電線共同溝の詳細設計段階における既設埋設物位置の精度向上と３Ｄ設計ソフトを活用した設計精度向上に向けた取り組みについて

澤井　崇[1]・高田　聡文[2]・小林　美優[3]

[1]正会員　ジオ・サーチ株式会社（〒564-0053　大阪府吹田市江の木町 6 番 24 号）
E-mail: t-sawai@ geosearch.co.jp

[2]非会員　株式会社 長大（〒550-0013　大阪府大阪市西区新町 2 丁目 20 番 6 号）
E-mail: takata-s@chodai.co.jp

[3]非会員　株式会社 長大（〒550-0013　大阪府大阪市西区新町 2 丁目 20 番 6 号）
E-mail: kobayashi-m@chodai.co.jp

電線共同溝の詳細設計においては、配線計画から得たケーブル収容条件を基に、管路断面および特殊部の断面を設定し、電線共同溝の敷設位置を検討するものであるが、交差・近接等による支障移設を減じるために既設埋設物との離隔を調整し、既設埋設物の維持管理も考慮した敷設位置を検討する必要がある。

ただし、検討の段階で用いる既設埋設物台帳の精度が低い場合、施工段階の試掘において設計通りの離隔が確保できず、特殊桝や管路が入らないことが確認され、修正設計などの手戻りが生じる。

今回、詳細設計前に、既設埋設物の位置等の情報について、3Dレーダ探査を活用して面的に埋設物位置を調査し、精度向上を図ったうえで、詳細設計に活用した。また、電線共同溝3D設計ソフトでは、3Dレーダ探査から作成した既設埋設物モデルに詳細な属性情報を付与した上で活用するとともに、ソフト間における互換性についても連携を図る手法を検討した。これらの取り組みから確認した効果や、今後の課題等について報告する。

Key Words *: Common-Use Cable Tunnel, Detailed Design, 3D GPR Pipe Detection, Underground pipeline 3D model, data linkage*

１．はじめに

(1)　背景

無電柱化は、「防災性の向上、安全性・快適性の確保、良好な景観形成の観点」から実施されており、令和 3 年 5 月に策定された無電柱化推進計画[1)]では、令和 3 年度からの 5 年間で約 4,000km の新たな無電柱化に着手することが発表されている。計画の実施においては、無電柱化の完了までに平均 7 年かかる期間を事業のスピードアップを図り、特殊な現場条件を除き事業期間の半減に取り組むことが掲げられている。

無電柱化の事業手法のひとつに電線共同溝方式があり、「電線共同溝」は、二者以上の電線管理者の電線類を収容するために道路管理者が道路の地下に設ける施設である[2)]。

電線共同溝の整備においては、道路管理者、電線管理者、道路占用者、地域住民など利害関係者が多岐にわたり、計画や設計段階における合意形成に多大な時間を要している。

また、道路管理者や占用企業者が管理する地下埋設物の情報が現況と異なることで、施工者は手戻りや事故のリスクが高い環境下で、多くの試掘調査やそれによる修正設計に取り組んでから特殊桝の発注や本体施工を行うなど、多大な負担を要している。

地下埋設物に起因する課題への対応のため、フロントローディングとして詳細設計前段階で3Dレーダ探査を導入し、地下情報の精緻化、可視化を図る取り組みが始められている[3)4)]。設計・施工段階での手戻りを削減することで、事業全体のスピードアップ、コスト縮減に寄与すると考える。

(2)　目的

大阪国道事務所管内の国道 171 号幸地区電線共同溝事業では、令和4年度に埋設物の位置を正確に把握し効率的に事業を進めるため、3Dレーダ探査、地上レーザー測量を行い、地上・地下統合3Dデータを作成する埋設物調査業務を実施した。また、同時並行で電線共同溝詳細設計業務が行われ、埋設物調査業務と業務間連携を図りながら、設計精度の向上に取り組んだ。本報告は、業務での取り組みから確認した効果や、今後の課題等について共有し、今後の電線共同溝整備の一助となることを目的とする。

2. 電線共同溝の詳細設計

(1) 詳細設計の概要

電線共同溝詳細設計は、予備設計で決定された基本事項、設計図書に示された設計条件、既往の関連資料、電線共同溝施工位置の地形、地質、既設埋設物条件、沿道の条件に基づき,工事に必要な詳細構造を経済的かつ合理的に設計し、工事発注に必要な図面・報告書を作成することを目的としている[5]。

