

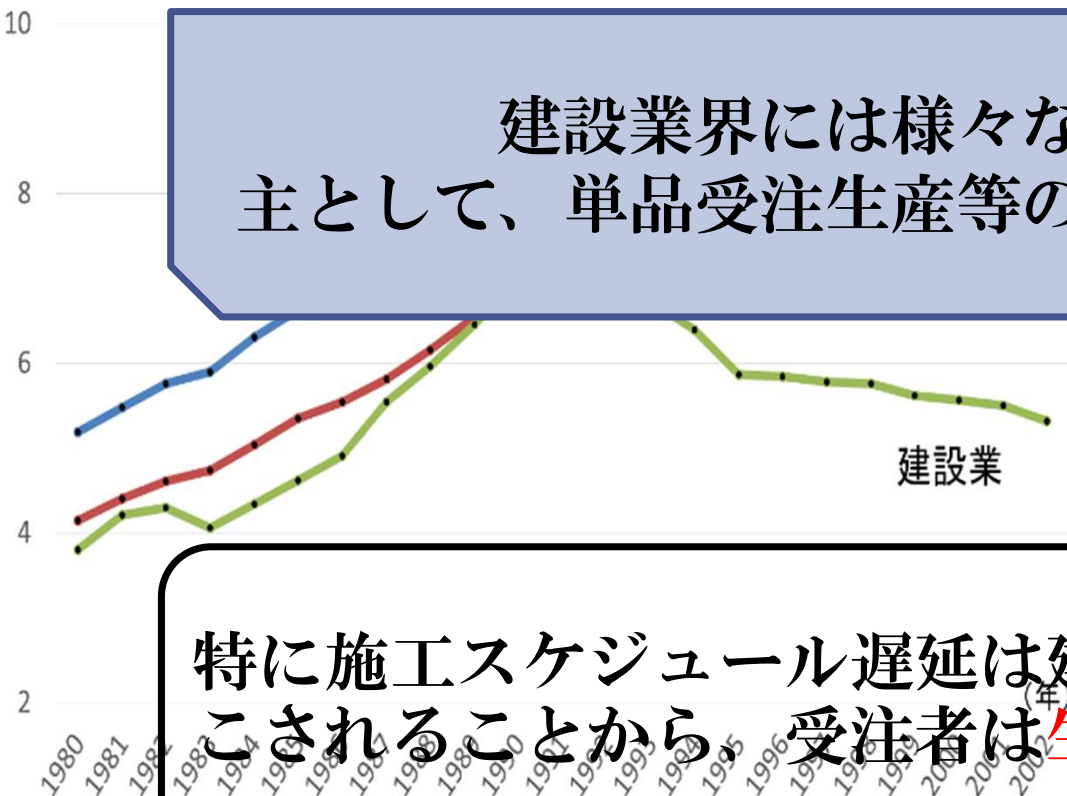
# 地中工事における埋設管の干渉による施工遅延分析

計画マネジメント・皆川研究室  
高村 脩登

# 社会的背景

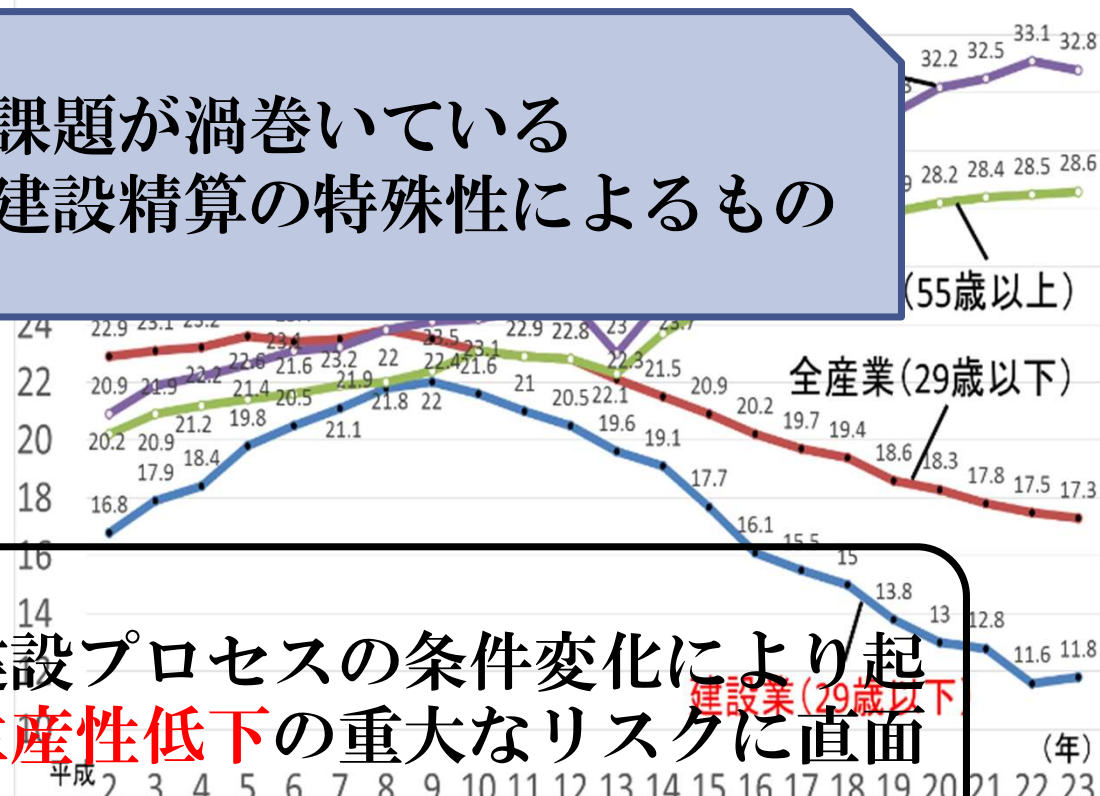
産業別労働生産性の推移

(百万円/人)



(%)

建設業就業者の年齢構成の推移



建設業界には様々な課題が渦巻いている  
主として、単品受注生産等の建設精算の特殊性によるもの

特に施工スケジュール遅延は建設プロセスの条件変化により起こされることから、受注者は生産性低下の重大なリスクに直面

# 社会的背景

重大な施工スケジュール遅延は建設プロセスの予測不可能な条件変化により、起こされることから設計変更や施工遅延の結果として、受注者は**生産性の低下**の重大なリスクに直面

## 試行事例における受発注者間のリスク分担

大項目	小項目	橋梁	共同溝	シールド	NATM	築堤	設備	カルバート
技術特性	工法等	乙	乙	乙	乙	乙	乙	乙
	特許など		乙				乙	
	載熱量						協議	
	構造物					協議		
	現地の整合 提案内容の微細変更 その他	乙	乙	乙	乙	乙		乙
自然条件	湧水・地下水	協議	協議	乙		協議	乙	
	支持地盤	協議	協議	乙	協議	協議	乙	乙
	作業用道路・ヤード	乙	乙	乙	乙	乙		乙
	気象・海象	乙	乙	乙	乙	乙	甲	乙
	洪水、雪以外の気象	甲						
社会条件	その他	乙	乙	乙	乙	乙		
	地中障害物	乙	乙	乙	協議	協議	協議	協議
	地中危険物	乙	甲	乙				
	冠水	乙		乙	乙	乙		乙
	騒音・振動	乙	乙	乙	乙	乙	乙	乙
	水質汚濁	乙	乙	乙	乙	乙	乙	乙
	作業用道路・ヤード	乙	乙	乙	乙	乙	協議	乙
	現道作業	乙	乙	乙		乙	乙	
	発電所からの影響	甲						
	高圧電線						乙	
立木伐採						協議		
建設副産物		乙				甲		
その他	乙	乙	甲	乙	乙		乙	

# 目的

- 公共工事では設計時に予見されていない埋設物の存在が、工事の大幅遅延
- 施設管理等は2次元図面でのみ公開
- 統合的に3次元管理できる技術は整いつつある

実施工に基づく仮想  
施工による設計



予測できる条件



理想的な形で、精度  
が高い地中埋設物の  
図面があると仮定



# GNSS (Global Navigation Satellite System)

• GNSS (Global Navigation Satellite System) とは地下埋設物可視化システムのことであり、タブレット端末、可視化用アプリケーション、緯度・経度情報を付与した地下埋設物図面のクラウドデータベースで構成される中のひとつ



※ [http://qzss.go.jp/news/archive/shimizu\\_160406.html](http://qzss.go.jp/news/archive/shimizu_160406.html)

- ① タブレット端末とGNSSアンテナ・受信機を携行し現場へ
- ② 周辺に存在する地下埋設物のリストがタブレット端末に自動表示
- ③ 確認したい埋設物を選択すると当該図面が表示
- ④ タブレット端末のカメラを地表面に向けると、埋設物がオーバーレイ表示される

# 目的

実施工データに基づく  
施工遅延分析

仮想施工計画による  
施工遅延分析

予測できない条件

予測できる条件

スケジュール遅延

スケジュール通り

生産性の縮小

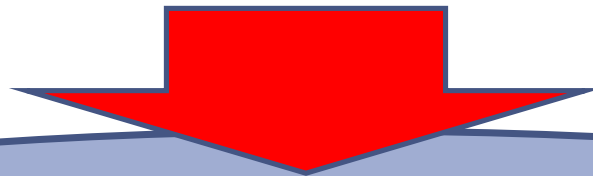
生産性改善

2つの設計を比較・検討し  
施工遅延分析



# PMS (Project Management Software)

PMS (Project Management Software) とはプロジェクトマネジメントを支援するために開発されたソフトウェア。  
マネジメント要素として①工程(process)、②原価(cost)、③資源(resource)の3要素のみを対象とし、これらの3要素は互いに強い影響関係があり、両者の特質や利害が反する関係となる。



プロジェクトマネジメントでは、これら3要素を考慮しつつどれだけコストを抑えて効率よく作業するかがポイントとなる。このため追加、変更が生じたときにそれを明確に認識し、その変化の影響を調査する情報を詳細に把握する手段として、プロジェクトマネジメントソフトウェアが有効

# Microsoft Project

Microsoft Projectは、スケジュールやリソース、コストなどさまざまな要素が複雑にからみ合うプロジェクトを効率よく管理し、プロジェクトの期限内、予算内の達成を強力にサポートするプロジェクトマネジメントツールです。

またMicrosoft Projectは、分析機能やシミュレーション機能も充実しており、スケジュールの進捗やリソースの負荷状況を早期に見極め、プロジェクトの現況を正確に把握できます。そのため、計画の変更にも素早く対応でき、常にプロジェクトを適正化することができます。



# フロントローディング

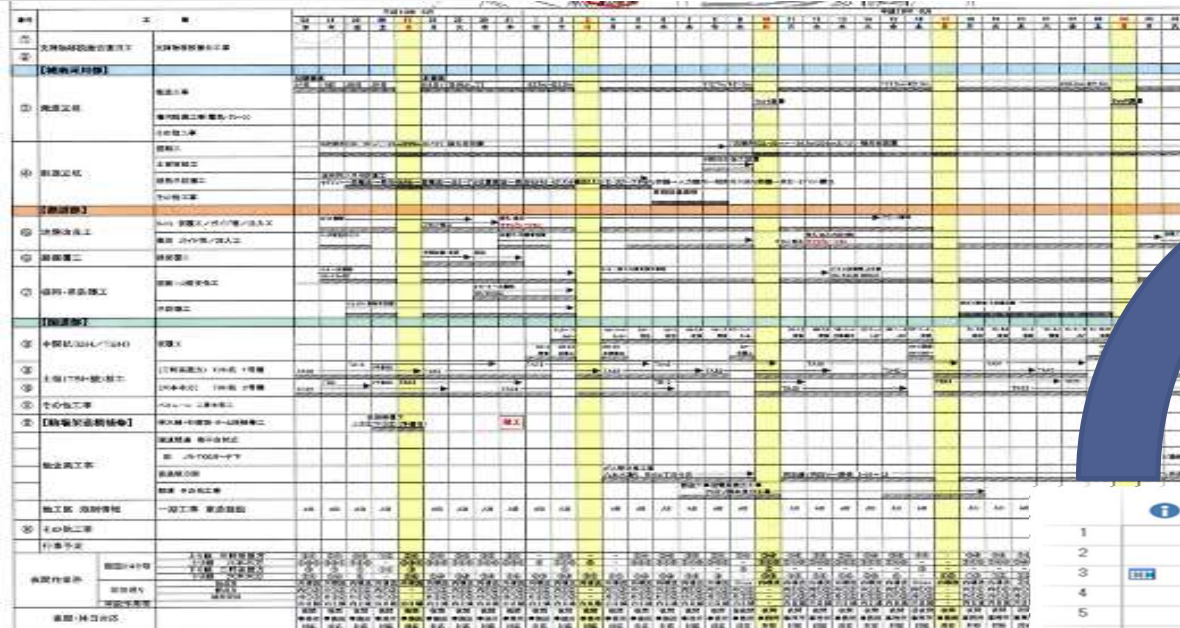
- ・スケジュールの前倒しとコスト低減を実現するフロントローディング

フロントローディングとは、一般的に設計初期の段階に負荷をかけ（ローディング）、作業を前倒して進めること

BIMでは、設計初期に、3次元モデルと必要な属性情報の作り込みを行い、情報を活用したシミュレーションや検証を行うことで、初期段階に負荷をかけて（フロントローディング）事前に設計検討や問題点の改善を図ることにより、早い段階で設計品質を高めることが可能

従来は模型を作成して設計検討、改良、確認をおこなっていましたが、BIMの導入でこうした工程に替えて、3次元モデルをバーチャルに可視化し、シミュレーションによる検証によって容易に品質の最適化を図ることが可能。これにより、設計の現場で頻発する手戻りによるスケジュールの長期化や、無駄なコストの発生を事前に防ぐことが可能

