

品質管理データの電子化は、情報化施工の第一歩であるが、本実験現場では現場立会いの回数が多く電子化されなくとも迅速に品質が確認できる現場で、電子化によるリアルタイム性の効果は確認できなかった。リアルタイムの品質確認の有効性確認は今後の課題である。

e)その他

品質管理の計測器から出力される電子データを用いた施工管理と監督検査のあり方の参考となる意見として、以下のようなものがあつた。

現場での測定ミス（RI計測の場合、測定箇所には石が多いなどにより、通常範囲を超える値のデータが計測）がそのままデータとして記録され、削除ができない（施工業者からの意見）

上記の意見は、電子データを利用した施工管理、監督検査の本質的な課題を含んでいると思われる。すなわち、RI計器による盛土の締め固め管理は、統計的処理ができる計測点数としているために、時には異常と思われる計測データも記録される。しかし、それを削除することは、実際に品質を満足しない計測値を意図的に削除することにもなりかねないため、RI計器はデータ削除機能を持っていない。計測点数を増やすことで、盛土全体として品質を管理するものである。こういった統計的手法による品質管理、計測データの信頼性確保の考え方を、受発注者双方が理解していないことにより、このような意見が出てきていると思われる。

(2)まとめ

施工業者の品質管理資料作成の労力軽減、資料の減量化に着目し、電子データを活用した電子納品データ作成の業務改善を検討してきた。盛土の品質管理で多く利用されているRI計器を用いた締め固め管理を事例で検討したが、計器から電子データを取り込むことで資料作成の業務改善が実施できることを明らかにした。また、監督・検査においては電子データの改ざん防止が課題であるが、実証実験により改ざん防止策としての当面の現実的な対応方策を明らかにすることができた。

今後の課題として、RI計器による盛土の締め固め管理資料の電子納品については本研究で実施した方法の有効性を広くPRし、普及を図るとともに、電子データによる監督・検査方法、特にデータ改ざんに対して、電子データだけのデータ交換を実施するための有効な対策の確立を図っていく必要がある。

6.2 ITを活用した出来形管理について

6.2では、道路土工を対象に、3次元設計情報として基本骨組み構造を電子化したものを測量機器に搭載することにより、丁張り設置と出来形管理が効率的に行えることを明らかにした。ここで基本骨組み構造とは、平面線形、縦断線形、標準断面情報を組み合わせた構造（以下、スケルトンという）である。ここでは、まず明治から現代にかけて出来形管理の変遷と新たな出来形管理技術の必要性を述べた。次にスケルトンを活用した出来形管理技術が、従来型に比べて準備作業時間の短縮に有効であることを示した。スケルトンの電子化により設計から施工にかけてスムーズに設計情報の活用を行うことが可能となる。これは、建設CALSが理想とするライフサイクルでの効率的な情報交換の一例であると考えられる。

6.2.1.1 はじめに

現在のITを活用した測量機器にはトータルステーション（TotalStation、以下「TS」という。）、GPS(GlobalPositioningSystem)、レーザースキャナー(LaserScanner)等がある。これらは内蔵された携帯コンピュータと連動し、自動的に計測結果を記録保持することにより3次元情報を容易に計測できる。国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）では、これらの情報を利用して施工の業務改善を図ることを「情報化施工」の一形態とし、研究を進めている

（参考文献9,10,11,12,13,14,15,16,17）。

ところが多くの施工現場では、出来形管理を行うに当たって、昔ながらの巻き尺と図面、帳票を用いて計測し、その結果を紙や図面に転記、集計、整理を行っ

ている。また、一部の先進的な現場において、ITを活用した施工管理を行っているにもかかわらず、公共土木工事の発注者から旧来型のスタイルで計測、書類の整理、提出するよう求められ、民間が提案する効率的なIT技術が活用されていない。

その原因の一つは旧来型業務スタイルを前提とした20mピッチの管理断面と管理基準、書類様式が発注者により義務づけられていること、および2次元の図面を前提とした電子化が施工管理の業務改善に十分活用されていないことである。

本研究では、明治から現在の業務スタイルに至った出来形管理の変遷を踏まえ、同様の目的を達成するために、3次元設計情報を用いた効率的な出来形管理技術を提案するものである。

