

# TS・GPS を用いた盛土の締固め情報施工管理要領（案）

事 務 連 絡

平成 15 年 12 月 25 日

大臣官房技術調査課 課長補佐

総合政策局 建設施工企画課 課長補佐

T S ・ G P S を用いた盛土の締固め  
情報化施工管理要領(案)

平成 1 5 年 1 2 月

## はじめに

情報化施工は、施工の各段階において情報技術を活用し、施工の効率化、品質の向上、安全性の確保、環境保全、維持管理までを含めた施工システム全体としてとらえた、次世代の建設施工の合理化を図る生産システムといえる。

国土交通省では、このような情報化施工の普及促進を図ることから、情報化施工の現状と将来像、普及に向けての課題と方策および産・学・官が果たすべき役割等について整理し「21世紀の建設現場を支える情報化施工」のビジョンを策定した。

この一環として、近年開発が急速に進んでいる自動追尾トータルステーション（TS）やGPSを活用した位置情報をリアルタイムに計測蓄積し施工管理に活用していくシステムに着目し、盛土の締固め施工管理に関する試験フィールド事業での現場実証工事を全国的に展開して基礎データの収集、分析を進めてきた。その成果を「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）」として整理し、「土工締固め管理情報化施工検討委員会」の審議を経て、情報化施工に関する施工管理ツールの一つとしてとりまとめたものである。

これまでの盛土の品質管理では、締固めた土の密度や含水比等を点的に測定する品質規定方式が主流であった。これに対し、本要領（案）では、事前の試験施工において、規定の締固め度を達成するための施工方法を確定しておき、実施工ではその施工法に基づき締固め回数による管理を行っていく工法規定方式を採用している。品質規定方式では、盛土の品質を直接計測することできるのに対し、工法規定方式では盛土の品質を間接的に評価することになるが、締固め回数の管理は、締固め機械の走行軌跡を把握することにより実施されるため、ヤード全域を面的に管理することができ、品質の均一化や過転圧の防止等に加え、締固め状況の早期把握による工程短縮が図れるなど多くの利点を有している。

本要領（案）で示す管理手法は、現行の砂置換法およびRI計法に加える第3の盛土施工管理手法として位置付け、個々の現場条件に応じて、適切な管理方法が選択して使用されること想定している。この管理手法は、特に土質特性の変化が少ない現場で適用性が高く、施工管理の大幅な改善が期待され、今後、普及促進を図っていくものである。

## 目 次

<b>第1章 総 則</b> .....	1
1.1 適用の範囲 .....	1
1.2 目的 .....	3
1.3 管理項目 .....	4
<b>第2章 システムの適用条件</b> .....	5
2.1 適用条件 .....	5
<b>第3章 締固め管理方法</b> .....	7
3.1 締固め回数の確認方法 .....	7
3.2 機器構成 .....	10
3.3 T S ・ G P S の性能 .....	10
3.4 データ処理システム .....	11
3.5 振動ローラを使用する場合の留意事項 .....	12
<b>第4章 事前調査・試験</b> .....	13
4.1 計測障害に関する事前調査 .....	13
4.2 試験施工による締固め回数の設定 .....	13
<b>第5章 施工方法と品質管理</b> .....	16
5.1 管理ブロックサイズ .....	16
5.2 締固め判定 .....	16
5.3 締固め方法 .....	17
5.4 施工時管理 .....	17
5.5 締固め管理基準 .....	20
5.6 検査データ .....	20

## 第1章 総 則

### 1.1 適用の範囲

本管理要領(案)は河川土工及び道路土工において、自動追尾トータルステーション(以下、T Sという)又は衛星測位システム(以下、G P Sという)を用いた盛土の締固め管理に適用する。

#### 【解説】

河川土工及び道路土工における盛土の締固め管理においては、これまで砂置換法やR I計法が主として用いられてきたが、近年、T S又はG P Sを用いて、作業中の締固め機械の位置座標を施工と同時に計測し、この計測データを締固め機械に設置したパソコンへ通信・処理(締固め回数のモニター表示)することによって、盛土全面の品質を締固め回数で面的管理する手法が導入されつつある。これらの手法は、盛土の品質向上や施工管理の簡素化、効率化に大きく寄与するところとなっており、今後の建設施工合理化のため本管理要領(案)をとりまとめたものである。

本管理要領(案)は新たな締固め度を提案するものではなく、規定の締固め度が得られる締固め回数と、締固め機械の走行軌跡を追尾、記録することで管理しようとするものである。

したがって、本管理要領(案)を適用する場合、事前の試験施工において、規定の締固め度(現場乾燥密度/最大乾燥密度(JIS A 1210 A・B法×100%))が得られる締固め回数を確認しておくことが必須条件となる。

試験施工での締固め度確認手法は従来の砂置換法(JIS A 1214)、R I計法(R I計器を用いた盛土の締固め管理要領(案))による現場乾燥密度測定が基本となり、具体の試験に際しては、各発注機関が定める施工管理基準等による。

本管理要領(案)の内容は、盛土の締固め管理にT S・G P Sを用いる場合に、それぞれのシステムの持つ特徴を最大限に発揮させるため、システムの基本的な取り扱い方法や施工管理方法及びデータ取得、締固め回数の確認方法等について整理している。

なお、表-1は盛土の締固め管理にT S又はG P Sを用いる場合の管理可能な施工条件を示したものである。T S又はG P Sの適用に際しては表-1の施工条件を満足するかどうかについての事前の調査・確認が必要である。

盛土施工に際しては、次の指針等を参照する。

「河川土工マニュアル」…平成5年6月、(財)国土開発技術研究センター

「道路土工-施工指針」…昭和61年11月、(社)日本道路協会

---

注1) 本管理要領(案)で取り扱うG P Sは、GPS(米)、GLONASS(露)、GARILEO(EU計画中)など、人工衛星を利用した測位システムの総称として定義する。

注2) 本管理要領(案)で取り扱うG P Sは、移動する締固め機械の位置座標を正確に測定する必要があることから、リアルタイムキネマティック(RTK-GPS)測位手法を基本とする。

表－1 本要領による締固め管理にTS・GPSを用いることが可能な施工条件

区 分	適切な施工条件	摘 要
TS・GPS 共通	①河川土工盛土、道路土工盛土であること。	
	②締固め機械はブルドーザ、タイヤローラ、振動ローラであること。	
	③現場付近に計測(無線)障害を及ぼすような高压線等が架設されていないこと。	・事前調査による確認が必要 [3.1節参照]
	④盛土材料が、飽和度や空気間隙率で管理される粘性土ではないこと。	・粘性土は締固め回数での管理が困難 [2.1節(2)参照]
	⑤盛土材料の土質が日々変化しないこと。	・日々変化すると締固め回数の設定が困難 [2.1節(2)参照]
	⑥施工含水比が最適含水比附近であること。	・逸脱する場合は、施工含水比の調整が必要 [2.1節(2)参照]
TS 適用の場合	⑦TSレーザの視準を阻害するような障害物がないこと。	・事前調査による確認が必要 [4.1節参照]
	⑧施工エリア1区画内で稼働する締固め機械が1台であること。	・2台以上稼働するとレーザが錯綜し、適用困難[2.1節(2)参照]
	⑨締固め機械をTSで追尾可能な施工範囲(距離)であること。	・追尾距離が不適な場合、TSの位置を盛変える [2.1節(2)参照]
	⑩土砂運搬車両等がレーザを遮断しないこと。 (一時的な遮断に対しては、再追尾機能で対処可能)	・遮断する場合は土砂運搬経路の工夫が必要[2.1節(2)参照]
GPS 適用の場合	⑪施工区画内のどこにおいても常時、FIX解データを取得できる衛星補足状態であること。	・事前調査による確認が必要 [4.1節参照]

## 1.2 目的

本管理要領（案）は河川土工及び道路土工において、T S ・ G P Sを用いて盛土の締固め管理を行う際のシステムの基本的な取り扱いや施工管理方法及びデータ取得、締固め回数の確認方法を定めることを目的とする。

### 【解説】

本管理要領（案）では、T S ・ G P Sを用いた盛土の締固め管理システムに関するこれまでの試験研究の成果を踏まえ、それぞれのシステムの基本的な取り扱い方法や土質及び現場条件等による適用限界を示し、また、システムの特徴を考慮したデータ取得及び締固め回数の確認方法を規定した。

現行の砂置換法及びR I 計法による盛土の品質管理は、締固め後の現場密度を直接計測し、盛土の品質を締固め度で管理するものであるが、これらの方法は広い面積を点の測定値で代表させており、また適用できる土質の粒径が砂置換法が最大53mmまで、R I 計法が最大100mmまでが限度となっている。

一方、T S ・ G P Sを用いた締固め管理方法による品質管理は、盛土の現場密度を直接測定するものではなく、事前に試験施工を行い締固め回数を決定し、その回数が確実に履行されたことを確認することにより管理する方法で、施工と同時にオペレータが車載パソコンのモニターで締固め回数分布図を確認することにより、盛土全面の品質を管理することができる。加えてこれまで適切な品質管理が難しかった岩塊盛土（締固め度による管理ができない盛土材料）に対しても適切な回数設定した上で適用できることや人為的なミスが少なく、均一な締固めができるなどの特徴も有している。本手法の効果を次に示す。

- ・ 盛土全面の管理による品質の向上（品質の均一化）
- ・ 適用可能な土質条件の拡大（礫を含む岩塊盛土等への適用が可能）
- ・ 締固め状況の早期把握による工程短縮（次層盛土の迅速な施工）
- ・ 品質管理業務の簡素化・効率化（品質管理時間の短縮）
- ・ 締固め回数の確実な管理による過転圧の防止（無駄な締固めの排除）
- ・ オペレータの省技能化（盛土の品質がオペレータの習熟度に左右されない）
- ・ 電子納品への対応（施工管理の合理化）
- ・ T S ・ G P Sで取得した計測データのうち、鉛直（Z座標）成分の情報（締固め前後の地盤標高差）を活用することで、層厚管理の目安としての自主管理が可能。

### 1.3 管理項目

TS・GPSを用いた盛土の締固め管理方法の管理項目は、締固め回数とする。なお、所定の締固め度を確保するため施工含水比についても管理する。

#### 【解説】

TS・GPSを用いた盛土の締固め管理では、事前の試験施工で確認された所定の締固め回数を確実に管理することが基本となる。この管理方法は、土質特性の変化が締固め品質に大きく影響するので、施工時の含水比を日々測定し、最適含水比と常に対比して、最適含水比との差が大きい場合には、他の現場密度試験併用での追確認を行い、所定の品質確保に努めなければならない。また、土質が変化した場合や締固め機械を変更した場合にも、改めて試験施工を実施し、所定の締固め回数を定めなければならない。

現場密度測定以外の品質管理（本施工前及び土質の変化した時に行う土の締固め試験と CBR 試験、路床のプルーフローリング等）や一層の仕上がり厚さ等の出来形管理は、各発注機関の施工管理基準等による。

なお本要領案での管理・確認項目は表－2のとおりである。

表－2 締固め回数管理に必要な管理・確認項目

区分	管理・確認項目	監督職員への提出時期		摘要
		着工前	完時	
試験施工	○試験施工での締固め回数決定等試験記録（土質試験含む）	○		「4.2 試験施工による締固め回数の設定」による
システム機能処理	○TS・GPS機器の測定精度・機能試験資料	○		「3.3 TS・GPSの性能」による
	○データ処理システム機能試験資料	○		「3.4 データ処理システム」による
	○施工可能範囲確認資料	○		「2.1 適用条件」による
	○管理ブロックサイズ設定確認資料	○		「5.1 管理ブロックサイズ」による
	○締固め判定方法設定確認資料	○		「5.2 締固め判定」による
	○締固め幅及びオフセット設定資料	○		「3.4 データ処理システム」による
	○締固め使用機械資料		○	「5.4 施工時管理」による
施工時管理	○振動ローラ有起振作動設定確認資料	○		「3.5 振動ローラを使用する場合の留意事項」による
	○締固め回数分布図及び走行軌跡記録図		○	「5.4 施工時管理」による
	○盛土管理記録図		○	



## 第2章 システムの適用条件

### 2.1 適用条件

TS・GPSを用いた締固め管理方法を適用し、効果的に運用するためには、施工現場の地形や立地条件、施工規模及び土質の変化などの条件を考慮しなければならない。

#### 【解説】

##### (1) TS・GPSを用いた締固め管理方法が効果的となる適用条件

本管理方法の大きな特徴は、これまで適切な品質管理が難しかった土質条件へ適用できること、さらに品質管理の効率化と品質向上を図ることができるなどであり、次の条件の場合、TS・GPSを用いた締固め管理方法を、より効果的に運用できる。

##### ① 現行の品質管理基準を適用できない土質への適用

- ・最大粒径 100mm の岩塊を含んでいる盛土材料への適用。
- ・最大粒径 100mm 以下であっても、粒径 37.5mm 以上の礫を 40% 以上含んでいる盛土材料への適用。(粒径 37.5mm 以上の礫混入率が 40% 以上の場合、密度の礫率補正ができないため、現行の砂置換法やRI計法による管理ができない)

##### ② 品質確認の迅速性が要求される盛土工への適用

- ・盛土工では、品質を確認した後に次層を盛土しなければならないが、日々の盛土量が多い場合や盛土の工区割り等の条件により、盛土が毎日1層又は複数層仕上がるような場合、品質確認が遅れる砂置換法は適用できない。このような場合は、施工後に品質を確認できるRI計法を利用することが多いが、RI計法は測定に時間と労力を費やす。このような制約において本管理方法を適用した場合、次層盛土への迅速な移行など効果的な施工が可能となる。

##### ③ 大規模盛土工への適用

- ・現行の品質管理基準は、盛土量あるいは盛土面積に応じて測定頻度が決められており、1日の盛土量が多くなると、日々の品質管理に費やす時間と労力が多大となる。TS・GPSを用いた締固め回数による管理の場合の主な品質管理時間は、始業・終業時の機器設置と片付け及び管理局（現場事務所）における日常管理としての品質管理帳票を出力するのに要する約1時間程度だけであり、この時間は1日の盛土量にほとんど左右されない。
- ・大規模盛土工の具体例としては、同じ平面が連続する新規の道路や大規模堤防盛土などが挙げられる。

##### (2) 適用にあたっての留意事項

##### ① 立地・地形条件について

- ・後記4.1節で示す「計測障害に関する事前調査」を行い、施工現場の立地・地形条件が原因となる計測障害の有無を確認しなければならない。
- ・TS運用の場合、TS本体の設置位置と締固め機械との距離が接近し過ぎた場合、締固め機械の動作にTSが自動追従できないことがあるので、追従できる距離を確保しなければならない。

## ②施工エリア等について

- ・ T S の測距距離の仕様値は、気象条件（曇り、霧）などによって若干減衰するので、システム運用時の測距距離はこれを考慮しなければならない。
- ・ T S 運用において、同じ作業エリア内で2台以上の締固め機械が稼働する場合には、レーザが錯綜し、お互いの機械を誤認する可能性があるため、各機械の作業エリアを T S の作動エリアごとに区分するなどの対策が必要である。
- ・ T S 運用の場合、土砂の運搬経路は T S 本体と締固め機械の間に極力運搬車両が入らないように運搬経路を設定しなければならない。

## ③対象土質について

次の土質等の条件下では、締固め回数での施工管理が適当でない場合があるので留意する。

- ・ 盛土の品質規格値が、飽和度や空気間隙率で規定される粘性土が盛土材料の場合。
- ・ 盛土材料の土質が日々変化し、締固め回数の決定が難しい場合。

## ④施工含水比

- ・ 盛土材料の土質が同じであっても、施工含水比が、締固め回数を決定するために実施した試験施工時の自然含水比や最適含水比を逸脱（低すぎるか高すぎる）し、規定回数の締固めでは所定の締固め度を満足することができないあるいは締固めに適さないと判断される場合には、散水やばっ気乾燥などの処置を行い、施工含水比を調整しなければならない。
- ・ 盛土の品質を確保するための施工含水比の目安は、次のとおりである。

適切な施工含水比：土の締固め試験(JIS A 1212 A・B法)での最適含水比と  
規定の締固め度の得られる湿潤側の含水比の範囲  
(道路土工－施工指針抜粋による)