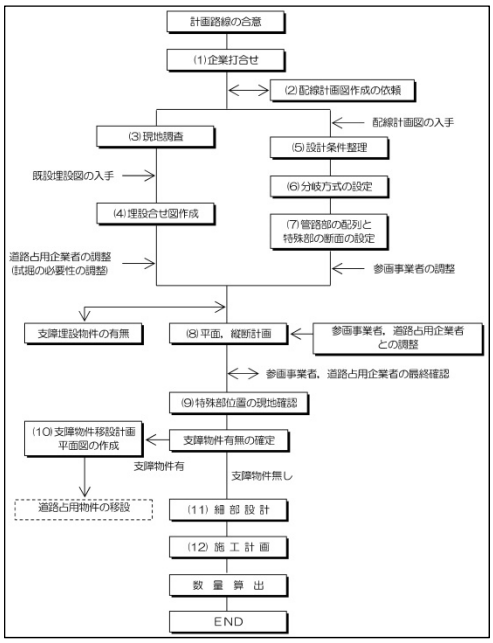


図-1 電線共同溝設計手順[6]

(2) 既設埋設物との離隔確保

電線共同溝の詳細設計において、配線計画から得たケーブル収容条件を基に、管路断面および特殊部の断面を設定し、電線共同溝の敷設位置を検討するが、交差・近接等による支障移設を減じるために既設埋設物との離隔を調整し、既設埋設物の維持管理も考慮した敷設位置を検討する必要がある。

(3) 既設埋設物位置に関する課題

既設埋設物の位置については、占用企業者が保有する埋設物台帳に記載してあるが、電線共同溝事業における試掘結果との検証事例から位置精度に課題がある[4)7)8)9)]。複数の要因が考えられるが、道路拡幅等の情報が図面に反映されず埋設位置確認の基準が現況と異なる場合や、管路移設・新設情報の反映が追い付いていない、現場合わせの施工が図面に反映されない場合などが想定される[4)8)]。

検討の段階で用いる既設埋設物台帳の精度が低い場合、施工段階の試掘において設計通りの離隔が確保できず、特殊桝や管路が入らないことが確認され、修正設計などの手戻りが生じることがある。

3. 既設埋設物位置の精度向上

(1) 精度向上を図る方法

国道171号幸地区電線共同溝事業では、既設埋設物位置の精度向上を図る方法として、部分破壊調査である試掘調査と、非破壊調査である3D レーダ探査を活用した。それぞれの方法の特徴を**表-1** に整理した。調査時間や調査費用はジオ・サーチ株式会社実績より整理した。

表-1 既設埋設物位置の精度向上方法

	部分破壊調査	非破壊調査
調査名称	試掘調査	3D レーダ探査
調査時間	6 ㎡/日	750 ㎡/日
調査費用	50,000 円/㎡	4,000 円/㎡(地上点群を取得する場合は別途)
調査精度	実測のため正確	平均誤差±10 ㎝程度 検出率 8～9割程度
騒音振動	有り	無し
舗装復旧	有り	無し
安全性	掘削時、埋設物の損傷に留意が必要	埋設物に影響なし
通行規制	固定規制が必要	移動規制(歩道部)

a) 試掘調査

部分破壊調査である試掘調査は、掘削により既設埋設管を露出させ、位置や大きさを実測するため、正確な情報を得ることができる。ただし、正確な情報が得られる範囲は掘削した箇所に限られるため、試掘箇所間の位置は推定となる。

試掘調査の実施は、掘削時に埋設物損傷リスクを伴うため、慎重に作業を実施する必要がある。また、固定規制が必要となり、交通への影響や沿道への騒音振動などを伴う。このような社会的影響のほか、調査費用は 50,000 円/㎡程度要するため、効果的な実施が求められる。

b) 3Dレーダ探査

多配列地中レーダを用いて対象範囲を面的にデータ取得・結合し、三断面(平面・縦断・横断)で解析を行う探査手法であり、当該事業では地上・地下インフラ3Dマップ(NETIS 登録番号:KT-180111-VE)を採用した。

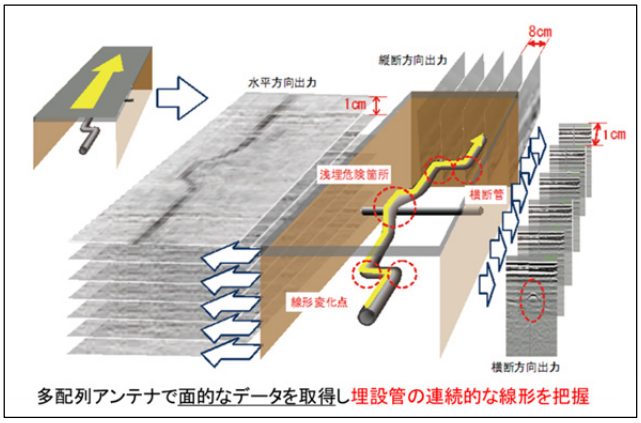


図-1 3Dレーダ探査の特徴

面的に地中のデータを取得し、既設埋設管の連続的な線形を捉えることで、埋設管の平面・深度・線形変化点や上越し、下越し、離隔等を把握可能な技術である(**図-1**)。台帳に記載のない不明管の検出や、台帳との線形の相違なども確認可能である。調査精度は非破壊調査であるため、実測に及ばないものの、8～9 割程度の埋設物を検出でき、平均誤差±10 ㎝程度で位置を特定することができる(**表-2**)。現地調査は歩道部においては移動規制で作業が可能で交通への影響は小さく、騒音振動も発生しない。