6.2.2 出来形管理の変遷と新たな出来形管理技術の必要性

出来形管理とは、工事の施工管理を行うものが設計図面で示された寸法通り施工された構造物が完成しているかどうかを確かめながら作業を進めることをいう。また出来形管理によって完成した構造物が、実際に出来形計測によって正しく完成しているかどうかを確認することを出来形確認（検査）という。

昭和30年代以前は、直接監督職員が工事を行っていた直営時代であり、出来形管理は発注者が自ら下請け業者を使って指導していた。しかし昭和40年代に入り、請負工事の時代が変わったため、発注者が自ら出来形管理をすることはなく、受注者が出来形管理を行うようになった。工事受注者が行っている施工管理技術は、最新測量技術、ITを活用した様々な手法が試みられてきた（参考文献18, 19, 20, 21）。しかし、監督職員が工事受注者に義務づけてきた出来形管理及び出来形確認（検査）のやり方は、明治時代から昭和にかけて計測技術の進歩とともに変化してきたが大きくは変化しておらず、現在も変わらない（参考文献22, 23, 24, 25, 26, 27）。

以下、出来形管理の変遷を振り返るとともに、監督職員が行うべき時代の要請にあった新たな出来形管

理技術について述べる。

6.2.2.1 出来形管理基準のない時代

明治時代における我が国の土木工事仕様書、出来形管理に関する文献によると、盛土勾配（こうばい）、締め固め回数管理に関する規定が定められている（表6-4）。

このような盛土斜面勾配、巻きだし厚さ、締固回数規定などの規定は、おそらく土砂の安定状況を見て、構造物の機能要件を満足するため経験的に用いられてきたものであろう。

また、出来形検査に関する規定では、上記のような仕様目論見書、設計図などに照らし合わせて出来形を検査することを定めている（表6-5）。

表 6-4 明治時代の工事仕様書²²⁾

<p>「道路築造標準第四章堀割及び盛土（明治19年8月5日内務省訓令第13号） 第27条盛土傾斜面の勾配は、一割二分より下るべからず。」</p>
<p>「土木工事仕様設計実例放水路工事仕様書築堤土工（明治35年10月） 一築堤は縦横断面図に示す所に従ひ之を施工すべし。但舊堤の腹付工は總て図面の上面幅及斜面勾配とも2割とす。 ・・・途中省略・・・ 一築堤の土盛は厚6寸を1層とし每層面1坪に付10列以上往復2回に搗固むべし。」</p>

表 6-5 明治時代の出来形検査規則²²⁾

<p>「福島県土木工事出来形検査規則（明治26年11月） 第4条出来形検査員は、工事監督員とともに実地に臨み、仕様目論見書その他設計図などに照らし工事出来形を検査し、不完全の所の有無を確認し、不都合がないと認めたる時は、その旨監督員及び請負人に通告しなければならない。」</p>

このように監督職員は工事中の監督、検査官は工事完成後に仕様目論見書、設計図などに照らし合わせて書類、実地検査を行っていた。しかし、明治時代には出来形管理の概念はあるものの、20mピッチの管理断面や出来形管理基準という明確な検査手法とその規格値までは作成されていなかった。

6.2.2.2 遣型（丁張）による出来形管理の始まり

昭和に入ると、工事測量や丁張りに関する技術解説書が活用されるようになり、図解入りで詳しく記述され、監督員、現場作業員が容易に理解できるよう工夫がされている。遣型（やりかた：丁張り（ちょうはり）ともいう。）とは「設計通り正確に施工するための現場の指標¹³」のことである。昭和38年現場施工の手引き（共通編）によると、工事測量と遣型の説明には次のように記述されている（参考文献25、表6-6、表6-7、図6-5～図6-7）。

表6-6 工事測量と遣型（丁張）²⁵⁾

「工事測量とは各種の工事施行（施工の間違いか：筆者注）上に必要な測量である。これを工程に従って分類すれば大体次の通りとなる。
重要な中心点の引照点設置
必要な水準標設置
土工その他必要な構造物の位置決定
遣型型枠の測定
設計変更測量
出来形測定（竣工検査）」

切取（現在の掘削）については、次のようであった。

表6-7 切取について²⁵⁾

「地山に法肩の位置を求め、法杭と貫を用いて切取法勾配を示すものであって、直線部では20m宛、曲線部では10mに1カ所を標準として設置する。切取は中心杭と法遣型にたよって土工を進めるものである。」