また、自然含水比が最適含水比より乾燥側の土では、その含水比での締固めによって規定の締固め度を超えても、浸水時に強度が減少するおそれがあり、注意しなくてはならない（道路土工－施工指針抜粋による）。

### 第3章 締固め管理方法

#### 3.1 締固め回数の確認方法

TS・GPSを用いた盛土の締固め管理は、TS・GPSが取得する締固め機械の位置座標（計測データのうち、平面〈X, Y座標〉成分の情報）を基に、施工範囲全面を表す締固め回数分布図を、締固め機械のオペレータがモニターで確認しながら施工と同時にかつ連続的に管理するものである。

#### 【解説】

TS・GPSで計測した締固め機械の位置座標を、締固め機械の側のパソコンに通信し、車載パソコンのモニターでは、管理ブロックサイズデータ（図-1参照）が表示される。

管理ブロックの定義：管理ブロックとは、オペレータが締固め完了部分と未締固め部分を見分けるため、図-1に示すように締固め範囲を正方形（一辺0.25mまたは0.50m）に分割し、車載パソコンのモニターに表示するものをいう。

この管理ブロックサイズデータに締固め機械の位置座標（締固め幅を考慮した走行軌跡）をあてはめ、締固め機械が管理ブロックを通過すると、そのブロックを締固めたと判定し、通過回数に応じて施工と同時にモニターに締固め回数色分け図を表示する。締固め範囲全面にわたってこの処理を行うことにより、規定の締固め度の確保に必要な締固め回数を確認・管理する。

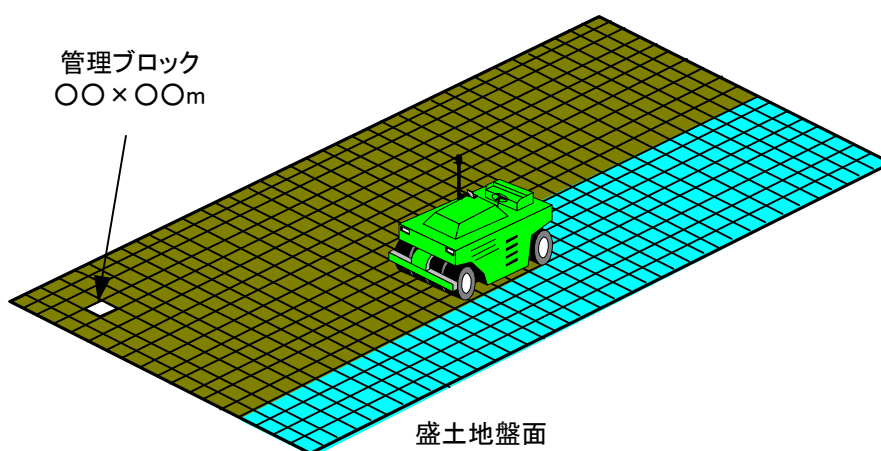


図-1 管理ブロックの概念図

締固め機械の位置座標の計測・通信方法と締固め判定方法の詳細は、以下のとおりである。

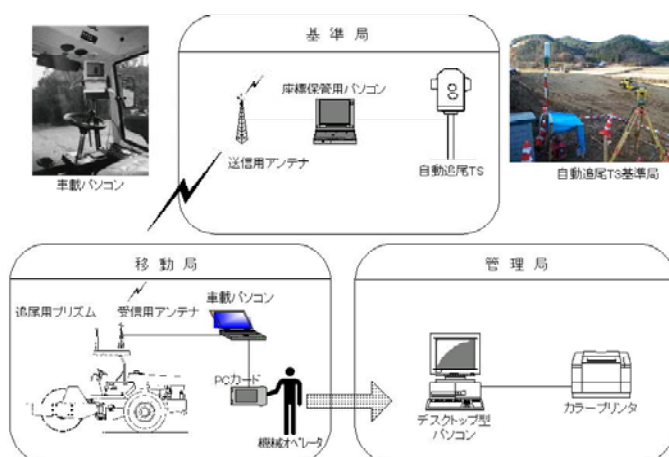
#### (1) 位置座標の計測方法とデータの通信方法

TS・GPSによる締固め機械の位置座標の計測方法とデータ通信方法は、表-3のとおりである。データの通信経路参考図を図-2と図-3に示す。

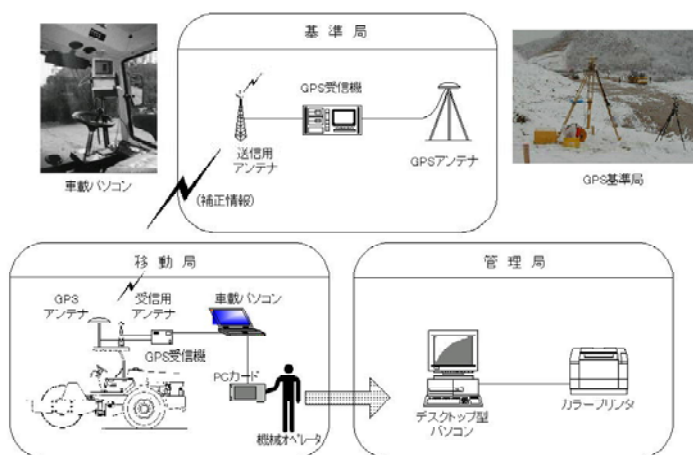
表－3 走行軌跡の計測方法とデータの通信方法

適用システム	内 容
T S システム	・現場の座標既知点(基準局)に設置したT Sにより、締固め機械(移動局)に装着した全周プリズムを追尾し、締固め機械の位置座標を計測する。座標データは、無線等により車載パソコンに伝達され、このデータを用いてモニターに締固め位置と回数を表示する。
G P S システム	・座標既知点(基準局)に設置したG P S から位置補正情報を無線等により締固め機械(移動局)に伝達し、移動局側のG P S 受信機で基準局からのベクトルを算出、移動局の位置座標を求める。座標データは車載パソコンに伝達され、このデータを用いてモニターに締固め位置と回数を表示する。

- 注1) 施工終了後、管理局において、検査データとなる品質管理帳票を出力する。無線機等の増設で管理局でも移動局と同様の管理ができるが、これについては施工者の任意とする。  
 2) 基準局：三次元座標が分かる現場基準点、移動局：実作業する締固め機械、管理局：請負者の現場事務所。



図－2 走行軌跡データの通信経路 (T S の例)



図－3 走行軌跡データの通信経路 (G P S の例)

(2) 締固め判定方法

管理ブロックを締固めたと判定する方法には、管理ブロックの四隅の1点あるいは1辺を締固め機械が通過すると、そのブロックを締固めたと判定する方法（以下、管理ブロック四隅の1点判定方法と呼ぶ、図-4参照）と、管理ブロック面積の何%以上かを締固め機械が通過すると、そのブロックを締固めたと判定する方法がある。

本管理要領(案)では、図-4に例示する「管理ブロック四隅の1点判定方法」を標準と定めた。(5.2節)

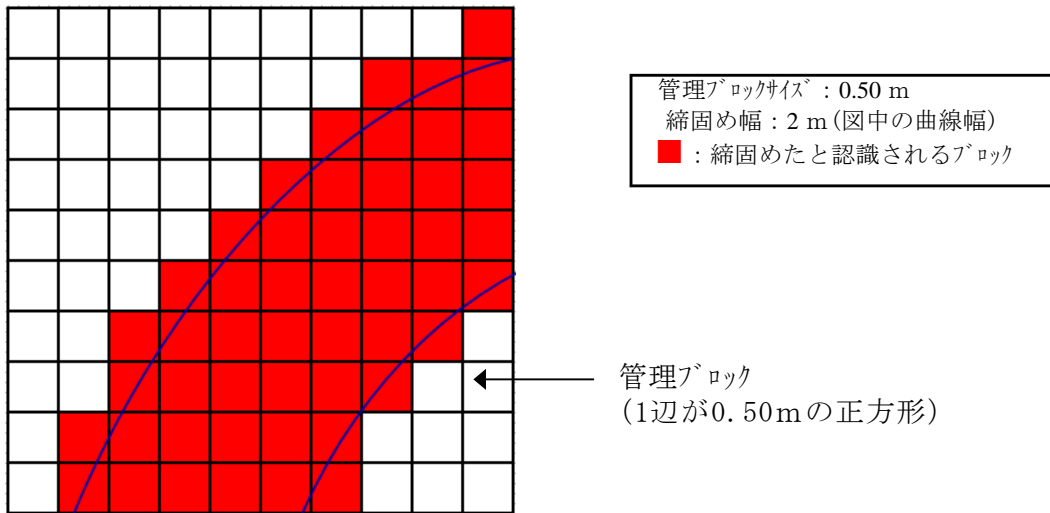
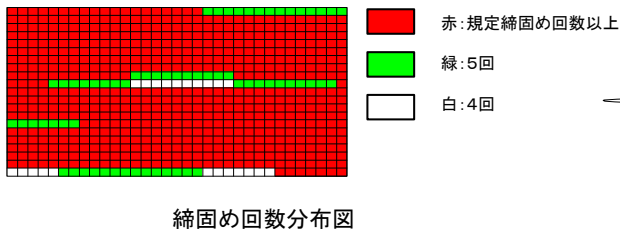


図-4 管理ブロック四隅の1点判定方法

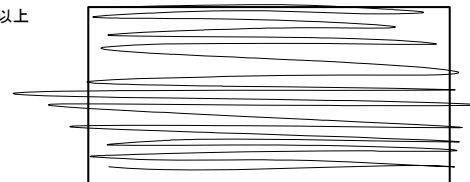
最適な管理ブロックサイズは、締固め判定方法や締固め機械の種類によってそれぞれ異なる。本管理要領(案)では、これまでの試験研究および現場試験の成果から、施工品質と施工能率とを同時に満足するものとして、施工機械ごとの管理ブロックサイズの標準を定めた。(5.1節)

車載パソコンのモニターに表示される締固め回数分布図の概念図を図-5、締固め機械の走行軌跡概念図を図-6に示す。オペレータは、車載パソコンのモニター表示で締固め回数を確認しながら、図-5の施工範囲が全て規定回数以上の色表示になるまで締固める。



締固め回数分布図

図-5 締固め回数分布図の概念図



走行軌跡図

図-6 締固め機械の走行軌跡概念図

### 3.2 機器構成

TS・GPSを用いた締固め管理システムは、基準局、移動局及び管理局に設置する機器で構成する。

#### 【解説】

基準局(座標既知点)と移動局(締固め機械側)及び管理局(現場事務所)に配置される機器は、表-4のとおりである。TSシステムの場合は、締固め機械とTSが1対1の組合せとなるので、締固め機械の台数に応じて基準局と移動局の機器を増設する。GPSシステムは、基準局を兼用できるため、締固め機械の台数に応じて移動局の機器のみを増設する。

表-4 締固め管理システムの標準構成

区分	局名	構成機器
TS	基準局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・TS機器(自動追尾TS、三脚)</li> <li>・*パソコン(自動TSのデータ一時保管用)</li> <li>・データ通信用無線送信機(移動局へのデータ送信用)</li> <li>・電源装置</li> </ul>
	移動局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・追尾用全周プリズム</li> <li>・車載パソコン(モニター)</li> <li>・データ通信用無線受信機(基準局からのデータ受信用)</li> <li>・データ演算処理プログラム</li> </ul>
	管理局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パソコン</li> <li>・データ演算処理プログラム</li> <li>・カラープリンター</li> </ul>
GPS	基準局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS機器(アンテナ、受信機、三脚)</li> <li>・データ通信用無線送信機等(移動局へのデータ送信用)</li> <li>・電源装置</li> </ul>
	移動局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS機器(アンテナ、受信機)</li> <li>・データ通信用無線受信機等(基準局からのデータ受信用)</li> <li>・車載パソコン(モニター)</li> <li>・データ演算処理プログラム</li> </ul>
	管理局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パソコン</li> <li>・データ演算処理プログラム</li> <li>・カラープリンター</li> </ul>

(注) \*印の基準局用パソコンは標準構成品ではない。TSで計測したデータをパソコンを介さずに直接移動局へ伝達するシステムもある。

### 3.3 TS・GPSの性能

施工に用いるTS・GPS測量機器は、以下の性能を有するものとする。

TS : 距離精度  $\pm(5\text{mm} + 10\text{ppm} \times D)$       角度精度 15"以下

GPS : 水平(x y) / 垂直(z)  $\pm(20\text{mm} + 2\text{ppm} \times D)$

注1) D値は、基準局と移動局との間の距離(mm)。

2) ppmは $10^{-6}$ (2ppmの誤差の場合、距離1km = 1,000,000mmで2mmの誤差)。

## 【解説】

性能とは、各測量機器が有する公称測定精度を示す。なお、施工管理に用いるTS・GPS測量機器については、施工現場等において機器点検を行い、測量機器の機能・性能を確認し、監督職員の確認を受けなければならない。ただし、機器メーカー等が発行する有効な検定書あるいは校正証明書がある場合は、この証明書を監督職員に提示し確認を受けることでこれに変えることができる。なお、検定期間満了後は機器メーカー等での再検定が必要となるので注意する。

以下に、施工現場等において機器点検を行う際の点検方法例を示す。なお、比較基線を設定した点検許容精度が本文で示す精度と異なっているが、これは比較基線を設定する際の測量誤差を考慮したものである。

### (1) TSについて

施工現場に20m以上の比較基線を設定し、次の内容の点検を行い、点検許容値以内の精度でなければならない。

距離：比較基線上で、±15mm以下

水平角：3対回3セットを行い、倍角差60"、観測差40"、セット間較差20"以下

鉛直角：水平付近及び30°以上の仰角において正反観測を行い、

高度定数差60"以下、零点誤差30"以下

### (2) GPSについて

GPSの場合、次に示す2種類の点検方法のうち、どちらの方法を用いてもよい。

#### ①比較基線を設定した点検

施工現場に20m以上の比較基線を設定し、次の内容の点検を行い、点検許容値以内の精度でなければならない。

- ・比較基線上で、リアルタイム測量（データ取得間隔1秒、10秒以上の観測）を実施し、基線長と高低差が30mm以内であることを確認する。

#### ②任意の地点を利用した点検

施工現場の等の任意の地点において、リアルタイム測量（データ取得間隔1秒、5分間の観測）を実施し、平均値に対するそれぞれの差を算出し、本文で示す、水平(x y)／垂直(z)が、±(20mm + 2ppm × D)の範囲に含まれていることを確認する。

## 3.4 データ処理システム

データ処理システムは、TS・GPSで取得した締固め機械の位置座標を無線等を介して車載パソコンに取り込み、施工とほぼ同時に締固め回数分布図をモニター表示できるものとする。また、施工範囲を0.25mまたは0.50mサイズの管理ブロックに分割でき、かつ締固め幅を任意に設定できること、さらに締固め機械の位置座標取得箇所と実際の締固め位置との関係をオフセットできる機能を有するものとする。なお、GPSの場合、FIX解でのデータのみを取得する機能を有するものでなければならない。

## 【解説】

### (1) 施工中の締固め回数分布図のモニター表示

データ処理プログラムを組込んだ車載パソコンは、締固め機械の位置座標から求まる走行軌跡を基に、管理ブロック毎に色分けした締固め回数分布図をモニター表示するが、締固め機械

の移動に対して、締固め回数分布図の作図が遅れるとオペレータの締固め状況確認を阻害する要因となる。締固め回数分布図の表示遅れは、パソコンの性能に大きく左右される。基本的な目安として締固め機械の位置座標を取得後、3～4秒遅れ程度で作図できれば、締固め作業を阻害することはない。

なお、車載パソコン表示画面は、オペレータの機械操作を阻害せず、また操作安全を十分に考慮した場所に設置しなければならない。

また、無線等を増設することで管理局(現場事務所)においても、移動局(車載パソコン)と同様に締固め回数分布図を表示できる。

#### (2) 施工範囲の分割機能

締固め回数を管理するための適切な管理ブロックサイズは締固め機械によって異なり、本管理要領(案)では機種に応じて0.25mまたは0.50mサイズを標準としている。したがって、品質管理上は、施工範囲を0.25mまたは0.50mサイズの管理ブロックに分割できればよい。

