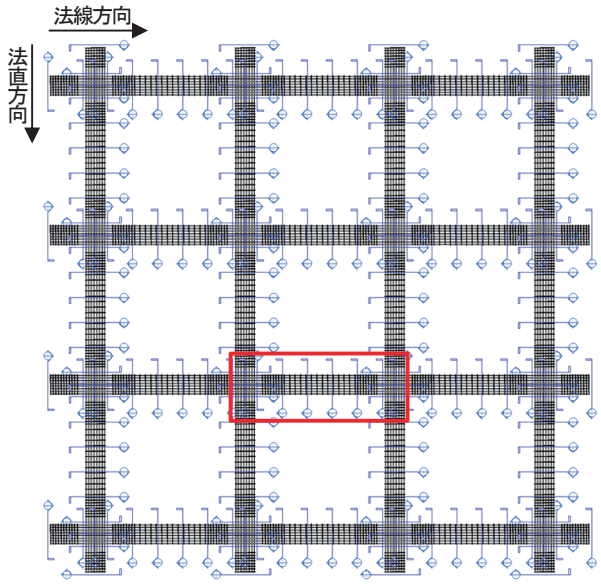


図-9　梁配筋図の出力位置

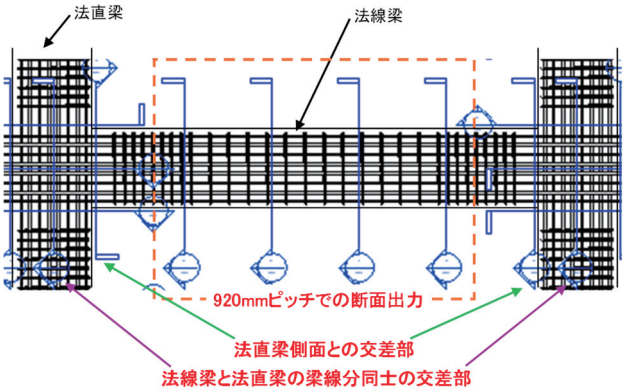


図-10　梁配筋図の拡大（**図-9** の赤枠箇所）

DXF ファイルもあわせて出力する方法とした．梁における配筋図の出力位置を**図-9** に示す．出力位置は，Revit における断面線で表示されており，青丸とそこから延びる青線分で表されている．これらの出力位置に関して，図中の赤枠で囲った範囲を**図-10** に示す．図中の法線梁に着目すると，まず 920mm ピッチで断面線があり，これは**図-4** における黄色丸に該当する．また，法直梁側面との交差部でも断面線があり，これは**図-4** の青丸に該当する．さらに，法線梁と法直梁それぞれの梁線分の交点においても断面線があり，これは**図-4** の赤丸に該当する．このことから，必要な箇所において断面線が設定され，出力位置が決められていることが確認できた．なお，赤枠箇所以外においても，同様の断面線の設定となっており，桟橋全体においても必要箇所で断面図の出力位置が設定されていることが確認できた．

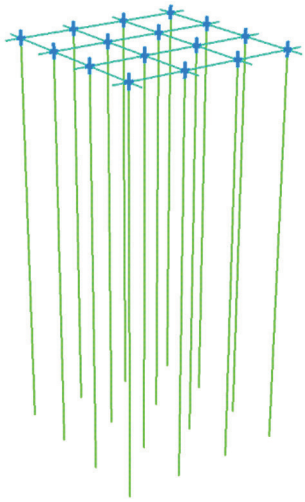


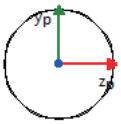
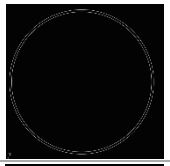
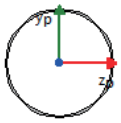
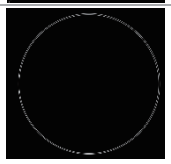
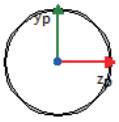
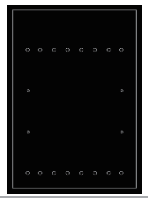
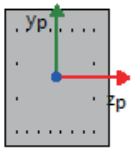
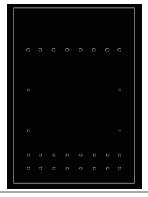
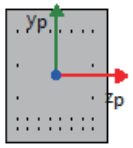
図-11　節点・要素情報から構築された構造解析モデル