# 研究方法



プロジェクトマネジメント  
ソフトウェアにより構築



工期遅延の原因タスクの特定



タスクの影響度を重大に想定

プロジェクトマネジメントソフト  
ウェアにより解析

施工性向上の効果を間接的に評価

タスク モード	タスク名	期間	開始日	終了日
	試掘工	112日	05/01/11 (火)	05/06/30 (木)
	試掘工「A」	97日	05/01/28 (金)	05/06/30 (木)
	試掘工(車道部)	4日	05/01/28 (金)	05/02/01 (火)
	試掘工(車道部)	4日	05/02/19 (土)	05/02/23 (水)
	試掘工(磁気探査)	2日	05/04/04 (月)	05/04/05 (火)
	試掘工(車道部)	2日	05/04/06 (水)	05/04/07 (木)
	試掘工(車道部)	5日	05/04/08 (金)	05/04/13 (水)
	試掘工(車道部)	5日	05/04/14 (木)	05/04/19 (火)
	試掘工(追加分)	4日	05/04/18 (月)	05/04/21 (木)
	試掘工(車道部)	9日	05/05/12 (木)	05/05/21 (土)
	試掘工(車道部)	6日	05/05/23 (月)	05/05/28 (土)
	試掘工(車道部)	2日	05/05/27 (金)	05/05/28 (土)
	試掘工(車道部)	5日	05/06/25 (土)	05/06/30 (木)
	試掘工(復旧工)	7日	05/06/23 (木)	05/06/30 (木)
	探査工「A」	54日	05/04/18 (月)	05/06/28 (火)
	探査工(磁気探査)	10日	05/04/18 (月)	05/04/28 (木)
	探査工(磁気探査)	8日	05/04/20 (水)	05/04/28 (木)
	探査工(磁気探査)	10日	05/05/16 (月)	05/05/26 (木)
	探査工(磁気探査)	10日	05/06/01 (水)	05/06/11 (土)
	探査工(磁気探査)	14日	05/06/13 (月)	05/06/28 (火)
	試掘工「B」	102日	05/01/17 (月)	05/06/24 (金)
	試掘工(車道部)	1日	05/01/17 (月)	05/01/17 (月)
	試掘工(歩道部)	10日	05/01/20 (木)	05/01/31 (月)
	試掘工(歩道部)	2日	05/01/26 (水)	05/01/27 (木)
	試掘工(車道部)	1日	05/01/31 (月)	05/01/31 (月)
	試掘工(車道部)	5日	05/02/01 (火)	05/02/05 (土)
	東電緊急工事	5日	05/02/07 (月)	05/02/11 (金)
	試掘工(車道部・仮復旧)	2日	05/02/14 (月)	05/02/15 (火)

# 対象プロジェクト工事概要

## ◆施工者

某建設共同企業体 (JV)

## ◆期間

平成17年1月～平成26年12月

## ◆提供して頂いたデータ

設計図面 (2次元DWGデータ)

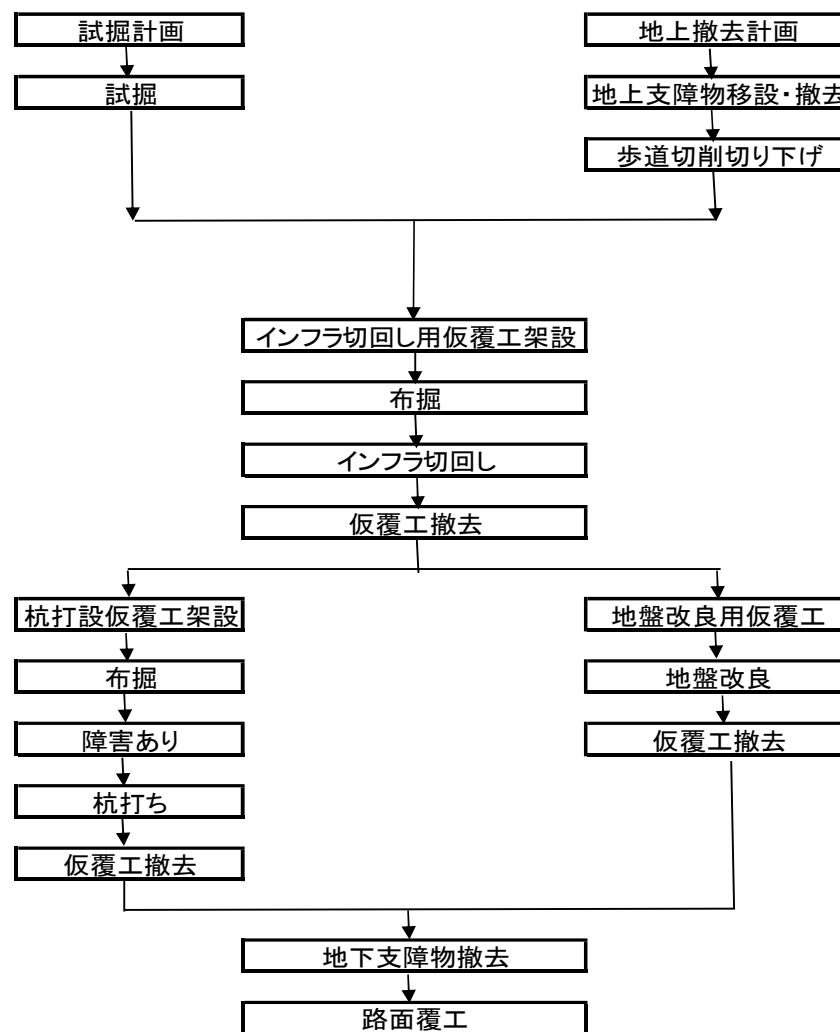
月間工程表 (120枚)

コスト概算表 (2枚)

## ◆対象期間

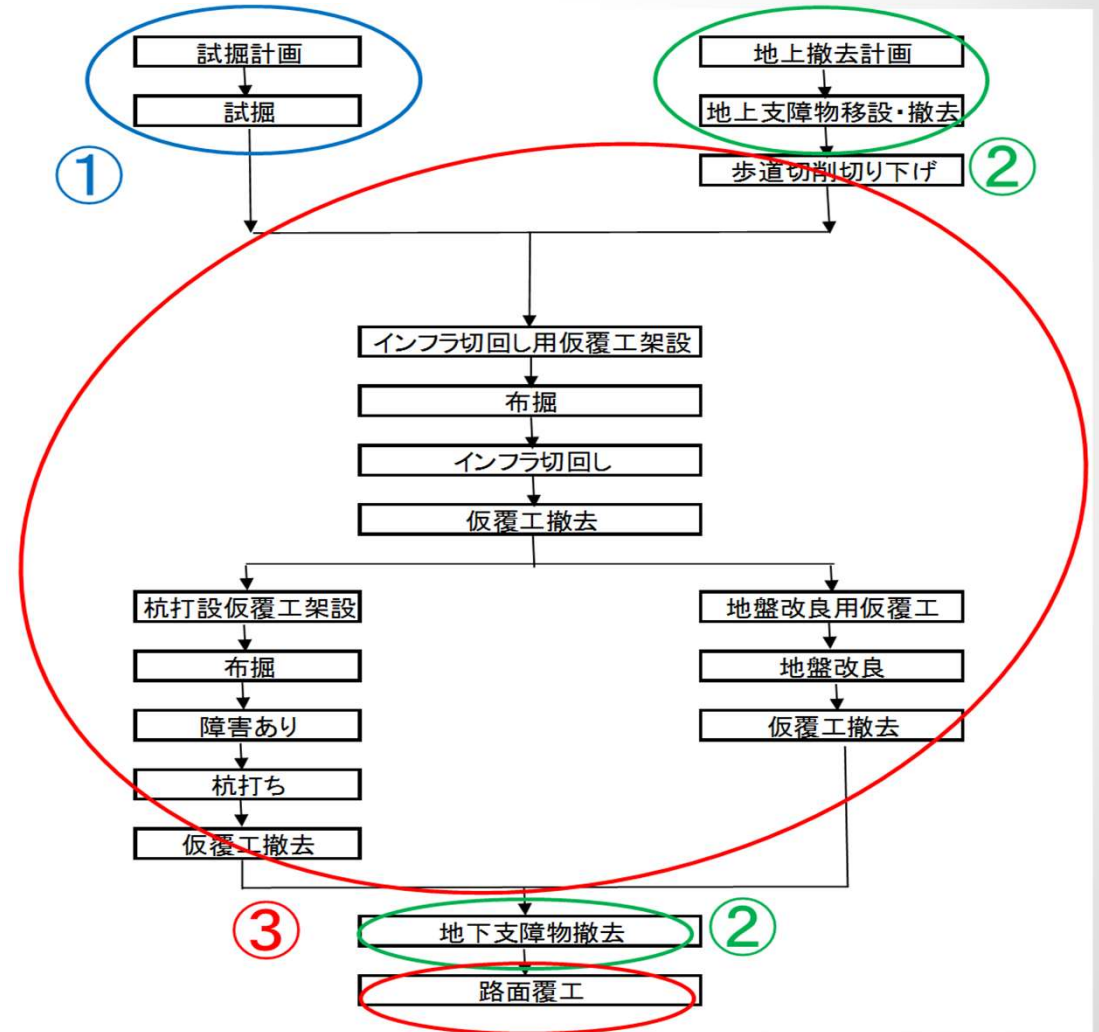
平成17年1月から～平成18年12月

一部路面覆工完了まで



# 対象工事の施工手順

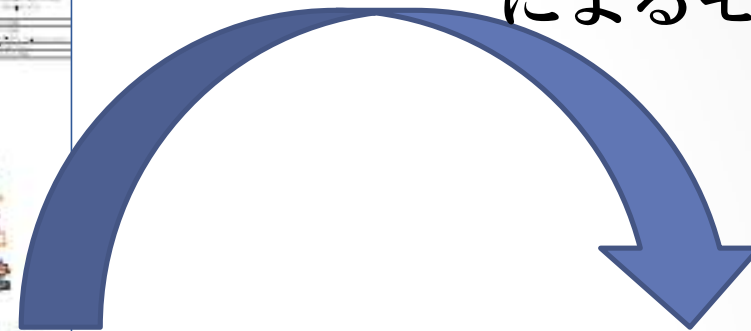
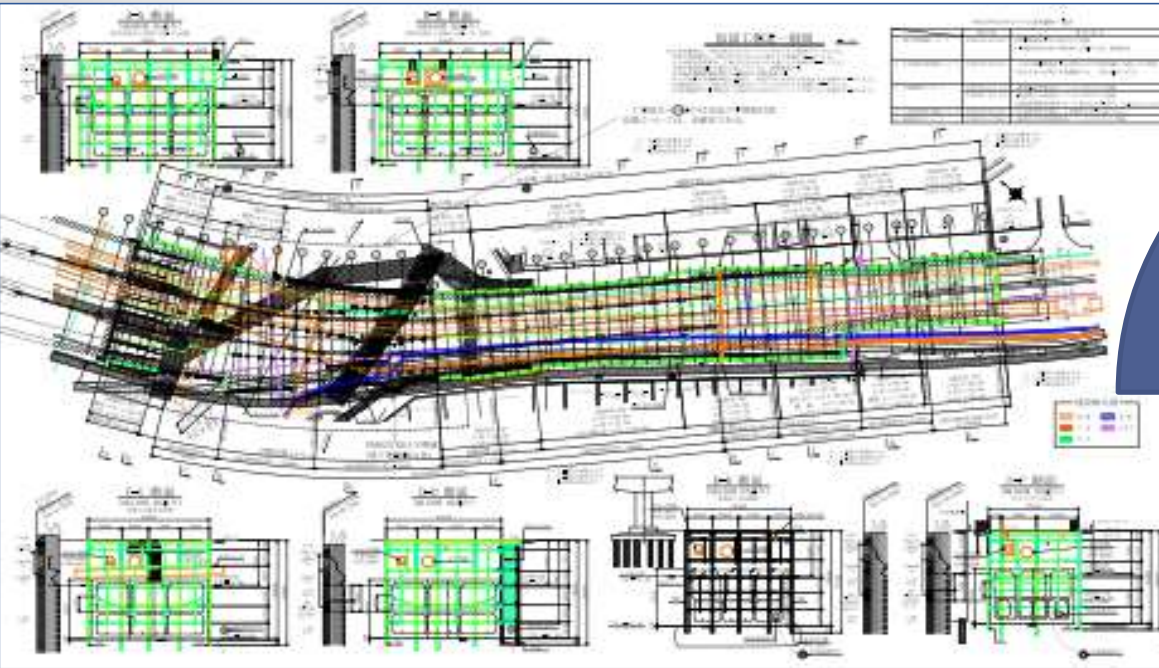
- ①試掘工
- ②支障物撤去工
- ③仮設工
- 2年間分の月間工程表を3つに分類し、それぞれ施工遅延分析する
- 個別に施工計画として全体の計画にどれだけの影響度を与えるかを分析する





