

電線共同溝事業における埋設物情報の フロントローディングによるコスト削減 に関する研究

助成研究期間：2024 年 10 月 1 日～2025 年 9 月 30 日

澤井 崇¹・大庭 哲治²

¹ ジオ・サーチ株式会社 減災事業本部 担当部長

² 京都大学大学院 経営管理研究部 教授

電線共同溝工事における追加作業・手待ちの状態を把握したうえで、埋設物情報のフロントローディングによる効果の体系化と定量的評価方法を検討した。また、埋設物情報の精度向上を図る手法について実施時期や組み合わせを検討し、効果的なコスト削減方法を提示した。

1. はじめに

(1) 研究の背景と問題意識

無電柱化手法の 1 つである電線共同溝事業は、整備費用が高くなる場合が多く、低コスト化が求められている。国土交通省では、2024 年 3 月に「無電柱化のコスト削減の手引き」を作成し、低コスト技術、コスト削減に資する施工技術を整理し、コスト削減への取り組みの推進を図っている¹⁾。

電線共同溝事業の現状の課題として、既設埋設物の位置情報が台帳と異なることなどに起因する施工時の予期せぬ追加作業・手待ちがある。「無電柱化のコスト削減の手引き」においても、「地中探査技術を活用した設計作業の効率化・手戻り回避」が記されており、今後、詳細設計前段階で地中探査技術を活用して既設埋設物の位置情報精度を高める取り組み（埋設物情報のフロントローディング）が増えていくと考えられる。

しかし、埋設物情報のフロントローディングが施工時の追加作業・手待ちを削減し、コスト削減に役立つと考えられる一方で、その導入による効果、特に追加作業・手待ちの削減効果がどの程度見込めるのかは定量的に示されていない。

(2) 研究の目的

本研究の目的は、電線共同溝工事における埋設物情報のフロントローディング（設計前段階での

高精度な情報取得）が、予期せぬ追加作業・手待ちの発生およびそれに伴うコストへ及ぼす影響を、現場実態の定量的把握と体系的なコスト削減効果の評価により明確化することである。

(3) 本研究の構成

a) 実態の定量的な把握と整理

予期せぬ追加作業・手待ちの発生実態と要因を、現場実態データに基づき系統的に把握・整理する。

b) 効果の体系化と定量評価フレームワークの確立

埋設物情報のフロントローディングが生むコスト削減効果を体系化し、順序ロジスティック回帰分析などの手法を用いた定量的評価フレームワークを提示する。

c) 精度向上手法の実施時期・組み合わせの検討

構築した評価フレームワークに基づき、埋設物情報の精度を高める手法の最適な適用時期と組み合わせを検討する。

d) 効果的なコスト削減方法の提示

上記知見を踏まえ、コスト削減の可能性を最大化するフロントローディングによる実践的な方策を具体的に提示する。

(4) 本研究が目指す成果

実務データに基づく定量的評価を通じて、フロントローディングによるコスト削減の効果を学術的に可視化し、設計前段階における合理的な意思決定を支援する。

2. 実態調査

(1) アンケート調査の設計

a) アンケート調査対象の設定

現場の状況を熟知した施工会社の監理技術者や主任技術者から効果的に回答を得るために、アンケートの対象とする工事案件を検討し、2022年度以降に契約してアンケート開始時点（2024年12月）までに完工していると想定される案件を母集団とした。案件情報は広く一般に情報入手が可能なPPI（入札情報サービス）^{注1)}を用いて、対象となる工事案件（直轄国道）を180件抽出した。

b) 標本のサンプリング

本研究では、母集団から標本をサンプリングし、アンケート調査を実施した。母集団の特徴として道路舗装会社が多い点に着目し、一般社団法人日本道路建設業協会の会員企業の協力を得て、該当する129件を対象にアンケート調査を実施した。

c) アンケート調査設問の検討

① 基本情報に関する設問

回答者の電線共同溝工事の実施経験件数、工事の受注金額、工事区間延長、特殊柵設置箇所数、当初工期および最終変更の工期、試掘箇所数、各工程（準備工、試掘工、修正設計、特殊部施工、管路部施工、舗装工、詳細設計付き工事の場合は詳細設計）のおおよその日数と時期、期間について設問を作成した。

② 電線共同溝工事の阻害要因に関する設問

工程遅延（当初計画と比較した完工の遅れ）の有無、その程度（月数）、阻害要因となる事案の発生有無、その工程遅延への影響の程度について設問を作成した。

③ 準備工（試掘工含む）の段階に関する設問

地下埋設物に起因して発生した追加作業・手待ちの有無、その要因、追加作業・手待ちに要した追加日数、追加費用、試掘において台帳と異なる位置から既設管が露出した割合、試掘において台帳に記載のない不明管が露出した割合について設問を作成した。

④ 特殊部施工の段階に関する設問

地下埋設物に起因して発生した追加作業・手待ちの有無、その要因、追加作業・手待ちに要した追加日数、追加費用について設問を作成した。

⑤ 管路部施工の段階に関する設問

地下埋設物に起因して発生した追加作業・手待ちの有無、その要因、追加作業・手待ちに要した追加日数、追加費用について設問を作成した。

⑥ 埋設物情報の活用に関する設問

設計業務や隣接工事から引き継いだ埋設物に関する情報や占有企業者から収集した図面等の活用状況、その活用用途、貢献度について設問を作成した。

⑦ 埋設物起因不具合・工程遅延回避に関する設問
安全性向上や工程遅延回避を目的に工事において取り組んだ内容、その活用用途、貢献度について設問を作成した。

⑧ 電線共同溝施工に関する設問

電線共同溝工事を担う技術者について、特殊部の施工について、特定の管路材の使用について、低コスト手法について設問を作成した。

(2) アンケート調査の実施

アンケート調査はWEBアンケート方式で実施した。一般社団法人日本道路建設業協会の会員企業にサイトへのアクセスと設問への回答を依頼した。その際、得られる回答結果は本研究のみに活用する旨を示したほか、回答者、企業名、案件名、場所などが特定できないように情報の秘匿性を確保する旨も提示した。

2024年12月11日から12月31日までの期間で調査を実施し、98件の回答を得た。その後、単純集計および矛盾回答を精査することで、最終的に分析に使用する有効回答件数は60件であった。

(3) アンケート調査の結果

a) 工事の特徴

有効回答を得た60件の工事の基本情報について集計を行った。図-1に工事区間延長・特殊柵箇所数を示す。工事区間延長は中央値で405mだが、最大値と最小値の差は20倍あった。特殊柵の設置箇所数は中央値で10.5箇所だが、最小値が0、最大値が24箇所である。

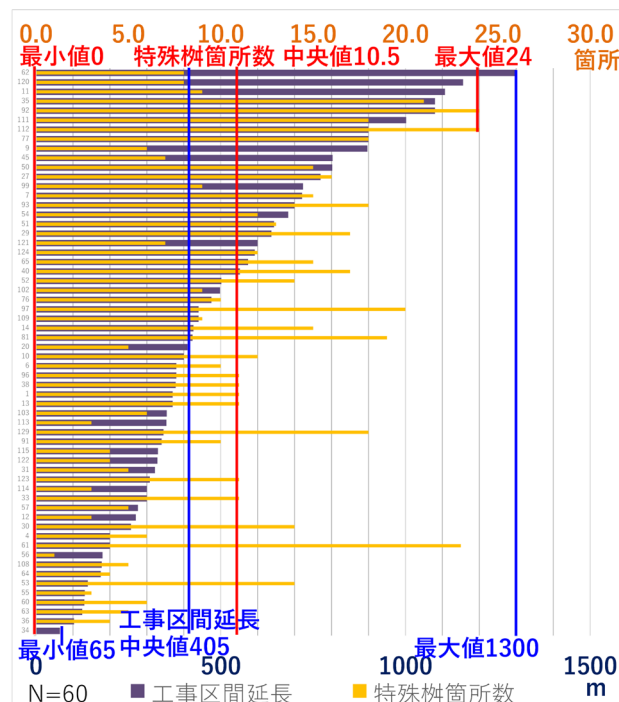


図-1 工事区間延長・特殊柵箇所数

図-2に当初工期・最終工期を示す。当初工期は中央値が 11 か月、最大値と最小値の差は 2.6 倍だが、最終工期は中央値が 12 か月、最大値と最小値の差は 3.6 倍に広がる。

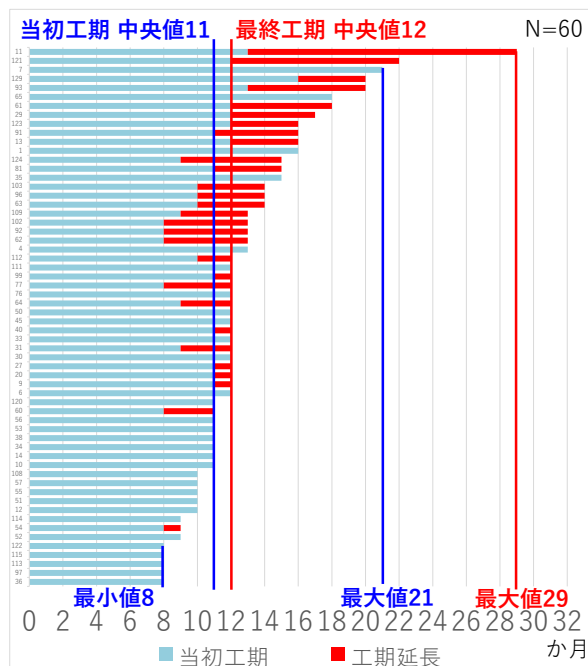


図-2 当初工期・最終工期

図-3に当初契約金額・変更後金額を示す。当初契約金額は中央値が 1.8 億円、最大値と最小値の差は 2.96 倍だが、最終金額は中央値が 2.3 億円、最大値と最小値の差が 4.18 倍に広がる。案件により工事規模、工期、工事金額が大きく異なることがわかる。

