

Machine Guidance and Automation Systems

Ryan Forrestel

Cold Spring Construction
Akron, NY



1



Cold Spring Construction

- Based in Akron, NY (Near Niagara Falls)
ニューヨーク州アクリン(ナイアガラの滝に程近い)
- Founded in 1911 by Eugene P. Forrestel
曾祖父が1911に設立
- Current volume \$50-70 million/year
年間受注高50億円～70億円
- Approximately 200 employees at peak
ピーク時200名雇用
- Typically 3-4 projects concurrently
同時に3-4プロジェクト稼働
- Most work for NYSDOT, some in Pennsylvania
主にニューヨーク州DOT(米国運輸省)受注、又はペンシルベニア州より受注



Cold Spring, con't.

- Heavy highway construction – earthwork, paving and bridges
高速道路建設、造成、舗装、橋梁
- Airport work
空港
- Dams
ダム
- Locks, canals
水門、運河
- Landfills
埋立



Equipment

- 13 bulldozers (ドーザー 13台)
- 19 excavators (油圧ショベル 19台)
- 6 motorgraders (グレーダ 6台)
- 2 portable central mix concrete plants
(コンクリートプラント 2セット)
- 3 slipform concrete pavers (スリップフォーム 3台)
- 8 cranes (クレーン 8台)
- 3 asphalt pavers (アスファルトフィニッシャー 3台)



Earth Moving in 1911:



Earthmoving in 2009:





Machine Control/3D Survey Equipment

- 20 GPS rovers (GPS測量 移動局 20セット)
- 18 machine control systems (マシンコントロール 18)
 - 9 bulldozers (ドーザー 9セット)
 - 6 excavators (油圧ショベル 6セット)
 - 2 graders (グレーダ 2セット)
 - 1 trimmer (トリマー 1セット)
- 4 robotic total stations (自動追尾TS 4セット)



Machine Control Experience

- Using 3D machine control since 2003
2003年より三次元マシンコントロールを利用開始
- 8 projects completed, 4 under construction since machine control implementation
マシンコントロール利用開始から、8プロジェクトを完了、4プロジェクトを工事中
- Over \$450 million in projects awarded since beginning machine control
マシンコントロール利用開始から450億円を受注



Machine Control

- What are the benefits of machine control for the contractor?
建設会社にとってマシンコントロールの恩恵は何か？
- What are the benefits of machine control for the owner?
発注者にとってのマシンコントロールの恩恵は何か？
- What are the challenges in implementing machine control?
マシンコントロールを実施することの挑戦は何か？
- How is 3D changing construction and its relationship to design?
三次元は、施工と設計の関係をどう変えるのか？



GPS grade control systems for dozers

- Accurately perform bulk earthwork operations by placing the site design in the cab and using GPS positioning
キャブ内の設計データとGPS測位で精密な大規模造成を運用
- Reduce stake-out, rework, material costs
丁張り、手戻り、材料費の削減
- Increase production & quality
生産性と品質の向上



Scrapers, Graders, & Excavators (Soil Compactors)

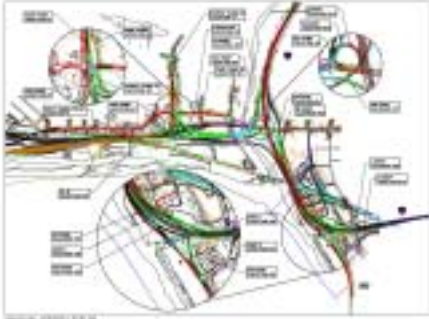


Grader





Applications - I-86/Rt. 15



Applications - I-86/Rt. 15



Applications – Route 219 Extension

- Major landslide during project
工事中大規模な地滑り
- Change from 1 million m³ of borrow to 2 million m³ of waste
100万m³受入れから200万m³廃棄へ変更
- Scope and area of work changing constantly due to redesign
設計変更のために仕様や施工範囲は、常に化する



Applications – Route 219 Extension

Ability to get digital data with design updates from NYSDOT allowed work to progress continuously without delay
ニューヨーク州DOTから、設計変更に対応したデジタルデータを手に入れたため、遅延無く、工事を進捗できた。