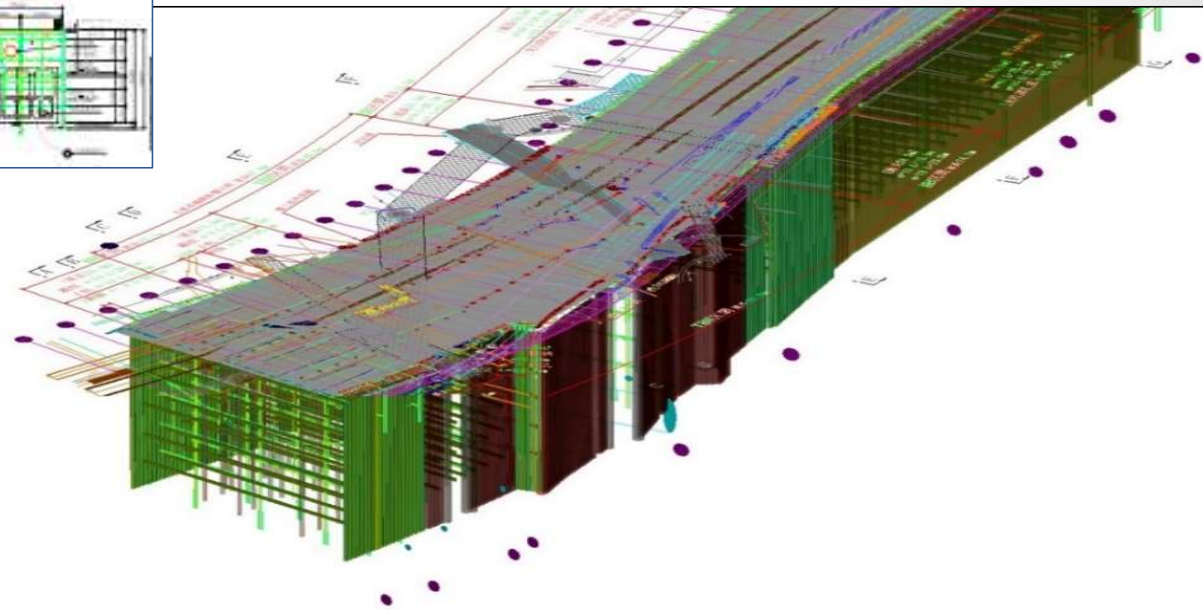
# 2次元図面の3次元モデル化

CIMソフトウェア  
によるモデル化

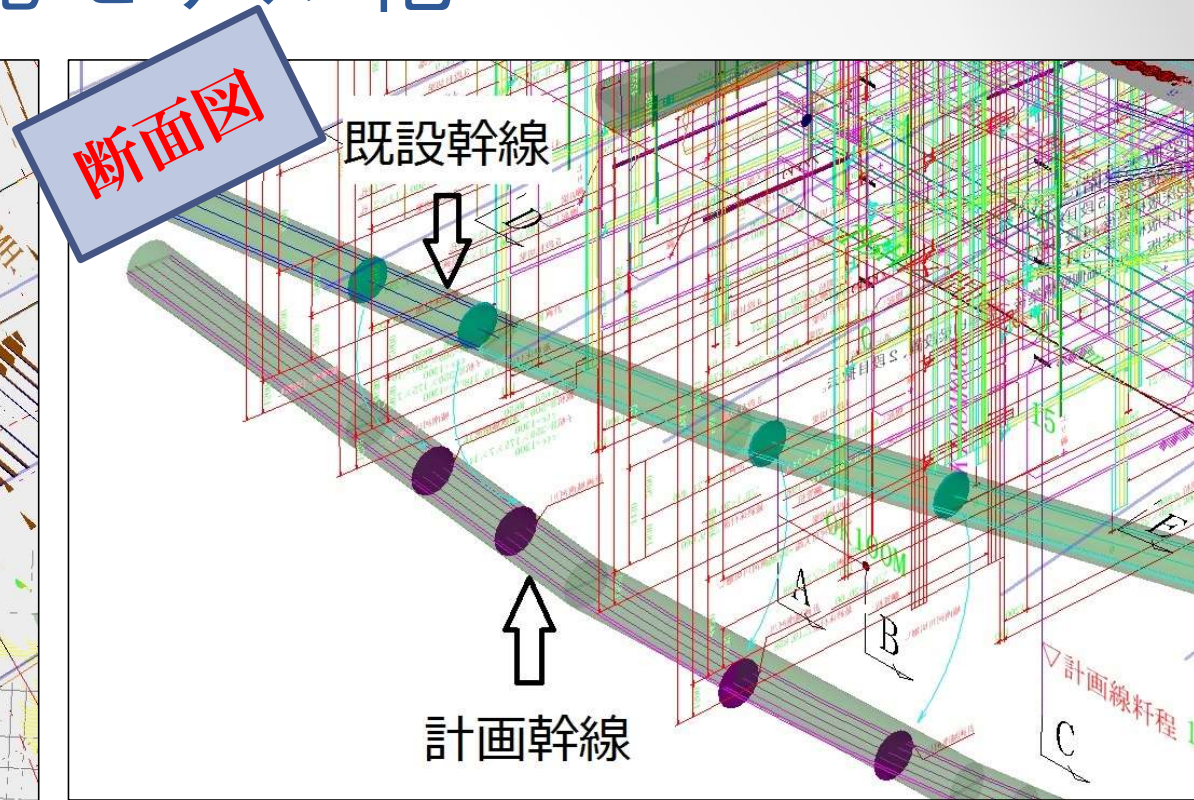
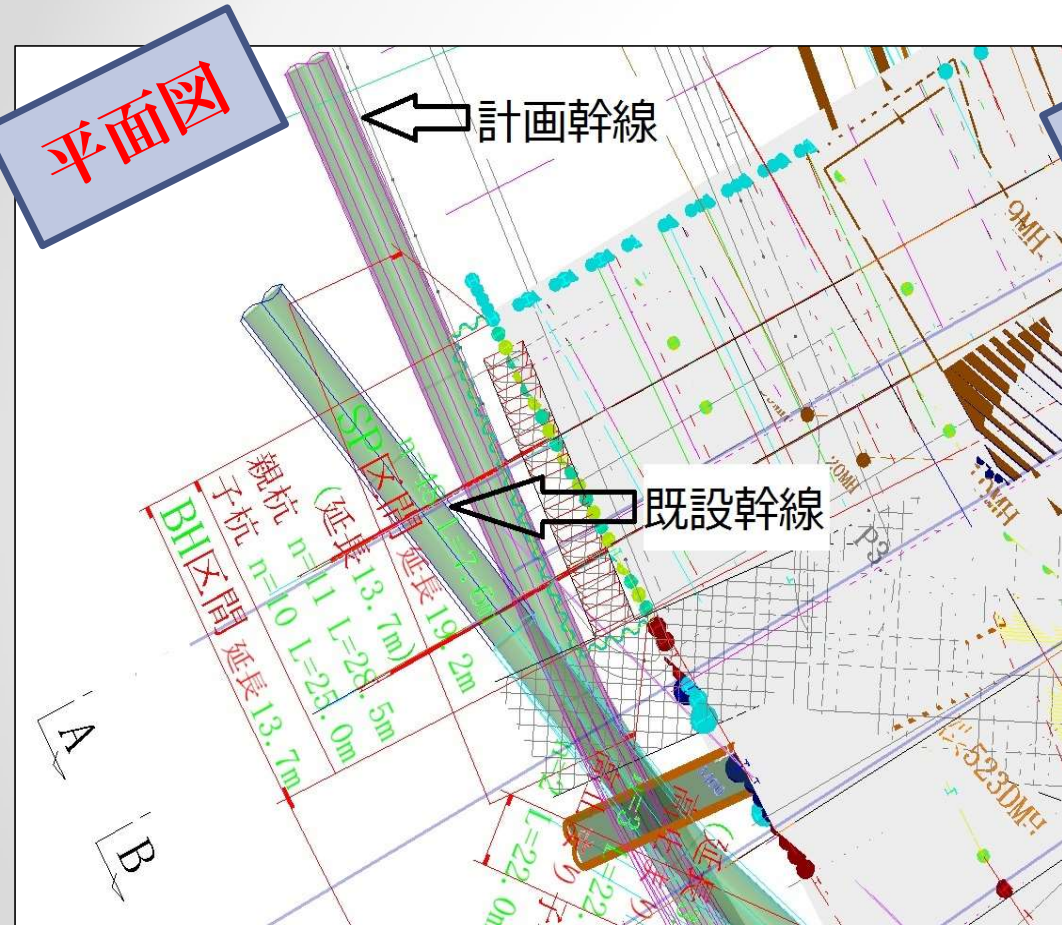


## 2次元図面のモデル化

- 不整合の確認
- 埋設物の位置関係を再現

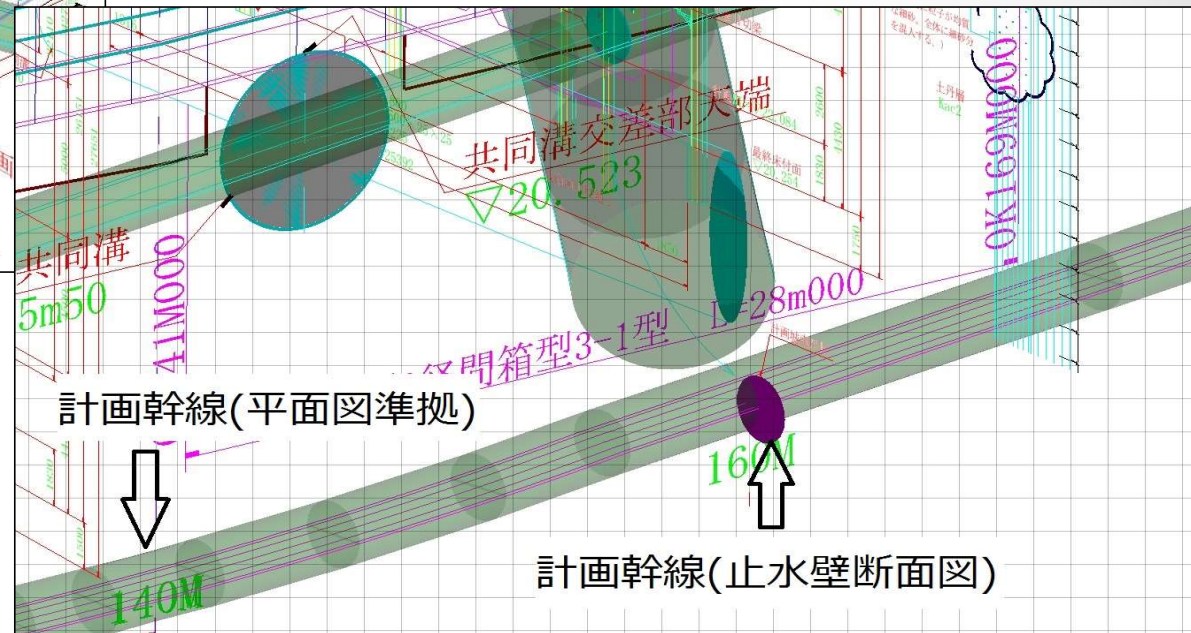
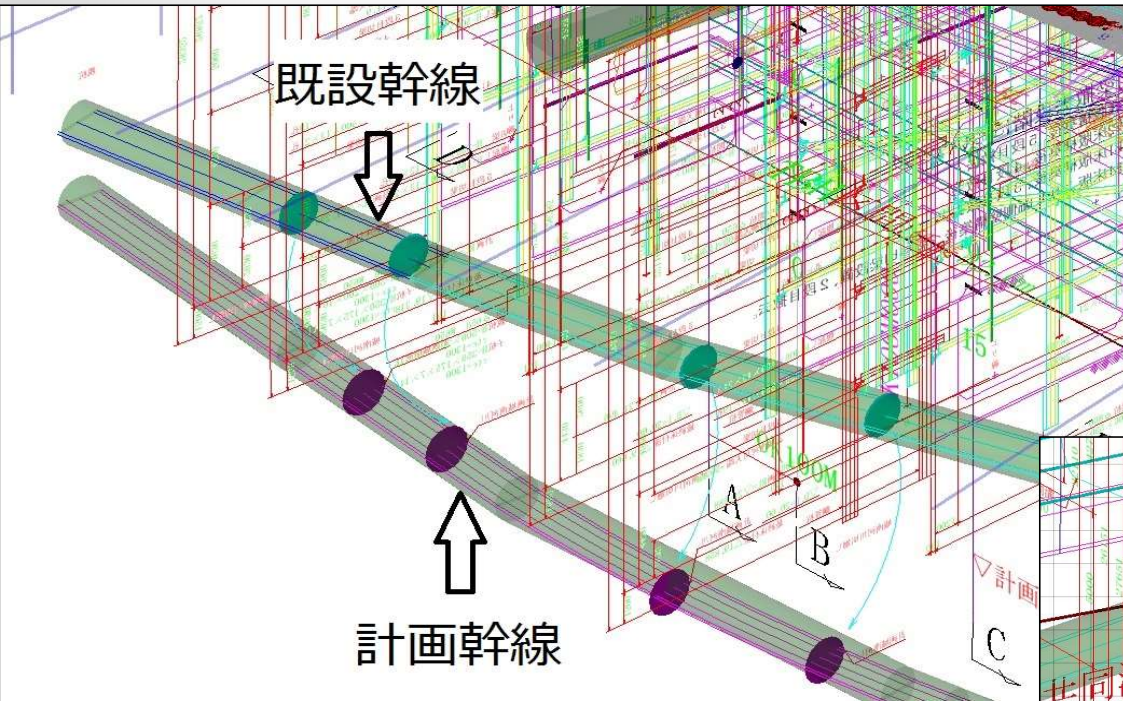


# 2次元図面の3次元モデル化





# 2次元図面の3次元モデル化



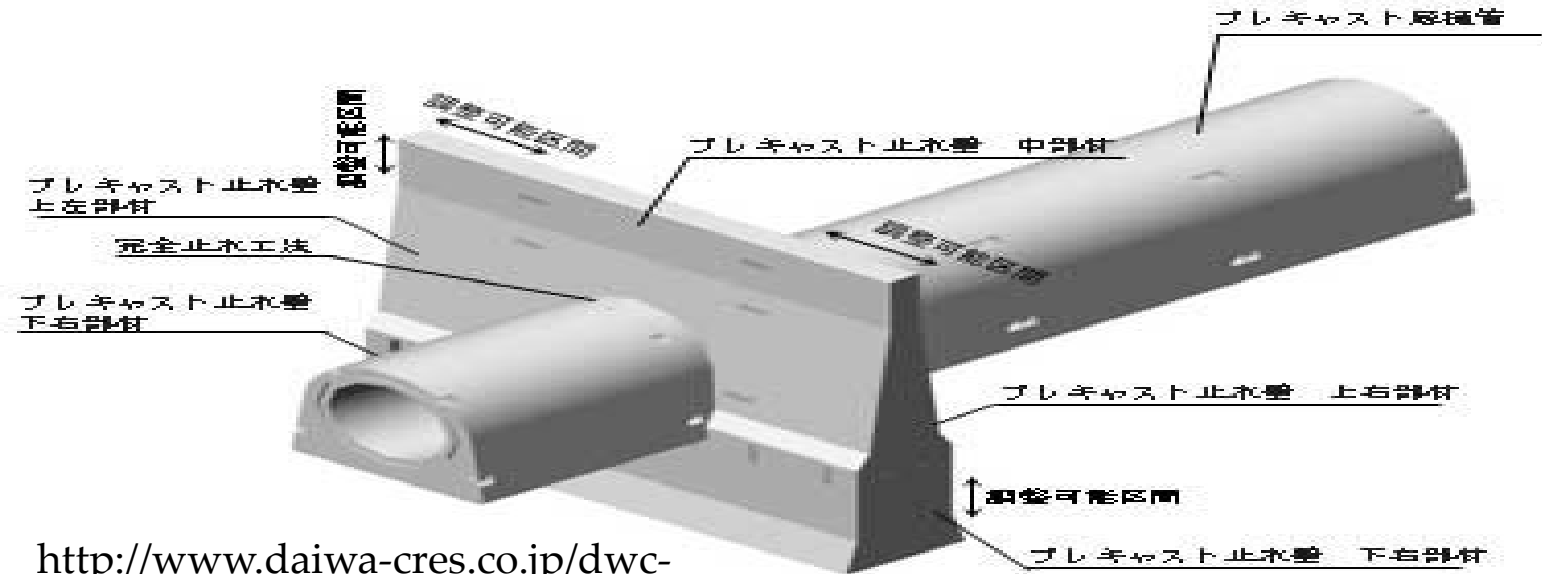
既設幹線と計画幹線において  
2次元図面間の不整合が確認



# 止水壁とは

一般に止水壁は透水性地盤を対象として掘削位置への地下水流入を遮断する目的で作られる壁を意味する。

止水壁としては矢板、シート・パイル、コンクリート、セメントなど地中に打ち込む方法や薬液を圧入するなど、種々の工法が開発されている。



[http://www.daiwa-cres.co.jp/dwc-mnngpage/upload\\_images/142/uploads\\_dir54/1363398183-system\\_5143ce278a764.j](http://www.daiwa-cres.co.jp/dwc-mnngpage/upload_images/142/uploads_dir54/1363398183-system_5143ce278a764.j)

# C I Mとは

- ・コンピュータ上に作成した3次元の形状情報に加え、部材の仕様、コスト情報等、建物の属性情報を併せもつ建物情報モデルを構築すること
- ・CIM活用により、設計、施工、維持管理に至るまでの建設ライフサイクル全体のあらゆる工程での生産性を向上させたものである

## C I M活用時によるメリット

- ① 情報の利活用による設計の可視化。
- ② 設計の最適化（整合性の確保）。
- ③ 施工の高度化（情報化施工）、判断の迅速化。
- ④ 維持管理の効率化、高度化。
- ⑤ 構造物情報の一元化、統合化。
- ⑥ 環境性能評価、構造解析等高度な技術解析の適用。