表-2 3Dレーダ探査の主なスペック

	スペック
深度限界	1.0～1.5m 諸条件により異なる
検知可能な材質	金属系、コンクリート系、プラスチック系、その他
	φ50mm 以下の小口径の埋設物については土質条件等から検知できない場合あり
調査精度(誤差)	水平位置:平均±10cm 程度 埋設深さ:深度 1m 以浅:平均±10cm 程度 深度 1m 以深:平均±10%程度

(2) ３Ｄレーダ探査の実施

図-2 に示す多配列地中レーダを用いて対象区間(1,100 m区間上下線、全幅)を面的に走査し、地中のデータを取得した。取得したデータを解析し、既設埋設物の線形を検出、3D モデル化した。また、地上点群データと組み合わせることにより、地上部を含めた現地再現性の高い地上・地下統合 3D データ(**図-3**)を作成した。



図-2 3Dレーダ探査 現地調査状況

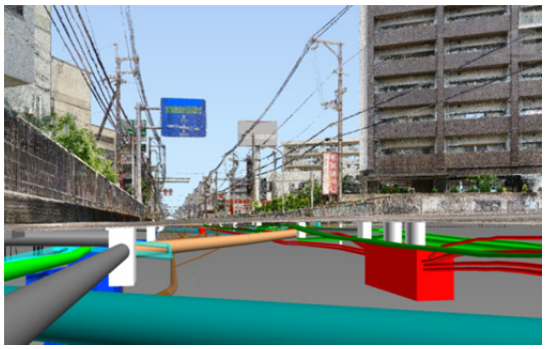


図-3 地上・地下統合3Dデータ

(3) 試掘調査の実施

埋設物調査業務において試掘調査を6箇所実施した。試掘箇所については、設計業務において配線計画を基に選定した。埋設管を露出させ、管種および管径の確認、歩車道境界線からのオフセット、路面からの土被りを検測した(**図-4**)。

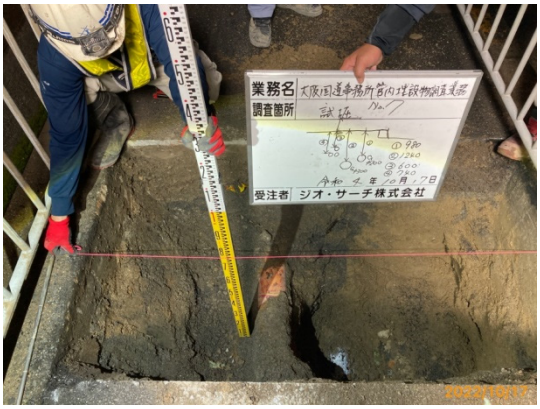


図-4 試掘調査状況

(4) ３Ｄレーダ探査の精度

3D レーダ探査で検出した埋設物位置について、試掘調査結果と照合することで精度を確認した。

a) 照合方法

試掘調査の結果露出した埋設物の平面位置、深度を測定し、探査結果に記載している平面位置、深度と比較して、誤差を確認した。参考とするため、台帳についても試掘結果と比較した誤差を整理した。

b) 照合結果

照合した結果を**表-3** に示す。試掘箇所において埋設物の検出率は 100%であった。 平面位置については、平均誤差が 6 ㎝、標準偏差(2σ)が 8 ㎝で、±14 ㎝の範囲に95%の確率で存在する精度であった。 深度については、平均誤差が 6 ㎝、標準偏差(2σ)が 12 ㎝で、±18 ㎝の範囲に 95%の確率で存在する精度であった。

台帳の誤差については、平面位置誤差の標準偏差(2σ)が 29 ㎝で探査の 3.6 倍、深度誤差の標準偏差(2σ)が 45 ㎝で探査の 3.75 倍となり、探査と比較して誤差のばらつきが非常に大きいことが確認できた。

表-3 試掘結果との照合

		台帳	3D レーダ探査
検 出 率		100%	100%
平面位置誤差 ※試掘結果を正とし、差分を集計	最 大	66 ㎝	16 ㎝
	最 小	1 ㎝	2 ㎝
	平 均	9 ㎝	6 ㎝
	標準偏差(2σ)	29 ㎝	8 ㎝
深度誤差 ※試掘結果を正とし、差分を集計	最 大	83 ㎝	18 ㎝
	最 小	0 ㎝	0 ㎝
	平 均	13 ㎝	6 ㎝
	標準偏差(2σ)	45 ㎝	12 ㎝