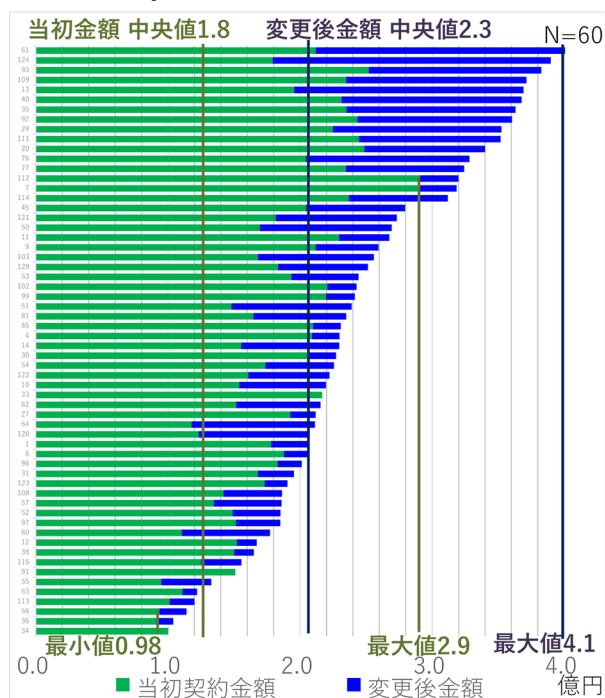


図-3 当初契約金額・変更後金額

b) 工程の遅延

工程遅延（当初計画と比較した完工の遅れ）について図-4に示す。55%の工事で何らかの工程の遅延が生じている。この55%の工事に着目して、工事で発生した阻害要因を集計した結果、「地下埋設物による影響」が 22 件と最も多く、その半数で遅延に大きく影響していることが読み取れる。

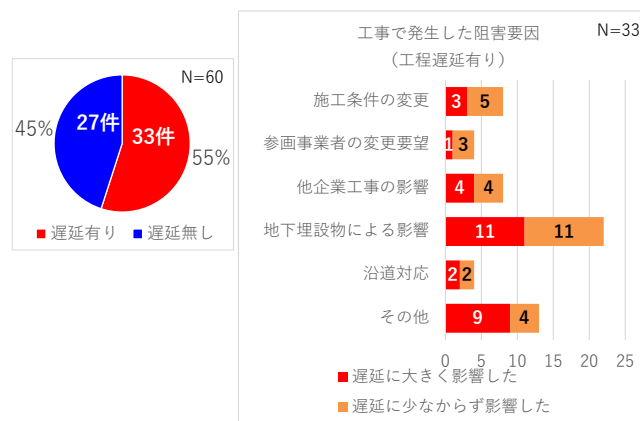


図-4 工程遅延

c) 追加作業・手待ち

図-5は追加作業・手待ちの発生割合を示している。「修正設計」は73.3%、「現場に合わせて位置修正」は61.7%と多くの工事で発生していることがわかる。

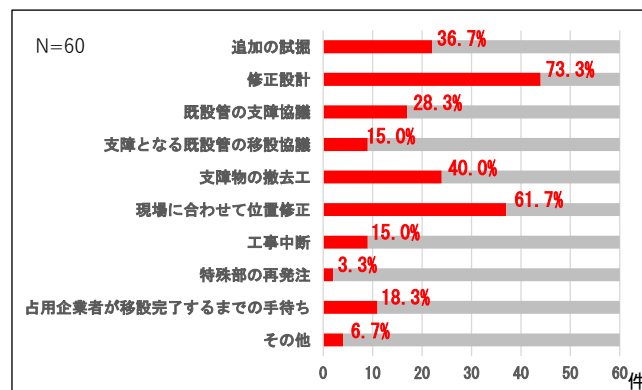


図-5 追加作業・手待ちの発生割合

図-6は各追加作業・手待ちの要因別割合を示している。赤色は「台帳と異なる位置に既設管埋設」、橙色は「台帳に記載のない不明管が露出」、赤紫色は「基礎等の残置物が露出」の割合で、埋設物情報の不確実性に関する要因である。「追加の試掘」、「修正設計」、「既設管の支障協議」、「支障となる既設管の移設協議」、「支障物の撤去工」、「現場に合わせて設置位置修正」、「工事中断」、「特殊部の再発注」については埋設物情報の不確実性に関する要因が 5 割以上を占める。

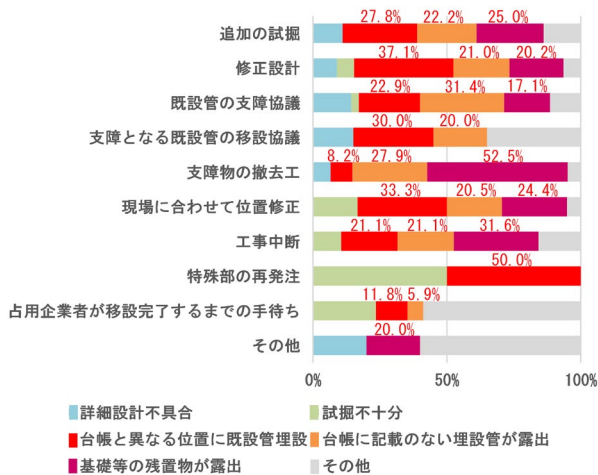


図-6 追加作業・手待ちの要因

図-7は追加作業・手待ちで生じた追加日数を示している。「修正設計」や「現場に合わせて設置位置修正」によって追加日数が発生した工事の多さがわかる。ただし、青色で示した15日未満や緑色で示した15日以上30日未満の割合が高く、影響が比較的小さい場合が多い。一方で、「支障となる既設管の移設協議」や「工事中断」、「占用企業者が移設完了するまでの手待ち」などは追加日数が発生する工事は相対的に少ないものの、赤色で示した90日以上追加日数が生じた工事もあり、一度発生すると影響が大きい。

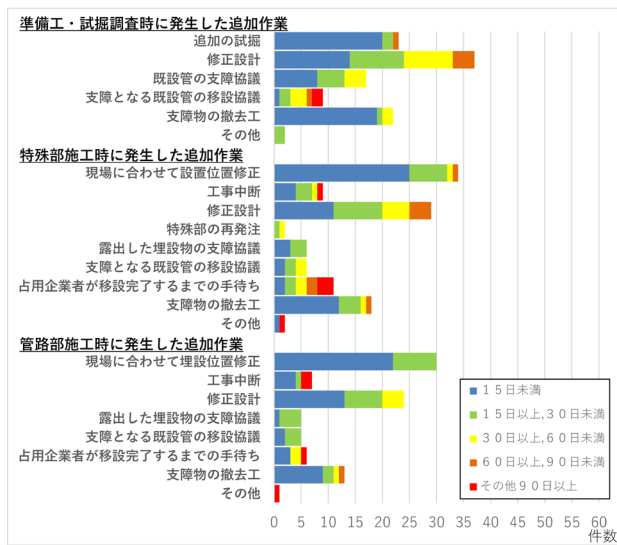


図-7 追加作業・手待ちで生じた追加日数

図-8は追加作業・手待ちで生じた追加費用を示している。「修正設計」や「現場に合わせて設置位置修正」によって追加費用が発生した工事が多いことがわかる。ただし、青色で示した50万円未満や緑色で示した50万円以上100万円未満の割合が高く、影響が比較的小さい場合が多い。一方で、「追加の試掘」、「支障物の撤去工」、

「工事中断」、「占用企業者が移設完了するまでの手待ち」などは追加費用が発生する工事は相対的に少ないものの、赤色で示した500万円以上の追加費用が生じた工事もあり、一度発生すると影響が大きい。

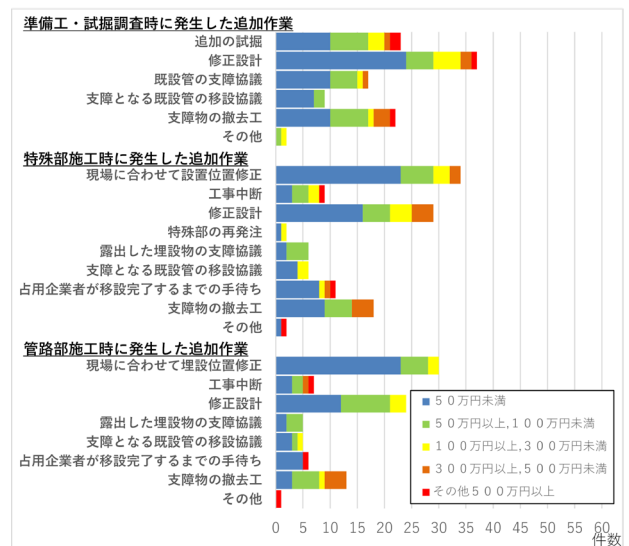


図-8 追加作業・手待ちで生じた追加費用

d) 工事で活用している埋設物情報

図-9は工事において活用している埋設物情報について示している。

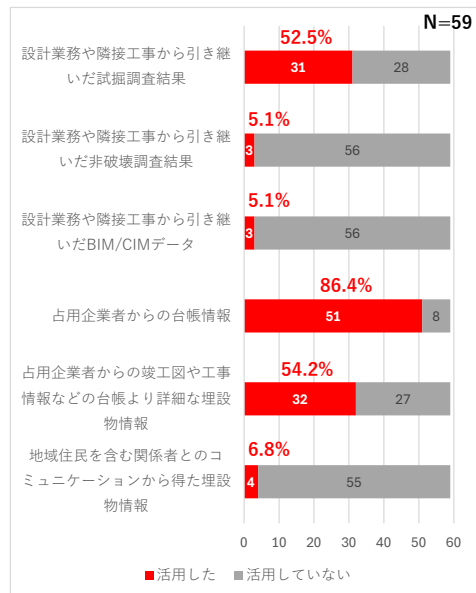


図-9 工事で活用している埋設物情報

「設計業務や隣接工事から引き継いだ試掘調査結果」、「設計業務や隣接工事から引き継いだ非破壊調査結果」、「設計業務や隣接工事から引き継いだBIM/CIMデータ」は、事業の前段階（詳細設計）における埋設物情報の精度向上の取り組みや、先行して実施している隣接工事の情報の活用

有無について確認を行う目的で選択肢に選定した。事前の試掘結果の活用は半分以上の工事で行われているものの、非破壊調査の活用や BIM/CIM データの活用は極めて少ないことがわかる。

「占用企業者からの台帳情報」，「占用企業者からの竣工図や工事情報などの台帳より詳細な埋設物情報」，「地域住民を含む関係者とのコミュニケーションから得た埋設物情報」は，現状多く利用されている情報と仮説を立てて聞き取りを行った。台帳情報は想定通り 9 割近くの工事で活用されている一方で，竣工図などの詳細な図面の活用は半数程度の工事に留まることがわかる。