# 区間設定

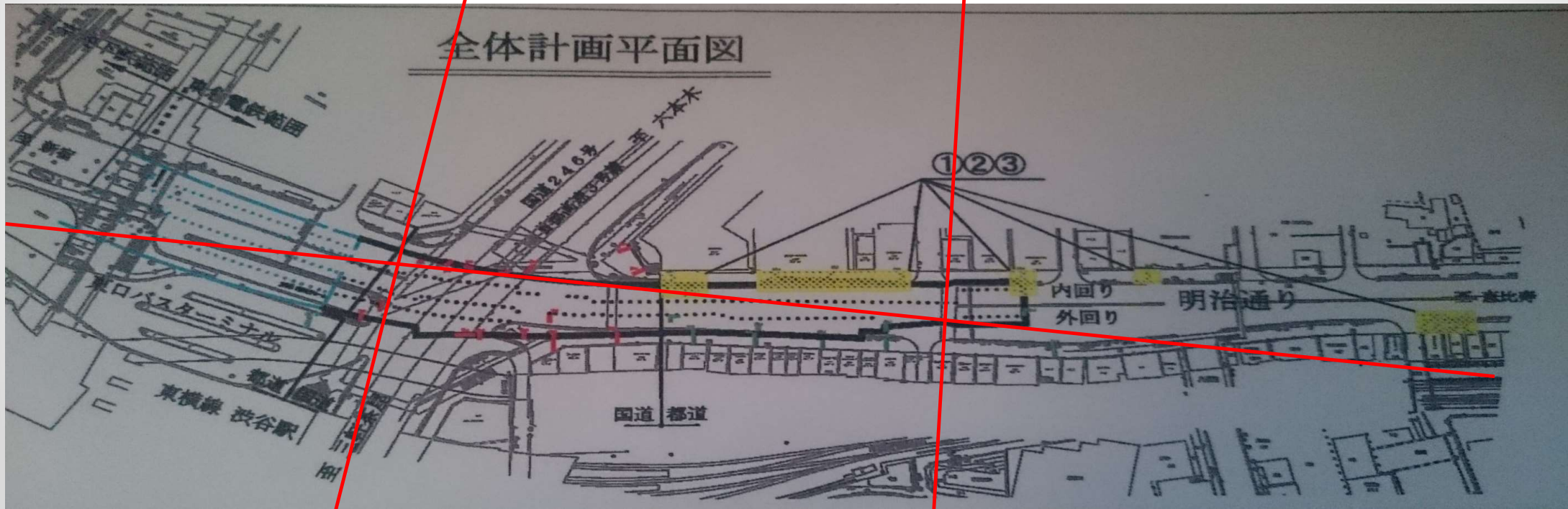
- 広範囲の工事のため、タスクを定義する際に、どの工事がどの場所で行われていたかわかりやすくするため区間設定を行った

青

A区間

B区間

C区間



緑

# 実施施工計画ガントチャート

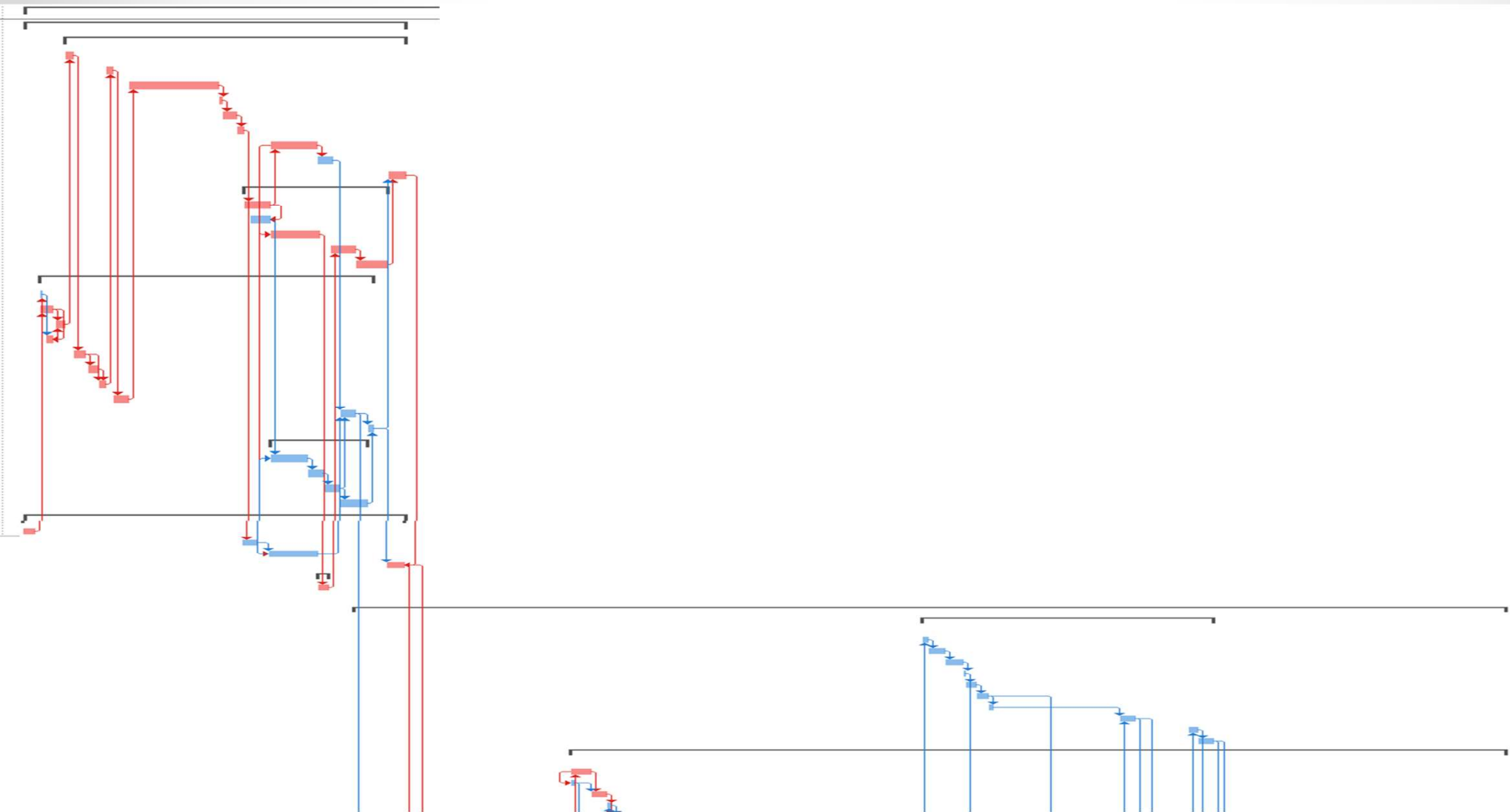
	タスクモード	タスク名	期間	開始日	終了日
1		全行程	533日	05/01/11 (火)	06/12/09 (土)
2		試掘工	104日	05/01/11 (火)	05/06/25 (土)
3		試掘工「A」	89日	05/01/28 (金)	05/06/25 (土)
4		試掘工(車道部)	3日	05/01/28 (金)	05/01/31 (月)
5		試掘工(歩道部)	3日	05/02/15 (火)	05/02/17 (木)
6		試掘工(車道部)	2日	05/02/25 (金)	05/04/04 (月)
7		試掘工(車道部)	2日	05/04/05 (火)	05/04/06 (水)
8		試掘工(車道部)	5日	05/04/07 (木)	05/04/12 (火)
9		試掘工(車道部)	3日	05/04/13 (水)	05/04/15 (金)
10		試掘工(車道部)	9日	05/04/28 (木)	05/05/17 (火)
11		試掘工(車道部)	6日	05/05/18 (水)	05/05/24 (火)
12		試掘工(復旧工)	7日	05/06/18 (土)	05/06/25 (土)
13		探査工「A」	46日	05/04/16 (土)	05/06/17 (金)
14		探査工(磁気探査)	10日	05/04/16 (土)	05/04/27 (水)
15		探査工(磁気探査)	8日	05/04/19 (火)	05/04/27 (水)
16		探査工(磁気探査)	10日	05/04/28 (木)	05/05/18 (水)
17		探査工(磁気探査)	10日	05/05/24 (火)	05/06/03 (金)
18		探査工(磁気探査)	12日	05/06/04 (土)	05/06/17 (金)
19		試掘工「B」	87日	05/01/17 (月)	05/06/11 (土)
20		試掘工(車道部)	1日	05/01/17 (月)	05/01/17 (月)
21		試掘工(歩道部)	6日	05/01/17 (月)	05/01/22 (土)
22		試掘工(歩道部)	4日	05/01/24 (月)	05/01/27 (木)
23		試掘工(車道部)	3日	05/01/20 (木)	05/01/22 (土)
24		試掘工(車道部)	5日	05/02/01 (火)	05/02/05 (土)
25		東電緊急工事	5日	05/02/07 (月)	05/02/11 (金)
26		試掘工(車道部・仮復旧)	2日	05/02/12 (土)	05/02/14 (月)
27		試掘工(歩道部・仮復旧)	6日	05/02/18 (金)	05/02/24 (木)
28		MH内部調査工事	6日	05/05/28 (土)	05/06/03 (金)
29		試掘工(復旧工)	3日	05/06/09 (木)	05/06/11 (土)
30		探査工「B」	28日	05/04/28 (木)	05/06/08 (水)
31		探査工(磁気探査)	6日	05/04/28 (木)	05/05/13 (金)
32		探査工(磁気探査)	6日	05/05/14 (土)	05/05/20 (金)
33		探査工(磁気探査)	6日	05/05/21 (土)	05/05/27 (金)
34		探査工(磁気探査)	10日	05/05/28 (土)	05/06/08 (水)
35		試掘工「C」	104日	05/01/11 (火)	05/06/25 (土)
36		試掘工(歩道部)	5日	05/01/11 (火)	05/01/15 (土)
37		試掘工(追加分)	6日	05/04/16 (土)	05/04/22 (金)
38		試掘工(追加分)	10日	05/04/28 (木)	05/05/18 (水)
39		試掘工(復旧工)	7日	05/06/18 (土)	05/06/25 (土)
40		探査工「C」	4日	05/05/19 (木)	05/05/23 (月)
41		探査工(磁気探査)	4日	05/05/19 (木)	05/05/23 (月)
42					
43		支障物撤去工	402日	05/06/04 (土)	06/10/17 (火)
44		支障物移設撤去復旧工「A」	157日	05/11/22 (火)	06/06/12 (月)
45		中央分離帯仮囲い、設置	3日	05/11/22 (火)	05/11/24 (木)
46		歩道切削	6日	05/11/25 (金)	05/12/01 (木)
47		自転車横断帯移設・延長拡幅	7日	05/12/02 (金)	05/12/09 (金)
48		街渠撤去	1日	05/12/10 (土)	05/12/10 (土)



# 実施施工計画ガントチャート

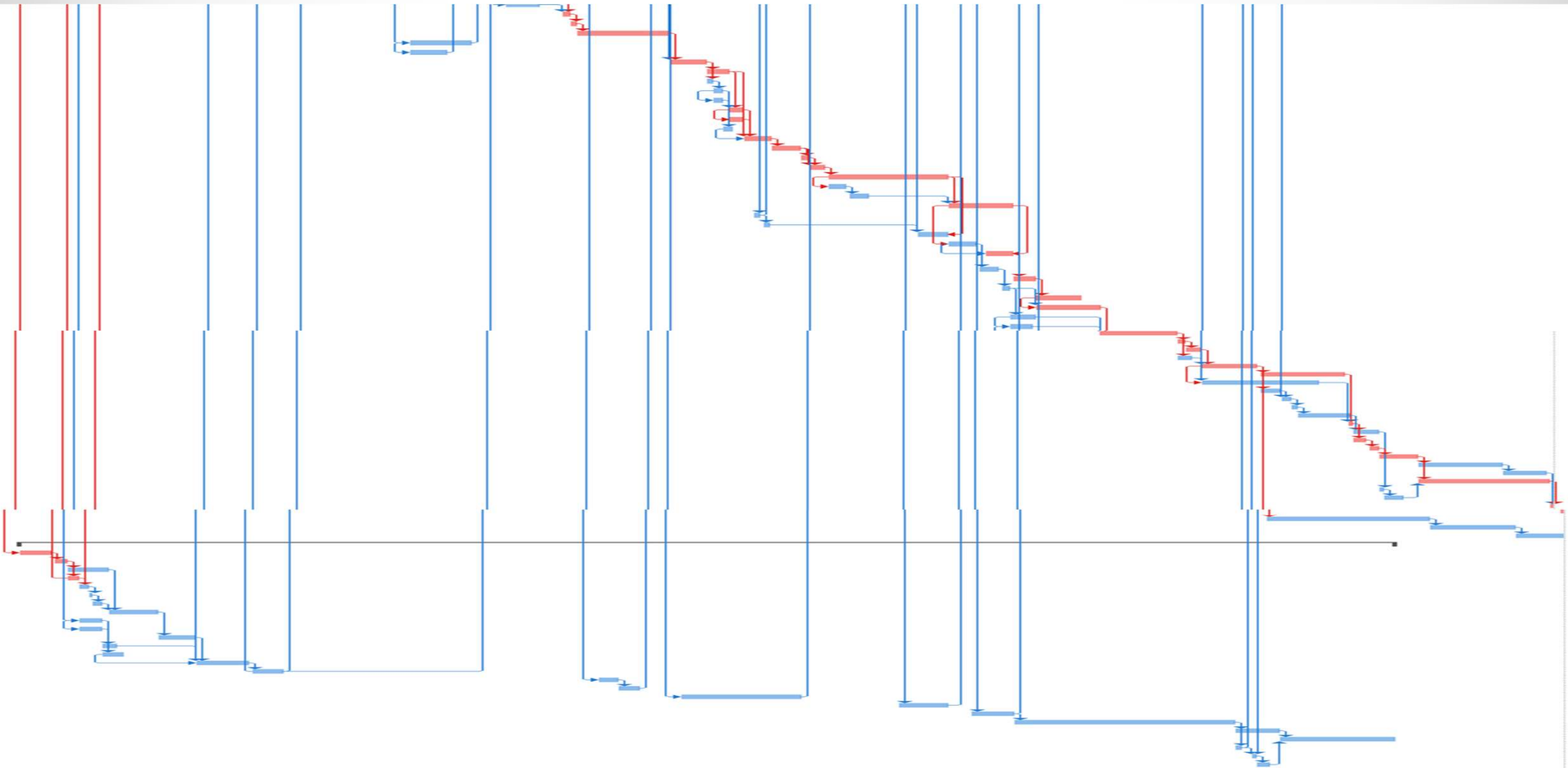
238			中間杭打設工(PIP杭)	2日	06/03/11(土)	06/03/13(月)
239			土留壁工 SMW先行削孔	2日	06/03/14(火)	06/03/15(水)
240			土留壁工 SMW造成	26日	06/03/16(木)	06/04/14(金)
241			YBH(薬注用)配管覆工	17日	06/01/21(土)	06/02/09(木)
242			下水切廻し	10日	06/01/21(土)	06/02/01(水)
243			中間杭打設工(PIP杭)	9日	06/04/15(土)	06/04/26(水)
244			土留壁工 SMW先行削孔	6日	06/04/27(木)	06/05/03(水)
245			SMW 杭打布掘工(仮覆工)	2日	06/04/27(木)	06/04/28(金)
246			SMW 杭打布掘工(仮覆工)	2日	06/04/29(土)	06/05/01(月)
247			中間杭 杭打布掘工(2) 仮覆工	2日	06/04/29(土)	06/05/01(月)
248			中間杭 杭打布掘工(2) 支障物撤去	2日	06/05/04(木)	06/05/08(月)
249			中間杭 杭打布掘工(2) 布掘・防護	2日	06/05/04(木)	06/05/08(月)
250			SMW 杭打布掘工(2) 布掘・防護	3日	06/05/02(火)	06/05/04(木)
251			土留壁工 SMW先行削孔	8日	06/05/09(火)	06/05/17(水)
252			中間杭打設工(PIP杭)	8日	06/05/18(木)	06/05/26(金)
253			土留壁工 SMW先行削孔 多軸切替	2日	06/05/27(土)	06/05/29(月)
254			中間杭打設工(PIP杭)	5日	06/05/30(火)	06/06/03(土)
255			土留壁工 SMW造成	34日	06/06/05(月)	06/07/13(木)
256			路面覆土工	6日	06/06/05(月)	06/06/10(土)
257			路面覆土工	6日	06/06/12(月)	06/06/17(土)
258			路面覆土工(SMW側桁受設置)	18日	06/07/14(金)	06/08/03(木)
259			下水切廻し	2日	06/05/12(金)	06/05/13(土)
260			下水切廻し	2日	06/05/15(月)	06/05/16(火)
261			下水切廻し	9日	06/07/04(火)	06/07/13(木)
262			路面覆土工(3-18) 中間杭側桁受設置	8日	06/07/14(金)	06/07/22(土)
263			路面覆土工(3-18) トレンチ引抜・SMW側桁受設置	8日	06/07/26(水)	06/08/03(木)
264			路面覆土工(3-18) 中間杭側桁受設置	6日	06/07/24(月)	06/07/29(土)
265			路面覆土工(3-18) SMW側桁受設置	6日	06/08/04(金)	06/08/10(木)
266			路面覆土工(3-17)	3日	06/07/31(月)	06/08/02(水)
267			路面覆土工(3-18) 掘削・残土搬出	10日	06/08/11(金)	06/08/25(金)
268			路面覆土工(3-18)	15日	06/08/11(金)	06/08/31(木)
269			路面覆土工(3-17)	7日	06/08/03(木)	06/08/10(木)
270			地盤改良工	6日	06/08/03(木)	06/08/09(水)
271			下水切廻し	6日	06/08/03(木)	06/08/09(水)
272			地盤改良工	21日	06/09/01(金)	06/09/25(月)
273			路面覆工 舗装工	3日	06/09/26(火)	06/09/28(木)
274			路面覆工 白線工	4日	06/09/29(金)	06/10/03(火)
275			SMW仮覆工	5日	06/09/26(火)	06/10/30(土)
276			SMW仮覆工	16日	06/10/04(水)	06/10/21(土)
277			SMW仮覆工	24日	06/10/23(月)	06/11/18(土)
278			中間杭PIP仮覆工	33日	06/10/04(水)	06/11/10(金)
279			路面覆工 下水切廻し	6日	06/10/23(月)	06/10/28(土)
280			SMW工 機械組立	3日	06/10/30(月)	06/11/01(水)
281			SMW工 プラント設置	2日	06/11/02(木)	06/11/03(金)
282			SMW工	14日	06/11/04(土)	06/11/20(月)
283			PIP中間杭	2日	06/11/20(月)	06/11/21(火)
284			SMW仮覆工	7日	06/11/22(水)	06/11/29(水)
285			SMW工 1号機	4日	06/11/22(水)	06/11/25(土)
286			PIP中間杭	3日	06/11/27(月)	06/11/29(水)
287			SMW工 1号機	11日	06/11/30(木)	06/12/12(火)
288						