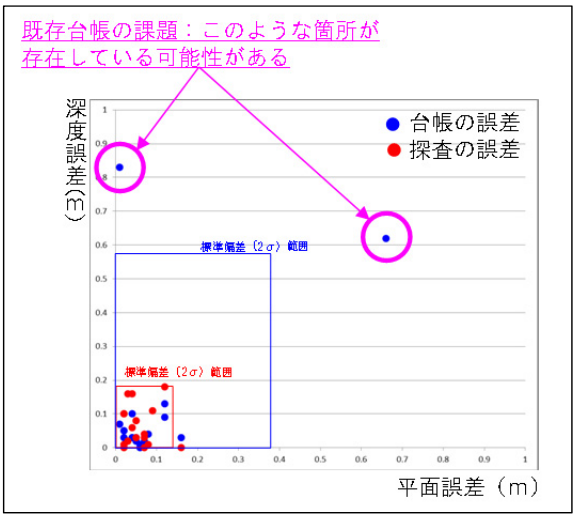


図-5　試掘結果との照合

図-5 は深度誤差を縦軸、平面誤差を横軸とし、台帳誤差、探査誤差の分布を示した図であるが、台帳誤差のばらつきの大きさが確認できる。試掘結果との照合より、**表-2** で示した当社テストフィールドで確認している探査精度を確保していることに加え、台帳情報との比較から探査によって埋設管位置情報の精度向上が図れていることを確認できた。

(5)　３Ｄレーダ探査の活用効果

a)　設計の精度向上による手戻り回避

探査結果に基づいて詳細設計を行ったことによる手戻り回避効果を考察する。台帳に基づく設計では施工時に手戻りが生じる箇所を抽出し、手戻り箇所数からその回避効果を検討した。

配線計画に基づいて設計した素案は、設計者に探査結果が報告される前段階で作成しており、既設埋設物の位置は台帳情報を用いている。詳細な設計前の図面であるものの、台帳記載の既設埋設物の位置を考慮してルートを設定していることを踏まえて、素案で設定されたルートを「台帳に基づいた設計」と仮定した。

素案で設定されたルートに、探査結果を重ね合わせ、干渉箇所を抽出し、台帳に基づく設計では干渉を回避できないと想定される箇所を、手戻り箇所として抽出した。

抽出した結果を**表-4** に示す。埋設管 A、埋設管 B、構造物 C は道路下に埋設されている占用埋設物であるが、本稿では企業者の特定を避けるため記号で表記している。干渉箇所は、特殊桝・分岐桝と接触している箇所と、管路部と接触している箇所を分けて集計を行った。

埋設管 A については、断続的に8区間、641mの延長で干渉が見られたほか、4箇所で特殊桝または分岐桝と干渉した。埋設管Bは1区間 49mにわたって管路と、1箇所で特殊桝と干渉した。構造物Cは探査結果の位置が台帳と異なることによって、設計管路との交差位置が変わり、3箇所で干渉が生じた。特殊桝・分岐桝とは交差していない。

表-4　探査結果との干渉箇所

埋設物種類	特殊桝・分岐桝との干渉箇所数	管路との干渉箇所数
埋設管 A	4 箇所	8 区間(641m)
埋設管 B	1 箇所	1 区間(49m)
構造物 C	0 箇所	3箇所(交差位置相違)

探査結果を用いることによって、**表-4** に示す干渉箇所は回避できるため、この箇所において、手戻り回避効果があったと考えることができる。

b)　事前に対応ができることによる手戻り回避

廃棄管など台帳に未記載の埋設物、さらには管理者もわからない不明管や不明構造物は、台帳に基づいた設計では存在を把握することができないため、施工時に露出すると手戻りを引き起こす。ここでは、探査によって台帳に未記載の埋設物や不明管・不明構造物を発見し、施工前に対策を講じることによって、手戻りを回避できる効果を考察する。

a)と同様、素案で設定されたルートに、探査結果を重ね合わせ、干渉箇所を抽出し、探査を実施しなければ手戻りを回避できないと想定される箇所を、手戻り箇所として抽出した。

抽出した結果を**表-5** に示す。現地状況から管種は特定できるが台帳に記載されていない埋設物を「台帳未記載」、管理者もわからない埋設物を「不明管・不明構造物」とした。干渉箇所は、特殊桝・分岐桝と接触している箇所と、管路部と接触している箇所を分けて集計を行った。

台帳未記載の埋設物については、特殊桝・分岐桝との干渉が2箇所、管路との干渉が 24 箇所で見られた。不明管・不明構造物については、特殊桝・分岐桝との干渉が 14 箇所、管路との干渉が 58 箇所で見られた。

表-5　探査結果との干渉箇所

埋設物種類	特殊桝・分岐桝との干渉箇所数	管路との干渉箇所数
台帳未記載	2 箇所	24 箇所
不明管・不明構造物	14 箇所	58 箇所

探査結果を用いることによって、**表-5** に示す干渉箇所は施工前に対策を講じることができるため、この箇所について手戻り回避効果があったと考えることができる。ただし、施工での手戻りを確実に回避するためには、本体工事までに占用企業者への照会や必要に応じて試掘調査を行い、施工への影響を特定する必要がある。