#### (3) 締固め幅設定機能

締固め幅は機種によって異なる。特にブルドーザの場合は、左右の履帯幅のみを締固め幅としてパソコンに入力することになる。したがって、締固め幅を任意に設定できるものでなければならない。

#### (4) オフセット機能

締固め機械の位置座標を取得するため、T Sシステムは全周プリズムを、GPSシステムの場合はGPS受信機を締固め機械に装着するが、この装着位置は実際に締固める位置ではなく任意の位置である。したがって、正確な締固め位置を認識し、かつ確実な締固め作業を行うためには、位置座標取得箇所と実際の締固め位置との関係について、以下の内容でオフセットできる機能を有するものとする。

ブルドーザ：履帯全長が締固め範囲を通過した際に締固めたものとする。

タイヤローラ：前後輪が締固め範囲を通過した際に締固めたものとする。

振動ローラ：土工用振動ローラの場合は前輪の荷重輪、タンデム型振動ローラの場合は前後輪が締固め範囲を通過した際に締固めたものとする。

#### (5) 座標取得データの選択機能(GPSの場合)

締固め機械の位置座標はFIX解データを使用して取得するものとし、測位精度が悪いFLOAT解データを取得してはならない。FIX解とはGPSの公称精度を満足する測位が可能な衛星捕捉状態いう。

### 3.5 振動ローラを使用する場合の留意事項

締固め機械として振動ローラを使用する場合は、起振しなければシステムが作動しないものとする。

#### 【解説】

振動ローラによる締固めは起振状態で行わなければならない。したがって、起振なしで走行した時のデータを排除するため、システムは「起振有り」でなければ作動しないものとする。



## 第4章 事前調査・試験

### 4.1 計測障害に関する事前調査

締固め管理システムの適用にあたっては、地形条件や電波障害の有無等を事前に調査し、本システムを適用できない場所がある場合は、その範囲を明確にしておく。

#### 【解説】

##### (1) TSシステム適用の場合

締固め機械の位置座標は、TSのレーザにより締固め機械に装着した全周プリズムを視準して取得し、このデータを無線等により締固め機械側へ通信する。施工現場周辺に高圧線等があったり、レーザを遮断するような地形条件の下では、TSシステムを適用できない場合がある。その際には、不適箇所の範囲を明確にし、システムを適用できない範囲は従来の品質管理方法を利用することとなる。

##### (2) GPSシステム適用の場合

高圧線等による無線障害についての注意事項はTSシステムと同じである。GPSシステムの場合、締固め機械の位置を精度よく連続的に測位するためには、FIX解となる衛星捕捉状態であることが基本条件である。狭小部や山間地などでは、FIX解となるのに必要な衛星数を捕捉できない状況が生じやすい。

衛星捕捉状態が悪いためにGPSシステムを適用できない場所がある場合は、その範囲を明確にし、不適当な範囲は従来の品質管理方法を利用することとなる。

##### (3) 適用範囲について

適用範囲の決定については、監督職員の確認を得るものとする。

### 4.2 試験施工による締固め回数の設定

本施工着手前及び盛土材料の土質が変わると、また、路体と路床のように品質管理基準が異なる場合に試験施工を行い、本施工で採用する締固め回数を定めるものとする。

#### 【解説】

本管理要領(案)を適用した締固め回数管理では、本施工着手前及び盛土材料の土質が変わるごとに自然含水比状態で試験施工を行い、本施工における締固め回数を決定することが必須事項である。この試験施工は、通常の盛土施工でも実施するのが一般的であるが、土質や目的物等により、試験方法に差異があるので留意しなければならない。

以下に、締固め度(現場密度)で管理ができる盛土材料と、締固め度で管理できない岩塊材料における試験施工の実施例を示す。

なお、締固め機械は本施工で使用するものでなければならない。

##### (1) 締固め度で管理できる盛土材料の例 (参考図-1参照)

試験施工により、締固め回数と締固め度の相関を確認し、規定の締固め度が得られる締固め回数を本施工での締固め回数とする。現場密度測定は砂置換法又はRI計法によるものとする。

なお、締固め度算定（現場乾燥密度／最大乾燥密度）の分母となる最大乾燥密度は、土の締固め試験(JIS A 1210 A・B法)で求める。

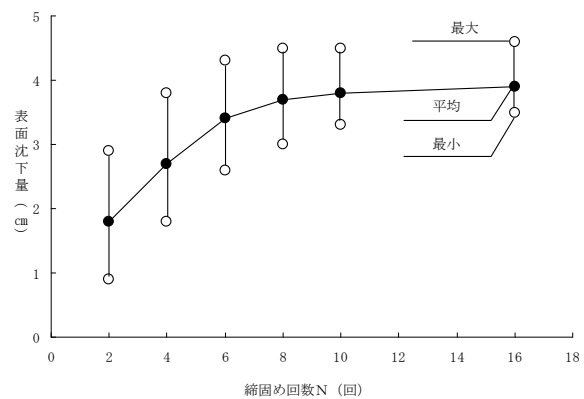
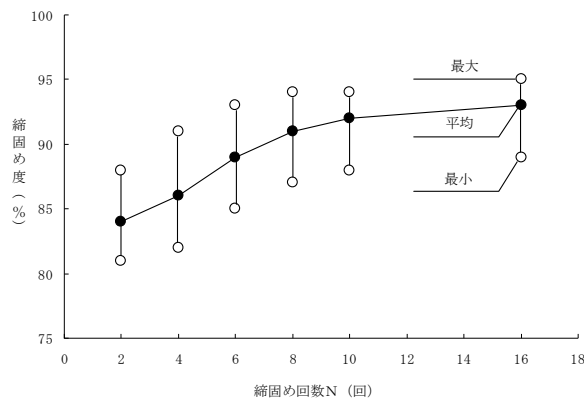
また、表面沈下量は、締固め範囲外に設けた基準杭間に水系をしっかりと張り、スケールで測定点の沈下量を測定するかまたはレベルで測定する。表面沈下量の測定結果は、本施工においてブルドーザで土砂を敷均す際の巻出し厚の管理に利用する。

(2) 締固め度で管理できない岩塊材料の例（参考図－2 参照）

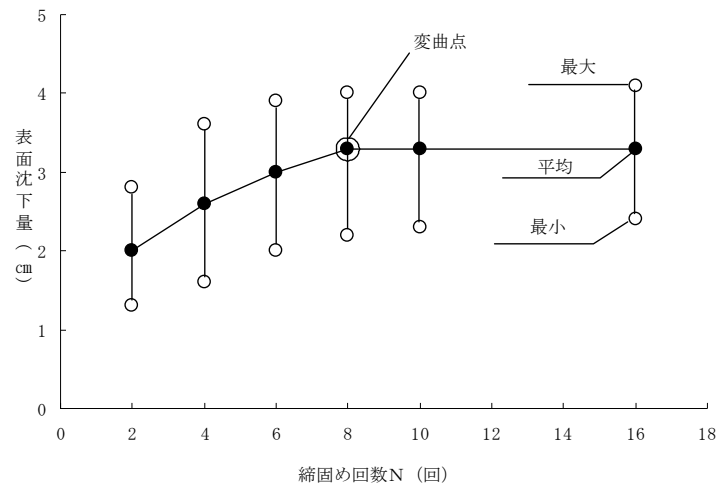
試験施工により、締固め回数と表面沈下量の相関を確認し、表面沈下量の変曲点(沈下量が収束した点付近)を本施工での締固め回数とするのが一般的である。表面沈下量の測定方法は、上記(1)と同様とする。

締固め回数は、規定の締固め度にやや余裕がある回数とするのが一般的である。参考図－1は路体の試験施工において、現場密度をRI計法で測定した例を示している。RI計法の場合は平均値による管理が基本であり、路体の品質規格値は平均締固め度が90%以上である。したがって、参考図－1に基づいた場合の適切な締固め回数は8回～10回となる。なお、現場密度を砂置換法で測定した場合は、平均値ではなく測定値の下限値で管理するのが基本となっている。なお、砂置換法とRI計法では、締固め度の品質規格値そのものが異なり、また路体と路床でも品質規格値が異なるので注意しなければならない。

締固め回数ごとの現場密度の測定点数や試験施工結果に基づく締固め回数の決定については監督職員の確認を得るものとする。



参考図－1 試験施工結果の作図例（締固め度で管理できる材料：RI計による測定例）



参考図－２ 試験施工結果の作図例（締固め度で管理できない岩塊材料）

## 第5章 施工方法と品質管理

### 5.1 管理ブロックサイズ

本管理要領(案)での適用機種は、ブルドーザ、タイヤローラ、振動ローラとし、締固め機械により決められた管理ブロックサイズを使用するものとする。

#### 【解説】

オペレータが締固め完了部分と未締固め部分を見分けるため、車載パソコンのモニターに表示する管理ブロックサイズは、締固め機械ごとに原則として表-3により設定するものとし、基準値を超えるサイズを適用してはならない。なお、表-5よりも小さい管理ブロックサイズを適用する場合は、監督職員の確認を得るものとする。

表-5 管理ブロックサイズの基準値

ブルドーザ	0.25 m
タイヤローラ	0.50 m
振動ローラ	0.50 m

(注)ブルドーザの場合は履帯間の接地しない領域を考慮している。

### 5.2 締固め判定

本管理要領(案)では、管理ブロックの四隅の一点あるいは一辺を締固め機械が通過すると、そのブロックを締固めたと判定する「管理ブロック四隅の一点判定方法」を標準とする。

#### 【解説】

本管理要領(案)で標準とした「管理ブロック四隅の一点判定方法」以外の締固め判定方法を使用する場合には、監督職員の確認を得るものとする。

### 5.3 締固め方法

車載パソコンのモニターに表示される締固め回数分布図において、施工範囲の管理ブロックの全てが、規定回数だけ締固めたことを示す色になるまで締固めるものとする。

#### 【解説】

締固め機械のオペレータは、車載パソコンのモニターに表示される締固め回数分布図において、施工範囲の管理ブロックの全てが規定回数だけ締固めたことを示す色になるまで締固めなければならない。(図-7参照)

ただし、締固め機械が近寄れない構造物周辺やのり肩部(のり肩より1.0m以内)については、本管理要領(案)の対象外とする。(5.5節参照)

なお、締固めにあたっては、次の事項に留意しなければならない。

- ①施工範囲の端部を適切に締固めるためには、道路設計線形等の軸線と平行な線で施工範囲を示し、管理ブロックを設定しなければならない。
- ②「降雪時、濃霧等」により欠測する場合には、作業を一時中止とする。
- ③「降雪時、濃霧等」の天候によって作業を中断する場合は、その時点までの施工データを一時保存し、再開時に一時保存したデータを呼び出して作業を継続する。一時保存したデータを呼び出すことができないシステムによる施工の場合の再締固め方法については、監督職員の確認を得るものとする。
- ④締固め速度は、試験施工時の速度を逸脱してはならない。
- ⑤T Sレーザが障害物等により遮断された場合、車載パソコンのサインと締固め機械の走行範囲が着色されなくなること、オペレータはデータ欠測を直ちに確認できる。過転圧を防止するため、レーザ遮断時に締固め作業を続行してはならない。レーザ遮断後にT Sは自動探索(数分間)を開始し、締固め機械を再追尾する。オペレータは追尾再開を確認のうえ作業を再開しなければならない。レーザ遮断時間が長くなり自動探索ができなかった場合は、人為的処置により締固め機械をレーザで再視準しなければならない。
- ⑥GPSの場合、F I X解の状態であっても、GPSの配置が悪いと一時的に測位精度が悪いF L O A T解になることがある。この場合、上記のT Sと同様にオペレータはデータ欠測を車載パソコンで直ちに確認できる。オペレータはF I X解に回復するのを待って作業を再開しなければならない。過転圧の防止については、上記のT Sと同じである。
- ⑦締固め幅等を間違えて車載パソコンへ入力して締固めた場合には、再締固めを行わなければならない。

### 5.4 施工時管理

締固め回数分布図と走行軌跡図及び盛土管理図を施工時の日常管理帳票として作成・保管する。また、施工含水比を施工日ごとに測定し、記録するものとする。

## 【解説】

### (1) 締固め回数分布図と走行軌跡図

毎日、締固め終了後に、車載パソコンに記録された計測データを電子媒体に保存し、管理局において締固め回数分布図と走行軌跡図を出力する。これらの図は締固め範囲の全面を確実に規定回数だけ締固めたことを確認するための日常管理帳票となるので、全数・全面積分を作成することとした。したがって、一日の締固めが複数回・複数層に及ぶ場合は、その都度、以下の内容が記載された締固め回数分布図と走行軌跡図を出力するものとする。

- ・ 工事名、請負会社名
- ・ 作業日、オペレータ名、天候
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ 施工箇所 (STA.No 等)、断面番号又は盛土層数番号
- ・ 盛土材料番号 (土質名)
- ・ 施工含水比
- ・ 締固め機械名
- ・ 作業時刻
- ・ 走行時間、実走行距離、締固め平均速度
- ・ 起振力 (振動ローラの場合)
- ・ 締固め幅

管理ブロックサイズ 0.50 m、締固め回数 6 回の条件で締固めた際の締固め回数分布図の例を図-7に、走行軌跡図の例を図-8に示す。

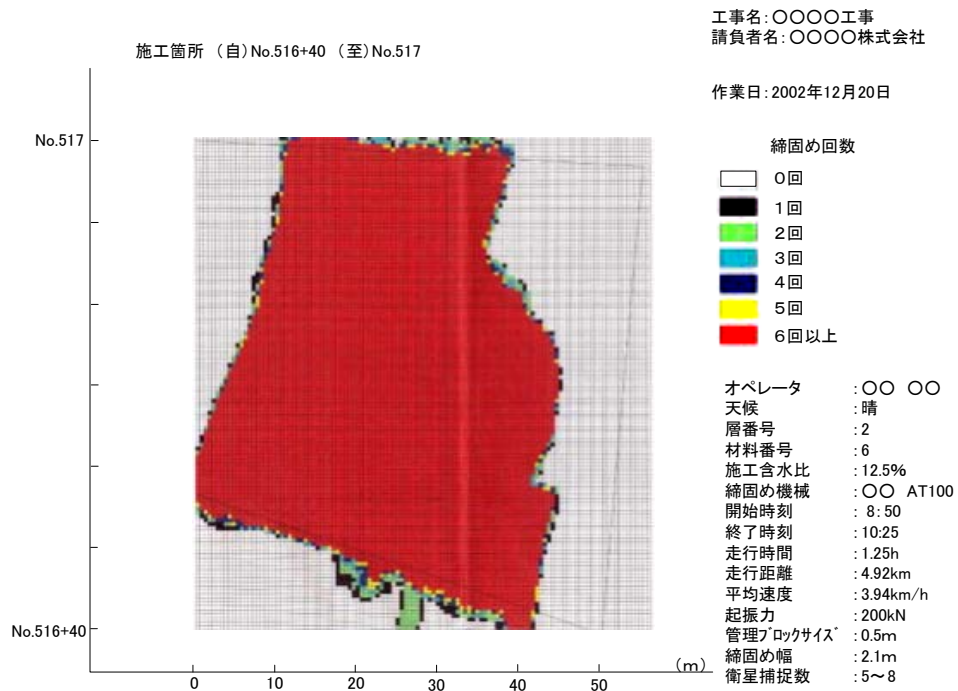


図-7 締固め回数分布図例 (管理ブロックサイズ0.50m)