# 実施施工計画ガントチャート



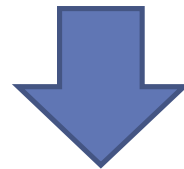


# 実施施工計画ガントチャート



# 遅延原因タスク特定

	工事タスク名	遅延原因タスク期間		日数
1	東電緊急工事	2005/2/7	2005/2/11	4日
2	試掘工(追加分)	2005/3/12	2005/3/16	4日
3	試掘工(追加分)	2005/3/17	2005/3/23	6日
4	試掘工(追加分)	2005/3/29	2005/4/8	10日
5	不明水道管	2005/8/26	2005/8/27	2日
6	不明管処理	2005/9/17	2005/9/20	3日
7	管路移設布掘(下水)	2005/9/26	2005/10/1	6日
8	不明コンクリート調査・撤去	2006/5/26	2006/6/1	6日



これらのタスクは、設計時により精度が高い図面があれば不要なタスクであるため、**施工遅延原因タスク**を取り除いた施工計画をCIM活用時の仮想施工計画とし、新たに生成。

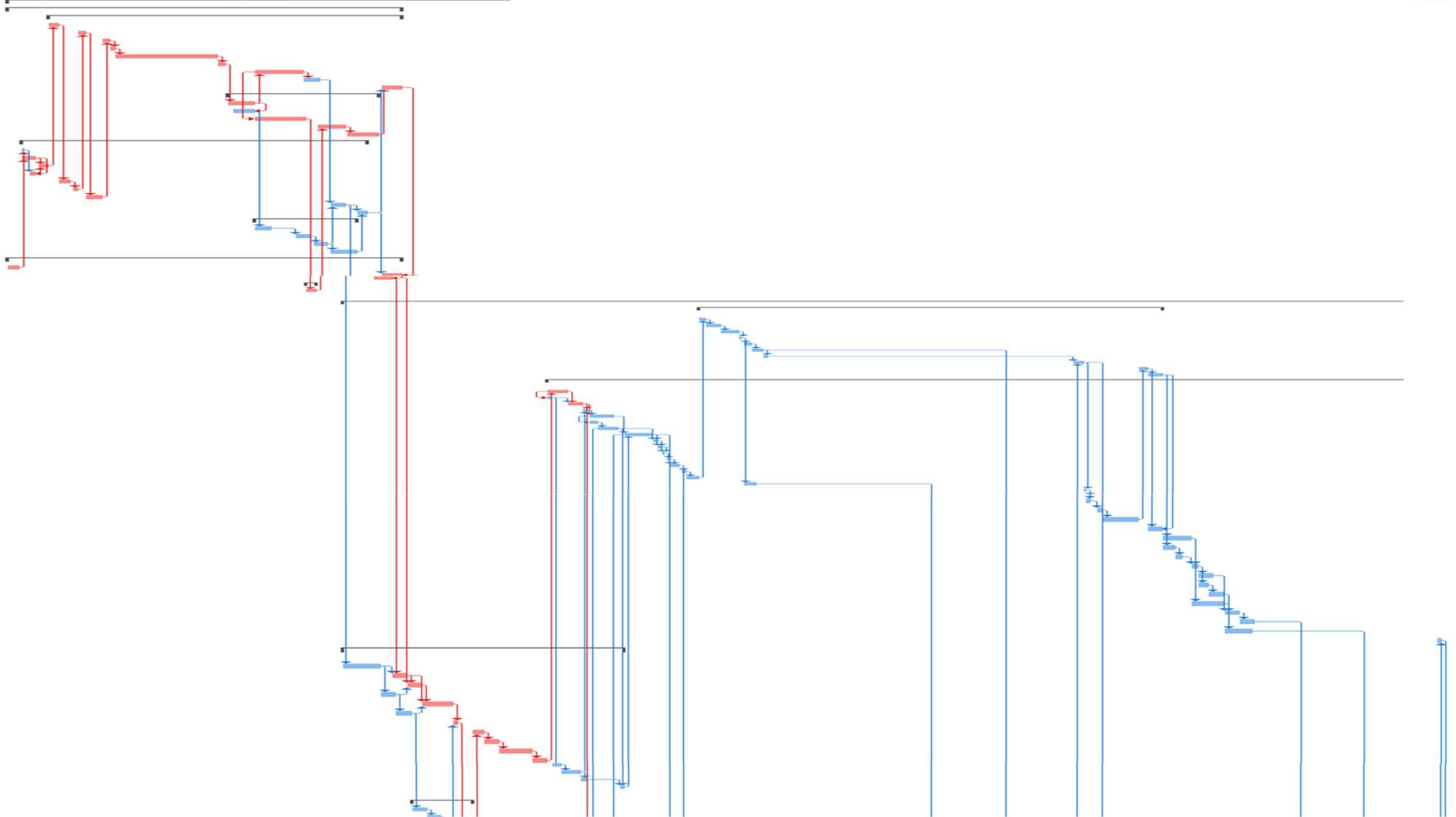
# 仮想施工計画ガントトチャート

1		全行程	524日	05/01/11(火)	06/11/29(水)
2		試掘工	99日	05/01/11(火)	05/06/20(月)
3		試掘工「A」	84日	05/01/28(金)	05/06/20(月)
4		試掘工(車道部)	3日	05/01/28(金)	05/01/31(月)
5		試掘工(歩道部)	3日	05/02/09(水)	05/02/11(金)
6		試掘工(車道部)	2日	05/02/19(土)	05/02/21(月)
7		試掘工(車道部)	2日	05/02/22(火)	05/02/23(水)
8		試掘工(車道部)	5日	05/02/24(木)	05/04/06(水)
9		試掘工(車道部)	3日	05/04/07(木)	05/04/09(土)
10		試掘工(車道部)	9日	05/04/22(金)	05/05/11(水)
11		試掘工(車道部)	6日	05/05/12(木)	05/05/18(水)
12		試掘工(復旧工)	7日	05/06/13(月)	05/06/20(月)
13		探査工「A」	46日	05/04/11(月)	05/06/11(土)
14		探査工(磁気探査)	10日	05/04/11(月)	05/04/21(木)
15		探査工(磁気探査)	8日	05/04/13(水)	05/04/21(木)
16		探査工(磁気探査)	10日	05/04/22(金)	05/05/12(木)
17		探査工(磁気探査)	10日	05/05/18(水)	05/05/28(土)
18		探査工(磁気探査)	12日	05/05/30(月)	05/06/11(土)
19		試掘工「B」	82日	05/01/17(月)	05/06/06(月)
20		試掘工(車道部)	1日	05/01/17(月)	05/01/17(月)
21		試掘工(歩道部)	6日	05/01/17(月)	05/01/22(土)
22		試掘工(歩道部)	4日	05/01/24(月)	05/01/27(木)
23		試掘工(車道部)	3日	05/01/20(木)	05/01/22(土)
24		試掘工(車道部)	5日	05/02/01(火)	05/02/05(土)
25		試掘工(車道部-復旧)	2日	05/02/07(月)	05/02/08(火)
26		試掘工(歩道部-復旧)	6日	05/02/12(土)	05/02/18(金)
27		MH内部調査工事	5日	05/05/23(月)	05/05/28(土)
28		試掘工(復旧工)	3日	05/06/03(金)	05/06/06(月)
29		探査工「B」	26日	05/04/22(金)	05/06/02(木)
30		探査工(磁気探査)	6日	05/04/22(金)	05/04/28(木)
31		探査工(磁気探査)	6日	05/05/09(月)	05/05/14(土)
32		探査工(磁気探査)	6日	05/05/16(月)	05/05/21(土)
33		探査工(磁気探査)	10日	05/05/23(月)	05/06/02(木)
34		試掘工「C」	99日	05/01/11(火)	05/06/20(月)
35		試掘工(歩道部)	5日	05/01/11(火)	05/01/15(土)
36		探査工「C」	4日	05/05/13(金)	05/05/17(火)
37		探査工(磁気探査)	4日	05/05/13(金)	05/05/17(火)
38		支障物撤去工	402日	05/05/30(月)	06/10/11(水)
39		支障物移設撤去復旧工「A」	164日	05/11/08(火)	06/06/06(火)
40		中央分離帯仮囲い設置	3日	05/11/08(火)	05/11/10(木)
41		歩道切削	6日	05/11/11(金)	05/11/17(木)
42		自転車横断帯移設・延長拡幅	7日	05/11/18(金)	05/11/25(金)
43		街渠撤去	1日	05/11/26(土)	05/11/26(土)
44		歩道切削	4日	05/11/28(月)	05/12/01(木)
45		信号柱設置	4日	05/12/02(金)	05/12/06(火)
46		歩道仮設照明設置	2日	05/12/07(水)	05/12/08(木)
47		国道歩道橋基礎防護撤去	4日	06/04/27(木)	06/05/01(月)
48		歩道橋仮設部・東電管移設	3日	06/05/27(土)	06/05/30(火)
49		歩道橋基礎撤去	6日	05/05/31(金)	06/06/05(火)
50		支障物移設撤去復旧工「B」	329日	05/08/31(水)	06/10/11(水)
51		下水切廻し	8日	05/08/31(水)	05/09/08(木)
52		移設位置調査	2日	05/08/31(水)	05/09/01(木)
53		歩道切削	6日	05/09/09(金)	05/09/15(木)
54		国道支障移設・撤去	2日	05/09/18(金)	05/09/17(土)
55		管渠移設布渠(下水)	10日	05/09/19(金)	05/09/29(木)
56		国道支障移設・撤去	4日	05/09/19(金)	05/09/22(木)
57		歩道切削	8日	05/09/23(金)	05/10/01(土)
58		切削・支障撤去	11日	05/10/05(水)	05/10/17(月)
59		街路灯移設	2日	05/10/18(火)	05/10/19(水)
60		街路灯移設	2日	05/10/20(木)	05/10/21(金)
61		歩道切削・街路工事	1日	05/10/22(土)	05/10/22(土)
62		歩道切削・街路工事	2日	05/10/24(月)	05/10/25(火)
63		歩道切削	4日	05/10/26(水)	05/10/29(土)
64		中央分離帯ヤード設置	2日	05/10/31(月)	05/11/01(火)
65		歩道切削・歩道仮囲い設置	2日	05/11/02(水)	05/11/07(月)
66		街路灯移設・信号移設	6日	05/11/28(月)	05/12/03(土)
67		消火栓標識移設	1日	06/05/02(火)	06/05/02(火)
68		街路灯移設	2日	06/05/03(水)	06/05/04(木)
69		感知器移設	3日	06/05/08(月)	06/05/10(水)
70		内堀(側)側支障物撤去下	14日	06/05/11(木)	06/05/26(金)