現状多く活用されている埋設物に関する事前情報は「設計業務や隣接工事から引き継いだ試掘調査結果」，「占用企業者からの台帳情報」，「占用企業者からの竣工図や工事情報などの台帳より詳細な埋設物情報」であるが，これらの情報を活用した工事における地下埋設物による影響や，工程遅延の有無について整理した結果を表-1 に示す。

表-1 埋設物情報活用と工程遅延の関係

	合計	地下埋設物の影響あり	地下埋設物の影響ありのうち 工程遅延があったもの		
設計業務や隣接工事から引き継いだ試掘調査結果					
活用あり	31	15	48.4%	11	73.3%
活用なし	28	13	46.4%	10	76.9%
占用企業者からの台帳情報					
活用あり	51	24	47.1%	22	91.7%
活用なし	8	4	50.0%	0	0.0%
占用企業者からの竣工図や工事情報などの台帳より詳細な埋設物情報					
活用あり	32	18	56.3%	6	33.3%
活用なし	27	10	37.0%	5	50.0%

それぞれの埋設物情報について，活用した工事と活用していない工事に分けて，地下埋設物の影響有無および地下埋設物の影響があった際の工程遅延の有無について集計した。「設計業務や隣接工事から引き継いだ試掘調査結果」については，情報の活用に関らず，半数近くの工事で地下埋設物の影響があり，それによる工程遅延も 7 割以上の工事で発生している。「占用企業者からの台帳情報」については，情報の活用に関らず，半数近くの工事で地下埋設物の影響があり，活用ありの工事の 9 割以上でそれによる工程遅延が発生している。活用なしで工程遅延が見られないのは，占用埋設物が少ないなどの地域特性による可能性が考えられる。「占用企業者からの竣工図や工事情報などの台帳より詳細な埋設物情報」については，活用ありの案件では半数以上の工事で地下埋設物の影響がありながら工程遅延の発生は 3 割程度である。これは活用なしの工事と比較しても発生件数が少ない。

上記のデータは集計結果であり，因果関係を示したものではないことに留意が必要であるが，3

種類の情報活用のうち，竣工図などの詳細図面を活用した場合は工程遅延が発生した件数が相対的に少ないことは着目すべき点である。一方で，広く活用されている台帳情報については，活用にも関わらず，多くの工事で工程遅延が発生しており，活用効果が限定的であることが推察される。

(4) ヒアリング調査の結果

アンケート調査回答を得た工事の中で，工程遅延が大きいなど顕著な特徴がある工事を抽出し，詳細に内容確認を行った。

a) 事例 1

工事区間延長約 300m，特殊部が約 10 箇所，工事期間が 29 か月の工事案件の事例である。本工事では 20 か月以上の手待ちが発生しており，その背景について聞き取りを行った。

- ・情報ボックスが埋設されている位置に電線共同溝を敷設する設計となっていたが，落札までの状況を知らなかった。
- ・情報ボックス内の NTT などの企業者の配線を移設，情報ボックスの撤去が済んでから，電線共同溝の本体工事に着手したため長期間の手待ち（工事は一時中止）が発生した。

b) 事例 2

工事区間延長約 400m，特殊部が約 20 箇所，工事期間が 15 か月の工事案件の事例である。本工事では準備工から特殊部施工，管路部施工において追加作業が多く発生していた。追加作業の背景や内容について聞き取りを実施した。

- ・堅固な岩盤が埋設ルートに存在し，特殊部の設置，管路部の敷設において除去してから施工となった。特殊部で通常の 4 倍，管路部で通常の 2 倍の期間を要した。

c) 事例 3

工事区間延長約 350m，特殊部が約 20 箇所，工事期間が 20 か月の工事案件の事例である。本工事では準備工段階で 6 か月の手待ちが発生していた。その背景について聞き取りを実施した。

- ・工事契約後も支障埋設物の移設協議が行われており，移設工事の完了まで 6 か月間工事に着手ができなかった。

事例 1，事例 3 は支障移設が完了していなかったことによる長期間の手待ち，事例 2 は特殊な地盤環境が想定されていなかったことによる工程遅延であった。先行研究によると工法によって差があるものの施工時間の 6～7 割は掘削や埋戻し転圧・舗装に費やされており²⁾，ヒアリング結果で確認した特殊な地盤環境が工程遅延に及ぼす影響の大きさが理解できる。

いずれの場合も施工者が契約後に要因となる状況を確認しており，なぜこのような事象が生じるのかについては今後の研究課題とする。

3. フロントローディングによる効果の体系化

(1) 体系化の方法

アンケート結果では効果的なフロントローディングの事例に限られるため、事例を用いた直接的な分析が困難である。そこで本研究では、「実施しなかった現在の追加作業・手待ち」の内容を整理し、「効果的なフロントローディングを実施した場合に削減、解消できる効果」と仮定し、分析を行った。

(2) 追加作業・手待ちの要因分析

表-2は各追加作業・手待ちの要因の回答を集計したものである。表-3は「その他」の要因のうち、具体的な記述があったものを整理したものである。表-2、表-3から、追加作業・手待ちの発生には、大きく3つの課題があると考えられる。

a) 埋設物情報の不確実性に対する課題

追加作業・手待ちの要因の「台帳と異なる位置に既設管埋設」、「台帳に記載のない不明管が露出」、「基礎等の残置物が露出」については、地

表-2 追加作業・手待ちの要因（工程別）

追加作業・手待ち	追加作業・手待ちの要因					
	詳細設計不具合	試掘不十分	台帳と異なる位置に既設管埋設	台帳に記載のない埋設管が露出	基礎等の残置物が露出	その他
追加の試掘	4	10	8	8	5	
修正設計	10	12	9	11	5	
既設管の支障協議	5	7	4	4	1	
支障となる既設管の移設協議	3	2	1	0	2	
支障物の撤去工	3	2	8	13	0	
その他	1	0	0	0	1	
現場に合わせて設置位置修正	6	13	5	10	2	
工事中断	1	2	2	4	1	
修正設計	5	17	6	9	1	
特殊部の再発注	2	2	0	0	0	
露出した埋設物の支障協議	1	0	3	0	2	
支障となる既設管の移設協議	0	2	1	0	3	
占用企業者が移設完了するまでの手待ち	2	1	1	0	7	
支障物の撤去工	0	2	4	10	2	
その他	0	0	0	1	1	
現場に合わせて埋設位置修正	5	11	9	8	2	
工事中断	1	1	2	2	2	
修正設計	3	14	9	5	2	
露出した埋設物の支障協議	0	0	3	2	1	
支障となる既設管の移設協議	0	2	1	0	2	
占用企業者が移設完了するまでの手待ち	2	1	0	0	3	
支障物の撤去工	0	1	4	7	1	
その他	0	0	0	0	1	

表-3 追加作業・手待ちの要因（その他詳細）

追加作業・手待ち	追加作業・手待ちの要因のうち、その他の具体的な回答内容
追加の試掘	追加工事指示
修正設計	擁壁転び支障、予期せぬ地盤露出、大岩露出、設計と現況地盤高相違、追加指示工事
既設管の支障協議	合流管の移設必要性
支障となる既設管の移設協議	廃止NTT管の撤去必要性
支障物の撤去工	アンケート回答に記載なし
その他※1	施工承諾が得られない
現場に合わせて設置位置修正	設計が不十分
工事中断	台帳に記載あるが発注図に記載なし
修正設計	設計が不十分
特殊部の再発注	アンケート回答に記載なし
露出した埋設物の支障協議	設計が不十分、腹起し部の支障
支障となる既設管の移設協議	合流管の移設必要性、事前協議不足
占用企業者が移設完了するまでの手待ち	支障移設がなされていない、調整不足、事前協議不足、水道管の移設待ち、NTT廃止管の移設待ち、設計が不十分
支障物の撤去工	既設排水構造物の移設必要性、水道廃止管の撤去必要性
その他※2	支障移設がなされていない
現場に合わせて埋設位置修正	埋設物は台帳通りだが設計不十分
工事中断	事前協議不足、台帳に記載あるが発注図に記載なし
修正設計	図面と異なる位置に埋設物確認、設計不十分
露出した埋設物の支障協議	設計不十分
支障となる既設管の移設協議	合流管の移設必要性、取り付け管の移設必要性
占用企業者が移設完了するまでの手待ち	支障移設がなされていない、水道管の移設待ち、NTT廃止管の移設待ち
支障物の撤去工	既設排水構造物の移設必要性
その他※3	支障移設がなされていない

その他※1：地上機器設置箇所の地権者の承諾が得られない、照明移設
 その他※2：立会撤去、工事一時中止
 その他※3：工事一時中止

中の埋設物情報の不確実性に伴うものである。追加作業・手待ちのうち、「追加の試掘」、「修正設計」、「既設管の支障協議」、「支障物の撤去工」、「現場に合わせて設置位置修正」、「工事中断」で要因として回答が多い。

b) 各工程のアウトプットの課題

追加作業・手待ちの要因の「詳細設計不具合」や「試掘不十分」、「その他」として記載の多い「設計不十分」については、地中埋設物の不確実性による影響も考えられるが、各工程のアウトプットに課題のあったケースが想定される。追加作業・手待ちのうち、「修正設計」や「現場に合わせて設置位置修正」、「既設管の支障協議」、「追加の試掘」、準備工段階の「支障となる既設管の移設協議」で要因として回答が多い。

c) 関係者協議・調整の課題

追加作業・手待ちの要因の「その他」で記載されている「調整不足」，「事前協議不足」，「支障移設がなされていない」，「施工承諾が得られていない」，「廃止管の移設待ち」については，関係者間での協議や調整に課題があったケースが想定される。追加作業・手待ちのうち，「支障となる既設管の移設協議」，「占用企業者が移設完了するまでの手待ち」，「工事中断」，「その他」で要因として回答がある。