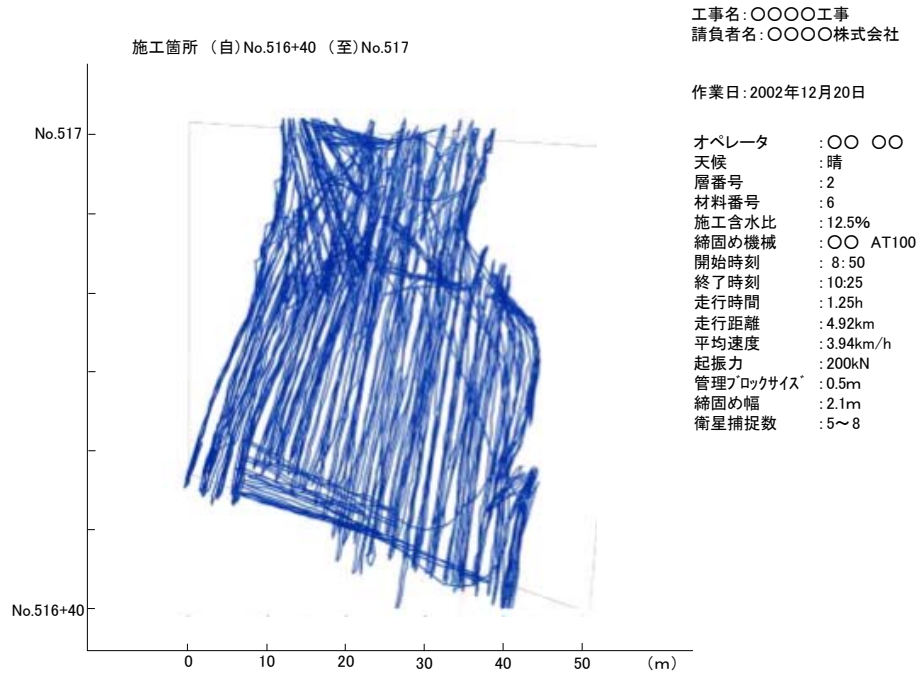


図-8 走行軌跡図の例

(2) 盛土管理

盛土管理は盛土管理図により、概略の施工完了位置の把握と盛土の締固め管理が適切に実施されていることを確認するために行うものである。この盛土管理図は、盛土の各層ごとに作成するものとし、施工日ごとの施工範囲を示すとともに、その施工範囲には、図-9の作図例で示すよう層番号（又は断面番号）を付記するものとする。盛土を10層分割で締固めた場合には、盛土管理図は10枚作成することになる。



図-9 盛土管理図

## 5.5 締固め管理基準

締固め管理基準は、施工範囲全面を表す締固め回数分布図により行い、定められた締固め機械により決められた管理ブロック全てにおいて、規定回数だけ締固め機械が通過したことを確認しなければならない。

### 【解説】

本管理要領(案)では、「管理ブロック四隅の一点判定方法」を標準としている。これは、使用する締固め機械により決められた管理ブロックサイズで、正方形に分割した全ての管理ブロックの四隅の一点を通過することで、その管理ブロックを締固めたと判定するものである。施工範囲全面を表す締固め回数分布図により、管理ブロックの全てにおいて締固め機械が規定回数だけ通過したことを確認しなければならない。

なお、締固め機械が近寄れない構造物周辺やのり肩部(のり肩から 1.0 m以内：R I 計器を用いた盛土の締固め管理要領(案)抜粋による)については、本締固め管理基準の対象外とし、別途の締固め管理基準を設定するものとする。

## 5.6 検査データ

締固め回数分布図と走行軌跡図および盛土管理図を検査データとする。

### 【解説】

締固め作業の都度に発生する締固め回数分布図と走行軌跡図および盛土管理図を管理帳票として作成し、監督職員に検査資料として提出しなければならない。

また、走行軌跡については管理帳票だけでなく、電子媒体に記録した生データを監督職員に提出するものとする。



TS・GPSを用いた盛土の締固め  
情報化施工管理要領（案）

参 考 資 料

## 目 次

第1章	本管理要領(案)の利用について	1
1. 1	基本事項	1
1. 2	現有システムの状況	1
1. 3	システムの調達・運用等について	2
1. 4	監督・検査	2
第2章	品質管理方法の選択	3
2. 1	現行の品質管理方法の概要	3
2. 2	想定される品質管理手法の使い分け	4
第3章	管理ブロックサイズ決定試験の方法と試験結果	6
3. 1	概要	6
3. 2	管理ブロックの定義	6
3. 3	管理ブロックサイズ決定試験方法	6
3. 3. 1	試験目的	6
3. 3. 2	試験ヤードと試験方法	7
3. 3. 3	最適管理ブロックサイズの決定	10
3. 4	締固め判定方法と管理ブロックサイズの基準	12
3. 4. 1	現場試験で採用した締固め判定方法	12
3. 4. 2	管理ブロックサイズの基準	13
第4章	現場試験の結果と導入効果	16
4. 1	概要	16
4. 2	試験結果と導入効果	16
	現場試験成果図集	20

## 第1章 本管理要領(案)の利用について

### 1.1 基本事項

#### (1) 本管理要領(案)の位置づけ

現行の砂置換法(突砂法含む)及びR I 計法に加えて第3の基準とし、品質管理方法の選択肢の一つとする。

#### (2) 品質管理の考え方

本管理要領(案)は新たな締固め度を提案するものではなく、規定の締固め度が得られる締固め回数と、締固め機械の移動軌跡を追尾、記録することで施工品質を管理しようとするものである。したがって、本管理要領(案)を適用する場合、事前の試験施工において規定の締固め度が得られる締固め回数を確認しておくことが必須条件となる。

試験施工時での条件の変化など、現場の判断によって、他の現場密度試験(砂置換法、R I 計法)併用での追確認を実施する。

#### (3) 試験施工の実施

試験施工は、現行の施工管理基準で必須事項となっている「土の締固め試験(JIS A 1210)」の実施時期(本施工前と土質の変化した時)と同時期に実施することが原則となる。

#### (4) 品質管理費用

本管理要領(案)を適用するにあたっての積算は従来の積算基準による。

### 1.2 現有システムの状況

現在NETISに登録されているシステムは表-1.1のとおりである。他に建設業者が独自に開発した未登録技術が数システム存在する。現場への適用については、「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案)」により機能、性能を確認しなければならない。

表-1.1 NETIS登録技術

開発会社名	登録技術名	登録 No	種別	評価
東急建設	盛土施工管理システム	KT-000140	TS	試験フィールド <sup>1</sup>
大林組	GPSによる盛土締固め管理システム	KT-990521	GPS	〃
大日本土木	GPS転圧管理システム	KT-980249	GPS	〃
熊谷組	転圧機械運行管理システム	KT-990279	GPS	〃
ハザマ	GPS・地盤反力データを用いた盛土締固め管理システム	KT-010048	GPS	〃
大成建設	GPSを使用した締固め自動管理システム	KT-010150	GPS	〃
〃	TSによる締固め管理システム	KT-010151	TS	〃
西尾レントール	GPS・自動追尾転圧締固め管理システム	KT-010187	TS・GPS	〃

### 1. 3 システムの調達・運用等について

TS・GPSシステムを保有する建設会社が工事を受注し、システムを利用する場合は、当該建設会社が運用までの一切の段取りを行うことになる。

一方、システムを保有しない会社が工事を受注し、システムを利用する場合は、機器・ソフトを含む一切をリースすることになる。リースシステムを利用した場合、機器設置から施工者がシステムを習熟し、運用できるようになるまでの日数は通常3～4日である（試験フィールド事業による現場試験の実績）。

### 1. 4 監督・検査

①現場密度測定以外の品質管理に関する監督・検査は現行どおりに実施する。

②現場密度（締固め度）測定資料に替わり、施工範囲の全部を規定回数だけ締固めたことを確認するための「締固め回数分布図」、「走行軌跡図」、「盛土管理図」が、監督・検査資料となる。

## 第2章 品質管理方法の選択

### 2.1 現行の品質管理方法の概要

#### ◆以下、(1)～(4)国土交通省の基準(締固め度管理)

##### (1) 砂置換法「最大粒径53mm以下に適用」

###### ①試験概要

- ・締固め後の盛土面に、直径16cm×深さ15cm程度の穴を開け、排出した土砂の量・含水比・穴の体積から現場乾燥密度を求め、突固めによる締固め試験(以下、基準試験という)で得られた最大乾燥密度と比較することで、締固め度を算出する。
- ・穴の体積は、穴充填に使用した砂の量(密度検定済み砂)から求める。なお、穴への砂の充填は規定高さからの自由落下である。

###### ②適用土質

- ・最大粒径53mm以下の土質に適用。
- ・ただし、最大粒径が53mm以下であっても、粒径37.5mm以上の礫混入率が40%以上の場合は適用できない(理由：礫率補正ができないために室内最大乾燥密度を求められない)。

###### ③測定頻度・測定点数

測定頻度：路体=1回/1,000m<sup>3</sup> 路床=1回/500m<sup>3</sup>

測定点数：路体・路床とも1回当たり3点

###### ④結果の確認

- ・最速で翌日(試料の炉乾燥が必要なため)、通常は2～3日後である。

##### (2) 突き砂法「最大粒径100mm以下に適用：舗装試験法便覧」

###### ①試験概要

- ・試験の基本は上記(1)の砂置換法と同じであり、異なるのは下記の2点である。  
盛土面に開ける穴：直径25cm×深さ20cm程度  
穴への砂の充填方法：充填した砂を突き棒で35回突く

###### ②適用土質

- ・最大粒径100mm以下の土質に適用。
- ・ただし、最大粒径100mm以下であっても、粒径37.5mm以上の礫混入率が40%以上の場合は適用できない(理由：砂置換法と同じ)。

###### ③測定頻度・測定点数

- ・砂置換法と同じ。

###### ④結果の確認

- ・砂置換法と同じ

##### (3) RI計法「最大粒径100mm以下に適用：RI計器を用いた盛土の締固め管理要領(案)」

###### ①試験概要

- ・散乱型又は透過型のRI計器を用いて現場乾燥密度を測定し、基準試験で得られた最大乾燥密度との比較で、締固め度を算出する。

## ②適用土質

- ・最大粒径100mm以下の土質に適用。
- ・ただし、最大粒径100mm以下であっても、粒径37.5mm以上の礫混入率が40%以上の場合は適用できない(理由：砂置換法と同じ)。

## ③測定頻度・測定点数

- ・測定頻度：盛土量の多少に関係なく、毎日
- ・測定点数：路体・路床とも約1点/100m<sup>2</sup> (1,000m<sup>3</sup>当たり換算：約30点)

## ④結果の確認

- ・施工直後

### (4) 上限乾燥密度法「最大粒径100mm以下に適用：R I 計器を用いた盛土の締固め管理要領(案)」

#### ①試験概要

- ・試験盛土により、締固め回数を2、4、6、8、10、12回と変化させた締固めを行い、乾燥密度が最大となる上限乾燥密度を求める。この上限乾燥密度を最大乾燥密度と定義し、その90%の締固め度を品質規格値とする。密度測定は、R I 計法による。

#### ②適用土質

- ・基準試験で最大乾燥密度を得にくい数種類の混合土や礫率補正が困難な土質等。

#### ③測定頻度・測定点数

- ・R I 計法と同じ。

#### ④結果の確認

- ・R I 計法と同じ。

### ◆道路土工－施工指針等

#### (5) 工法規定方式「最大粒径の制限無し」

##### ①試験概要

- ・施工範囲を規定回数だけ締固めるのに必要な時間を机上計算し、その時間をタスクメータで管理する。又は、施工範囲を規定どおりに締固めるのに必要な回数を、数取り器等を用いてオペレータがカウントする。

##### ②適用土質

- ・基準試験で最大乾燥密度を得にくい数種類の混合土や礫率補正が困難な土質、岩塊等。

##### ③測定頻度・測定点数

- ・測定頻度：盛土量に関係なく毎日。
- ・測定点数：面的管理（締固め回数は、締固め時間からの推定）。

##### ④結果の確認

- ・施工直後。

## 2. 2 想定される品質管理手法の使い分け

図-2.1は、現行基準を選択肢とした場合と、「T S ・ G P S を用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案)：以下、締固め回数管理という」を品質管理手法として追加した場合の品質管理手法の使い分けを想定したものである。

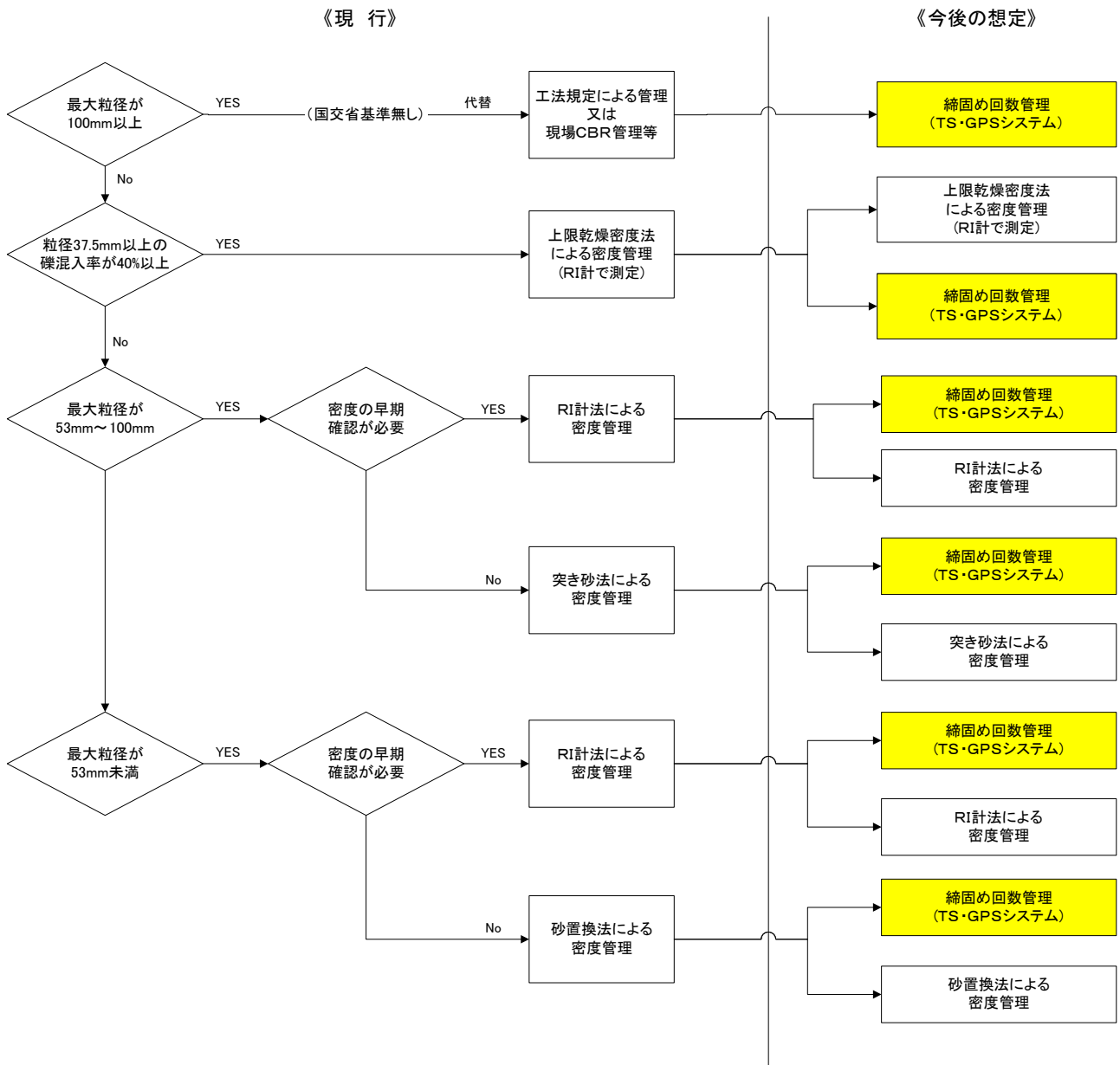


図-2.1 想定される品質管理手法の使い分け

## 第3章 管理ブロックサイズ決定試験の方法と試験結果

### 3. 1 概要

締固め完了部分を精度よく検出するため、施工フィールドをどの程度にメッシュ分割するかを決める「管理ブロック」の大きさは、従来施工と同等以上の施工品質及び作業効率を確保するうえでの重要な要素となる。

本管理要領(案)で規定した管理ブロックサイズの基準は、平成13年度に実施した管理ブロックサイズ決定試験の結果に基づいて定め、この基準値が適切であるかどうかを、平成14年度に実施した試験フィールド事業の現場試験で追確認した。

この第3章は、本管理要領(案)で基準とした管理ブロックサイズの決定根拠を示している。なお、個別に管理ブロックを設定する場合や管理ブロックサイズの基準値見直し等には本資料を参考とする。