(6)　手戻り回避効果の評価

建設工事における工事進捗の遅延やコスト増加は、「不確実性を伴って発生する事象であるため、阻害要因の発生頻度やそれによる遅延、コストに及ぼす影響を定量的に評価することは難しい」[10]とされ、「工程が遅延した場合にどの程

度の負担を受注者側が強いられるかについて、工程が『1 日遅延した場合の増加コスト』という指標を用いて定量的な考察」[10]を試みている。また、既設埋設管台帳との相違や不明管の出現などの阻害要因が発生した場合の工事遅延日数を試算し、工事遅延日数からその影響を定量的に評価した事例も報告されている[11)12)]。

ここでは、干渉箇所によって、施工途中で設計の修正など手戻りが発生した場合の所要日数を試算し、工期短縮効果を示すとともに、1 日当り概算施工費用を乗じて増加コストを算出し、手戻り回避効果の評価を試行した。

a) 手戻りによる所要日数の試算

既往文献[11)]を参考とし、台帳に基づく設計で生じると想定される追加の所要日数を試算する。予期せぬ埋設物が露出した場合の修正作業に必要な日数を仮定し、**表-4** および **表-5** で集計した干渉箇所数を乗じた後、1 日当りの平均施工数(既往文献の値を用いる)で割り戻し、手戻りの所要日数を試算した(**表-6**)。不明管や不明構造物については、既存の埋設物台帳に記載されていないことから残置管として集計した。残置管については、検出した結果の中に管ではないものが含まれている可能性もあるため、干渉箇所数の 8 割が実際に残置管であると仮定し値を設定した。また、埋設管Aおよび埋設管Bの干渉区間については、手戻り日数を適切な箇所数で換算することが難しく、本稿では区間を1箇所としてカウントした試算Aと、10m(1日の施工延長を想定)を1箇所としてカウントした試算Bの2種類の試算を行った。

表-6 手戻りによる所要日数の試算

項目		単位	既設埋設物と新設管の干渉箇所	残置管と新設管・特殊部等の干渉箇所	既設埋設物と新設特殊部等の干渉箇所
修正作業	掘削	日	0.5	0.5	0.5
	埋め戻し	日	0.5	0.5	0.5
	修正設計	日	1	0	3
	材料手配	日	1	0	1
	所要日数小計	日/箇所	3	1	5
平均施工数		箇所/日	2.5	2.5	1.5
干渉箇所数(試算 A)		箇所	36	57	16
合計所要日数		日	43.2	22.8	53.3
総計(試算 A)		日	119.3		
干渉箇所数(試算 B)		箇所	97	57	16
合計所要日数		日	116.4	22.8	53.3
総計(試算 B)			192.5		

b) 工期短縮効果

当該工区の電線共同溝事業延長が 2,200m(上下線合計)であり、日当りの平均施工延長を 10mと仮定すると、標準的な工事日数は 220 日となる。試算Aで手戻りによって 339 日かかる工程が 220 日に短縮できた場合は 35%工期短縮、試算Bで 412 日かかる工程が 220 日に短縮できた場合は 46%工期短縮が図れたことになる。

c) 1 日当り概算施工費用

国道 171 号幸地区電線共同溝はまだ施工段階ではないため、他の地域で現在施工を行っている電線共同溝施工者にヒアリングを行い、1 日当りの概算施工費用の情報を収集した。施工班、安全費、材料費等合わせて 50 万円/日程度、特殊部については工法により 500 万円/日程度要する場合もあるとのことであった。本稿では試算にあたって一律 50 万円/日の施工費用がかかると仮定した。

d) コスト削減効果

表-6 で試算した手戻りによる所要日数と、上述の 1 日当り概算施工費用より、手戻りにより工事が止まった場合の増加コストを算出した。試算 A で 5,950 万円、試算 B で 9,600 万円の増加コストとなる。

3D レーダ探査を用いた設計精度向上によって増加コスト分を抑えたことになるため、上記で試算した増加コストと同等のコスト削減効果があると考える。

なお、概算費用を用いた試算の妥当性については今後の検討課題とする。

(7) 3Dレーダ探査活用の課題

a) 設計の手待ちが生じない工程計画

従来の設計では、初めに既設埋設物台帳を収集・整理し、1 ヶ月程度で設計の下地となる地下埋設物平面図を作成するが、3D 設計においても既設埋設物の 3D モデル作成が必要となる。3D レーダ探査は、探査計画、探査実施、探査結果の 3D モデル化の過程を経るため、数ヶ月時間を要する。よって、設計と同時期に 3D レーダ探査を行う場合、設計の工程に影響を及ぼすことが明らかであるため、探査期間を考慮した工期の設定、もしくは 3D レーダ探査業務をあらかじめ実施する必要がある。

b) データ信頼性の確保

3D 設計を行うにあたり、下地の既設地下埋設物 3D モデルは台帳、レーダ探査結果、試掘調査結果から情報を組み合わせて 3D モデルを作成するため、区間毎にデータ信頼性が異なる。従って、設計時には、信頼性の異なる境界位置付近において地下埋設物位置の精度に違いがあることを留意し、設計する必要がある。

c) 汎用性の高いデータ形式でのアウトプット

3D レーダ探査結果は 3D 設計での活用を前提としており、今後電線共同溝の 3D 設計が主流となれば、複数の 3D 設計ソフトが開発されることが予見される。各設計ソフトに探査結果の 3D モデルを取り込む際、データ形式が設計ソフトに適合する必要があるため、データ形式の変換が不要な汎用性の高いデータ形式が求められる。