(2)　構造解析ソフトへのインポートと効率性検証

前節で示した節点・要素および断面図の出力ファイルを構造解析ソフトへインポートした．本研究では，対象とする構造解析ソフトとして FORUM8 社製の Engineer's Studio (Ver.10) を用いた．本ソフトはインポートした断面図から，当該断面における曲げモーメントと曲率の関係をソフト上で自動計算し，解析モデルに反映されるようになっているが，曲げモーメントと曲率の関係を直接的に数値入力する構造解析ソフトの場合は，当該断面図から別途断面計算を実施した上で，構造解析ソフトへ直接入力する必要がある．いずれにしても，当該断面図が 3 次元データより出力されていれば，構造解析に必要な断面特性については計算が可能である．インポートして作成された構造解析モデルを**図-11** に示す．節点および要素情報により桟橋の解析モデルが構築できていることが確認できる．また，断面情報のインポート結果を**表-2** に示す．**図-9** には多くの出力位置が示されていたが，この表では代表的な断面図のみを示している．鋼管杭においては海側と陸側で杭径が異なっており，それぞれ ϕ609.6mm と ϕ812.8mm である．またいずれの杭においても杭の上部と下部で肉厚が異なっており，海側で上部が 9.5mm，下部で 6mm，陸側で上部 12mm，下部 6.4mm となっている．また梁については，梁下面の配筋が法線梁と法直梁で異なっており，法直梁において二段配筋となっている．これらについて，解析モデルでは適切に読み込みができていることが分かる．

本研究で実施した，節点と要素情報および断面図の出力と構造解析ソフトへのインポートによる解析モデルの

表-2　対象となるCADデータの断面図と解析モデルに取り込んだ断面図の比較

	CAD データ	解析モデル
海側杭 上部		 杭φ609.6x9.5(SKK400)
海側杭 下部		 杭φ609.6x6(SKK400)
陸側杭 上部		 杭φ812.8x12(SKK400)
陸側杭 下部		 杭φ812.8x6.4(SKK400)
法線梁		 法線梁
法直梁		 法直梁

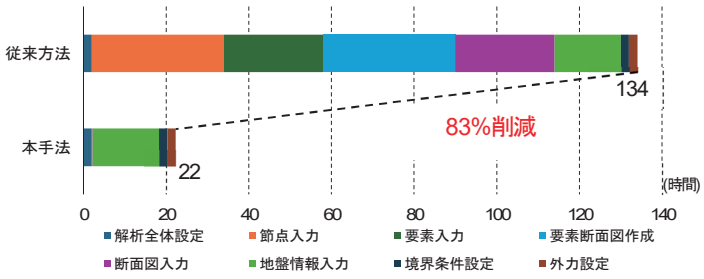


図-12　変換手法による解析モデル構築の効果

構築について，モデル化に要する時間を従来方法と比較した．比較した結果を図-12 に示す．なお，従来方法の時間算定については，構造解析のモデル化の経験が 5～10 年程度の専門技術者 3 名を対象として，各工程に要した時間の平均値とした．各技術者は，解析のモデル化や今回対象とした解析ソフトへの習熟度は十分であると考えている．また，従来方法についても本論文で対象とした 3 次元データを活用したモデル化としているが，節点入力の操作においては，まず 3 次元データでの梁中心を通る線分の設定や 1m 未満となる分割節点の設定等を計算する項目を含んでいる．結果から，節点入力と要素入力および断面図作成とその入力が大幅に削減できていることが確認できる．従来方法においても，Excel の数式活用等で節点や要素の入力はある程度効率化できているものと考えられるが，上述したように線分の設定や分割節点の設定等においては手作業となる部分もあることからモデル化に時間を要したものと考えられる．一方，本研究で示した変換手法により，これらの情報が容易に抽出できることから，時間の削減につながったものと考えられる．また断面図については，従来方法では 3 次元データから 2 次元情報を手動で取得するか，もしくは解析ソフト上で直接配筋情報を入力する必要があるが，こちらも DXF ファイルの出力とソフトへのインポートにより時間削減が可能となっている．一方で，地盤情報の入力については，本研究での対象外としたため，今後地盤ばねの入力についても省力化が図られれば，さらなる生産性向上につながるものと考えている．

5.　まとめ

本研究では，桟橋の 3 次元データを活用して，節点や要素情報および断面図情報の出力と，構造解析ソフトへのインポートにより構造解析モデルを効率的に構築する手法について提案し，その効果を確認した．構造解析を実施するためにどのような節点位置の情報や断面情報が必要になるのかを事前に検討した上で，モデル化に必要な情報のみを抽出して出力することとしたため，出力結果が煩雑にならず，容易に構造解析ソフトへ取り込むことができたと考えられる．今後はさらなる効率化を目指し，構造解析の生産性向上を図ることで，桟橋構造物のメンテナンスの高度化やデジタルツインの実現につなげていきたい．また，本研究で対象とした構造物は桟橋であるが，例えば橋梁全体系の地震応答解析等においても節点や要素，断面図の情報があればある程度の解析モデル化が可能であると考えている．今後は桟橋だけでなく，他の構造物へも展開できるようにしていきたい．