### 3. 2 管理ブロックの定義

管理ブロックとは、オペレータが締固め完了部分と未締固め部分を見分けるため、締固め施工エリアを正方形に分割し、車載パソコンのモニターに表示するものをいう。

車載パソコンのモニター上にて、締固め範囲を図-3.1のように所定の大きさの正方形のブロックに小分割し、そのブロック内を締固め機械が何回通過するかをカウントすることにより、締固め回数ごとに各ブロックを着色表示させ、締固め範囲全面の締固め回数を、施工と同時にオペレータが把握する。この小分割したブロックを管理ブロックという。分割可能なブロックサイズは、システムの種類によって異なるが、ほとんどのシステムの最小サイズは0.1m×0.1m(以下、0.1mという)で、他には0.25m×0.25m(以下、0.25mという)、0.5m×0.5m(以下、0.5mという)、0.75m×0.75m(以下、0.75mという)などのサイズに分割できる。

この管理ブロックを締固めたと判定する方法として、管理ブロックの一辺(一点)を締固め機械が通過した場合、あるいは管理ブロック面積の何%以上かを通過した場合に締固めたと判定するものなど、複数の方法がある。いずれにしても、管理ブロックサイズが小さいほど綿密な締固めができるので盛土の品質は向上するが、締固め時間が長くなるので作業効率は悪くなる。

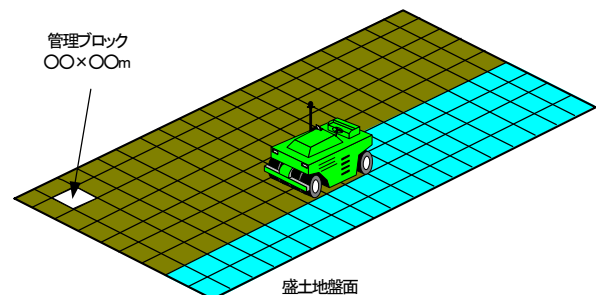


図-3.1 管理ブロックの概念図

### 3. 3 管理ブロックサイズ決定試験方法

#### 3. 3. 1 試験目的

締固めに最適な管理ブロックサイズは、締固め機械や締固めたと判定する方法(後掲図-3.10、図-3.11参照)の違いによって異なる。管理ブロックサイズ決定試験は、当該現場で用いる締固め機械と締固め判定方法における最適な管理ブロックサイズを決定するための試験である。



### 3. 3. 2 試験ヤードと試験方法

#### (1) 試験ヤードの設定

試験ヤードの面積は、締固め機械の種類とその機械の有効締固め幅等を考慮して設定する。この試験ヤードは必ずしも盛土内に設定する必要はなく、現場内に試験に適した場所があればそこを利用してよい。試験ヤードは、幅20m、長さ30m程度を標準とするが、締固め機械や現場条件によって適宜変更可とする。この管理ブロックサイズ決定試験では、作業効率(走行距離又は施工時間)と施工品質(締固め率)を従来施工と比較するので、試験ヤード幅の設定が重要な条件となる。

オペレータの技量に頼って締固め作業を行う従来施工では、締固め漏れを極力防ぐために20~30cm程度(道路土工-施工指針抜粋による)の締固めラップ幅を取るのが一般的である。一方、モニター表示を見ながら締固め作業を行うシステム施工では、極論的には締固めラップ幅が不要となり、余分な締固め作業を減少できることによって走行距離や締固め時間が短縮でき、また、人為的ミスによる締固め回数不足箇所を少なくできる。

上記のことから、締固め機械の有効締固め幅を無視したり、試験ヤード幅を無造作に設定すると、作業効率と締固め率(3.3.2項(2)参照)の比較において従来施工との差を明確に把握できない。

締固めにブルドーザ、タイヤローラ、振動ローラを使用した際の試験ヤード幅の設定要領は次のとおりとする。なお、締固めラップ幅の標準は0.25mとする。

#### ①ブルドーザの場合

ブルドーザの場合、左右の履帯の間が盛土面と未接地となり、この未接地部分の幅は片側履帯幅よりも広い。したがって、未接地部分を2回の小移動で締固めた後、次のレーンへ大移動して締固めることになる。試験ヤードは、この締固め手順と締固め機械の履帯幅、履帯間隔等を考慮し、下式にて設定する。

図-3.2は試験ヤード幅設定の模式図である。

$$B = D \times N - (b \times n) - (b' \times 2)$$

$$D = w + w'$$

(試験ヤード幅試算例)

$$B = 4,320 \times 5 - (250 \times 4) - (250 \times 2)$$

$$= 21,600 - 1,000 - 500 = 20,100 \text{ (20.1m)}$$

ここに B : 試験ヤード幅  
D : 1レーンの締固め幅  
N : 締固めレーン数  
b : 締固めラップ幅  
n : ラップ箇所数  
b' : 調整幅

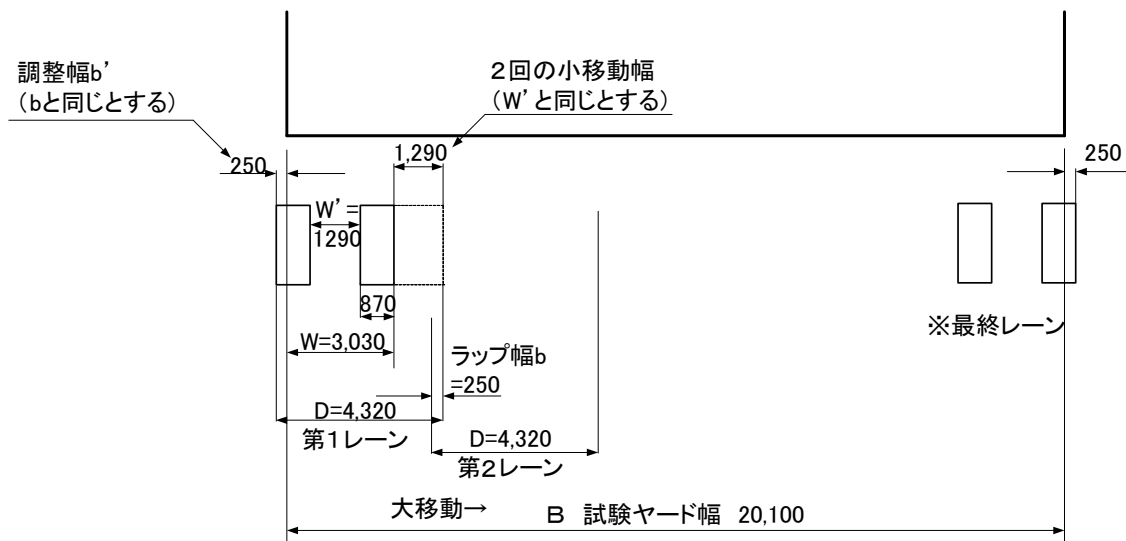


図-3.2 試験ヤード幅設定の模式図(ブルドーザ)

## ②タイヤローラの場合

タイヤローラの場合の試験ヤード幅は下式にて設定する。図-3.3は試験ヤード幅設定の模式図である。

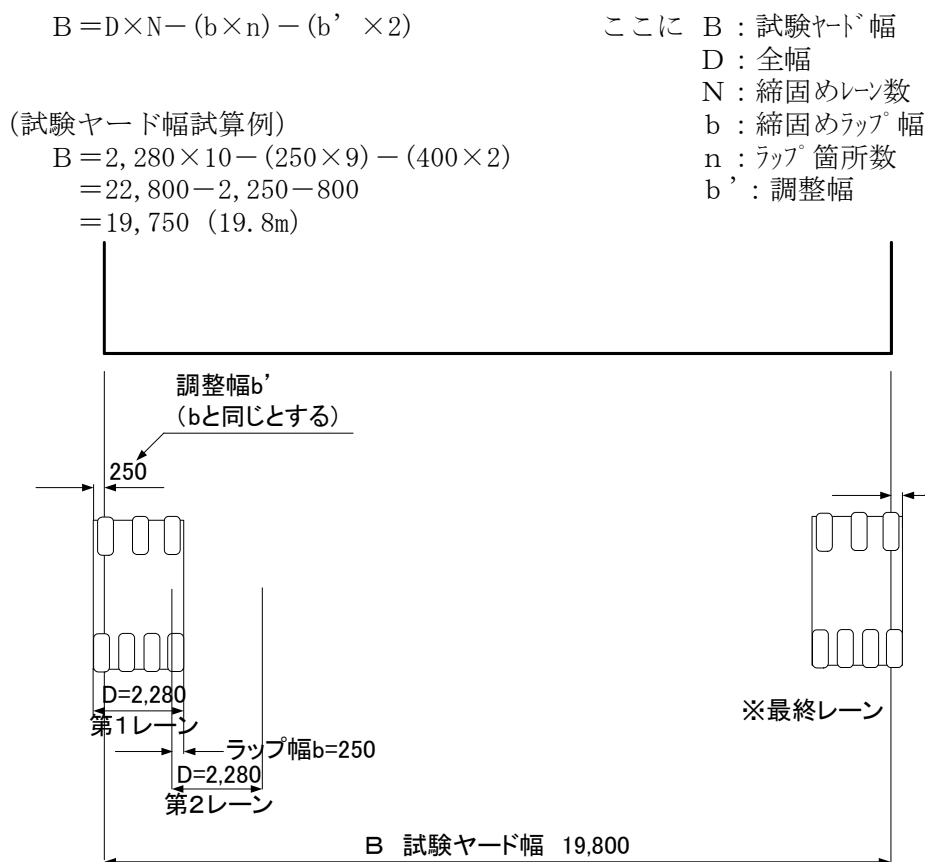


図-3.3 試験ヤード幅設定の模式図(タイヤローラ)

## ③振動ローラの場合

試験ヤード幅の設定要領は上記のタイヤローラと同じである。

### (2) 試験方法

管理ブロックサイズ決定試験において、盛土締固め管理システムによる施工(以下、システム施工という)は、当該システムで分割できる数種類の管理ブロックサイズ(0.25m、0.50m、0.75m等)を採用して行い、締固め範囲が規定回数の色になるまで締固める(後掲図-3.6参照)。従来施工ではモニターを見ないで締固めを行う。締固め終了後、締固め率を求めるために、システム上でブロックサイズ0.1mに変換し、締固め回数分布図を作成すると、後掲図-3.7(システム施工)及び図-3.8(従来施工)のように、規定回数だけ締固めたブロックと締固め回数が不足するブロックが存在する。

締固め率とは、締固め範囲の全ブロック数に対する規定回数の締固めを完了したブロック数の割合であり、次式にて算出する。

$$\text{締固め率(\%)} = \text{締固め完了ブロック数} / \text{全ブロック数} \times 100$$

具体的な試験方法は下記のとおりとし、各試験条件とも2回の試験を行い、試験結果は平均値を採用する。

### ①システム施工の試験

この試験においては、管理ブロックサイズ0.25m以上を対象に、従来施工との比較が必要と思われるブロックサイズを3種類程度選定し、作業効率や施工品質について従来施工と比較する。作業効率については従来施工との走行距離や走行時間、施工品質については締固め率で比較する。なお、試験時の走行速度は通常速度とする。

締固め回数(n)は、事前の試験施工等で設定した回数とし、車載モニターにて管理ブロックの全てが規定締固め回数となるまで締固める。走行距離と時間についてはシステムの記録値を採用する。

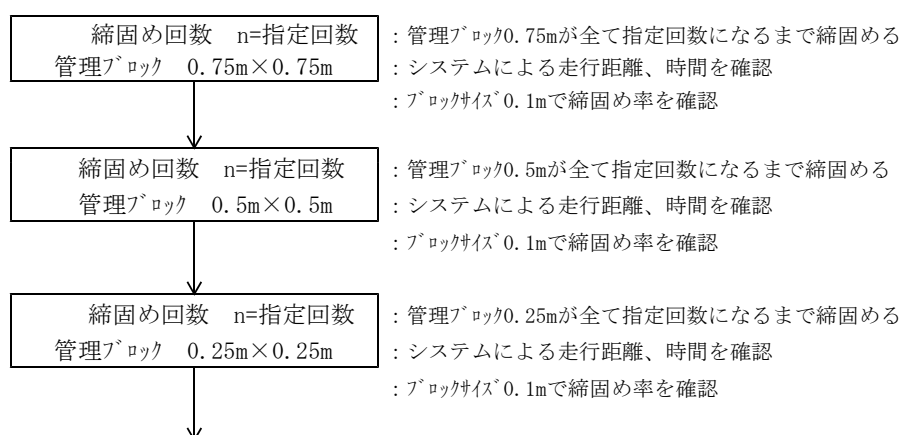
### ②従来施工の試験

締固め回数(n)は、上記のシステム施工と同じ回数とし、走行レーン数は3.3.2項(1)で設定したレーン数とする。この走行レーン数が設定に対して増減すると、システム施工との作業効率と施工品質の比較が難しくなる。したがって、この試験では走行レーン数を絶対に守らなければならない。

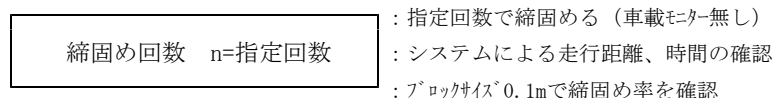
走行速度は通常速度とし、オペレータには締固め回数分布図をモニター表示しないで試験を実施する。この時システムデータは取得して、締固め終了後にブロックサイズ0.1mで締固め回数分布図を出力して締固め率を確認する。また、走行距離と走行時間はシステムで取得しておいた記録値を採用する。

なお、システム施工及び従来施工とも試験ヤードは外枠のみ白線で明示し、誘導員は配置しない。また、試験スタート時の締固め機械の姿勢は3.3.2項(1)で示す試験ヤード幅設定時の姿勢とする。管理ブロックサイズ決定試験の流れの例を図-3.4に示す。

#### 「システム施工」



#### 「従来施工」



(注) 指定回数とは、試験施工等で定められた締固め回数である。

図-3.4 管理ブロックサイズ決定試験の流れの例

### 3. 3. 3 最適管理ブロックサイズの決定

最適な管理ブロックサイズとは、従来施工と比較して、作業効率と施工品質が同等以上となることが原則である。検討例を以下に示す。

「検討例：タイヤローラの場合」

図-3.5は、試験ヤード面積を、締固め回数8回で締固めるのに要した施工時間と締固め率の関係を示したものであり、縦軸の施工時間比は従来施工の時間を1としている。

最適な管理ブロックサイズは、従来施工よりも施工時間比が小さく、締固め率が大きい値となるサイズである。すなわち、図-3.5において縦軸と横軸の交点の内側で、もっとも管理ブロックサイズが大きいものがそれに該当する。したがって、このタイヤローラの例では、本施工で適用する最適な管理ブロックサイズは0.50mとなる。