4． ３Ｄ設計による設計精度向上

(1) 電線共同溝の３Ｄ設計

BIM/CIM の適用範囲が広がる中で、地下構造物設計を行う電線共同溝事業においても、3D モデルを活用した設計精度向上の事例が増えている。

3D モデルにより立体形状を可視化することにより、既設埋設物との離隔確認が容易となるほか、関係機関協議や地元説明の円滑化にも活用できる[3)13)14)]。

しかし、これらの取り組みの多くは、2次元の CAD で設計を行った結果を3D モデル化して活用を行ったものであり、電線共同溝の平面線形、縦断線形の検討を3D モデルを介して実施する3D 設計については、報告事例が見当たらない。

国道 171 号幸地区の詳細設計業務では、電線共同溝の3D 設計に取り組んだことから、概要や効果、課題等について整理した。

(2) ３Ｄ設計ソフトを活用した設計

国道 171 号幸地区の詳細設計業務では、電線共同溝の3D 設計に取り組むにあたり、2022 年 4 月時点で最も実用性が高いと判断した、川田テクノシステム社製「V-NasClair MAISETSU-Kit、DENKYO-Kit」を採用した。

3D 設計ソフトを活用することで、既設埋設物および設計管路・特殊部の3D モデルによる可視化が可能となるほか、離隔や設計規格値の自動照査機能などを活用した高精度な干渉チェックを行うことができる(**図-6**)。

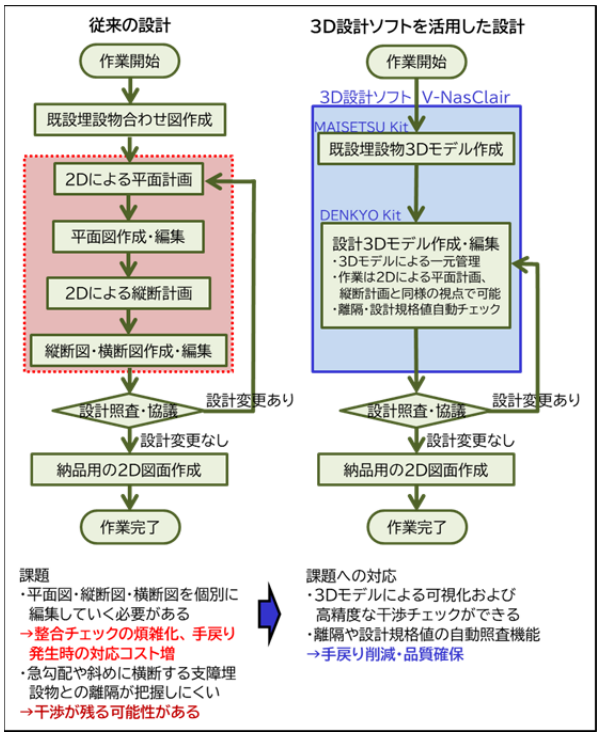


図-6 3D設計ソフトを活用した設計

(3) データ連携による探査結果の取り込み

a) 既設埋設物３Ｄモデル作成の課題

3D 設計において、設計の基準となる既設埋設物3D モデルを作成する際、台帳平面図を取り込むとともに、管路の管径や配列、管種などの情報を登録した後、平面図の埋設管の線形をトレースし、それぞれの管路に深度を与えていく必要があった。従来の 2D 設計において既設埋設物の合わせ図を作成する工程と比較して、深度情報を与える分手間と時間を要する。

ただし、国道171号幸地区においては、フロントローディングとして実施した3D レーダ探査結果から作成した3D モデルがあるため、上記工程を短縮する方法として、この3次元情報を3D 設計ソフトに取り込む方法を検討した。

b) ３Ｄレーダ探査結果取り込み方法の検討

検討に当たっては、V-NasClair を開発している川田テクノシステム社の技術者の協力を得られたことで、円滑に遂行できた。

3D レーダ探査結果から作成した3D モデルは、管路や構造物の位置や大きさを表す線形や形状の情報のほかに、配色や所有者、所有者特定根拠、信頼性に関する情報などを保有している。これらの情報を正確かつ簡易に3D 設計ソフトへ取り込む方法として、汎用性の高いテキストデータ形式で行うこととした(**図-7**)。