(3) 追加作業・手待ち削減に必要な取り組み

追加作業・手待ちの要因分析から，上記で整理した3つの課題に取り組むことが追加作業・手待ちの削減に必要と考える。以下に必要な取り組みについて考察を行う。

「埋設物情報の不確実性に対する課題」に対する取り組みとしては，工事の前段階で埋設物情報の精度を向上させておくこと，精度の高い埋設物情報に基づき詳細設計を行うことなどが挙げられる。具体的には，台帳だけでなく竣工図等の詳細な埋設物図面の活用，既存の埋設物図面の精度を補う非破壊調査や試掘調査を組み合わせた埋設物調査の実施などが想定される。

「各工程のアウトプットの課題」に対する取り組みとしては，詳細設計における既設埋設物との干渉回避や現況との整合性を視覚的に容易にすること，申し送り事項など課題として残されている事項を確実に情報共有することなどが挙げられる。

具体的には，各工程における BIM/CIM 活用による干渉回避や整合性の視覚化，次工程への配慮がなされたアウトプットの作成などが想定される。本研究では深く取り扱わないが，施工者が設計段階から参画する ECI 方式（先行発注型三者協定方式）や，DB 方式（設計施工一括発注方式）の導入も課題解決の方法の1つとして考えられる。

「関係者協議・調整の課題」に対する取り組みとしては，工事の前段階で行うべき関係者との事前協議を確実に実施すること，進捗状況や課題を情報共有すること，占用企業者が移設を円滑に進めるための対策などが挙げられる。具体的には，移設に時間を要する既設埋設物については移設を極力避けた設計を検討することや，それでも移設が必要な場合は適切な期間を設けること，占用企業者が移設を行う際の協議や手続きの迅速化などが想定される。アンケート回答では廃止管が支障となり，撤去までの手待ちが生じたケースが確認されており，廃止管に関する情報の管理も重要である。

本節の記載内容は，追加作業・手待ちの削減に必要なと考えられる取り組みのアウトラインを掴むために，いくつかの想定や方法を列挙したが，個

別具体的内容の因果関係や効果の有無については別途検証が必要である。

(4) 必要な取り組みと期待される効果の関係

図-10 は，前節で考察を行った追加作業・手待ち削減に必要な取り組みと，それによって期待される効果の関係を整理したものである。

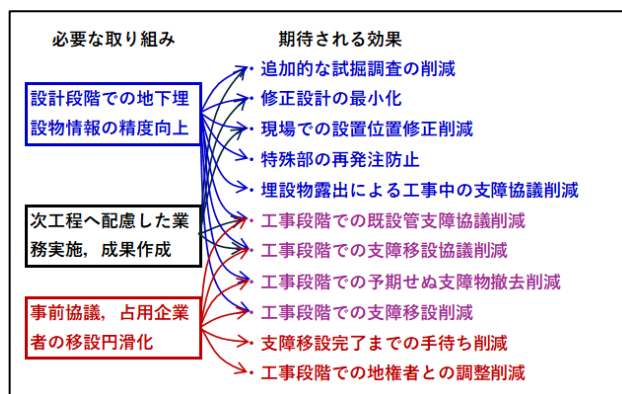


図-10 必要な取り組みと期待される効果

「設計段階での地下埋設物情報の精度向上」に取り組むことで，青矢印で結ばれた効果，「次工程へ配慮した業務実施，成果作成」に取り組むことで，黒矢印で結ばれた効果，「事前協議，占用企業者の移設円滑化」に取り組むことで，赤矢印で結ばれた効果が期待されると考える。期待される効果のうち，青文字で記載している効果は，主に「設計段階で地下埋設物情報の精度向上」が必要であり，赤文字で記載されている効果は，主に「事前協議，占用企業者の移設円滑化」が必要，紫文字で記載されている効果は，主に前述の両者が必要と考える。

(5) フロントローディングによる効果の体系化

前節までに整理した「必要な取り組み」は，詳細設計前段階など工事の前段階で実施することにより，「期待される効果」を得ることができる。

「必要な取り組み」の実施は，前工程で現状よりタスクが増えることになるが，後工程のコスト削減やスピードアップに資するため，以降，これらの取り組みをフロントローディングと位置付ける。

図-11 にフロントローディングを実施した場合に期待される効果を体系的に示す。図-10 で整理した効果に加え，アンケート調査では聞き取りが困難であった「埋設物損傷事故防止」を追加した。

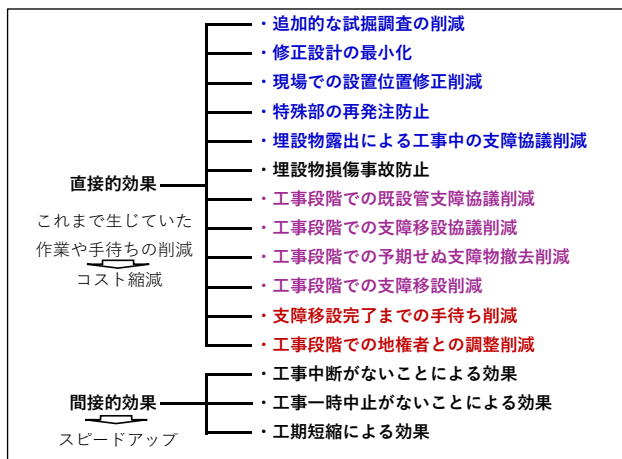


図-11 フロントローディングの効果

4. 埋設物情報のフロントローディングによる効果の定量的評価方法の検討

(1) 定量的評価の対象とアプローチ

本研究の最終的な目的は、前章で体系化したフロントローディングのコスト縮減効果を定量的に示すことにある。しかし、本分析で用いるアンケート等の観測データに基づく統計的手法では、直接的な因果関係の証明は困難である。

そこで本章では、まず「埋設物情報の不確実性（台帳と既設管の位置ずれ割合、不明管の露出割合など）」と「追加作業・手待ち（追加日数・費用）」との間に、どの程度の統計的な関連性が見られるかを定量的に明らかにした。そして、その客観的な関連性の強さを根拠として、フロントローディングによって埋設物情報の精度を向上させることが、どの程度のコスト縮減効果につながる可能性があるのかを類推し、そのポテンシャルを可視化することを試みた。分析対象は、図-11で示したフロントローディングの効果とし、定量的評価の検討を行った。

(2) 分析対象データ

アンケート回答で得た準備工、特殊部施工、管路部施工の各工程において発生した追加作業・手待ちの追加日数、追加費用と、それらの要因にあたる変数の関係性を分析する。

(3) 変数の定義

a) 目的変数

追加作業・手待ちで生じた追加日数、追加費用は、アンケート調査では15日未満、15日以上30日未満、50万円未満、50万円以上100万円未満のように幅を持った選択回答としてデータを得ている。定量的な分析を行うにあたり、これらの回答値を中央値に変換し、データセットを作成した。

追加日数は、0.0日、7.5日、22.5日、45.0日、75.0日、90日以上のカテゴリの最大で6段階、追加費用は、0万円、25万円、75万円、200万円、400万円、500万円以上のカテゴリの最大で6段階を閾値とする順序カテゴリである。

b) 説明変数

追加作業・手待ちの要因と関連性が考えられる5つの指標を準備した。

① 台帳と既設管の位置ずれの割合

アンケート結果のうち、「台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所割合（％）」の回答を用いた。「10%未満」、「10%以上、30%未満」、「30%以上、50%未満」、「50%以上、70%未満」、「70%以上、90%未満」、「90%以上」の6段階で回答を得ており、各カテゴリの中央値を分析に用いた。

② 不明管露出の割合

アンケート結果のうち、「台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所割合（％）」の回答を用いた。「10%未満」、「10%以上、30%未満」、「30%以上、50%未満」、「50%以上、70%未満」、「70%以上、90%未満」、「90%以上」の6段階で回答を得ており、各カテゴリの中央値を分析に用いた。

③ 工事区間延長

アンケートの結果のうち、「工事区間延長（m）」の回答を用いた。

④ 特殊樹箇所数

アンケートの結果のうち、「特殊樹箇所数」の回答を用いた。

⑤ 歩道平均幅員

アンケートでは幅員について聞き取りを行っていないため、事業区間を国土交通データプラットフォームから確認し、起終点と想定される箇所について、全国道路基盤地図等データベースから道路台帳附図を確認し、図面上で幅員を計測した。起終点および上下線の平均値を用いた。

(4) 分析手法

a) 順序ロジスティック回帰分析

目的変数が階層的かつ順序を持つため、線形回帰分析や多項ロジスティック回帰分析では適切に分析ができない。そこで本研究では、順序ロジスティック回帰分析（累積ロジットモデル）を用いて分析を行った。主要因の同定とリスク層別化に強みがあり、OR（オッズ比）、シナリオ確率を提供することで、政策や計画における判断に資する情報を提供できる。一方で、高精度な個別予測には向いていない。

b) モデル式

各閾値 j に対して、 $\text{logit}\{P(Y \leq j | X)\} = \theta_{-j} - X\beta$ を仮定し、最尤法で推定した。 β は全

ての閾値で共通（比例オッズ仮定）である。

カテゴリ確率は $P(Y=j|X) = F(\theta_{-j} - X\beta) - F(\theta_{-j-1} - X\beta)$ (F はロジスティック CDF) で与えられる。

c) 標準化と解釈

連続変数 X は、解析データの平均 μ と標準偏差 σ で標準化 ($Z=(X-\mu)/\sigma$) する。

係数 β は「+1 標準偏差増分」に対する影響を表し、上位カテゴリへ移る累積オッズの倍率は $OR_{high} = \exp(\beta)$ 、下位側は $OR_{low} = \exp(-\beta)$ である。

実世界換算における、任意の実世界増分 Δx に対する累積オッズ比は $OR(\Delta x) = \exp\{\beta \times (\Delta x/\sigma)\}$ と定義した。

d) モデルの構成

以下の 4 つのモデルを分析に用いた。

①M0_main: 台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所割合+工事区間延長

②M1_plus_sidewalk: M0+歩道平均幅員

③M2_plus_sp: M1+特殊樹箇所数

④M3_plus_ratio2: M2+台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所割合

説明変数の段階投入により、適合度（対数尤度, AIC/BIC, McFadden 擬似 R²）と係数の安定性を比較した。

e) モデルの評価と妥当性確認

①比例オッズ仮定の検証

順序ロジットモデルの前提である比例オッズ仮定の成立を検証するため、各カテゴリの閾値において二値ロジットモデル ($Y \leq k$ vs $Y > k$) を推定し、主要変数の係数に有意な差がないことを確認した。