謝辞：本研究の一部は，内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造 プログラム（SIP）第３期「 スマートインフラマネジメントシステムの構築 」JPJ012187（研究推進法人：土木研究所）によって実施されました．

NOTES

注1) i-Construction 委員会：i-Construction～建設現場の生産性革命～，2016，https://www.mlit.go.jp/common/001127288.pdf（最終閲覧日：2025 年 4 月 1 日）

注2) Autodesk : Autodesk Revit https://www.autodesk.com/jp/products/revit/overview (accessed on April 1,2025.)

注3) Autodesk : Autodesk AutoCAD https://www.autodesk.com/jp/products/autocad/overview (accessed on April 1,2025.)

注4) Autodesk : Autodesk Civil3D https://www.autodesk.com/jp/products/civil-3d/overview (accessed on April 1,2025.)

REFERENCES

1) 辰巳大介，川上司：維持管理に着目した既存港湾施設の BIM/CIM 用 3 次元モデルの効率的な作成方法，土木学会論文集, Vol.80, No.18, 24-18118, 2024. [Tatsumi, D. and Kawakami, T.: Study on the Efficient Method to Make BIM/CIM Model for Maintenance of the Existing Port Facilities, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol.80, No.18, 24-18118, 2024.]

2) 大谷英之：記述形式の自動変換に基づく異種データ連携における型定義の自動化に関する研究，地理情報システム学会講演論文集, No.28, No.F-5-4, 2019. [O-tani, H.: A Study on Automated Type Definition in the System for Utilization of Heterogeneous Datasets Based on Automatic Conversions of Data Formats, *Transaction of Geographic Information System Association,* No.18, No.F-5-4, 2019.]

3) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T. : Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Soils and Foundations, Vol.32, No.2, pp.1-15, 1992.

4) 伊藤輝，竹山智英，大谷英之：地震応答解析と津波シミュレーションの入力データ自動構築と連携システムの開発，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.78, No.2，pp.I_889-I_894，2022. [Ito, H., Takeyama, T., and O-tani, H.: Developments of an Automatic Setting System of Input Data and a Linkage System for Earthquake Simulation and Tsunami Simulation, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Special Issue (Ocean Engineering)*, Vol.78, No.2, pp.I_889-I_894, 2022.]

5) 伊藤輝，大谷英之：データ変換・統合技術を用いた港湾構造物図面の 3 次元化技術, 土木学会論文集, Vol.79, No.18，23-18070，2023. [Ito, H. and O-tani, H.: Using Data Conversion and Integration Technology 3D Technology for Port Structure Drawings, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol.79, No.18, 23-18070, 2023.]

6) 宇野州彦，白可，岩波光保：画像情報を用いた機械学習手法による桟橋の残存耐力評価に関する研究，土木学会 AI・データサイエンス論文集，Vol.1，No.J1，pp.132-141，2020. [Uno, K., Bai, K. and Iwanami, M.: Study on Evaluation of Residual Structural Performance by Artificial Intelligence Using Image Processing Techniques, *Journal of Artificial Intelligence and Data Science*, Vol.1, No.J1, pp.132-141, 2020.]

7) （一社）Civil ユーザ会：土木技術者のための Revit 入門，日経 BP，2022.

(Received February 4, 2025)
(Accepted May 15, 2025)

PROPOSAL FOR EFFICIENT CONVERSION METHOD TO STRUCTURAL ANALYSIS MODEL USING 3D DATA OF PIER

Kunihiko UNO, Takashi OKADA, Mari FUKUDA,
Yutaka TANAKA and Toru YAMAJI

i-Construction is being promoted with the aim of improving the efficiency of the construction production process, and as part of this, the introduction of BIM/CIM is being promoted. It is also possible to perform structural analysis of structures by utilizing BIM/CIM models. In the case of pier structures, to perform structural analysis, information on nodes and elements as well as cross-sectional information on the relevant elements is required, so if it is possible to efficiently extract this information from the model and reflect it in the structural analysis model, it is thought that this will lead to improvements in structural analysis productivity.

In this study, we proposed an efficient method for converting 3D data of a pier into a structural analysis model and verified its effectiveness. By being able to extract and output node/element information and cross-sectional diagram information from 3D data, it has become possible to significantly reduce the time required for modeling in conventional structural analysis.