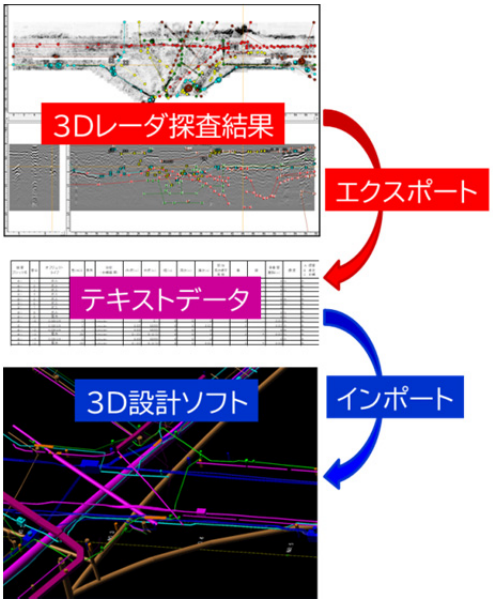


図-7 3D設計ソフトへの取り込み

3D レーダ探査結果を指定の様式で出力し、そのファイルをインポートすることで、3D 設計ソフト上に3D モデルを再現できる。

(4) ３D設計ソフトを活用した設計の効果

a) 既設埋設物３Dモデル作成の効率化

既設埋設物 3D モデラーである MAISETSU_Kit において、テキストデータ形式を取り込んで既設埋設物の 3D モデルを作成する工程は、台帳から 3D モデルを作成する通常の工程と比較して、情報登録作業およびトレース作業などが不要となるため、既設埋設物3Dモデルの作成工程に費やす時間を大幅に短縮できた。

b) 地下埋設物情報のデータ信頼性の明確化

地下埋設物台帳は実際の埋設位置と異なっていることも多く信頼性が低く、試掘調査は目視で埋設位置を確認できるため信頼性が高い。3D レーダ探査は台帳よりも誤差のばらつきが小さいが、試掘調査のような厳密な精度は有していない。このような信頼性の異なる情報源から成り立つ3D モデルは、外見形状から信頼性の違いを判断することはできない。そこで、テキストデータに、属性情報として信頼性の情報を付与することにより、MAISETSU_Kit では情報源が異なる区間毎にデータ信頼性を確認することができた。

c) ２D図面間整合確保の効率化

従来は、平面計画が変更になると縦断計画も修正を行う必要があり、最終の計画図面の作成に時間を要した。3D 設計ソフトでは、平面計画や縦断計画時は2D ビューで設計管路の配置を検討する。ただし、平面計画や縦断計画の際に描いた図は3D モデルに反映され、2D ビューで表示される図は3D モデルを介して連動しており、常に平面、縦断、横断の整合性が確保されている。平面計画の変更による手戻りが発生せず、作業の効率化を図ることができた。

d) 離隔・設計規格値チェック機能による効率化

電線共同溝設計システムである DENKYO_Kit に、既設埋設物と設計管路の間に必要な離隔や、設計規格値（最小土被り、最小曲線半径、FA スパン・交角等）を登録することで、設計管路の位置設定時に自動で規格値範囲であるかチェックができる。これにより、チェックに要する作業の効率化や、設計品質の確保につながった。

e) 干渉チェック機能による効率化・設計精度向上

従来の 2D 図面においては一元的な干渉チェックを行うことが難しく、縦断図・横断図それぞれの確認が必要であった。DENKYO_Kit では既設埋設物と設計管路の干渉箇所が視認しやすいように、干渉が生じている既設埋設物の色が赤く変わる機能を有しており、容易に電線共同溝の計画管路を移動させることができ、修正に要する時間を短縮した。

また、電線共同溝敷設位置が限られている等で離隔の確保ができず、やむを得ず既設地下埋設物と干渉する場合は、各占用企業との調整が必要となる。移設や管路防護等の協議を行うこととなるが、DENKYO_Kit で干渉箇所を可視化することで、早期に調整を行うことができ、設計への反映も可能となる。

(5) ３D設計ソフトを活用した設計の課題

a) 連系・引込管の設計

電線共同溝設計においては、幹線管路だけでなく連系管路および引込管路を含めた設計成果が求められる。国道 171 号幸地区の詳細設計時に使用した DENKYO_Kit では、幹線部設計のみの対応であったため、全体の設計は未対応であった。よって、検討資料としての活用となったが、今後ソフトに求められる機能の連系・引込管の計画を反映することにより、より詳細な 3D モデル構築による設計成果レベルでの運用が可能となる。

b) 設計基準・仕様の展開

電線共同溝は、各エリア毎で電線管理者（企業）も異なり、全国各地域毎（全国 10 ブロックの地方ブロック無電柱化協議会毎）に、設計マニュアルが発刊されており、設計の基準・仕様や構造が異なる。