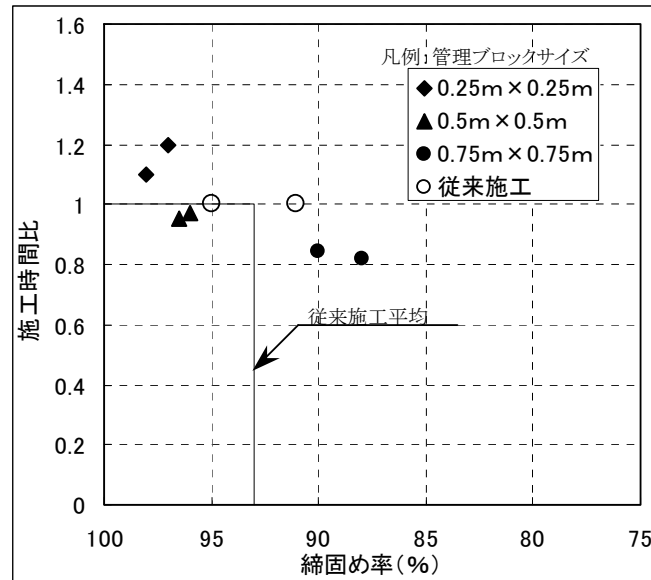


図-3.5 管理ブロックサイズ決定試験結果の例（タイヤローラ）

管理ブロックサイズ決定試験における締固め回数分布図の出力帳票の例を、以下の図に示す。

図-3.6 盛土締固めシステムにより、管理ブロックサイズ 0.5mで施工した際の締固め回数分布図

「締固め範囲は、全て規定回数の8回以上締固めたことを示す赤色表示」

図-3.7 上記の図-3.6の試験結果をブロックサイズ0.1mに変換して出力した締固め回数分布図

「システム施工の締固め率=95.6%」

図-3.8 従来施工をブロックサイズ0.1mで出力した締固め回数分布図

「従来施工の締固め率=91.1%」

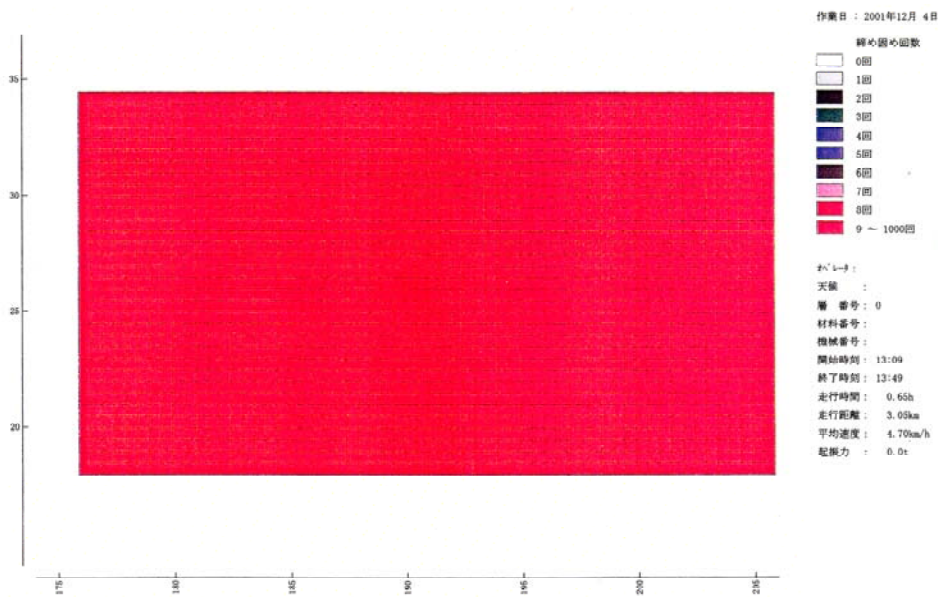


図-3.6 管理ブロックサイズ 0.5mの締固め回数分布図  
「システム施工」

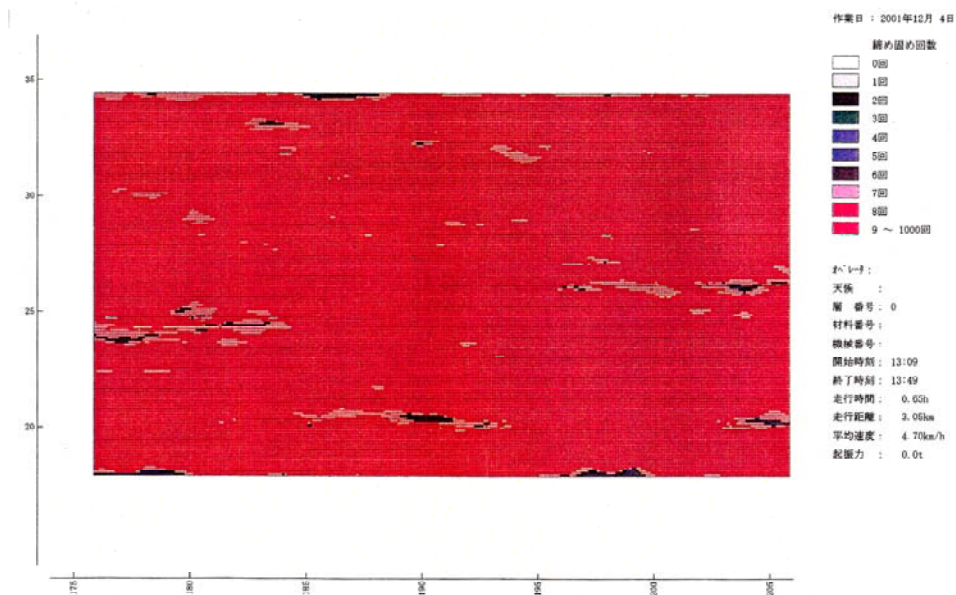
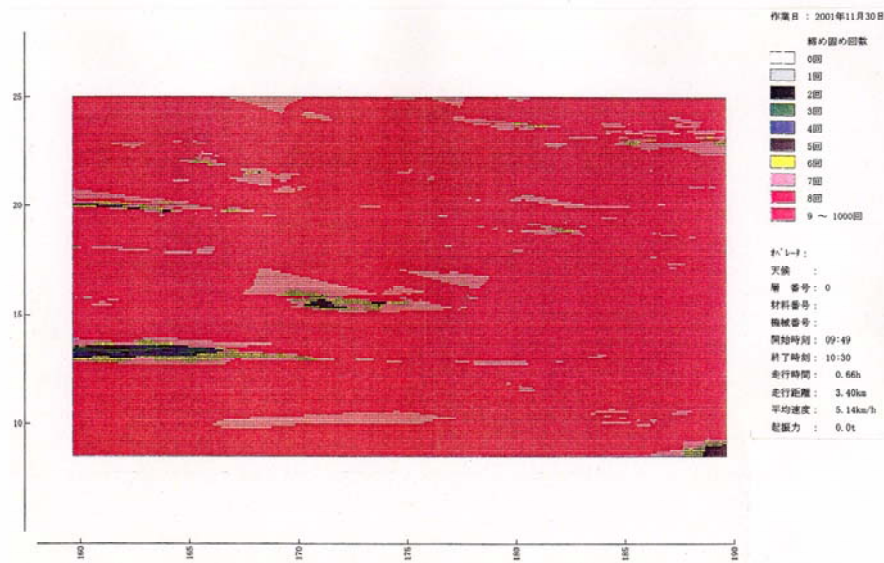


図-3.7 上記の図-3.6の試験結果をブロックサイズ0.1mに変換した  
締固め回数分布図 「締固め率=95.6%」

注) 赤色表示箇所が規定回数締固めた部分である。この赤色部分のブロック数が、締固め率算定の分子となる。(次頁の図-3.8も同様)



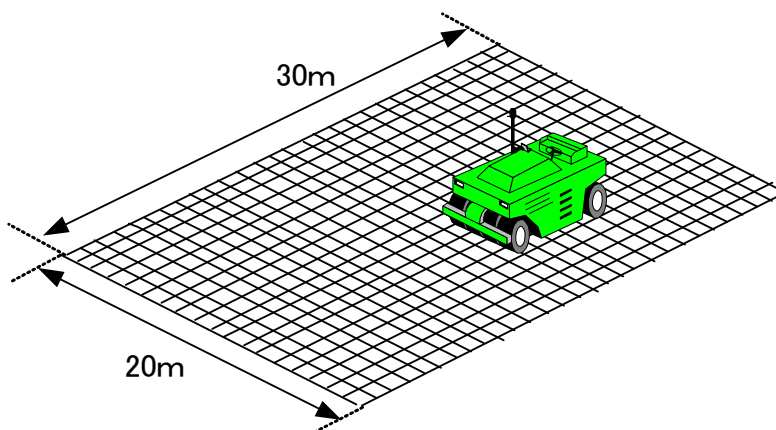
図－3. 8 従来施工をブロックサイズ 0.1mで出力した締固め回数分布図  
「締固め率=91.1%」

### 3. 4 締固め判定方法と管理ブロックサイズの基準

#### 3. 4. 1 現場試験で採用した締固め判定方法

適切な管理ブロックサイズは締固め機械と締固め判定方法ごとにそれぞれ異なる。この管理ブロックサイズを決定するため、3.3節で述べたように施工面積（図－3.9参照）と締固め回数などを同一にした施工条件において、モニターを見ながら施工するシステム施工と、モニターを見ないで施工する従来施工との比較試験を実施した。

なお、この試験で採用した締固め判定方法は、下記の（1）と（2）の2方法である。



図－3. 9 システム施工と従来施工の比較試験ヤード（模式図）

(1) 管理ブロック四隅の1点判定方法「図-3.10参照」

図-3.10で分かるとおり、締固め機械が管理ブロック四隅の1点又は1辺を通過するだけで、そのブロックを100%締固めたと判定する。一見、踏み残しが多くなると推察されがちであるが、締固め機械の幅を示す線に隣接するブロックが、未締固めブロックとして残っており、このブロックを締固めることで、最終的には施工範囲のほとんどの面積を締固めることができる。

(2) 管理ブロック面積の50%判定方法「図-3.11参照」

図-3.11で分かるように、例えば管理ブロック面積の49%を締固め機械が通過しても、そのブロックは締固めしていないと判定する。したがって、既に締固めた箇所を再締固めする頻度が多くなる。この判定方法は、綿密に締固めることにはなるが過転圧となり易く、また、管理ブロック四隅の1点判定方法よりも作業効率が悪くなる。

管理ブロックサイズ：0.5 m  
締固め幅：2 m  
(着色部が締固めたと認識されるブロック)

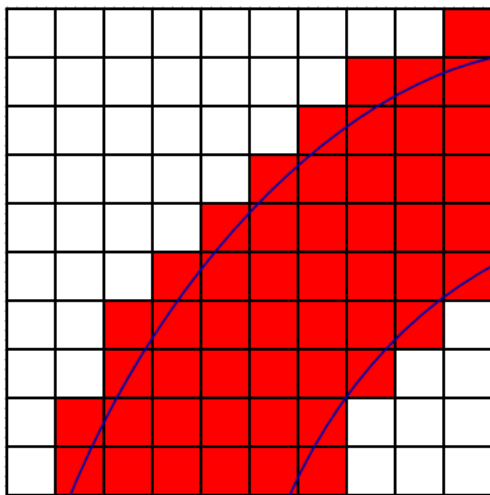


図-3.10 管理ブロック四隅の1点判定方法 (模式図)

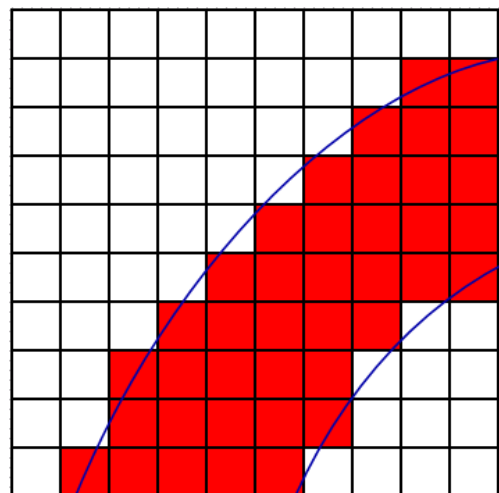


図-3.11 管理ブロック面積の50%判定方法 (模式図)

### 3.4.2 管理ブロックサイズの基準

平成13年度の試験フィールド事業(関東:4現場、中部:3現場)で実施した管理ブロックサイズ決定試験の結果を図-3.12に示す。同図の縦軸は、従来施工の施工時間を1.0とした施工時間比であり、数値が小さいほど作業効率がよい。この試験結果から、次のことが確認できた。

- ①従来施工の締め固め率は、各締固め機械とも平均で約93%程度である(バラツキが大きい)。
- ②システム施工で、管理ブロック面積の50%判定方法の場合、どの管理ブロックサイズにおいても、従来施工よりは締め固め率(施工品質)はよいが、作業効率(施工時間比)がかなり劣る。
- ③システム施工における管理ブロック四隅の1点判定方法と、従来施工とを比較した場合、締固

め率(施工品質)と作業効率(施工時間比)が同等以上となる管理ブロックサイズは、ブルドーザが0.25m、タイヤローラと振動ローラが0.50mである。

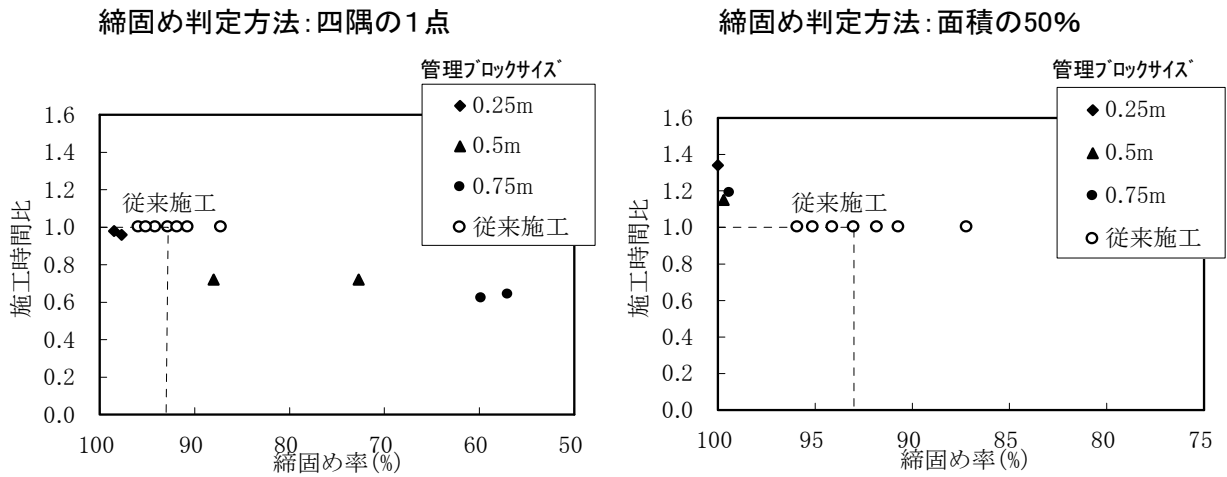
以上の試験結果から、本管理要領(案)での締固め判定方法は「管理管理ブロック四隅の1点判定方法」を標準とし、締固め機械ごとの管理ブロックサイズの基準は、表-3.1のように設定した。

表-3.1 管理ブロックサイズの基準

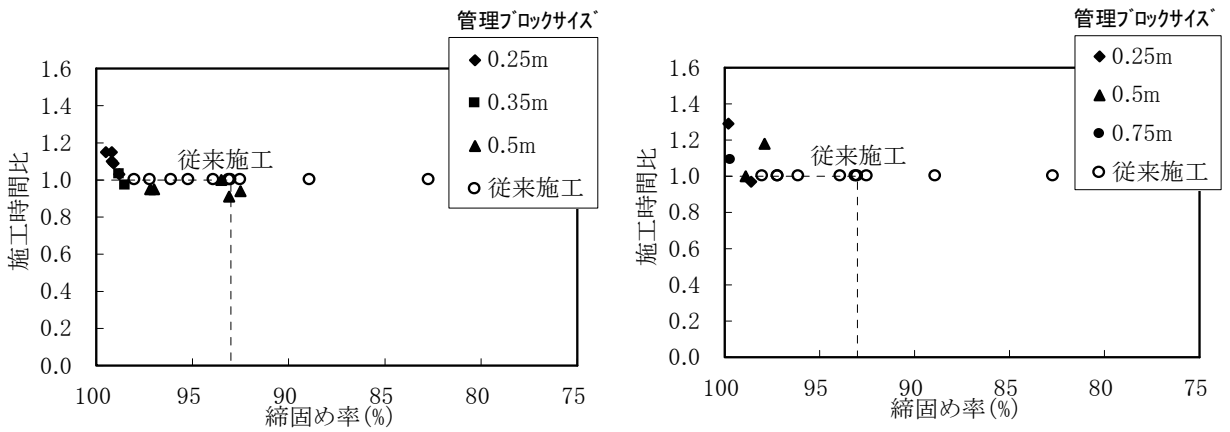
機 種	ブロックサイズ
ブルドーザ	0.25m
タイヤローラ	0.50m
振動ローラ	0.50m

(注)ブルドーザの場合、履帯幅(片側)よりも、盛土面と接地しない履帯間の幅の方が広い。この部分を横移動2回で締固めることになるが、管理ブロックサイズを大きくすると、横移動1回でほとんどの面積を締固めたと判定してしまう。したがって、ブルドーザの場合には管理ブロックサイズをあまり大きくできない。