表6-7で示されるように曲線部における詳細な作業方法が指定されることから、遣型設置が重要視されていたと考えられる。出来形管理についての詳細には触れられていないが、設計図通り工事を行うことを考えると、遣型設置そのものが、原寸大の設計図を現地に描いていると考えられる。出来形管理とは、遣型（丁張）管理を正確に行うことから始まったと筆者は考えている。



図6-5 切取時の遣型（丁張）²⁵⁾

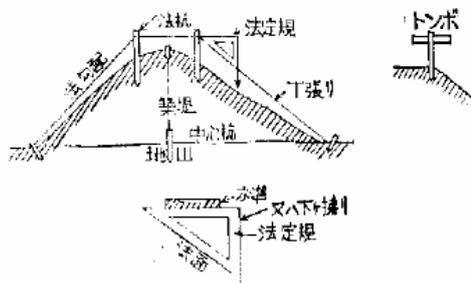


図6-6 盛土時の遣型（丁張）²⁵⁾

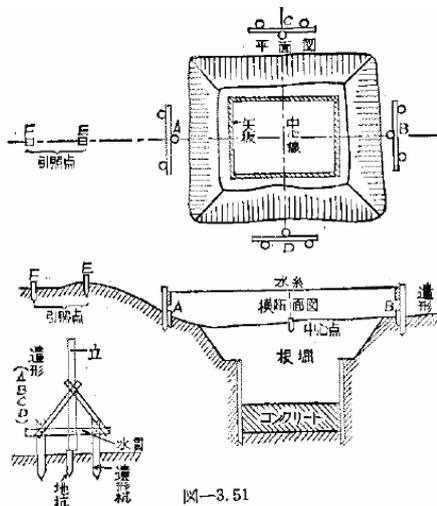


図6-7 坪掘時の遣型（丁張）²⁵⁾

6.2.2.3 出来形管理基準の制定

土木工事共通仕様書（昭和 43 年度）によると、工事測量の条項で、監督員による測量検査の規定、鋼巻き尺による測定についての規定が見られる（表 6-8）。

表 6-8 工事測量の検査^{2 8)}（下線は筆者注記）

土木工事共通仕様書（昭和 43 年度）
第 115 条工事測量
「工事に必要な丁張、その他工事施工の基準となる仮施設は、請負者が設置し、監督員から検査を指示されたものは検査を受けなければならない。き損または亡失した場合は、新たに設置し、監督員の検査を受けなければならない。
測量に使用する巻尺は、原則として鋼巻尺とし、その他については監督員の承諾を得なければならない。」

また昭和 44 年には出来形管理基準が定められている（参考文献 2 6）。これによると、合格判定方法として、「JISZ9003（計量基準型一回抜取検査：標準偏差既知でロットの不良率を保証する場合）」、「規格値による全数検査」が採用されている。これまでの単なる長さの計測だけを規定したものではなく、出来形管理の品質を統計的に判断しようとする試みである。ただし、その規格値の設定根拠については明らかになっていない（参考文献 2 3、p. 2-12~2-14）。

また、昭和 44 年土木工事施工管理基準の中で、写真による出来形管理表の項目では、帯広テープ、スタッフ（箱尺）による出来形計測についての記述とともに、写真撮影方法の例を示している（図 6-8）。

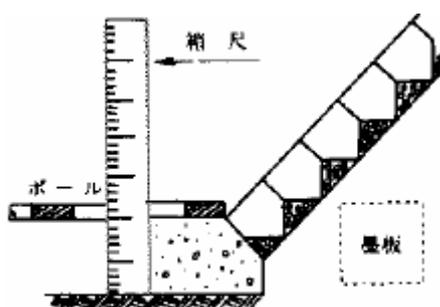


図 6-8 出来形管理における写真撮影方法¹⁴⁾

監督職員が、工事受注者によって撮影された写真に基づいて効率的な出来形確認（検査）を行うために活用されたものと考えられる。

丁張りに関しては、平成 16 年現在の土木工事共通仕様書の工事測量の条項においては遣型（丁張）検査などの記述はなくなった（参考文献 2 7）。一方、地方自治体においては、高知県など丁張り検査を行っているところもある（表 6-9、参考文献 2 9）。

表 6-9 高知県建設工事監督規程^{2 9)}（下線は筆者注記）

平成 11 年 4 月 1 日訓令第 12 号
（段階検査等）
第 16 条監督職員は、請負者の施工する測量、丁張、床掘、基礎、型枠及び諸工作物等の各段階において、立会のうえ、検査、確認等を行わなければならない。