Specialized Applications

特殊な工事

- Thrust blocks for new bridge needed to be set into rock face
新設の橋梁のトラスト軸受は岩盤に固定する必要があった
- Grades for this area of rock excavation were specified
この施工の岩盤掘削の高さは指定されていた
- Accurate surface was achieved by milling rock with an excavator using UTS control
TS版油圧ショベルで岩盤を削ることにより正確な仕上がり



Specialized Applications

特殊な工事





Specialized Applications

特殊な工事



Machine Control Advantages

マシンコントロールの優位性

- Significant gains in productivity and efficiency
生産性と効率の大幅な向上
- No stopping for grade checker
高さチェックのための中断がない
 - Operator stays in the cab
オペレータはキャブ内に留まれる
- Constant grade reference reduces multiple passes
連続的な高さの基準(設計面)により重機の往復回数を削減
- High productivity levels maintained all day
高い生産性レベルを1日中持続
 - Less operator fatigue
オペレータの疲労削減
- Allows flexibility in scheduling - day or night operation
スケジュールの自由度が高い - 昼間または夜間の作業
- Less fuel consumption/Less wear & tear on equipment
燃料消費量の削減、機材の磨耗・破損の削減



Efficiency Improvements

効率の向上

- Mass earthwork productivity gains range 10-30%
土工量の多い造成では10~30%生産性向上
- Earthwork grading and finish grading show 25-50% efficiency gains
造成や仕上げ土工では25~50%効率向上
- Drainage excavation 10-20% improvement
排水溝掘削では10~20%向上



Efficiency Improvements

効率の向上

- Grade checking efficiency improves by 65-70%
高さチェックの効率は65~70%向上
- Use of stakes for grading almost completely eliminated
トンボ・丁張りの使用はほぼ完全に省略
- Survey and layout efficiency improves by 66% in staffing required, 100% in time and amount required is reduced with use of machine control
測量と位置出しの効率は必要人員数にして66%向上、マシンコントロールの使用により必要な作業時間・量は100%削減できる



Efficient Material Usage

効果的な材料の使用

- Allows a choice of which material to over use
どの材料を多く使用するか、選択を可能にする
 - Specification +/- 25mm
要求精度 ±25mm
 - Machine Control Tolerance +/- 10mm
マシンコントロールの許容値 ±10mm
 - Move elevation up or down within the tolerance window to optimize material quantities
許容値ウィンドウで高さを増減することで材料量を最適化
- Reduces material overage
余剰材料を削減
- If owner pays per quantity placed, savings are passed on immediately
発注者が使用した材料の数量に対して支払う場合、直ちに節約の効果がある



Return on Investment

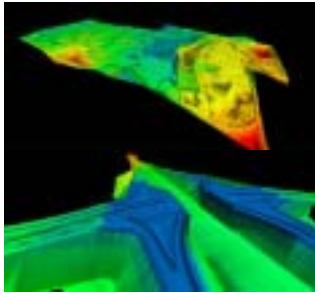
投資の回収

- In heavy use, high hour and volume applications machine control systems can pay for themselves in as little as two weeks of use.
マシンコントロールを多用する、施工時間も土工量も多い工事では、最速の場合、2週間使っただけでマシンコントロール自体にかかった費用を回収できる



Digital Data Used for Machine Control

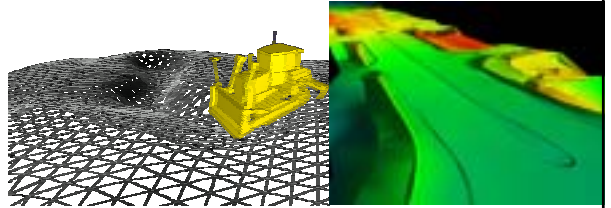
マシンコントロールに使用するデジタルデータ



3D Digital Terrain Model

3D デジタル地形モデル

- DTM is the surface triangulated from points
DTM はポイントから生成した三角形で形成される設計面
- The 3D model of the proposed surface is used as the reference
提案した設計面の 3Dモデルを基準として使用