②多重共線性の評価

モデルに投入の 5 つの説明変数間で多重共線性の診断として VIF（分散拡大要因）を計算した。

「特殊樹箇所数」の VIF が 5.21 となり、本研究の採用基準（5）をわずかに超えたが、超過幅が極めて小さいこと、モデルの係数推定値の符号が安定していることから、多重共線性の影響は軽微であると判断し、全変数を用いて分析を継続した。

③感度分析とロバストネスの確認

モデルの感度分析を実施し、実務的意義を持つ様々な Δx (刻み幅) におけるオッズ比の変動を確認した。その結果、推定された影響の方向性と大きさが安定していることを確認した。さらに、比率変数の理論的上限境界 (1.0) での値の切り詰めを含めた外れ値に対するロバストネスも検証した。

(5) 定量分析の結果

a) 各要因の全体的な傾向

表-4、表-5に分析結果を示す。「工事区間延長」は、ほぼ全工程で影響の程度は小さいが、広範な影響がみられる。累積効果は無視できない。「歩

道平均幅員」は、準備工の「既設管の支障協議」で統計的に有意であった。幅員の拡大が、協議に要する日数の増加と関係性がみられる。「特殊樹

表-4 追加日数と説明変数の関係性

説明変数	Δx の定義	モデル	OR	95%CI	P
準備工 追加の試掘					
台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M0	1.39	1.05 - 1.83	0.021*
		M1	1.38	1.04 - 1.83	0.027*
		M2	1.42	1.06 - 1.89	0.017*
		M3	1.38	1.02 - 1.86	0.034*
工事区間延長	+10m	M0	1.01	1.00 - 1.03	0.138
		M1	1.02	1.00 - 1.04	0.126
		M2	1.03	1.00 - 1.05	0.031*
		M3	1.03	1.00 - 1.05	0.029*
準備工 修正設計					
台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M0	1.46	1.17 - 1.83	0.001*
		M1	1.46	1.17 - 1.83	0.001*
		M2	1.46	1.16 - 1.82	0.001*
		M3	1.42	1.13 - 1.78	0.002*
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.01 - 1.04	0.009*
		M1	1.03	1.01 - 1.04	0.006*
		M2	1.02	1.00 - 1.04	0.029*
		M3	1.02	1.00 - 1.04	0.021*
準備工 既設管の支障協議					
歩道平均幅員	+0.5m	M1	1.32	1.01 - 1.73	0.044*
		M2	1.32	1.00 - 1.73	0.046*
		M3	1.32	1.00 - 1.73	0.047*
特殊部施工 工事中断					
台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M3	2.05	1.10 - 2.39	0.014*
特殊部施工 修正設計					
台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M0	1.51	1.16 - 1.97	0.002*
		M1	1.50	1.16 - 1.95	0.002*
		M2	1.51	1.16 - 1.97	0.002*
		M3	1.35	1.03 - 1.78	0.029*
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.00 - 1.04	0.021*
		M1	1.02	1.00 - 1.04	0.020*
		M2	1.02	1.00 - 1.04	0.035*
		M3	1.03	1.01 - 1.05	0.013*
台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M3	2.28	1.45 - 3.56	0.000*
管路部施工 現場に合わせて設置位置修正					
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.00 - 1.04	0.021*
		M1	1.02	1.00 - 1.04	0.019*
		M2	1.02	1.00 - 1.04	0.042*
		M3	1.02	1.00 - 1.04	0.040*
管路部施工 修正設計					
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.00 - 1.04	0.018*
		M1	1.02	1.00 - 1.04	0.018*
		M2	1.03	1.00 - 1.05	0.024*
		M3	1.03	1.01 - 1.05	0.012*
台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M3	1.61	1.15 - 2.25	0.005*

*：統計的に有意な値 ($P \leq 0.05$)

表-5 追加費用と説明変数の関係性

説明変数	Δxの定義	モデル	OR	95%CI	P
準備工 追加の試掘					
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.00 - 1.04	0.061
		M1	1.02	1.00 - 1.04	0.049*
		M2	1.03	1.00 - 1.05	0.021*
		M3	1.03	1.01 - 1.05	0.014*
準備工 修正設計					
台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M0	1.62	1.23 - 2.12	0.001*
		M1	1.60	1.23 - 2.10	0.001*
		M2	1.60	1.22 - 2.09	0.001*
		M3	1.55	1.18 - 2.03	0.002*
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.01 - 1.04	0.006*
		M1	1.03	1.01 - 1.04	0.006*
		M2	1.02	1.00 - 1.04	0.021*
		M3	1.03	1.01 - 1.05	0.013*
台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M3	1.44	1.05 - 1.99	0.025*
特殊部施工 修正設計					
台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M0	1.48	1.15 - 1.90	0.002*
		M1	1.47	1.15 - 1.88	0.002*
		M2	1.47	1.15 - 1.89	0.002*
		M3	1.32	1.02 - 1.71	0.036*
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.00 - 1.04	0.015*
		M1	1.02	1.00 - 1.04	0.014*
		M2	1.02	1.00 - 1.05	0.024*
		M3	1.03	1.01 - 1.05	0.009*
台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M3	2.23	1.42 - 3.51	0.000*
管路部施工 現場に合わせて設置位置修正					
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.00 - 1.04	0.038*
		M1	1.02	1.00 - 1.04	0.037*
		M2	1.02	1.00 - 1.04	0.051
		M3	1.02	1.00 - 1.04	0.050*
管路部施工 修正設計					
工事区間延長	+10m	M0	1.02	1.00 - 1.04	0.030*
		M1	1.02	1.00 - 1.04	0.029*
		M2	1.02	1.00 - 1.04	0.045*
		M3	1.02	1.00 - 1.04	0.035*
台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合	+10%p (0.10)	M3	1.44	1.01 - 2.06	0.044*

*：統計的に有意な値(P≦0.05)

箇所数」は、段階投入（M2）後も係数が統計的に有意とならず、他変数を統制すると影響は限定的である。「台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合」や「台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合」の方が支配的である。

「台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合」は、特殊部・管路部の「修正設計」「工事中断」「追加費用」で一貫して最も大きい影響がみられた。（10%pt の増分で累積オッズが約1.4～2.3倍あり、特に特殊部の修正設計では影響が顕著である）。「台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合」は、準備工・特殊部

における「追加の試掘」「修正設計」で統計的に有意であった。（10%pt の増分で累積オッズが約1.3～1.6倍あり、試掘の追加や設計再検討による必要日数の増加と関係性がみられる。）「台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合」は、準備工・特殊部における「追加の試掘」「修正設計」で統計的に有意であった。

b) リスク要因の影響度の比較

表-6に累積オッズの高い順番で並べ替えた表を示す。「台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合」が上位を占め、本分析対象とした要因の中で、不明管の露出が最も大きなリスクであることがわかる。続いて、「台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合」が高く、とりわけ準備工段階で影響が大きい要因であることがわかる。工事区間延長は単位当たりの影響は小さいが、多くの工程、アウトカムに関係する。

表-6 リスク要因の影響度

順位	要因（単位変化あたり）	影響を受ける工程、アウトカム	オッズ比（OR）
1	台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	特殊部 修正設計 追加 日数	2.28
2	台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	特殊部 修正設計 追加 費用	2.23
3	台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	特殊部 工事中断 追加 日数	2.05
4	台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	管路部 修正設計 追加 日数	1.61
5	台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	準備工 修正設計 追加 費用	1.55
6	台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	準備工 修正設計 追加 日数	1.46
7	台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	準備工 修正設計 追加 費用	1.44
7	台帳に記載のない不明管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	管路部 修正設計 追加 費用	1.44
9	台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	準備工 追加の試掘 追加 日数	1.42
10	台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	特殊部 修正設計 追加 日数	1.35
11	歩道平均幅員（+0.5m）	準備工 既設管の支障協議 追加 日数	1.32
11	台帳と異なる位置から既設管が露出した試掘箇所の割合（+10%）	特殊部 修正設計 追加 費用	1.32
13	工事区間延長（+10m）	準備工 追加の試掘 追加 日数	1.03
13	工事区間延長（+10m）	準備工 追加の試掘 追加 費用	1.03
13	工事区間延長（+10m）	準備工 修正設計 追加 日数	1.03
13	工事区間延長（+10m）	準備工 修正設計 追加 費用	1.03
13	工事区間延長（+10m）	特殊部 修正設計 追加 費用	1.03
13	工事区間延長（+10m）	管路部 修正設計 追加 日数	1.03
20	工事区間延長（+10m）	管路部 修正設計 追加 費用	1.02
20	工事区間延長（+10m）	管路部 現場に合わせて設置位置修正 追加 日数	
20	工事区間延長（+10m）	管路部 現場に合わせて設置位置修正 追加 費用	

c) 複数要因の合成影響

本分析は、比例オッズモデル $\text{logit}\{P(Y \leq j | X)\} = \theta_j - X\beta$ を用いており、線形予測子 $X\beta$ は説明変数ごとに加法的である。このため、同一アウトカム・同一モデル内で複数の要因が同時に増分をとる場合、上位カテゴリへ移行する累積オ

ツズの変化は乗算的に合成される。

d) 考察

①地下埋設物情報の不確実性が工程に与える影響
準備工では、台帳と異なる位置から既設管が露出すること（台帳と既設管の位置ずれ）による影響が相対的に強く表れる。設計照査段階で追加的な試掘調査や修正設計を引き起こす。

台帳に記載のない不明管の露出（不明管露出）は、施工段階で予期せぬ干渉を引き起こしやすく、特殊部・管路部の設計再検討や工事の中断を引き起こす。これは「台帳と既設管の位置ずれ」よりも下流工程での波及が大きいことを示唆している。