出来形管理に関しては、昭和 43 年頃から今の出来形管理のやり方（業務スタイル）が定着したと考えられる。出来形管理基準の基本的な考え方として、設計値と出来形数値の差を比較すること、出来形管理写真で帯広テープによる出来形計測写真を撮影し、黒板に記述するスタイルは今と変わらない。

6.2.2.4 新たな出来形管理の可能性と必要性

このように、明治から昭和 43 年頃にかけては、遣型をもとに出来形管理が行われてきた。その後、昭和 44 年以降の出来形管理とは、完成構造物に対して、工事受注者が巻き尺を使った長さの計測結果を提出することによって、設計図面にかかれた設計値と完成した構造物の計測値を対比し、合否を判定するものに変わってきた。現在の施工現場においても広く支持されている簡便な方法である。

しかし、近年建設現場での熟練労働者の減少、外国人作業員の増加などにより、図面が読める人が少なくなってきたため、丁張や出来形管理を行える技術者が不足してきた。そのため、より簡易に計算、作業を行う必要が生じてきた。

一方、IT 技術の発展により、位置特定やデータ交換

が簡易にできるようになった。計測機器には電子計算機が携帯され、現場で複雑な計算を行えるようになってきた。さらに CALS の推進により設計図面が電子化され活用されている。今後、建設ライフサイクルを通じた情報の利活用はますます進むと考えられる。

ところが、現在の2次元図面を対象とした電子データだけでは、丁張りや出来形管理の効率的な作業を行うことはできない。そのために測量計算書などの書類から、施工に必要な座標値や設計図面から必要な設計条件を読み取らなければならない。さらに、工事測量専用ソフトで複雑な計算を行い、丁張りに必要な座標計算を行わなければならない(図6-9)。

図面の電子化が進んでも正確な座標データや設計条件が電子化されなければ、ITを導入した改善効果が小さい。そのため、昔ながらの熟練技術者の技術知識をうまく活用し、ITを用いて効率的に情報交換を行うことが重要である。特に山岳現場における複雑な地形及び擁壁のような複雑な構造物の3次元地形・設計データを活用することは、理解を早め、正確な設計作業に大いに効果がある。そこで、施工現場において3次元の地形・設計情報をうまく活用するため、3次元設計情報を用いた丁張りや出来形管理を支援する技術を提案する。

6.2.3 ITを活用した出来形管理

6.2.3.1 ITを活用した出来形管理の概念

ITを活用した出来形管理とは、3次元設計情報を作成し、施工現場で活用することによって監督検査の業務改善を図ることである。ここで3次元設計情報とは、平面線形、縦断線形、標準横断面などの基本骨組み情報を組み合わせたものであり、以下、簡単にスケルトンと呼ぶことにする(図6-10)。

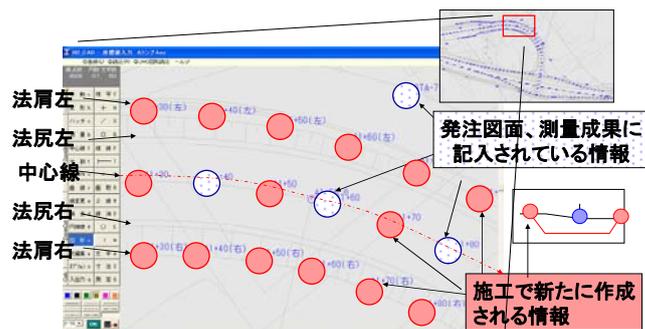


図 6-9 丁張りに必要な座標位置

3次元設計データ定義方法の提案

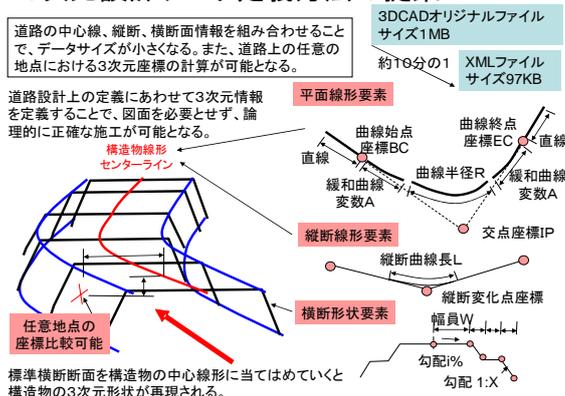


図 6-10 3次元設計情報とスケルトン

スケルトンの電子化によって、既存の3次元CADデータファイルより大幅に小さなファイルサイズで測量機器などの入力データとして利用でき、熟練技術者が丁張り設置作業を行うための技術的計算に必要な設計情報を電子的に利活用することが可能となると考えている。