現時点で DENKYO_Kit は、関東および近畿エリアの仕様を中心としたものであることから、今後は他エリアの部材パーツや基準・仕様の充実が必要である。

５．おわりに

(1) ３Dレーダ探査活用の効果と課題

既設埋設物位置の精度向上を図る方法として、広範囲を非破壊で調べることができる3D レーダ探査は以下の観点から有効である。

・既存台帳の誤差のばらつきを大幅に抑えることができる。
・台帳に記載のない不明管等を検出できる。

これにより、現況を反映した設計精度の向上や、施工前に不明管への対応が講じられることによる施工時の手戻り回避が図れる。活用においては、設計の手待ちが生じない工夫やデータ信頼性の異なるオブジェクトが判別できる表現、汎用性の高いデータ出力フォーマットなど課題がある。

また、電線共同溝施工コストの集計や、手戻り回避効果の評価方法については、実用的で説得力のある方法を追求していく必要がある。

(2) ３D設計ソフト活用の効果と課題

電線共同溝詳細設計において3D 設計ソフトを活用し、以下の効果が確認できた。

・平面図や横断図、縦断図等の 2D 図面間の整合性が常時確保されるため、作業の効率化が図れる。
・設計規格値との整合性が自動チェック機能で効率化する。
・既設埋設物との干渉箇所を見える化することで、干渉回避を容易に行うことができる。

ただし、現状の3D 設計ソフトは、連系・引込管の対応ができていないことや、設計基準や仕様が特定のエリアに限られるなど課題がある。今後更なるバージョンアップに期待する。

謝辞：本稿で取り扱いました業務の履行において、近畿地方整備局大阪国道事務所工務課の皆様には、新たな取り組みに対するご理解、貴重なご助言を賜りました。また、3D 設計ソフトの活用において、川田テクノシステム株式会社様には、多大なご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1） 国土交通省：無電柱化推進計画について, 2021
2） 国土技術政策総合研究所：無電柱化事業における合意形成の進め方ガイド(案),2023
3） 田中絢斗, 荒川王治, 小尾稔：倶知安電線共同溝における地下埋設物の CIM 化の活用について,北海道開発技術研究発表会,2019
4） 米田研一, 藤田新治：電線共同溝における3D レーダ探査と埋設物台帳との照合結果について, 第 73 回中国地方技術研究会, 2022
5） 近畿地方整備局：土木設計業務等委託必携,2023
6） 近畿地方整備局：電線共同溝マニュアル,2020
7） 末永卓：電線共同溝事業における埋設物非破壊探査の試行と使用効果の検証について,平成 20 年度近畿地方整備局技術発表会,2008
8） 梶田洋規：「TS を用いた出来形管理」を活用した埋設物管理手法の検討,建設マネジメント技術,2013
9） 木場和俊,木下剛志：無電柱化事業における非破壊調査を用いた地下埋設物の検証について,令和3年度九州国土交通研究会,2022
10） 財団法人 建設経済研究所：建設設計レポート,成長のための社会資本整備と変化への対応が求められる建設産業,pp.179-180,大成出版社,2008
11） 西川慎一郎, 若狭昇太：電線共同溝工事におけるホロレンズを活用した 3 次元データ適用効果について,近畿地方整備局研究発表会,2017
12） 奥田みのり,澤井崇,阿部匡彦,神代晃治：無電柱化事業における3次元地中レーダ調査の活用効果と今後の展望,第 66 回土木計画学研究発表会,2022
13） 柳谷龍摩,勝木俊介,久保田晃嗣,今枝茂樹：地上・地下を統合した3Dモデルによる電線共同溝事業のスピードアップについて,静測協図書館令和４年度研究論文,2022
14） 金原紀雄：電線共同溝事業のスピードアップに向けた一考察について,令和5年度近畿地方整備局研究発表会,2023

Efforts to Improve the Accuracy of Locating Existing Buried Objects in the Detailed Design Phase of Common-Use Cable Tunnel and to Improve Design Accuracy Using 3D Design Software

Takashi SAWAI, Satofumi TAKATA, Miyuu KOBAYASHI

In the detailed design of common-use cable tunnel, the cross section of the conduit and the cross section of the special section are set based on the conditions for accommodating cables obtained from the routing plan, and the location of the common-use cable tunnel is studied. However, it is necessary to consider the location of the buried structures in consideration of the maintenance of the existing structures.
However, if the accuracy of the existing buried structures ledger used in the study stage is low, the separation cannot be maintained as designed during trial excavation at the construction stage, and it is confirmed that special basins and conduits will not fit, resulting in rework such as revised design.
Before the detailed design, we used 3D GPR to survey the location of existing buried structures in order to improve the accuracy, which was then utilized in the detailed design. In addition, we also studied a method of using detailed attribute information added to the existing buried object model created from the 3D GPR survey in the 3D design software for joint cable ditches, as well as a method to link compatibility among software programs. In this report, we summarize the effects of these efforts and future issues to be addressed.