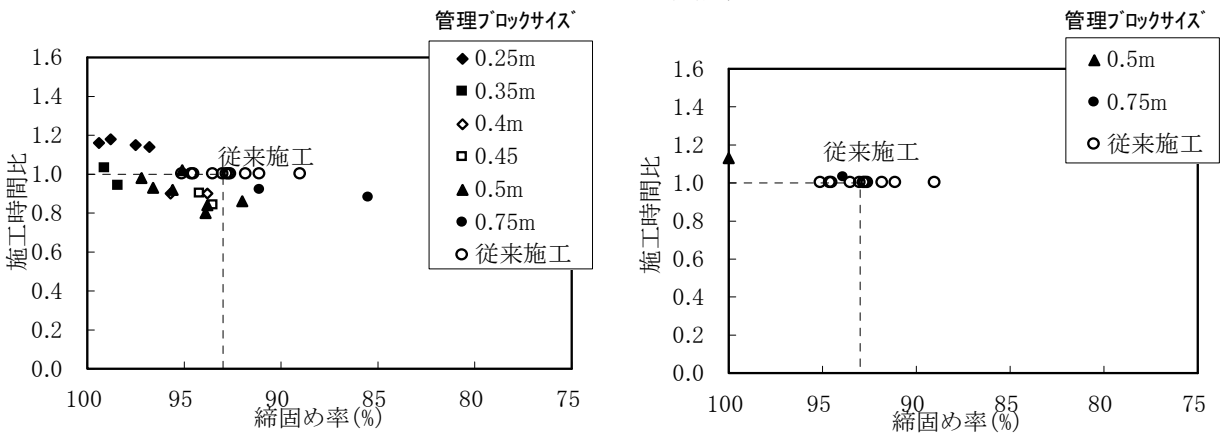




ブルドーザの試験結果



タイヤローラの試験結果



振動ローラの試験結果

- 注1) ○印の従来施工以外は、全てシステム施工のデータである。
- 2) 従来施工の縮固め率の平均は各機種とも約93%であり、施工時間比は、従来施工を1.0とした。したがって、縮固め率93%以上、施工時間比1.0以下となるシステム施工が、従来施工と同等以上の施工品質と作業効率を確保したものとなる。

図-3.12 管理ブロックサイズ決定試験結果

## 第4章 現場試験の結果と導入効果

### 4.1 概要

平成13年度に7現場（関東地整：4現場、中部地整：3現場）、平成14年度に15現場（北海道開発局を含む各地整）において、試験フィールド事業による現場試験を実施し、本管理手法（締固め回数管理）の有意性、効果などを検証した。主な試験結果と効果は、以下のとおりである。

なお、現場試験の成果は、図集として巻末に収録している。

### 4.2 試験結果と導入効果

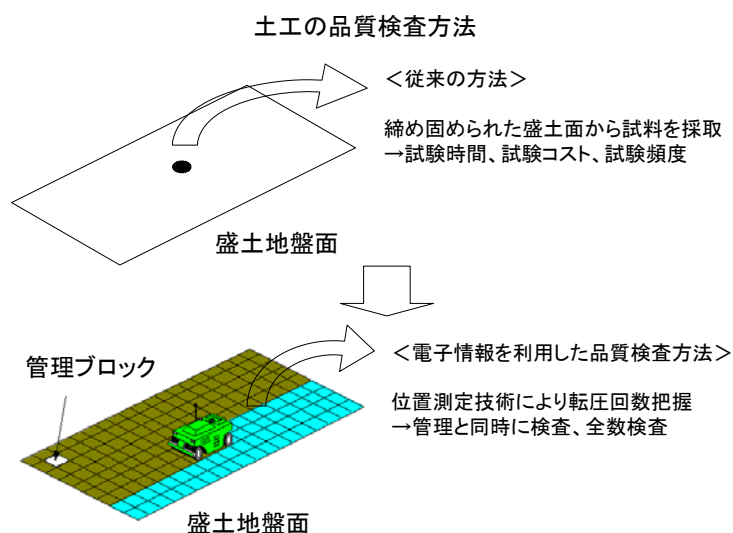
#### (1) 盛土全面の管理による品質の向上（品質の均一化）

これまでの盛土の品質管理は、表-4.1のとおり、かなり広い面積を点の測定値で代表させている。

表-4.1 盛土の品質管理（締固め度管理）の現況

	対象最大粒径	頻度	確認時期	特記事項
砂置換法	53mm以下	1000m <sup>3</sup> 毎に3点	測定翌日	点管理(突砂法は最大粒径100mm以下)
RI計法	100mm以下	100m <sup>2</sup> 毎に1点	測定直後	点管理、毎日・半日測定

※最大粒径100mm以上の場合、タスクメータから締固め回数を推定又は現場CBR等による代替え管理。



一方、締固め回数管理（以下、システム施工という）は、盛土全面の管理であるだけでなく、車載モニターで締固め回数を確認しながらの作業なので、施工品質のバラツキも小さい。締固め率の試験実績は、次のとおりである。

- 従来施工(モニター無) …………… 締固め率=約83~98% (平均93%)  
「管理ブロックサイズ決定試験の結果：前掲図-3.12参照」
- システム施工(モニター有) …………… 締固め率=約93~100% (平均98%)  
「本管理要領(案)で示す基準管理ブロックサイズでの試験結果：図-4.1参照」
- 従来施工とシステム施工を、同一現場で比較した試験結果：図-4.2、図-4.3参照

前記の現場試験結果から、次のことが言える。

- ①従来施工の締固め率の平均93%は、締固め率83%～98%程度の範囲でバラツキがあるデータの平均値である。これに対し、全国各地で実施したシステム施工のデータは、全て従来施工の平均値である93%以上の締固め率を確保しており、バラツキが小さく均一に締固められており、平均値は約98%である。
- ②従来施工では、締固め回数が不足している箇所が集中する傾向がある。
- ③上記①より、平成14年度の現場試験で採用した「管理ブロック四隅の1点判定方法」と本管理要領(案)で標準とした管理ブロックサイズ(ブルドーザ0.25m、タイヤローラ・振動ローラ0.50m)は適切であったと評価できる。
- ④上記①～③より、本管理要領(案)を適用した場合、従来施工と同等以上の施工品質を確保でき、かつ均一に締固めることができる。

## (2) システム施工箇所の締固め度

試験フィールド事業による現場試験では、締固め回数管理と従来法による締固め度管理の二重管理を行い、システム施工箇所の品質を確認した。その結果を図-4.2に示す。同図から、次のことが言える。

- ①全国各地のどの土質においても、システム施工箇所の締固め度は品質規格値を十分満足している。
- ②システム施工箇所の締固め度は、従来施工箇所の締固め度と同等以上の値を示している。
- ③締固め回数を決定する試験施工時の締固め度と、システム施工箇所の締固め度に顕著な差は見られない。したがって、試験施工で適切な締固め回数を定めることにより、その後は締固め回数での品質管理ができる。

## (3) 適用可能な土質条件の拡大(礫を含む岩塊盛土等への適用が可能)

上記(1)、(2)の現場試験結果から、システム施工を品質管理手法として導入することの適用性が立証できた。したがって、試験施工を行い適切な締固め回数を設定することで、現行の品質管理方法を適用できない粒径100mm以上の礫を含む盛土材料や、非常に管理が難しい粒径37.5mm以上の礫を40%以上含む盛土材料に対しても、システム施工を適用できる。

## (4) 締固め状況の早期把握による工程短縮(次層盛土の迅速な施工)

砂置換法の場合、品質を確認できるのは最速でも翌日であり、盛土工程の支障となる場合がある。このような場合、現場は施工当日に品質を確認できるR I計法を適用するが、測定に時間がかかる(図-4.5参照)。システム施工の場合、締固め状況(施工品質)を施工と同時に確認できるので、次層盛土を直ぐに行える。これにより、工程短縮と盛土計画を簡略化できる。

今回、試験を行った現場の事例として、盛土材料は砂置換法を適用できる一般土質で、日当たり盛土量はそう多くない500m<sup>3</sup>程度であったが、一区画の施工面積が狭いために、次層盛土が毎日発生する条件の現場があった。この現場では、品質確認が遅い砂置法では工程に支障がでることから、R I計法を適用していた。現場の意見は、R I計法よりもシステム施工の方が管理が楽であるとの意見であり、このような現場へのシステム施工の適用性は高いと考えられる。

#### (5) 品質管理業務の簡素化、効率化（品質管理時間の短縮）

システム施工では、施工と同時に施工品質を管理でき、また、管理のために必要な時間は従来法（砂置換法，R I 計法）よりも短時間。施工後の品質管理帳票の作成も容易である。また、R I 計法の場合、施工量の多少に関わらず密度を毎日測定する必要がある、この測定作業にかなりの時間を費やしている。システム施工では、このような長時間作業を解消できる。

今回の現場試験では、システム施工と従来法のそれぞれに要する品質管理時間を調査した。その結果は、次のとおりである（図-4.5参照）。

下記の品質管理時間は、1日の盛土量を、タイヤローラの日当たり作業量（積算基準値）である1,330m<sup>3</sup>に換算したものである。

- ・砂置換法＝約100分「測定数：4点」 ……測定頻度の基準は1,000m<sup>3</sup>当たり3点
- ・R I 計法＝約230分「測定数：45点」 ……測定頻度の基準は約100m<sup>2</sup>当たり1点  
(1,330m<sup>3</sup>当たりの施工面積は、約4,500m<sup>2</sup>)
- ・システム施工＝約50分「品質管理時間は、盛土量にほとんど左右されない」  
(品質管理時間の構成は、始業・終業時の機器設置、片づけと、事務所での管理帳票出力時間)

#### (6) 締固め回数の確実な管理による過転圧の防止（無駄な締固めの排除）

システム施工は、締固め回数を確実に確認できること、また作業を途中で中断しても締固め回数データが保存されているので、締固め作業の継続が可能であり、過転圧や必要以上の締固め作業を防止できる。現場試験において、作業中断後に継続作業を行った具体例として、次の2ケースがあった。

①盛土材料が湿りがちで、一部の範囲において過転圧が予想された。この範囲は、規定回数以下で締固め作業を中断し、翌日、前日の締固め回数分布図を参考にして、規定回数締固める。

②土砂敷均し直後に降雨となり、その日は仮締固め（2～3回締固め）を行い、翌日、前日の締固め回数分布図を参考にして規定回数締固める。

#### (7) オペレータの省技能化（盛土の品質がオペレータの習熟度に左右されない）

経験が浅いオペレータであっても、熟練者と同等の施工品質と作業能力を確保した作業ができる。今回、ブルドーザを使用した現場での比較試験の結果は、下表のとおりであった。なお、未熟者は運転免許を持っているが、殆ど作業経験が無いオペレータである。

オペレータ	作業量(m <sup>3</sup> )	作業時間(hr))	作業能力(m <sup>3</sup> /hr)	締固め率(%)
熟練者	760	3.2	250	98.4
未熟者	650	2.4	270	97.2

**(8) 電子納品への対応（施工管理の合理化）**

取得データが電子データなので、電子納品への対応が容易。

**(9) 層厚の自主管理が可能**

検査データに利用可能な層厚管理はできないが、T S ・ G P S で取得した計測データのうち、鉛直成分〈Z座標〉の情報（締固め前後の地盤標高差）を活用することで層厚の自主管理ができる。

## 《現場試験成果図集》

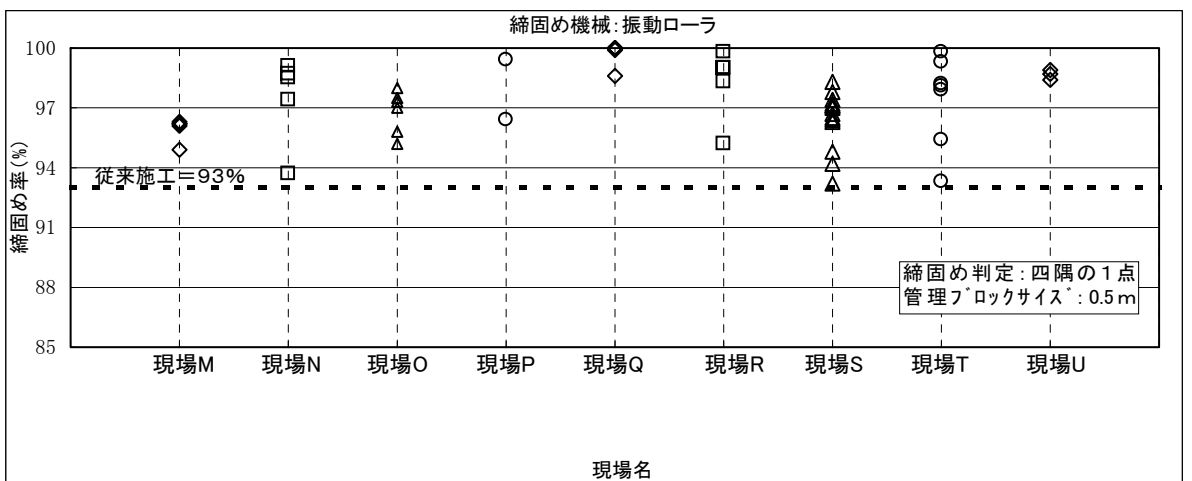
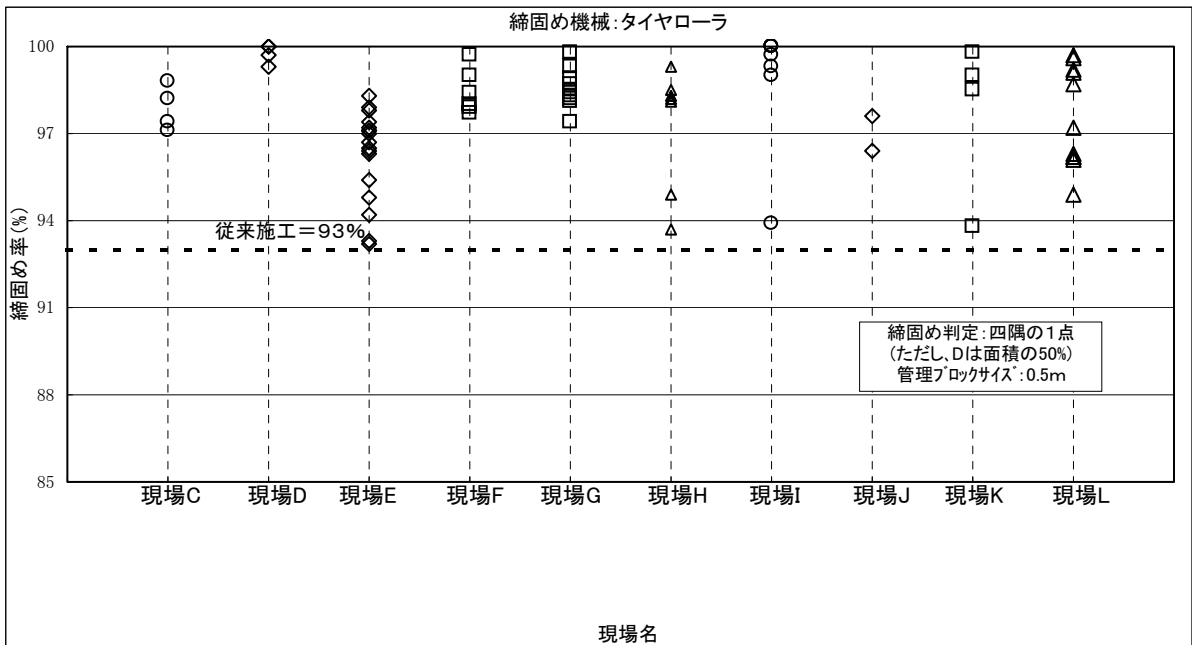
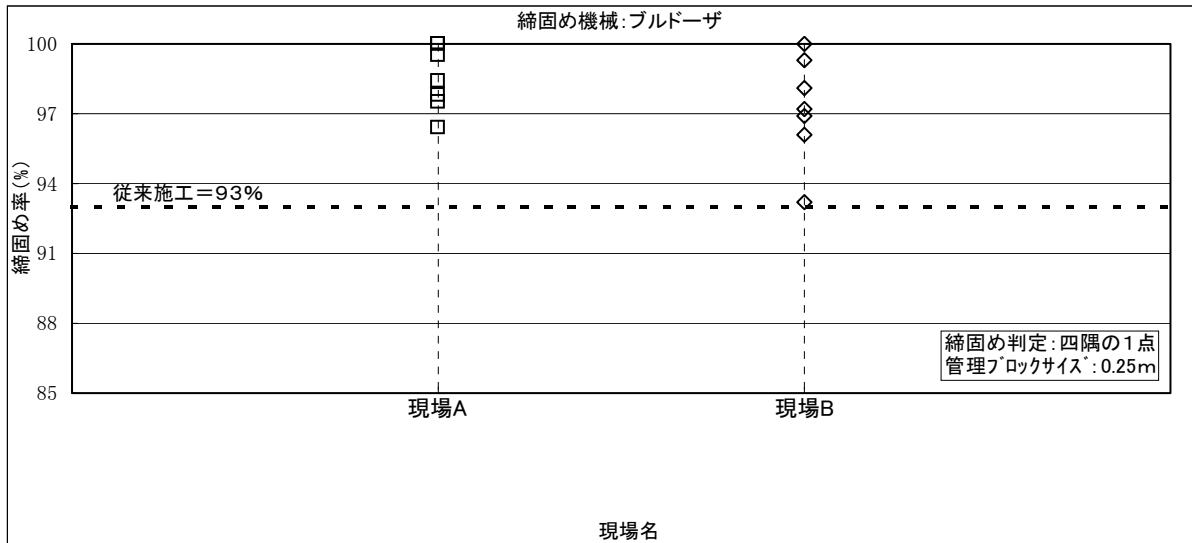