(1) スケルトンによる丁張り設置支援

3次元設計情報(スケルトン)は、丁張り設置準備作業も大幅に改善することができる。丁張りとは、現地における原寸大の設計図面といってもよい。従来では紙図面や書類を元に構造物の細かい変化点を座標計算により割り出し、掘削、盛土する際に必要な地山の切り出し位置や盛土位置、範囲、勾配等を示していた。丁張りに使用する材料は通常木杭、釘などの安価な材料が用いられる。丁張り設置準備作業とは、木杭、釘などを設置する場所を、図面等から計算で求める作業のことをいい、従来なら電卓などを使って数学公式を駆使し一つ一つ座標計算して長いリストを作成す

る必要があった。丁張り設置管理を正確に簡単に早く行うことで結果的に効率的に出来形品質を向上することができる。

近年では、関数電卓、ポケットコンピュータなどが発達し、現場においても IP 座標 (図 6-10 参照) や曲率パラメータ等を使った高度な計算を短時間に実施出来る環境が整ってきている。しかし、丁張り設置に必要な箇所数だけ、多くの複雑な座標計算を行って測量機器に入力、あるいはケーブルなどで転送する必要がある。道路工事の場合、設計断面に従って現地に丁張りを設置するのに必要な座標計算は、中心線にそって直角方向に座標計算が必要である。また盛土、掘削作業が進むに従って要所、要所で丁張りが必要になるだけでなく、クロソイドなどの緩和曲線がある区間や、コンクリート構造物などの複雑な形状のものほど、その計算に多くの労力と大量の座標を管理する必要がある (図 6-11)。

丁張り設置が施工作业に必要であることは明治より変わっていないが、完成までの工期短縮、設計の複雑化、コスト縮減の要請により、一層効率的管理が求められている。3次元設計情報を活用した丁張りでは、これらの作業をできるだけ簡素化するために、施工現場において3次元設計情報を自由に使える環境を整えることで、任意の断面変化点における構造物の座標値を算出できる (参考文献 16、図 6-12)。

LandXML は XML によってタグ付けされたテキストファイル形式であり、OS に依存せず、長期保存でも情報の再利用が可能となる電子情報である。そして、構造化された電子情報を持ち、平面線形、縦断線形、地形などを、点、線、面などの基本図形モデルによって表現することができる。地形をのぞけば大変小さな電子ファイルであり、測量器に内蔵されるコンピュータでも容易に利用できるものである (<http://www.Landxml.org>)。我々が考えているスケルトンの電子化を行うには、LandXML を拡張して、標準横断面情報を追加しなければならないが、本研究の実証実験ではまだ標準断面情報の拡張は行っていないため、一部手入力が生じている。