②工事規模と周辺環境の影響

工事区間延長は、10m 当たりの影響は小さいが、延長の累積効果は無視できない。長大区間では工程遅延や費用増加のリスクが高まる可能性が示唆される。歩道幅員拡大は、移設可能なスペースが増加するなど協議が相対的に円滑に進むと考えられるが、占用する企業者の増加や、埋設物の輻輳箇所増加などにより、占用協議の難度が上昇することも考えられる。本分析では、歩道幅員の拡大で準備工において支障協議に費やす日数が増える可能性が示唆される。協議論点の多寡が支配的な工程では、必ずしも幅員の拡大が協議の円滑化とは結び付かない。特殊枠は、通常、準備工段階の試掘調査などを経て本体工事までには設置位置が明確に定まる。そのため、影響は上述の台帳と既設管の位置ずれに内包されている可能性がある。

e) 本分析の限界と留意点

①データと測定

目的変数はアンケート調査結果を用いた順序カテゴリであり、現場間でカテゴリ境界の解釈が異なる可能性がある。また、割合変数は区間カテゴリの中央値で代用しており、測定誤差による回帰希薄化（影響の過小推定）が起こり得る。

②モデル化

比例オッズ仮定は概ね整合的と確認したが、閾値別の影響に差が残る可能性がある。また、多重比較（多工程×2 アウトカム×多モデル）のため、p 値解釈は保守的に行う必要がある。多重共線性は VIF で点検したものの、「不明管露出」と「台帳と既設管の位置ずれ」の内生的関連は解釈上の注意が必要と考えられる。

③外的妥当性

サンプル規模、地域構成などに依存し、他地域・他条件への一般化には追加的な検証が必要である。時間依存（年度・制度変更）についても未調整である。

(6) 想定シナリオに基づくフロントローディングによる効果の感度分析

前節では、各アウトカム・工程のモデルで「台

帳と既設管の位置ずれ」、「不明管露出」が「10%pt 増加」した場合のオッズ比を算出し、各アウトカム・工程への影響の大きさを定量的に評価した。この関係式を用いて、「台帳と既設管の位置ずれ」、「不明管露出」が減少した場合のアウトカム・工程への影響を算出することで、想定シナリオに基づくフロントローディングによる効果の感度を可視化する。

同一のアウトカム・工程・閾値のオッズ比を用いて、「台帳と既設管の位置ずれ」や「不明管露出」の割合を 10%pt から 90%pt まで低下させた場合の OR と 95%CI を算出し、グラフで示す。

a) 「台帳と既設管の位置ずれ」減少シナリオ

①準備工時の追加の試掘に係る追加日数削減

図-12 は台帳と既設管の位置ずれの割合が 10%pt, 30%pt, 50%pt, 70%pt, 90%pt 低下した際の、追加日数のオッズ比および 95%CI を示している。このグラフから、台帳と既設管の位置ずれの割合を 70%pt 減少させた場合、準備工で発生している追加的な試掘調査に要する追加日数が発生するリスクを 1/10 以下に抑えられることが読み取れる。

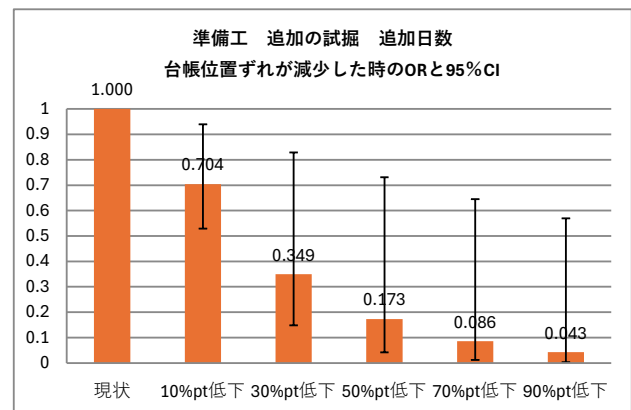


図-12 台帳位置ずれ減少と追加日数の関係①

②準備工時の修正設計に係る追加日数削減

図-13 は台帳と既設管の位置ずれの割合が 10%

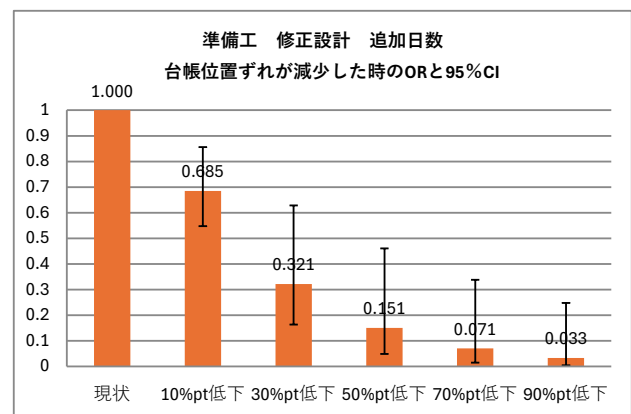


図-13 台帳位置ずれ減少と追加日数の関係②

pt, 30%pt, 50%pt, 70%pt, 90%pt 低下した際の、追加日数のオッズ比および 95%CI を示している。このグラフから、台帳と既設管の位置ずれの割合を 70%pt 減少させた場合、準備工で発生している修正設計に要する追加日数が発生するリスクを 1/10 以下に抑えられることが読み取れる。

b) 「不明管露出」減少シナリオ

①特殊部施工時の工事中断に係る追加日数削減

図-14 は不明管露出の割合が 10%pt, 30%pt, 50%pt, 70%pt, 90%pt 低下した際の、追加日数のオッズ比および 95%CI を示している。このグラフから、不明管露出の割合を 50%pt 減少させた場合、準備工で発生している追加的な試掘調査に要する追加日数が発生するリスクを 1/10 以下に抑えられることが読み取れる。

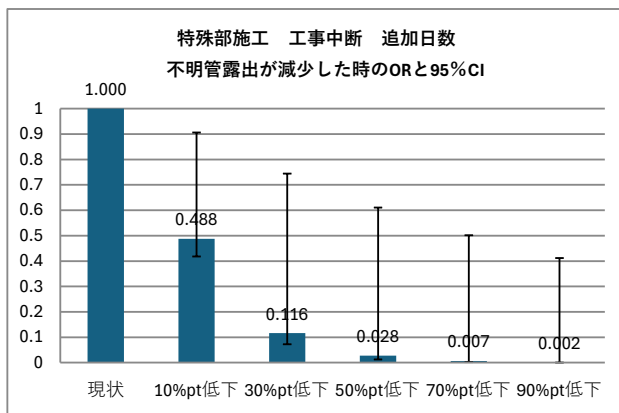


図-14 不明管露出減少と追加日数の関係①

②管路部施工時の修正設計に係る追加日数削減

図-15 は不明管露出の割合が 10%pt, 30%pt, 50%pt, 70%pt, 90%pt 低下した際の、追加日数のオッズ比および 95%CI を示している。このグラフから、不明管露出の割合を 50%pt 減少させた場合、準備工で発生している追加的な試掘調査に要する追加日数が発生するリスクを 1/10 以下に抑えられることが読み取れる。

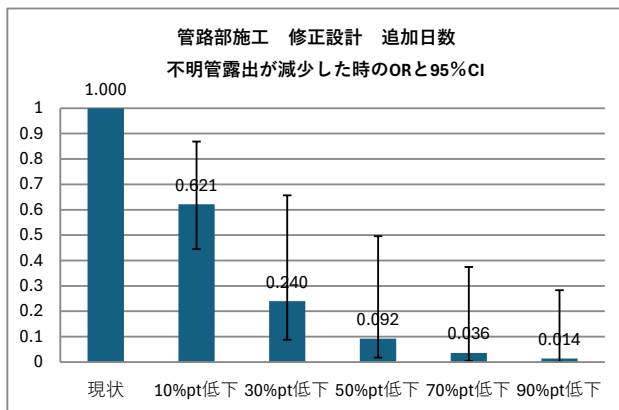


図-15 不明管露出減少と追加日数の関係②

c) 「台帳と既設管の位置ずれ」減少と「不明管露出」減少の合成影響シナリオ

①特殊部施工時の修正設計に係る追加日数削減

図-16 は台帳と既設管の位置ずれおよび、不明管露出の割合が 10%pt, 30%pt, 50%pt, 70%pt, 90%pt 低下した際の、追加日数のオッズ比および 95%CI を示している。このグラフから、台帳と既設管の位置ずれ、不明管露出の双方の割合を 30%pt 減少させた場合、準備工で発生している追加的な試掘調査に要する追加日数が発生するリスクを 1/10 以下に抑えられることが読み取れる。

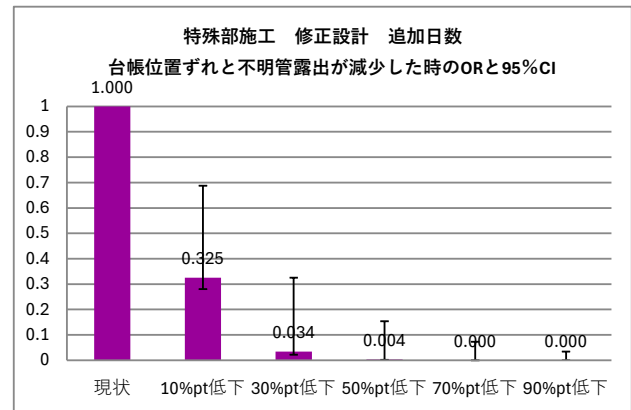


図-16 合成影響と追加日数の関係①

②準備工時の修正設計に係る追加費用削減

図-17 は台帳と既設管の位置ずれおよび、不明管露出の割合が 10%pt, 30%pt, 50%pt, 70%pt, 90%pt 低下した際の、追加費用のオッズ比および 95%CI を示している。このグラフから、台帳と既設管の位置ずれ、不明管露出の双方の割合を 30%pt 減少させた場合、準備工で発生している追加的な修正設計に要する追加費用が発生するリスクを 1/10 以下に抑えられることが読み取れる。

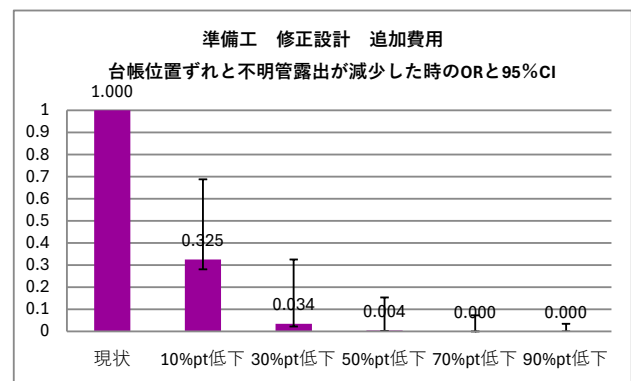


図-17 合成影響と追加費用の関係②

③特殊部施工時の修正設計に係る追加費用削減

図-18 は台帳と既設管の位置ずれおよび、不明管露出の割合が 10%pt, 30%pt, 50%pt, 70%pt, 90%pt 低下した際の、追加費用のオッズ比および 95%CI を示している。このグラフから、台帳と既設管の位置ずれ、不明管露出の双方の割合を 30%pt 減少させた場合、準備工で発生している追加的な修正設計に要する追加費用が発生するリスクを 1/10 以下に抑えられることが読み取れる。