Benefits of 3D Model Use

3Dモデルを使用する利点

- Consistency and Accuracy 一貫性と精度
- Increased Production – bonus for early completion or ability to move on to other work
生産性の向上 – 早期竣工ボーナス、次の現場への移行
- Improved Safety 安全性の向上
- Reduced Human Effort 人的努力の削減
- Night Operation 夜間作業
- Reduced Material Costs 材料費の削減
- Higher Machine Utilization 高い重機利用率



Benefits of 3D Model Use

3Dモデルを使用する利点

- Ease of Inspection
検測が簡単
- Accurate Location of QA/QC Testing
出来形計測が正確
- Ability to Do More In the Field With Less Experienced Personnel
経験の少ない人員でより多くのことができる
- Ease of Comparing Existing to Proposed
提案と現況の比較が簡単
- Realization of Design Errors Before They Are Constructed
施工前に設計の間違いを発見
- Creation of Accurate As-builts
正確な竣工図の作成



Types of Models For Different Projects

工事の違いによるモデルタイプ

- New Construction – 3D model w/ features
新規工事 – 3Dモデルとポイント
- Relocation, Grade Changes – 3D model w/ features
移設、高さ変更 – 3Dモデルとポイント
- Reconstruction – 2D/3D model w/ features
再施工 – 2D/ 3Dモデルとポイント
- Utility/Drainage – 3D lines w/ features
インフラ/側溝 – 3Dラインとポイント
- Striping /Signs – 2D features
横断歩道/信号 – 2D ポイント
- Bridge Painting – probably not!
橋の塗装 – なし!



What Should Be Included

何が含まれているべきか

- 3D Surface
3D 設計面
- Interim Grades and Excavations, i.e. footer pads, culvert excavations
途中段階の施工、たとえば排水溝掘削など
- 3D Lines for Pipe and Utility Excavations
3Dライン: 配管・インフラの掘削
- 2D Features, i.e. signs, end sections, erosion control, pavement markings
2Dポイント: 信号、砂防、舗装マーキング



What Should Be Included

何が含まれているべきか

- When traffic will be moved during construction, temporary work to accommodate traffic should also have 3D surfaces included

施工中に交通量が変化する場合、交通量に対応するための一時的な作業にも、3D施工面を持つべき



Source of 3D Models

3Dモデルの元データ

- In New York most transportation projects are supplied with digital data
ニューヨークの多くの運輸関係工事はデジタルデータが提供される
- Digital data includes surface models in 3D as well as .dgn files with linework
デジタルデータには3Dの設計面モデルと線画を含む
.dgnファイルが含まれる
- Format is usually of the software used for design – must be converted to LandXML before use in machine control
フォーマットは通常、マシンコントロールで使用する前に設計に使用しているソフトウェアでLandXMLへ変換する



Agreement on Digital Data

デジタルデータに関する同意

- If contractor creates or modifies digital data or 3D models, model should be supplied to owner before construction begins
建設会社がデジタルデータや3Dモデルを作成・変更した場合、着工前にモデルを発注者に提供すべき
- It should be agreed that the model accurately represents what will be constructed
モデルが施工するものを正確に表していることに同意を取るべき
- The 3D surface that is used for construction should also be used to check grades
施工に使用する3D設計面を高さチェックにも使用すべき



Finding Mistakes – W-WA

間違いの発見 – W-WA



Challenges – SE-SEA

課題 – SE-SEA



Cross-Sections vs. Surfaces

横断面 vs. 設計面

- We used to build accurately only at every cross-section
かつては横断面だけ正確に施工していた
- Now we have the ability to build accurately everywhere
現在はどこでも正確に施工することが可能
- Construction can only be as accurate as the surface
設計面があれば施工はより正確にできる



Most Designs Currently Are 3D

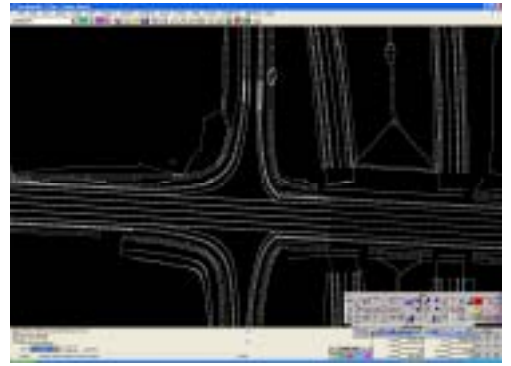
今では多くの設計データは3D

- Most design is now done by computer in a 3D design package
現在、多くの設計は3D設計ソフトを使ってコンピュータで行われる
- These designs should be able to be used in the field by contractors and inspection staff
これらの設計データは建設会社や測量担当者が現場で使うことができる
- In New York digital design data is supplied to contractors before they bid on a project
ニューヨークでは入札前にデジタル設計データが建設会社へ提供される