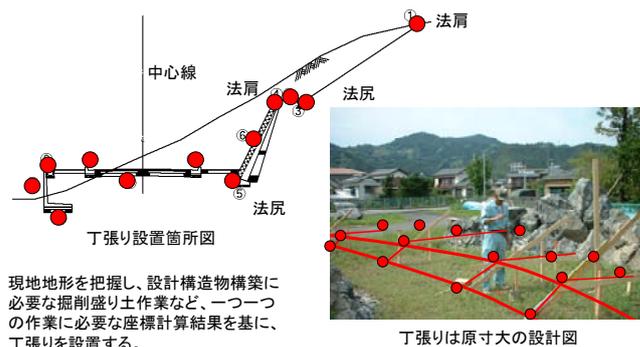


図 6-11 丁張り設置箇所図

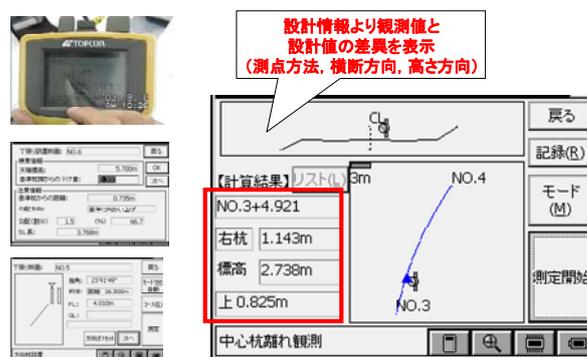


図 6-12 データコレクタによる丁張り支援

(2) スケルトンによる出来形管理

IT による出来形管理の実施には、従来の出来形管理概念を改める必要がある。従来型では巻き尺を使用した計測作業によって得られる1次元のスカラー値を使用した業務プロセスとなっている。契約図書として定められる設計図面は、平面図、縦断図、横断図、詳細図等からなり、それぞれの図面には引き出し線とともに、構造物の名称、長さ、幅、面積などが記述されている。従来型の出来形管理では、これらの図面に記述される引き出し線のスカラー値を設計値とし、設計値に対応する現地実測値を比較し、その差が許容範囲 (出来形管理基準の規格値) 内に入っていることで、構造物が設計図通りできていると判定されている。

一方、IT を活用した計測作業では、TS、GPS などによって3次元の計測結果を得ることが出来る。そこで、IT による出来形管理では、3次元設計情報を現地における原寸大の設計図として再現し構造物の形状と比較することとして想定した。構造物を原寸大の設計図

と比較することで設計と実測の差異を計算することができ、その差が許容範囲内に収まっているかを判断することができる。これにより構造物が設計通りできているかどうか判定できる(参考文献 16, 17, 図 6-13)。

図 6-13 の道路横断面において、W と H は設計道路面上の中心線を原点とした座標値であり、サフィックスの「設計」、「実測」は、各設計値と実測値を示す。IT による出来形管理では、このような概念を用いて多数の横断面において設計と実測の差を求めることにより、水平、鉛直距離の差を統計的に求めることができる。

これまで、厳密に 20m ピッチの管理断面を特定し出来形計測を行うのに手間がかかっていた。一方、スケルトンによる出来形管理では、厳密に 20m ピッチの管理断面で出来形計測を行わなくても、大まかに断面変化点を設定して迅速かつ正確な出来形管理が可能となる。

6.2.3.2 実証実験結果

以上述べた IT による出来形管理の概念を用いて、施工現場における実証実験を行い、その概念の正しさを検証した。検証項目は従来型の丁張り設置作業と出来形管理作業、そして IT 型の場合の時間計測によって比較した。その結果、2 つの現場において、従来型に比べて丁張り設置にかかる準備作業や設置作業時間が 10 分の 1~3 分の 2 に短縮されるといった効果があることが確認された。出来形管理作業においても同様の結果となり、従来型では発見できなかった設計と施工の差異をわかりやすく顕在化できることが明らかとなった。

(1) 高知県道路改良工事

高知県伊野土木事務所発注工事である国道 439 号線道路改良工事において、IT 施工管理の実証実験を行った。高知県では、監督職員による丁張り設置後の確認検査を行っているため、丁張り設置時の業務改善についても計測を行った。

設計条件は次の通りである(表 6-10、図 6-14)。

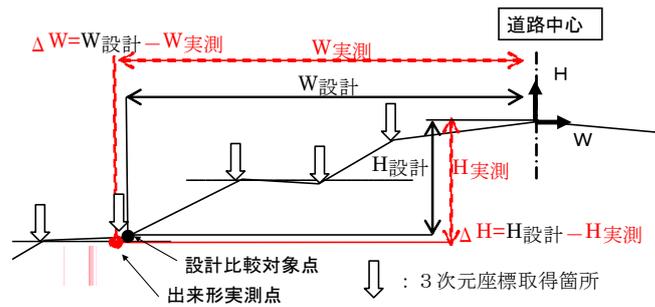


図 6-13 スケルトンによる出来形管理の概念

表 6-10 設計条件

設計幅員 8.5m (車道 3.25m、2 車線)、横断勾配 6%、盛土勾配 1:1.5
(I. P. 20) 曲線半径 R=240m
クロソイドパラメータ A=120 (基本型対称形)
I. P. 19、X=68892.4592、Y=-22841.3005
I. P. 20、X=68756.2996、Y=-23160.3404
I. P. 21、X=68541.2015、Y=-23346.7404
縦断曲線長 VCL=80m
KA20-1 (No. 232+10.539m) : 標高 EL=241.639m
縦断勾配変化点 (No. 238) : EL=247.616m
KA20-2 (No. 242+12.856m) : EL=253.128m