95%CIを示している。このグラフから、台帳と既設管の位置ずれ、不明管露出の双方の割合を30%pt減少させた場合、特殊部施工で発生している追加的な修正設計に要する追加費用が発生するリスクを1/10以下に抑えられることが読み取れる。

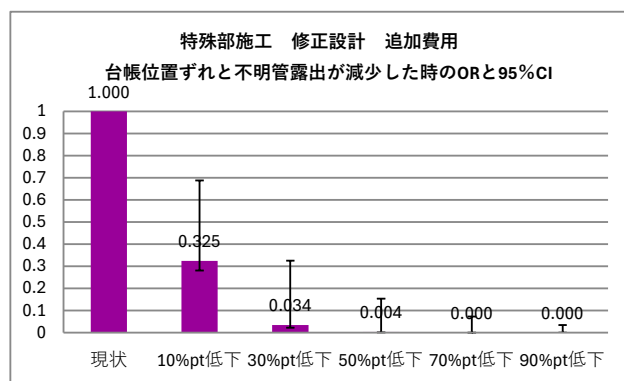


図-18 合成影響と追加費用の関係③

d) 「追加日数」削減割合の試算

a)～c) で確認したシナリオが実現し、追加日数の発生が防止できた場合、各工事で発生した追加日数のうち、どのぐらいの割合の追加日数の削減となるのか、試算を行った。

図-19 は、上記仮定の下で、今回の分析対象とした工事案件において、どの程度の追加日数を削減できるのかを示している。図-20 は、削減日数を試算した結果である。

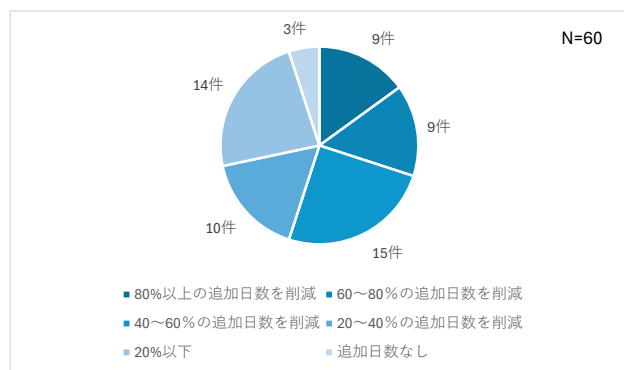


図-19 追加日数の削減割合別にみた工事件数

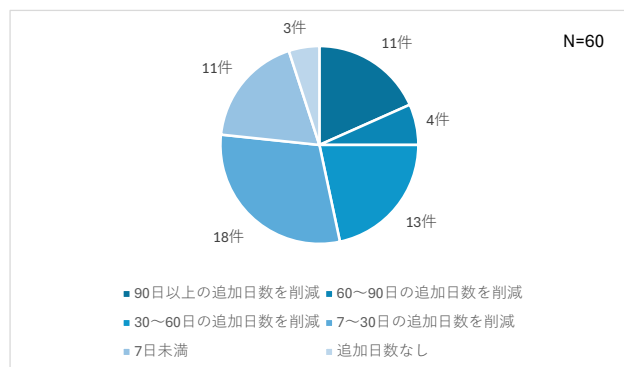


図-20 追加日数の削減日数別にみた工事件数

図-19 からは、60%以上の追加日数を削減できる工事案件は18件であることが確認できる。

図-20 からは、30日以上追加日数を削減できる工事案件は28件であることが確認できる。

e) 「追加費用」の削減効果

c) で確認したシナリオが実現し、追加費用の発生が防止できた場合、各工事で発生した追加費用のうち、どのぐらいの割合の追加費用の削減となるのか、試算を行った。

図-21 は、上記仮定の下で、今回の分析対象とした工事案件において、どの程度の追加費用を削減できるのかを示している。図-22 は、削減費用を試算した結果である。

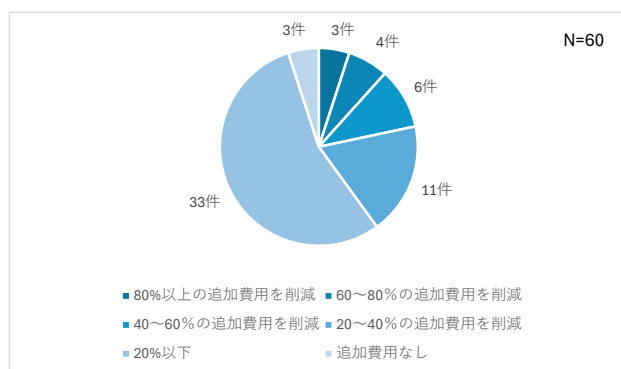


図-21 追加費用の削減割合別にみた工事件数

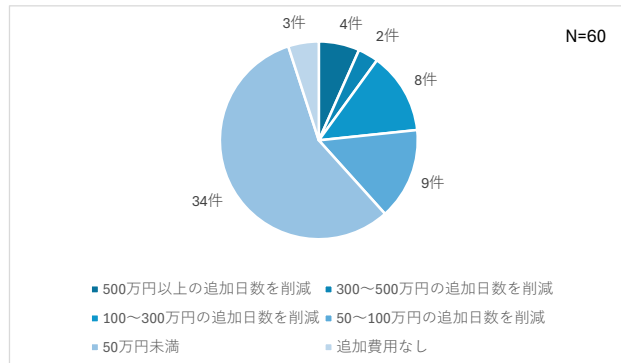


図-22 追加費用の削減金額別にみた工事件数

図-21 からは、60%以上の追加費用を削減できる工事案件は7件であることが確認できる。

図-22 からは、100万円以上の追加費用を削減できる工事案件は14件であることが確認できる。

f) 留意点

埋設物情報のフロントローディングの効果のうち、本研究において定量的な分析結果を基にしたシナリオの可視化を試みたのは、「台帳と既設管の位置ずれ」、「不明管露出」の2変数を減少させた場合の、追加作業・手待ちで生じる追加日数・追加費用の削減のみである。3章の効果の体系化で関係性が推察されたものの中でも、統計的に有意な分析結果が得られなかったものもあり、

サンプル数が少ないことなどが影響している可能性がある。より信頼性の高い分析結果を得るためには、さらに多くのデータを収集する必要がある。

5. 埋設物情報の効果的なフロントローディングによるコスト縮減方法の検討

前章では「台帳と既設管の位置ずれ」、「不明管露出」の割合を減少させることで、追加日数や追加費用の削減が見込めることを定量的な分析結果に基づき示した。本章では、「台帳と既設管の位置ずれ」や「不明管露出」の割合を効果的に減少させる具体的な方法について検討を行う。

(1) フロントローディング手法の整理

a) 地中探査技術（非破壊調査）

国土交通省道路局環境安全・防災課が令和6年3月に発出した「無電柱化のコスト縮減の手引き」は、無電柱化のコスト縮減をより進めていくことを目的に、技術検討会の検討等により得られた知見を取りまとめたものである¹⁾。同手引きの3章で無電柱化のコスト縮減における施工技術が紹介されており、その中で「地中探査技術の活用」が記載されている。表-7は同手引きに掲載の表を参考に地中探査技術の種類を整理したものである。

高精度地中探査に位置付けられている電磁波レーダー方式（マルチアンテナ）は面的に探査し、

表-7 地中探査技術¹⁾

探査方法	探査方式	探査限界深度						探査精度		調査コスト	
		非金属管			金属管			水平	深さ	手押し機器	車載機器
		φ30未満	φ30～φ100	φ100～φ150	φ150～φ200	φ200以上	φ75～φ100				
一般的な地中探査技術	高精度地中探査	電磁波レーダー方式(マルチアンテナ) ^{※1}	0.5m	1.0m	2.0m	検出不可	1.0m	±10cm	±10%	約4,000円/㎡程度 ^{※6}	—
	地中探査	電磁波レーダー方式(シングルアンテナ) ^{※2}	検出不可	1.0m	1.5m	検出不可	2.0m	±10cm	±10%	約2,500円/㎡程度	—
		車載型電磁波レーダー方式(マルチアンテナ) ^{※3}	—	—	—	—	—	±30cm	±10%	—	約3,300円/㎡程度
補完技術	個別管路における地中探査	電磁誘導方式 ^{※4}	5.0m～10.0m程度				—	±10cm	±10%	約2,500円/㎡程度	—
		液圧差方式 ^{※5}	5.0m～10.0m程度				—	—	±2cm	42,000円/回程度	—

※1：3D地下モデル化可能。最も精緻、日進調査長はシングルアンテナと比べて長い。

※2：調査測線の単断面同士を繋ぐためその間には誤差が生じる可能性が高い。

※3：交通規制を伴わずに広範囲のデータ取得可能。水平位置誤差が大きい。

※4：金属管やケーブルに微弱電流を流し、現地で位置情報を探査する。

※5：既設の空管路を使用し、圧力差により土被りを探査。使用は限定的。

※6：地中探査会社(数社)へのヒアリングに基づく。解析コストを含み目安の値。

埋設管の連続的な線形や変化点を捉えることができるため、最も精度が高い(図-23)。電磁波レーダー方式(シングルアンテナ)は調査測線の単断面同士を繋ぐため、その間には誤差が生じる可能性が高い(図-24)。車載型電磁波レーダー方式(マルチアンテナ)は水平方向の位置誤差が相対的に大きい。探査方法や探査方式によって精度が異なることから、補完技術も含め、目的と用途に応じて適切な使い分けを行う必要がある。また、地中探査は、鉛直方向に重なる埋設物などによりその下方にある埋設物の検出が困難となる場合や、多くの埋設物が輻輳している箇所では埋設物の把握が困難となる場合が多い。