# 仮想施工計画ガントチャート

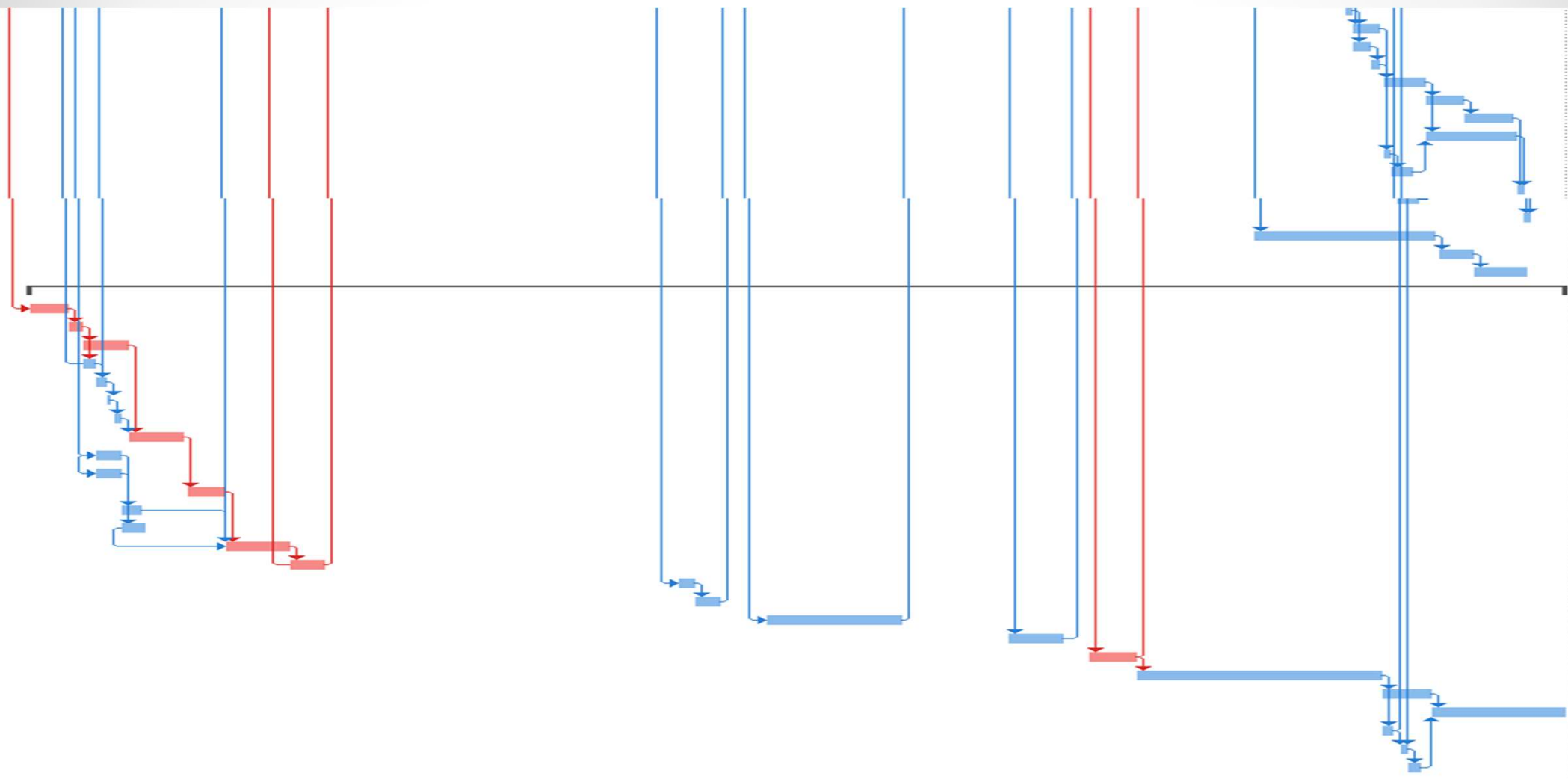
276		PIP中間杭	2日	06/09/28 (木)	06/09/29 (金)
277		SMW仮覆工	7日	06/09/30 (土)	06/10/07 (土)
278		SMW工 1号機	4日	06/09/30 (土)	06/10/04 (水)
279		PIP中間杭	3日	06/10/05 (木)	06/10/07 (土)
280		SMW工 1号機	11日	06/10/09 (月)	06/10/20 (金)
281		PIP中間杭	9日	06/10/21 (土)	06/10/31 (火)
282		SMW工 1号機	12日	06/11/01 (水)	06/11/14 (火)
283		SMW工 2号機	22日	06/10/21 (土)	06/11/15 (水)
284		路面覆工	2日	06/10/09 (月)	06/10/10 (火)
285		路面覆工	5日	06/10/11 (水)	06/10/16 (月)
286		中間杭/SMW 仮覆工	2日	06/11/16 (木)	06/11/17 (金)
287		歩道橋切り替え工	45日	06/08/31 (木)	06/10/21 (土)
288		NTT渋谷前感知器通信	9日	06/10/23 (月)	06/11/01 (水)
289		東電 渋谷前感知器電源	13日	06/11/02 (木)	06/11/16 (木)
290		<b>仮設工「C」</b>	<b>355日</b>	<b>05/09/16 (金)</b>	<b>06/11/27 (月)</b>
291		仮覆工	9日	05/09/16 (金)	05/09/26 (月)
292		布掘	4日	05/09/27 (火)	05/09/30 (金)
293		土留壁工・中間杭打設	11日	05/10/01 (土)	05/10/13 (木)
294		機械組立	3日	05/10/01 (土)	05/10/04 (火)
295		プラント設備	3日	05/10/05 (水)	05/10/07 (金)
296		コーナー部	1日	05/10/08 (土)	05/10/08 (土)
297		コーナー部養生	2日	05/10/10 (月)	05/10/11 (火)
298		土留壁工	14日	05/10/14 (金)	05/10/29 (土)
299		仮覆工	6日	05/10/05 (水)	05/10/11 (火)
300		トレンチシート 防護	6日	05/10/05 (水)	05/10/11 (火)
301		中間杭打設工(PIP杭)	10日	05/10/31 (月)	05/11/10 (木)
302		仮覆工	5日	05/10/12 (水)	05/10/17 (月)
303		トレンチシート 防護	6日	05/10/12 (水)	05/10/18 (火)
304		土留壁工 SMW造成	15日	05/11/11 (金)	05/11/28 (月)
305		土留壁工 SMW造成	9日	05/11/29 (火)	05/12/08 (木)
306		城南河川 到達立杭	5日	06/03/20 (月)	06/03/24 (金)
307		城南河川 到達立杭	6日	06/03/25 (土)	06/03/31 (金)
308		城南河川 到達立杭	30日	06/04/14 (金)	06/05/22 (月)
309		城南河川 到達立杭	14日	06/06/22 (木)	06/07/07 (金)

# 仮想施工計画ガントチャート



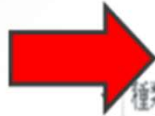


# 仮想施工計画ガントチャート



# リソースの定義

人の単価



国土交通省の公共工事設計労務単価参照

リソース名	種類	単価	計上の時期	基本カレンダー
土木一般世話役	時間単価型	¥23,000/日	達成率に比例	大成建設
普通作業員	時間単価型	¥18,900/日	達成率に比例	大成建設
交通誘導警備員A	時間単価型	¥12,400/日	達成率に比例	大成建設
交通誘導警備員B	時間単価型	¥10,900/日	達成率に比例	大成建設
運転手(特殊)	時間単価型	¥21,200/日	達成率に比例	大成建設
バックホウ(02m)	時間単価型	¥9,000/日	達成率に比例	大成建設
ダンプトラック(大型)	時間単価型	¥43,000/日	達成率に比例	大成建設
ダンプトラック(7トン)	時間単価型	¥38,000/日	達成率に比例	大成建設
ダンプトラック(4トン)	時間単価型	¥33,000/日	達成率に比例	大成建設
道路カッター	時間単価型	¥2,000/日	達成率に比例	大成建設
ランマー	時間単価型	¥600/日	達成率に比例	大成建設
プレート	時間単価型	¥600/日	達成率に比例	大成建設
振動ローラー(1トン)	時間単価型	¥1,500/日	達成率に比例	大成建設
アスファルト合材	数量単価型	¥11,000	達成率に比例	
砕石	数量単価型	¥500	達成率に比例	
産業廃棄物処理費	数量単価型	¥25,000	達成率に比例	
ボーリングマシン	時間単価型	¥100,000/日	達成率に比例	大成建設
特殊作業員	時間単価型	¥21,600/日	達成率に比例	大成建設

機械の単価



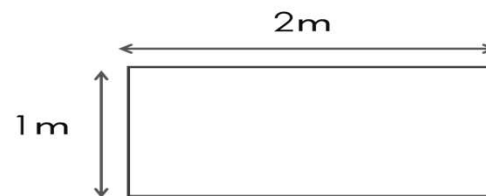
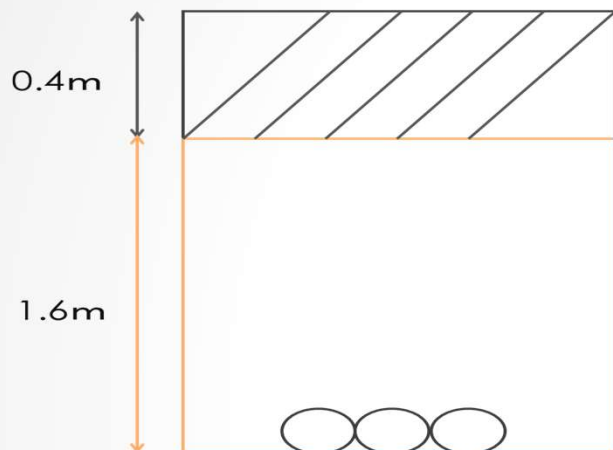
国土交通省の工事積算基準(緑本)参照



# 試掘時、復旧時の数量単価計算

試掘時

試掘時

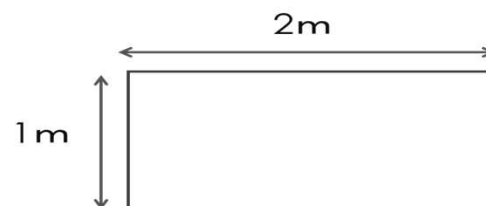
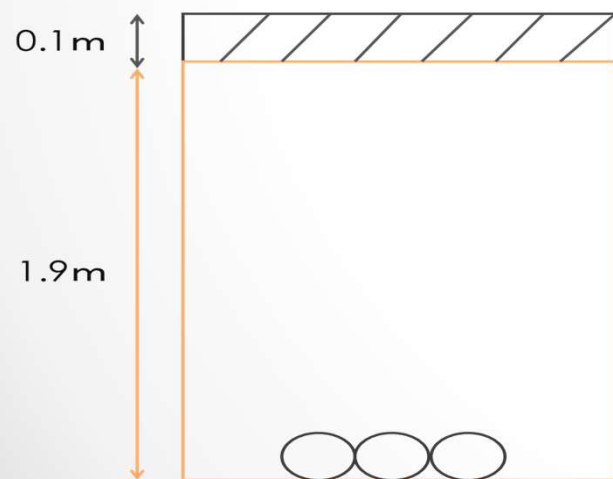


$$\text{舗装ガラ} = 1\text{m} \times 2\text{m} \times 0.4\text{m} \times 2.3\text{ t/m}^3 = 1.8\text{ t}$$

$$\text{土砂} = 1\text{m} \times 2\text{m} \times 1.6\text{m} \times 1.8\text{ t/m}^3 = 5.76\text{ t}$$

復旧時

復旧時



$$\text{舗装ガラ} = 1\text{m} \times 2\text{m} \times 0.1\text{m} \times 2.3\text{ t/m}^3 = 0.46\text{ t}$$

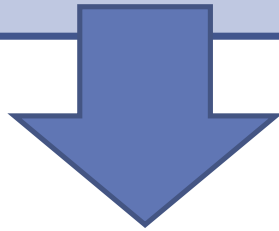
$$\text{土砂} = 1\text{m} \times 2\text{m} \times 1.9\text{m} \times 1.8\text{ t/m}^3 = 6.84\text{ t}$$



大成ロテック株式会社の単価表より購入

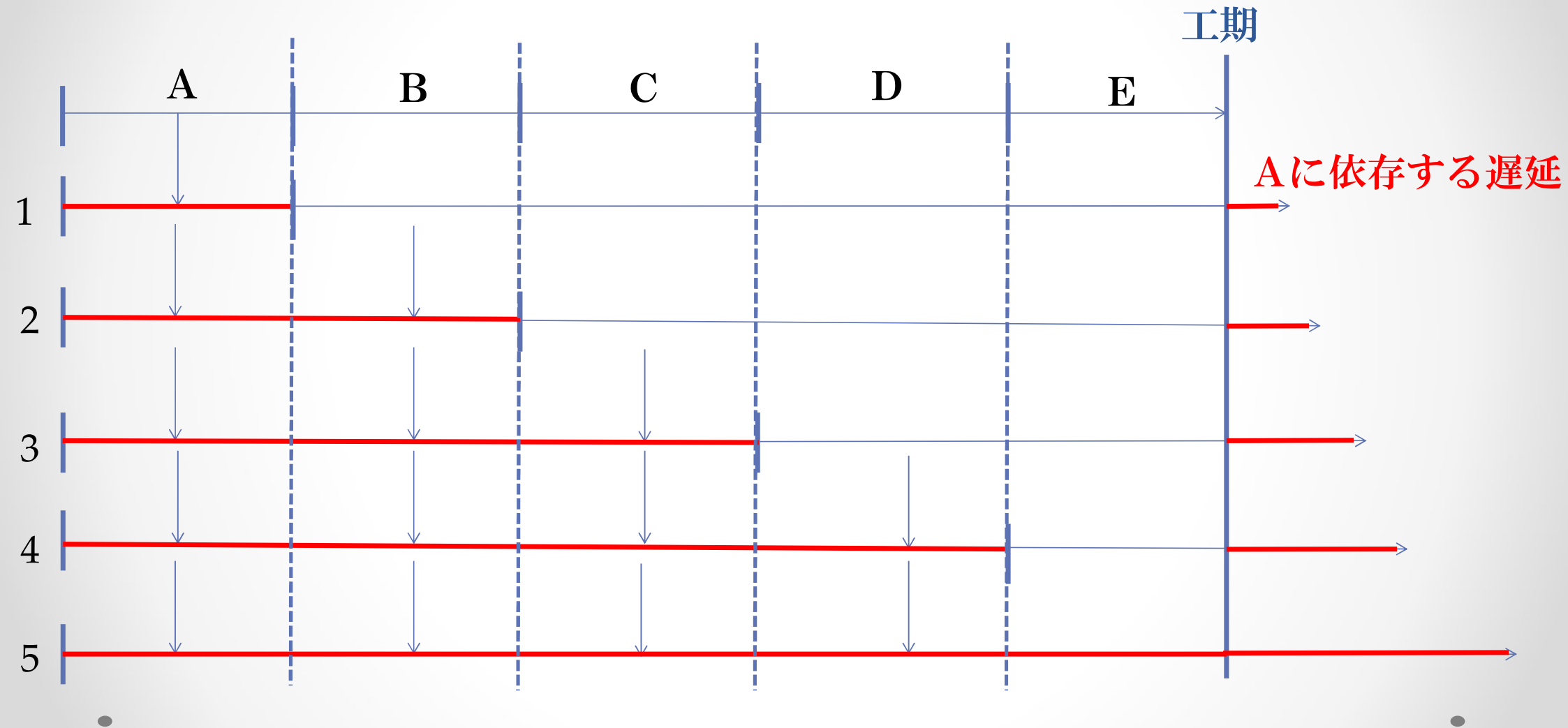
# Window Analysisによる遅延解析法

window analysisとは特定の周期で更新されたスケジュールに関して、遅延の中間評価を行う方法



切り取り期間は通常計画または主要なプロジェクト・マイルストーンの大きな変化に基づいて、全体のプロジェクト期間に分ける。ウィンドウ期間を予定通りに越えた予定は、そのまま維持され各々のウィンドウの中の予定は遅れた時に実際の期間とシーケンスを反映するために更新される。  
クリティカルパスと新しい完成日付を決定するために、分析が実行される。