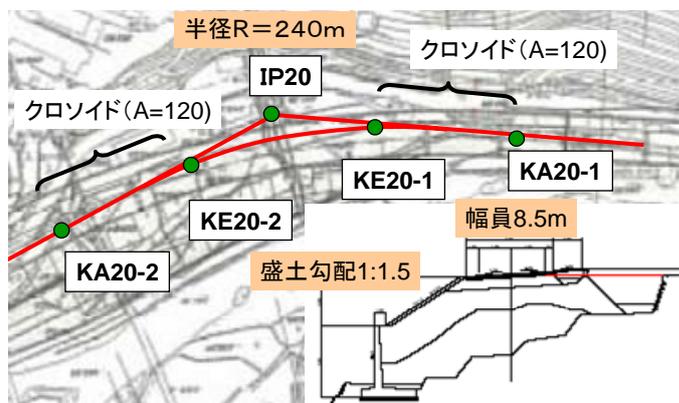


図 6-14 設計条件 (平面図、横断面図)

実験には、国総研との共同研究者である（株）トプコン開発の丁張り設置支援機器を用いて、3次元CAD設計システム（（株）Autodesk LandDesktop Ver. 3.0、CivilDesign）から出力される LandXML Ver. 1.0 形式に含まれる情報を入力して、従来型の丁張り設置と支援ソフトによる作業時間短縮の効果を計測した。LandXML Ver. 1.0 には、丁張り設置に必要な平面線形情報（IP、BC、EC、R、A等）及び、縦断線形情報が含まれており、これらのパラメータの入力を電子的に行うものである（図 6-15）。

しかし、本実験では、支援ソフトで LandXML Ver. 1.0 を入力できるソフトの改良が間に合わなかったため、平面線形、縦断情報、標準横断情報を手入力で行った。

実験結果によると、クロソイド曲線部における準備作業に要する時間短縮効果が顕著であり、設計情報を施工管理に活用する事による有効性が確認された（図 6-16）。LandXML 形式の電子ファイルを入力出来るようになると、基本線形計算にかかる時間を大幅に短縮することが可能となるであろう。今回は小規模な工事における効果の測定を行ったが、急傾斜の曲線を含む法面掘削工事や高速道路のインターチェンジ付近などの複雑で大規模な工事においてはさらに改善効果が期待される。

また、出来形計測作業において、TS を用いた出来形計測を厳密に 20m ピッチの管理断面上で行った場合と（実験 A）、断面変化点の断面を大まかに設定した場合（実験 B）の 2 つの方法で実施し、現地作業時間の比較により、図のように時間短縮効果が認められた（図 6-17）。

これによると、管理断面上で計測するには管理断面の特定に多くの時間を要するため計測点数が少ない割に観測時間が長い。一方、断面変化点上では計測点数が倍近くあるにもかかわらず、観測時間は約半分で済む。

```

<CoordGeom> 直線
<Line length="24.33707466" dir="100.075109477457">
  <Start>-66884.84800000 -5831.55500000</Start>
  <End>-66868.65044830 -5849.71904475</End>
</Line> 緩和曲線 始点側半径 終点側半径
<Spiral radiusStart="INF" radiusEnd="200.00000000" ro-
lothoid" length="60.50000000" tanLong="40.38177070" tanSl