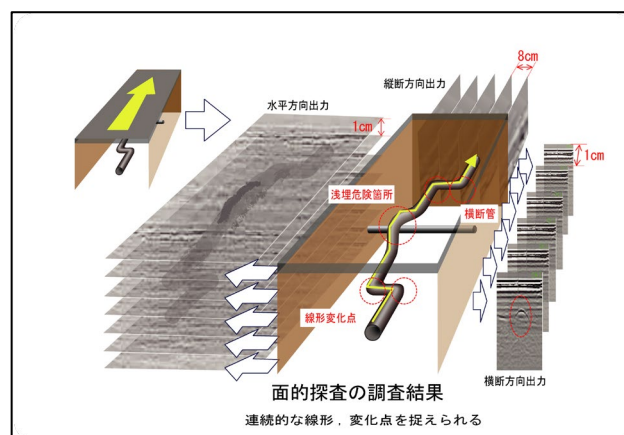


図-23 電磁波レーダー方式(マルチアンテナ)

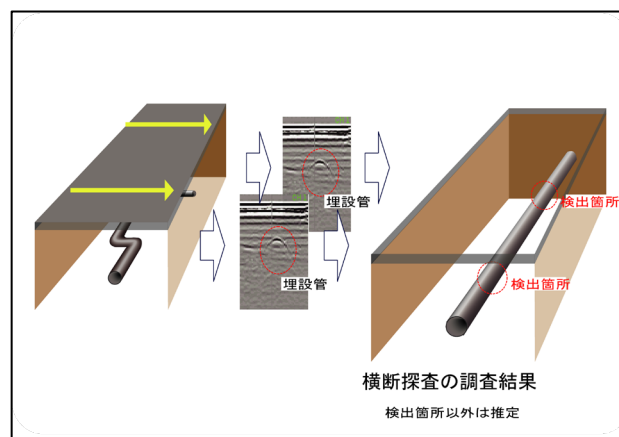


図-24 電磁波レーダー方式(シングルアンテナ)

b) 試掘調査

掘削により既設埋設物を露出させ、位置や大きさを実測するため、正確な情報を得ることが可能である。ただし、正確な情報が得られる範囲は掘削を行った範囲に限られるため、試掘箇所以外の埋設物位置は推定となる。本研究において実施したアンケート調査結果からも、試掘調査の情報による効果は追加作業・手待ちの削減を図るうえで十分とは言えない。

c) 地中探査と試掘調査の組み合わせ

地中探査と試掘調査は、それぞれ一長一短があり、組み合わせることで、効果的に精度向上を図ることができる。地中探査を面的に実施した上で、特殊部の設置を検討している箇所など埋設物の干渉によるリスクが高い箇所や、地中探査の検出精度が低下する箇所においては、試掘調査を組み合わせる。地中探査により、試掘調査の掘削時に予期せぬ埋設物の露出などによる埋設物損傷リスクを低減することができる。試掘結果により地中探査結果を補完し、キャリブレーションによる同一環境条件下の探査精度向上にもつながる。

(2) 実施時期の検討

a) 考え方

本来は概略・予備設計や詳細設計段階で得られる効果を施工段階で得られる効果と比較し、効果的な実施時期を示したいが、本研究で得ているデータは工事段階のアンケート結果のみである。そこで、以下の2つの段階のケースを比較し、仮定に基づくシナリオ条件下での、追加日数および追加費用の削減割合や削減数の差を確認する。

①詳細設計段階でフロントローディングを実施した場合の想定ケース：準備工、特殊部施工、管路部施工段階での削減日数または削減費用の総和

②工事受注後の準備工段階で実施した場合の想定ケース：特殊部施工、管路部施工段階での削減日数または削減費用の総和

4章において試算した追加日数や追加費用の削減数のデータを用いて、準備工段階の効果を含めたケースと除外したケースを比較した。

b) 実施時期を想定した追加日数、追加費用の比較

図-25に、4章の図-19のシナリオ条件下で削減できる日数別に工事案件数を比較、図-26に削減できる費用別に工事案件数を比較した結果を示す。シナリオ条件下での追加日数の削減は、①のケースでは30日以上削減が見込まれる工事件数は28件だが、②のケースでは18件に減っている。

また、90日以上削減が見込まれる工事件数が

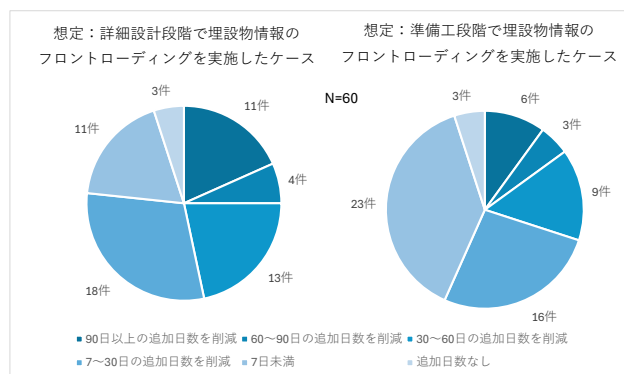


図-25 実施時期を想定した追加日数削減比較

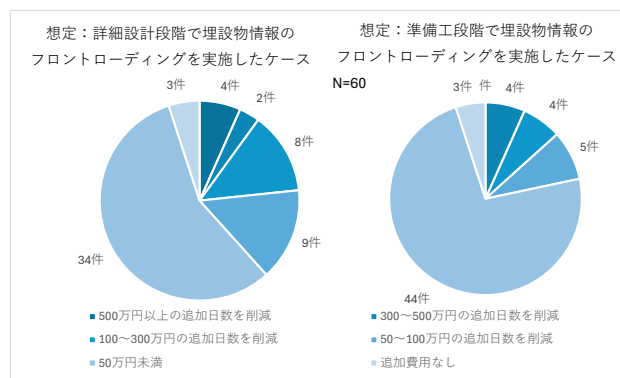


図-26 実施時期を想定した追加費用削減比較

11件から6件に大きく減少している。シナリオ条件下での追加費用の削減は、①のケースでは100万円以上の削減が見込まれる工事件数は14件だが、②のケースでは8件に減っている。また、500万円以上の削減が見込まれる工事件数が4件から0件に大きく減少している。

c) 考察

本研究で効果の定量化に用いてきた「台帳と既設管の位置ずれ」、「不明管露出」は、前述のとおり、準備工段階の修正設計と関係性がみられることから、準備工段階で見込まれる追加日数や追加費用の削減分がそのまま差分として表現されている。とりわけ、「台帳と既設管の位置ずれ」による影響は工事の準備工段階でみられることから、埋設物情報のフロントローディングによる効果を十分に発揮するためには、工事の準備工段階ではなく、詳細設計の精度向上に資する設計前段階での活用が適切であると考えられる。

(3) 効果的なコスト縮減方法の考察

本研究で実施した追加作業・手待ちの実態調査に基づく定量分析および、フロントローディング手法の検討の結果、電線共同溝工事における効果的なコスト縮減方法として、以下の方策を提示する。

a) フロントローディング実施時期

(2)の定量分析の結果は、フロントローディングの実施時期が削減効果の規模に影響を与えることを明確に示している。特に、詳細設計・準備工段階（ケース①）で埋設物情報の精度向上を図った場合、工事受注後の実施（ケース②）と比較して、長期的な工期遅延（90日以上）や最大規模の費用超過（500万円以上）リスクに対する削減ポテンシャルが向上することが確認された。

したがって、コスト縮減に資するためには、埋設物情報の精度向上を、施工段階ではなく、設計段階などの可能な限り早期の段階で実施することが効果的である。

b) 実践的なフロントローディング方策

追加作業・手待ちの要因として、関係性が定量

的に示された「台帳と既設管の位置ずれ」、「不明管露出」の割合を低減することができる取り組みが必要であり、地中探査および試掘調査を組み合わせる方法が現状の最善の手法である。ただし、本研究で実施したアンケート調査回答では事例が極めて少なく、定量的な効果の分析を実施できていない。適用事例のデータを収集し、分析を行うことで、より最適な手法の提案が可能となると考えられ、今後の研究課題とする。

6. 結論

(1) 本研究の成果

本研究は、電線共同溝工事における追加作業・手待ちの実態とその要因をアンケート調査結果に基づくデータを用いて定量的に把握した。さらに、埋設物情報のフロントローディングがもたらすコスト削減効果を体系化し、そのポテンシャルを評価する定量分析手法（順序ロジスティック回帰分析等）を提示した。この分析手法を用いた試算の結果、コスト削減の可能性をより大きくするためには、工事受注後の準備工段階ではなく、詳細設計段階においてフロントローディングを実施することが重要であることを明確に示した。これにより、埋設物情報の精度向上の合理的な意思決定を支援する知見を提供した。

(2) 今後の課題

本分析はアンケート調査結果から得られた情報を基に定量的な評価を試みたが、因果関係を厳密に証明したものではない。未観測の交絡要因が影響している可能性も考えられる。因果推定の強化が必要である。また、分析に用いたサンプルサイズは 60 件であり、分析結果の一般化には不十分である。より多くのデータを用いた分析が必要である。

本研究の定量評価では、フロントローディング実施に要する費用（投資）については考慮しておらず、費用対効果の観点からの厳密な評価に至っていない。今後は、埋設物情報の精度向上手法のコスト情報を組み込んだ費用対効果分析を確立し、どの手法を、どの場所で、どのタイミングで適用すべきかの経済的な最適解を提示することを目標とする。そのための活用事例の蓄積や、事例に基づく定量的な費用および効果に関するデータの収集に取り組む必要がある。

謝辞

本研究は一般財団法人建設物価調査会の研究助成を受けたものである。調査・研究にあたっては、アンケート調査票の作成にご助言をくださった皆様、ご多忙の中、アンケートにご協力いただいた

皆様に、心より感謝申し上げます。また、建設物価調査会の皆様には、研究遂行に係るご助言をいただき、研究の完遂まで絶えず研究者に寄り添いご支援いただきましたこと、心より感謝申し上げます。

注釈

注1) <https://www.i-ppi.jp/IPPI/SearchServices/Web/Index.htm>（最終閲覧日：2025年3月28日）

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：無電柱化のコスト削減の手引き，令和6年3月
- 2) 瀧本，大城，小川：電線共同溝工事の現場調査による工種別のコスト及び作業時間に関する分析，第34回日本道路会議論文集，令和3年11月