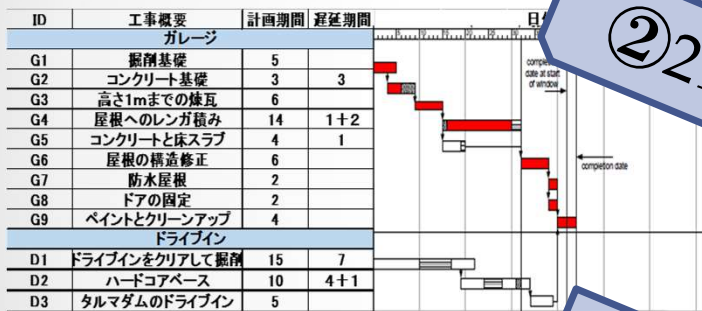
# Window Analysisによる遅延解析法



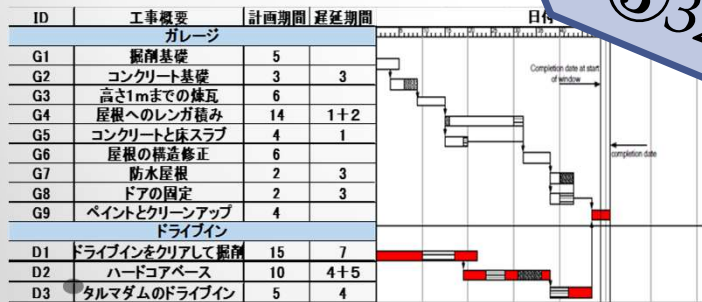
# Window Analysisによる遅延解析法



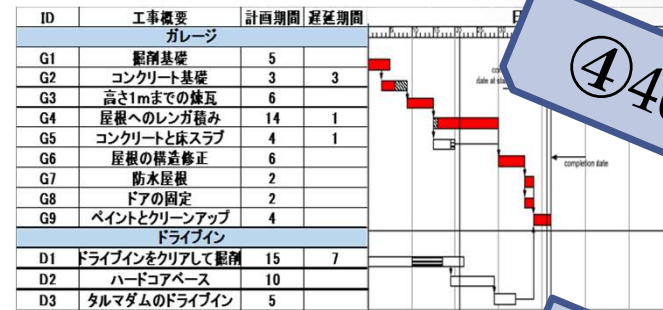
① 施工期間10日



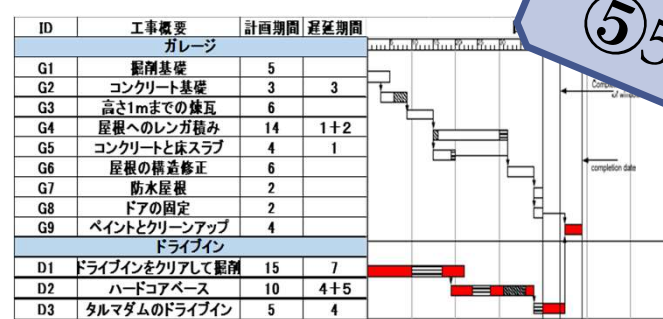
② 21日



③ 32日



④ 40日



⑤ 51日

各期間ごとにクリティカルパス変動

# Window Analysisによる遅延解析法

ウィンドウ番号	スケジュール更新	完了日	ウィンドウ内の遅延	
			EC	NN
0	0	40	0	0
1	10	41	0	1
2	21	42	0	1
3	31	44	2	0
4	39	49	3	2
5	51	51	2	0
合計			7	4

EC = 発注者責任 = 7日

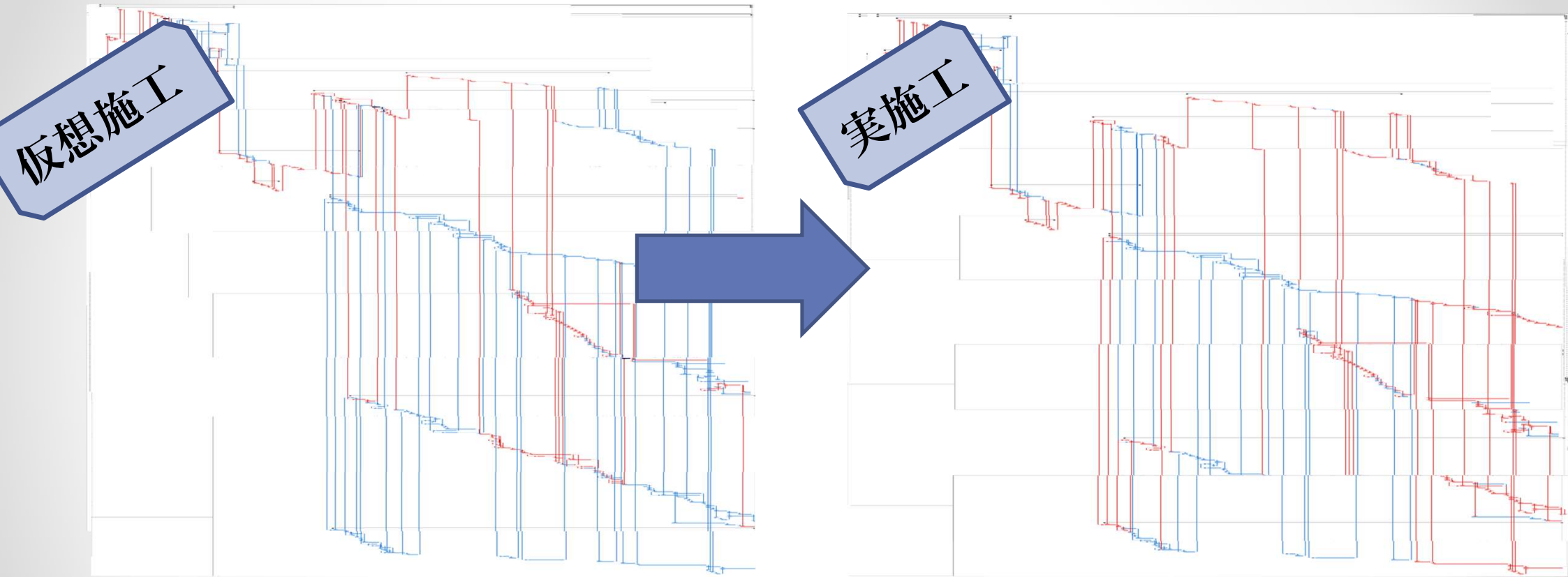
NN = 受注者責任 = 4日

$7 - 4 = 3$ 日 → 発注者責任

工事完了 51日 - 元の工事完了 40日 = 11日



# 仮想施工による施工遅延分析



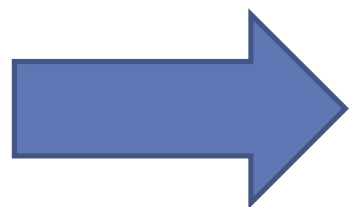
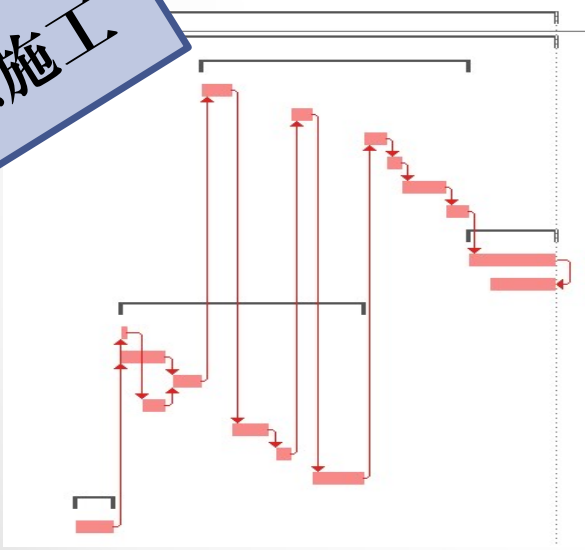
2005/1/11-2006/10月末ウィンドウ5



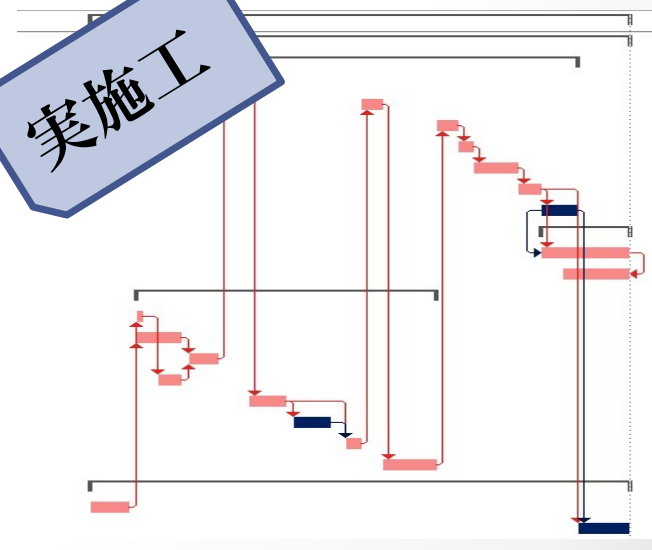
# 2005/1/11-2005/3月末ウィンドウ0

工事タスク名	遅延原因タスク期間	日数	遅延を与える設定期間	遅延日
東電緊急工事	2005/2/7 - 2005/2/11	5日	5日	6日
試掘工(G助働)	2005/3/12 - 2005/3/16	4日	5日	1日
試掘工(G助働)	2005/3/17 - 2005/3/23	6日	7日	1日

仮想施工

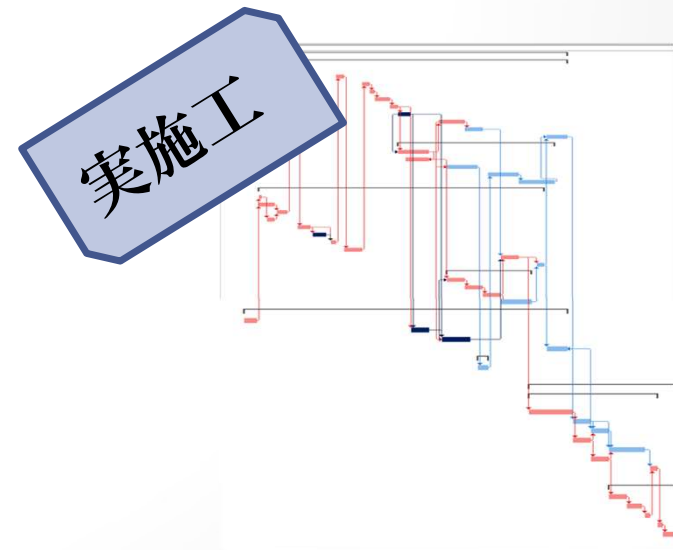
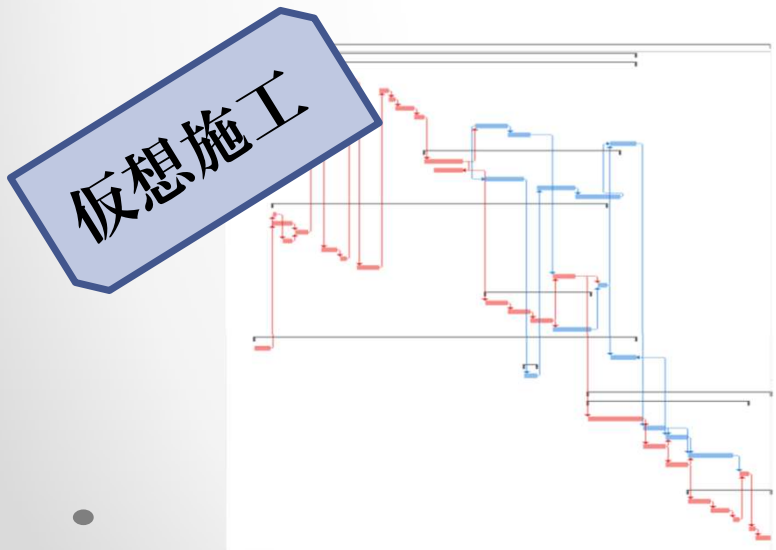


実施工



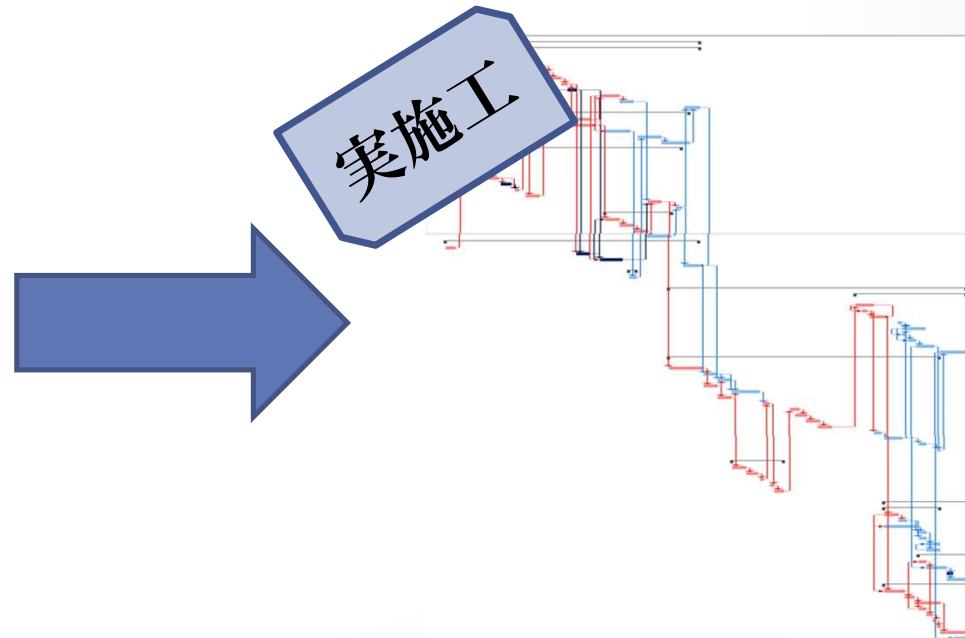
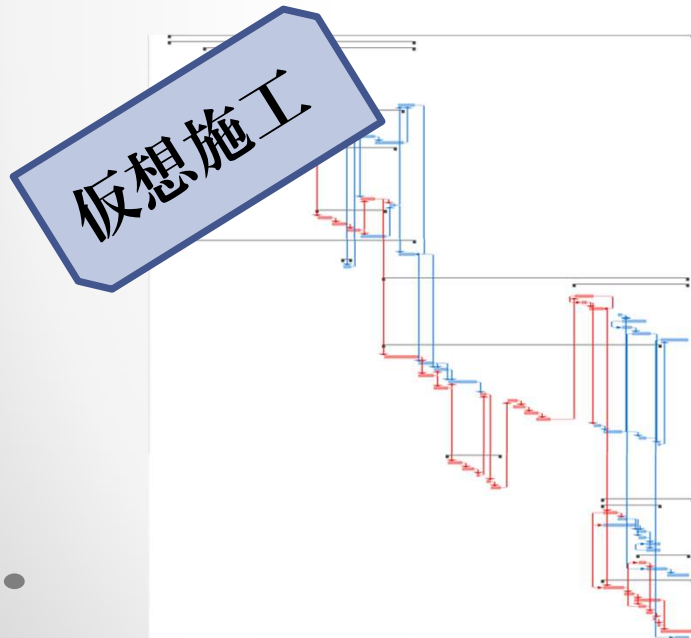
# 2005/1/11-2005/6月末ウィンドウ1