```

図 6-15 LandXML Ver. 1.0 形式の平面線形情報

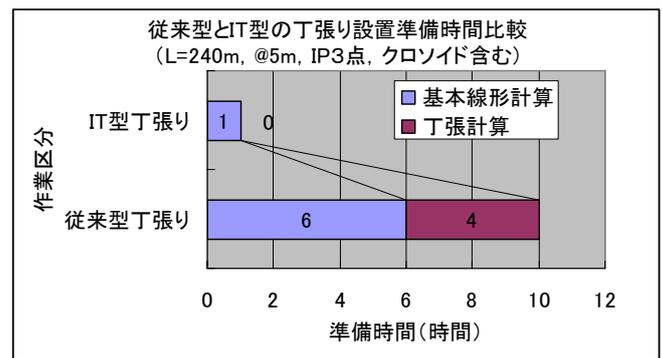


図 6-16 丁張り設置準備作業時間

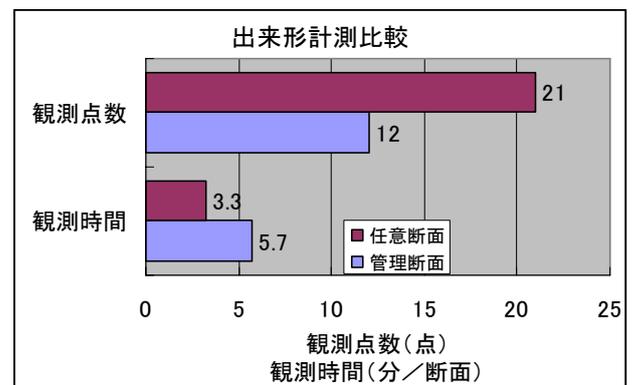


図 6-17 出来形計測時間

(2) 鳥取河川国道

国土交通省中国地方整備局鳥取河川国道事務所による国道 29 号線歩道設置工事において実証実験を行った。実験には、同事務所郡家出張所所長による主体的な提案の元、施工技術総合研究所と協力して行い、TS による地形計測、出来形確認等を行った。

地形計測では従来の 20m ピッチの横断面上による地形計測ではなく、地形変化点を 3 次的に計測した（図 6-18）。

同様に出来形確認でも構造物の断面変化点における3次元計測結果を3次元CADシステムにフィードバックすることで、3次元設計情報との差異を計算で比較処理し表示した(表6-11)。

ここで、TSデータネーミングルールは、次の通りである。

- ・道路中心線から左側法面は(負)、右は正值で記述
- ・道路中心線上は0で記述
- ・路肩端は1で記述
- ・小段中心線側は2、法肩/法尻側は3で記述
- ・法肩/法尻は4で記述

ネーミングルールの必要性は、多数の出来形の3次元計測値を設計形状と比較するときに、対応する設計座標値を自動的に計算するためである。3次元計測結果を3次元CADシステムに入力し、設計値、出来形値を算出し、結果を画面上に表示させた(図6-19)。

ここで、図6-19で示す情報の意味は、次の通りである。

道路中心線から左側法面は(負)、右は正值で記述

測点：計測位置の測点

計画幅：出来形計測した点に対応する計画上の中心線からの水平位置

測量幅：出来形計測した点における中心線からの水平位置

計画標高：計画上の標高値

測量標高：出来形を計測した点における標高値

幅員差：計画幅と測量幅の差異

標高差：計画標高と測量標高の差異

実験結果では、従来型に比べても遜色なく出来形確認ができただけでなく、3次元的に地形形状の変化、任意の横断変化点における出来形確認がわかりやすいことが検証出来た。このときの実証実験による従来型と情報型の両方を実施したコスト分析結果を次に示す(図6-20)。

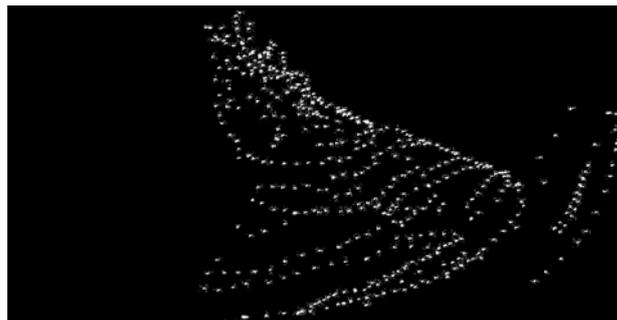


図6-18 地形変化点による地形計測

表6-11 3次元計測結果

x	y	z	name
-66889.68	-5962.23	120.71	-4
-66891.81	-5966.53	122.42	-4
-66892.54	-5969.74	123.75	-4
-66891.43	-5972.24	123.87	-4



図6-19 出来形図上の設計値と出来形値の差

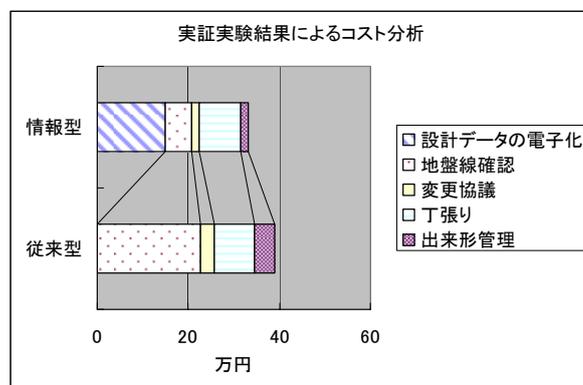


図6-20 実証実験によるコスト分析