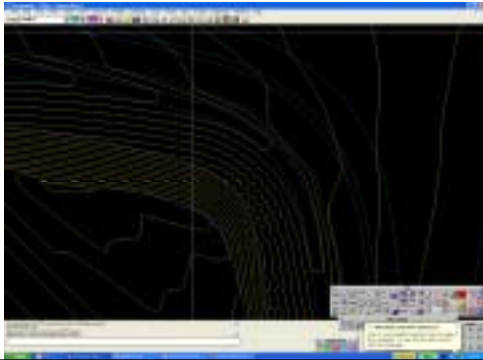
Design Issues – Data Density

設計の問題点 – データの密度



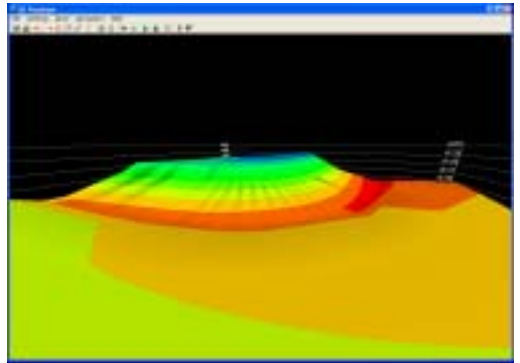
Design Issues

設計の問題点



Design Issues

設計の問題点



Challenges and Liabilities

課題と障害

- Implementation Due to Resistance to Change
変化に抵抗する動き
- Requires a Shift in Thinking For Both Design and Construction
設計と施工の両方を考えるよう変わることが必要
- Contractors Complain Because of the Investment
建設会社は投資について不満



Challenges and Liabilities

課題と障害

- Concern Over Who Is Responsible For Data and What Happens If a Mistake Gets Built – Is This Really Any Different From Paper Plans?
もし間違っ作ってしまったら、誰がデータに責任を持ち何が起きるのか、という心配 – これは本当に紙ベースの計画と違うのか？



Who Really Saves?

誰が本当に節約できるのか？

- Why Should Owners/Designers Help the Contractors?
なぜ発注者・設計者は建設会社をサポートすべきなのか？
- Contractors Who Are Implementing GPS Early Are Saving
GPSを早く導入した建設会社は(コスト)節約している
- Like Any Other New Technology, As Implementation Becomes
Widespread, Competition Causes That Savings to Be Passed to
Owners and Taxpayers
他の技術と同じく、広く普及するに従い、競争により、節約が発注者
や納税者に返ってくる



3D Is Changing Construction

3D は施工を変えている

- Contractors are adopting 3D technology
建設会社は3D技術を導入
- Construction practices are changing
施工の実務は変化している
- Contractor's needs are changing
建設会社のニーズは変化している
- Contractors need more information (Data)
建設会社はより多くの情報(データ)が必要
- Technology is pushing their requirements
技術が要求を後押ししている
- Designers need to stand behind their 3D designs and provide them for
construction
設計者は3D設計データに責任を持ち、施工のために供給することが
必要



Reality of 3D/Machine Control

3D マシンコントロールの現実

- 3D is a Process not a Product
3D は結果でなくプロセス
- Requires a Real Commitment to Change
変更には本契約が必要
- Can be Achieved Gradually Step by Step
徐々に少しずつ達成される
- Hardware and Software will constantly improve and compatibility is
the challenge
ハードウェア・ソフトウェアとも継続的に改善される、互換性が課題
- The Early Adopters will have a Long-Term Advantage in Continuing
to Adapt to Changing Technologies
早く対応すれば、変化し続ける技術に対応し続ける優位性を長期間
得ることになる

Questions?

質問