工事タスク名	遅延原因タスク期間	日数	遅延を与える設定期間	遅延日
東電緊急工事	2005/2/7 - 2005/2/11	5日	5日	6日
試掘工(G追加)	2005/3/12 - 2005/3/16	4日	5日	1日
試掘工(G追加)	2005/3/17 - 2005/3/23	6日	7日	1日
試掘工(G追加)	2005/3/29 - 2005/4/8	10日	21日	1日



# 2005/1/11-2005/9月末ウィンドウ2

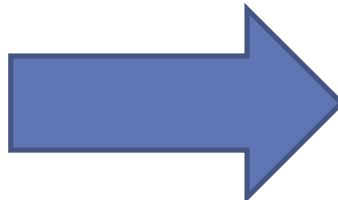
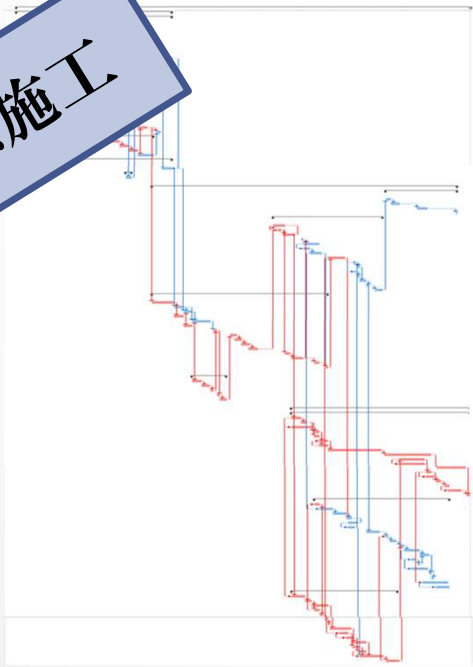
工事タスク名	遅延原因タスク期間		日数	遅延を与える設定期間	遅延日
東電緊急工事	2005/2/7	2005/2/11	5日	5日	6日
試掘工(追加分)	2005/3/12	2005/3/16	4日	5日	1日
試掘工(追加分)	2005/3/17	2005/3/23	6日	7日	1日
試掘工(追加分)	2005/3/29	2005/4/8	10日	21日	1日
不明水道管	2005/8/26	2005/8/27	2日	5日	1日
不明管処理	2005/9/17	2005/9/20	3日	10日	1日



# 2005/1/11-2005/12月末ウィンドウ3

工事タスク名	遅延原因タスク期間		日数	遅延を与える設定期間	遅延日
東電緊急工事	2005/2/7	2005/2/11	5日	5日	6日
試掘工(追加分)	2005/3/12	2005/3/16	4日	5日	1日
試掘工(追加分)	2005/3/17	2005/3/23	6日	7日	1日
試掘工(追加分)	2005/3/29	2005/4/8	10日	21日	1日
不明水道管	2005/8/26	2005/8/27	2日	3日	1日
不明管処理	2005/9/17	2005/9/20	3日	8日	1日
管路移設布掘(下水)	2005/9/26	2005/10/1	6日	16日	1日

仮想施工



実施工

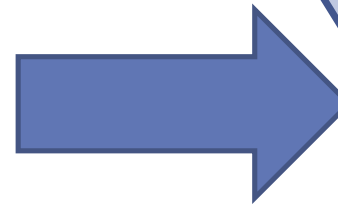
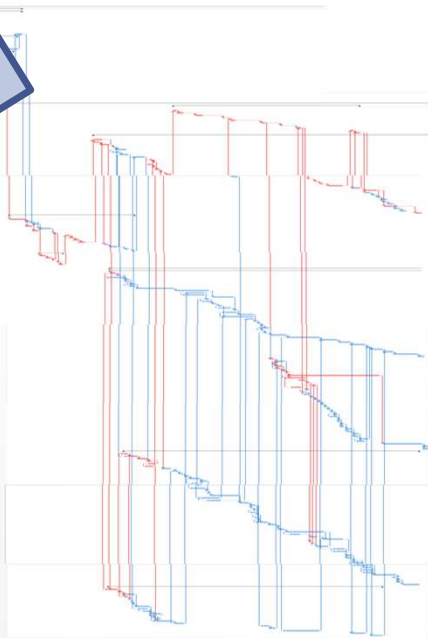




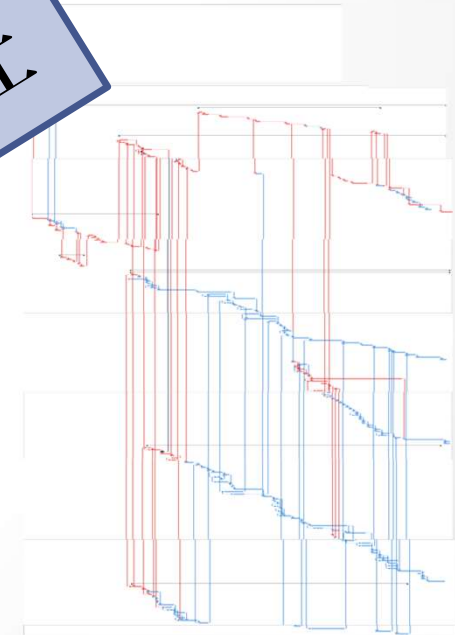
# 2005/1/11-2006/6月末ウィンドウ4

工事タスク名	遅延原因タスク期間		日数	遅延を与える設定期間	遅延日
東電緊急工事	2005/2/7	2005/2/11	5日	5日	6日
試掘工(追加分)	2005/3/12	2005/3/16	4日	5日	1日
試掘工(追加分)	2005/3/17	2005/3/23	6日	7日	1日
試掘工(追加分)	2005/3/29	2005/4/8	10日	21日	1日
不明水道管	2005/8/26	2005/8/27	2日	3日	1日
不明管処理	2005/9/17	2005/9/20	3日	8日	1日
管路移設布掘(下水)	2005/9/26	2005/10/1	6日	7日	1日
不明コンクリート調査・撤去	2006/5/26	2006/6/1	6日	12日	1日

実施施工



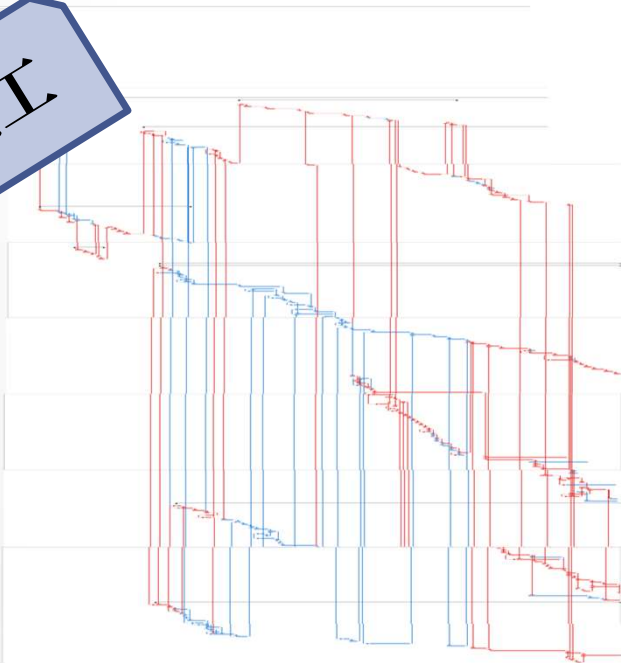
仮想施工



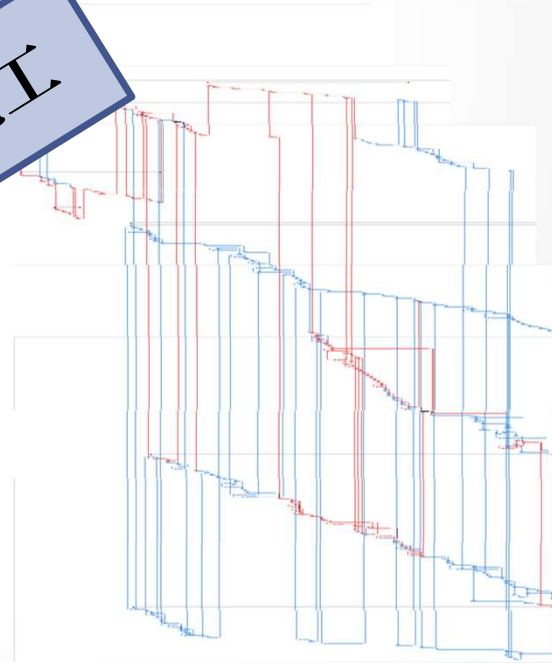
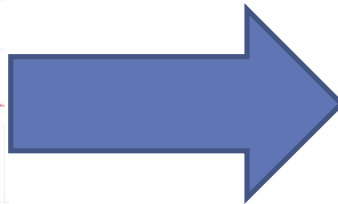
# 2005/1/11-2006/10月末ウィンドウ5

工事タスク名	遅延原因タスク期間		日数	遅延を与える設定期間	遅延日
東電緊急工事	2005/2/7	2005/2/11	5日	5日	6日
試掘工(追加分)	2005/3/12	2005/3/16	4日	5日	1日
試掘工(追加分)	2005/3/17	2005/3/23	6日	7日	1日
試掘工(追加分)	2005/3/29	2005/4/8	10日	21日	1日
不明水道管	2005/8/26	2005/8/27	2日	3日	1日
不明管処理	2005/9/17	2005/9/20	3日	8日	1日
管路移設布掘(下水)	2005/9/26	2005/10/1	6日	7日	1日
不明コンクリート調査・撤去	2006/5/26	2006/6/1	6日	7日	1日

実施施工



仮想施工

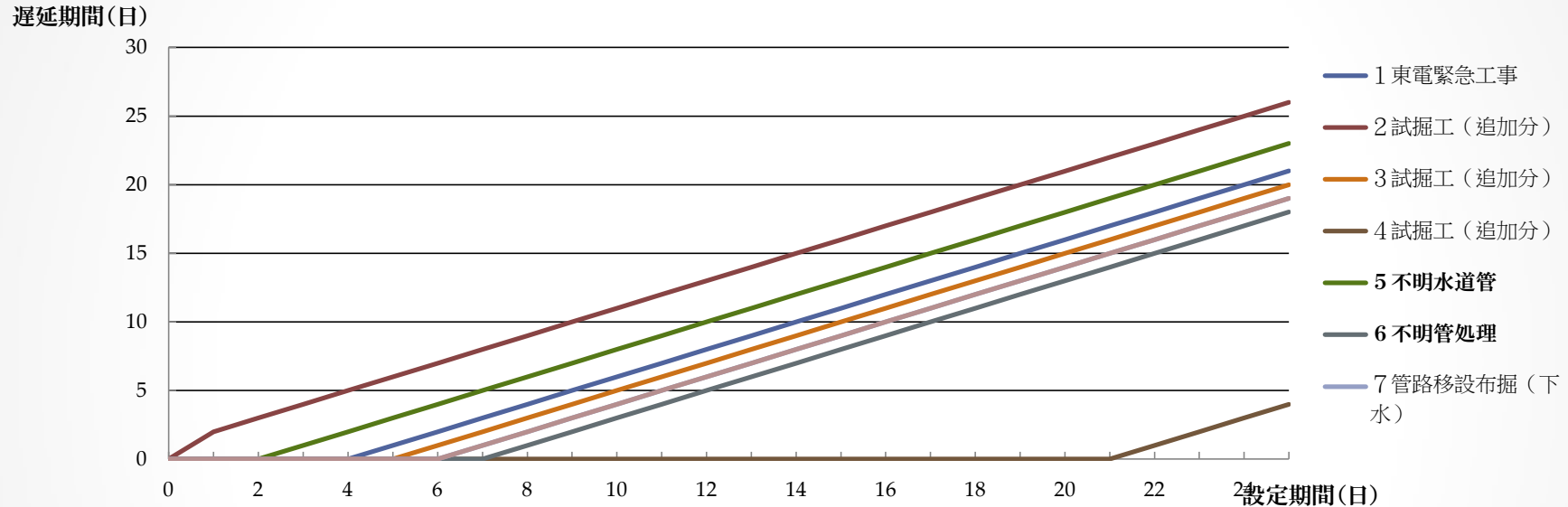


# Window分析結果

ウィンドウ番号	スケジュール更新	完了期間	ウィンドウ内の遅延	
			EC	NN
0(開始)	2005/1/11ー 2005/3月末	543日	8	0
1	2005/1/11ー 2005/6月末	544日	1	0
2	2005/1/11ー 2005/9月末	546日	0	2
3	2005/1/11ー 2005/12月末	547日	0	1
4	2005/1/11ー 2006/7月末	548日	0	1
5(完了)	2005/1/11ー 2006/10月末	548日	0	0
	合計		9	4

- ・遅延の影響が大きくなるほどガントチャート内のクリティカルパスは変化
- ・遅延日が増えるほど施工に莫大なコスト

# Window分析結果



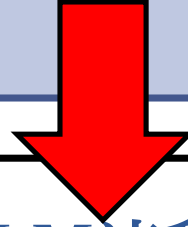
• 遅延の影響が大きくなるほどガントチャート内の**クリティカルパスは変化**

• 遅延日が増えるほど施工に莫大なコスト



# 結論

- ・本研究では、地中埋設管の早期発見が困難かつ施工遅延に大きく影響を及ぼす地中工事に着目
- ・設計時からBIM/CIMを活用することによる施工遅延の改善効果を試みた



・ガントチャートとBIM/CIM連動による最適な施工計画の検討

・設計段階からBIM/CIMモデルを使用し、ガントチャートを用いた工程計画を行う価値

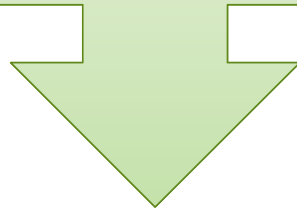
・BIM/CIMモデルによる工事コストの削減

## 今後の展望

- ・ 今回の試掘工では、遅延原因タスクが一部しかクリティカルパスではなかったことから、これらが全体の工程に与える影響が少なかったと考えられる
- ・ 試掘工同様に支障物撤去工、仮設工を揃えて、考察することで、より精度が高い分析を行っていく
- ・ 研究手順の④仮想施工計画のガントチャート作成、⑤全体の費用対効果算出を進めて全体の考察を行っていく

# CPMとは

コンストラクターの作業が納期までに終了できるように、工事を計画し管理するためのツール



日程(スケジュール)、クリティカルパスを算出する為、

**開始日, 期間, 工事の順序, 完了日**等

を示した工程計画としての機能を持ち、実際の工事の完了を測るため進捗をモニターするために使う事ができる

ご清聴ありがとうございました