図-4.1 システム施工での締固め率

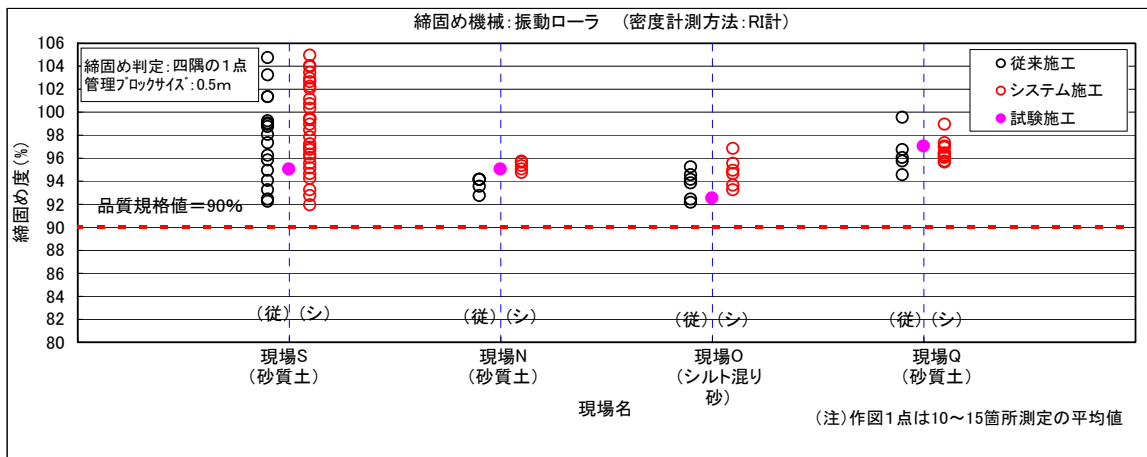
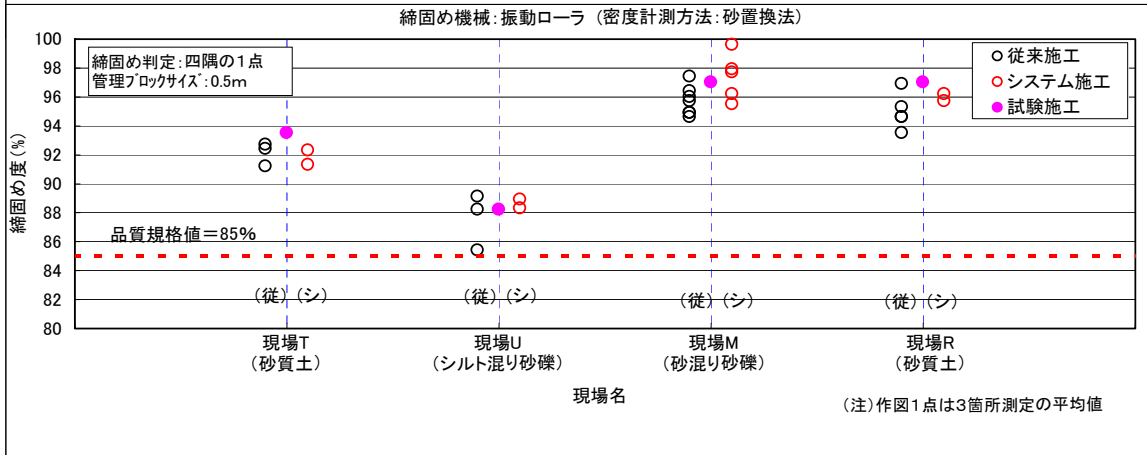
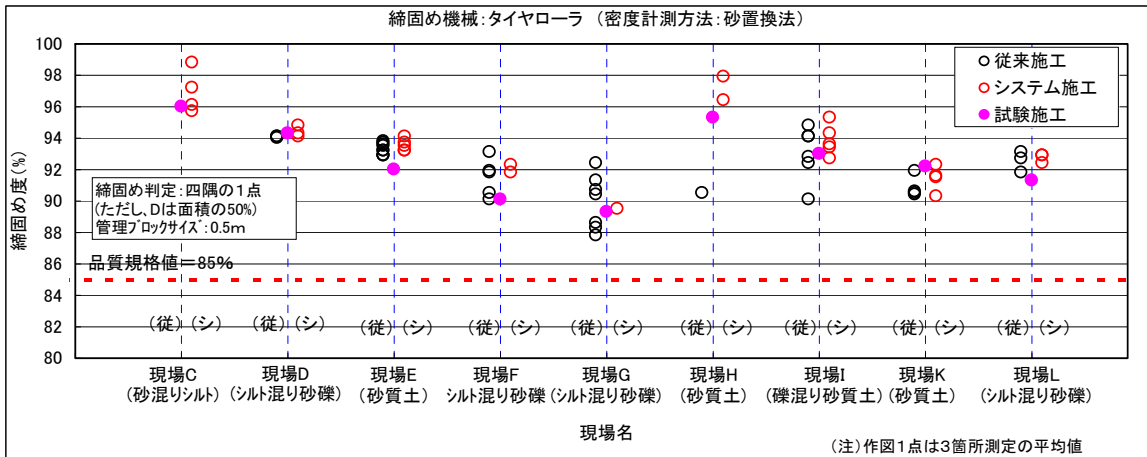
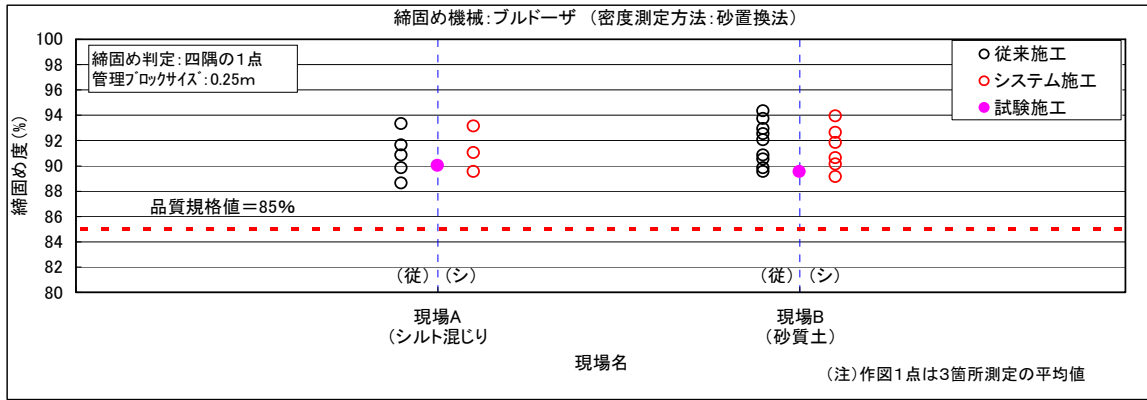
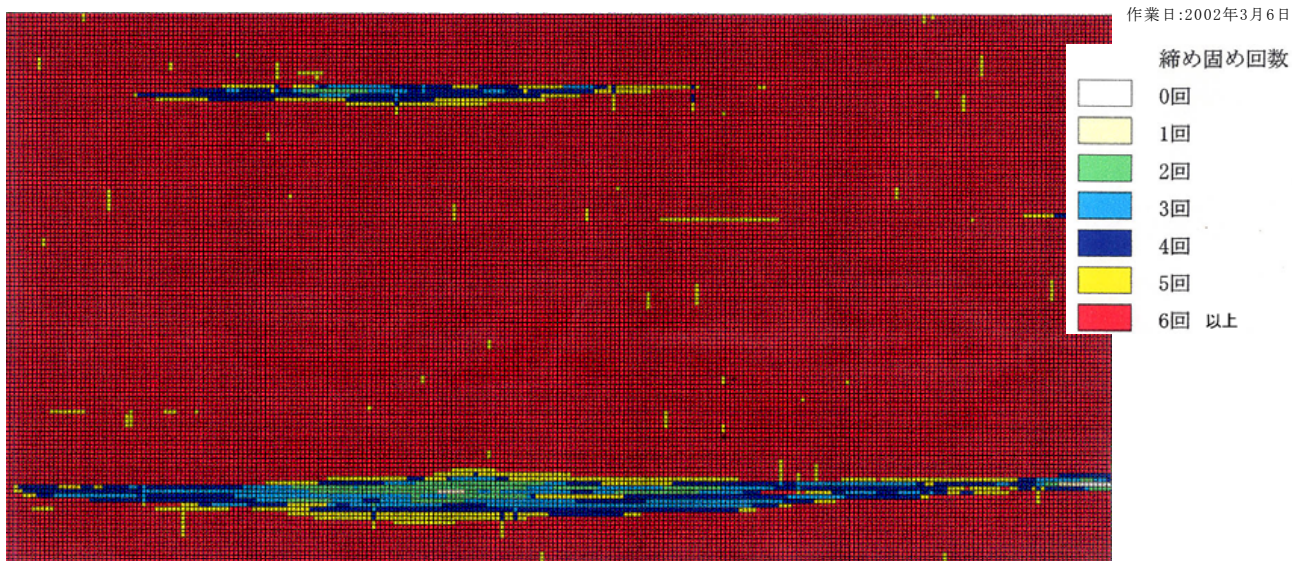


図-4. 2 従来施工とシステム施工箇所の締固め度比較



## 従来施工

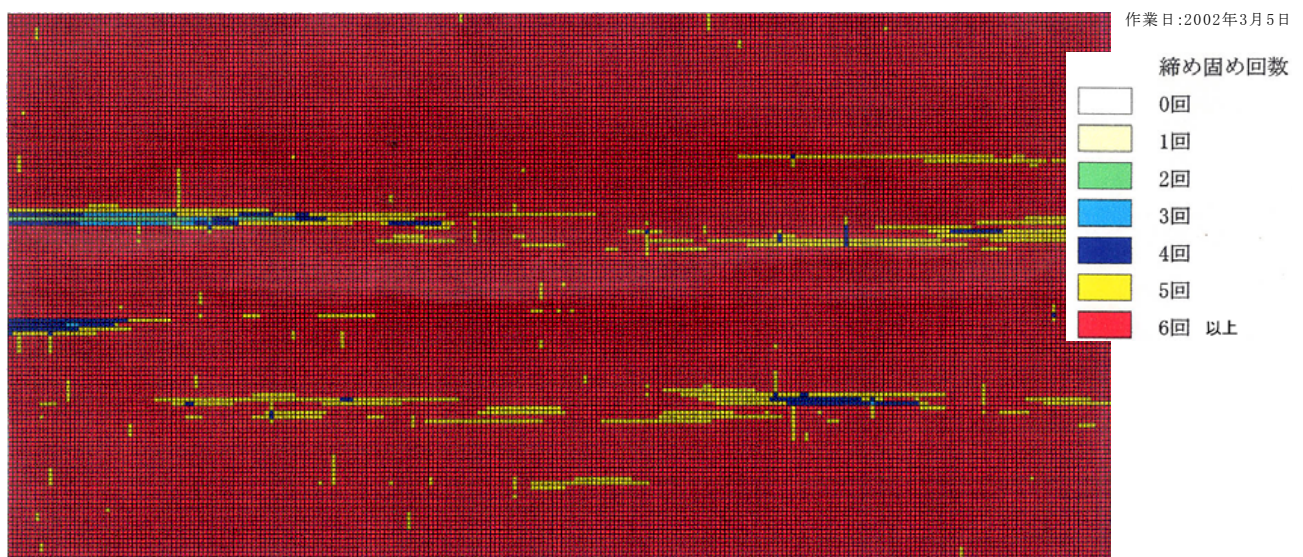
(車載モニター無：施工後、記録したデータを0.1mブロックサイズで出力)



《締め固め率：92.7%》

## システム施工

(車載モニター有：管理ブロックサイズ 0.5mで施工後、0.1mブロックサイズに変換して出力)

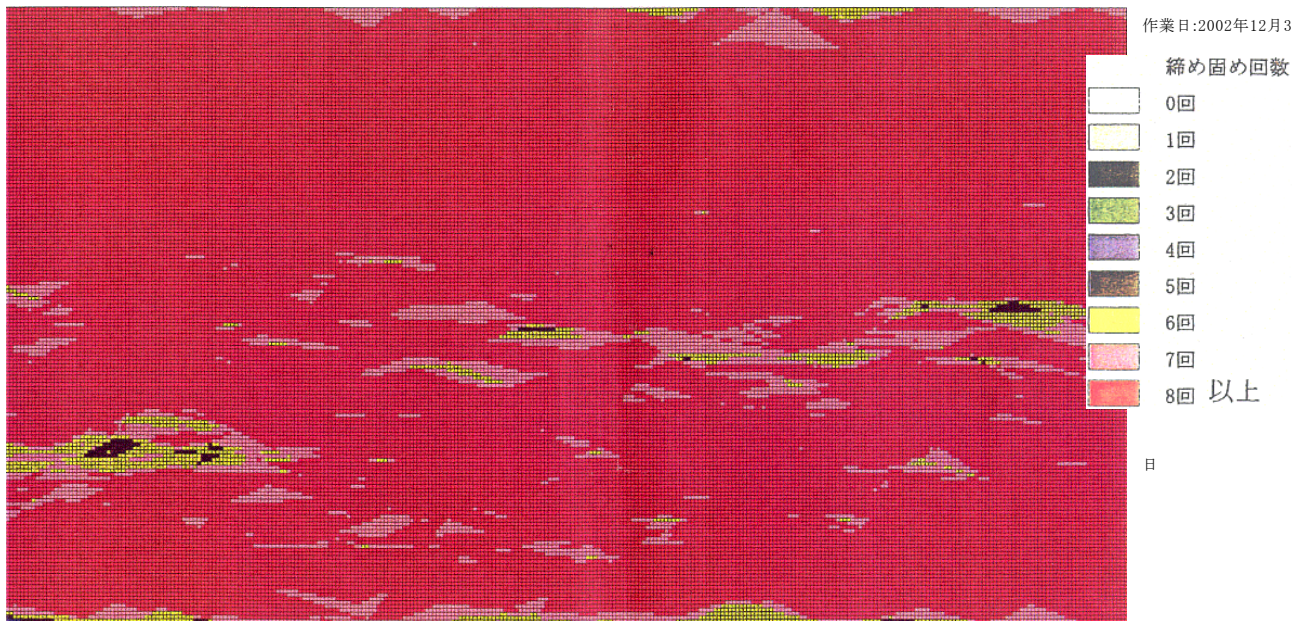


《締め固め率：94.5%》

図-4.3 現場A ブロックサイズ0.1mでの締め固め回数分布図  
「規定締め固め回数：6回」

## 従来施工

(車載モニター無：施工後、記録したデータを0.1mブロックサイズで出力) 従来施工



《締め固め率：89.0%》

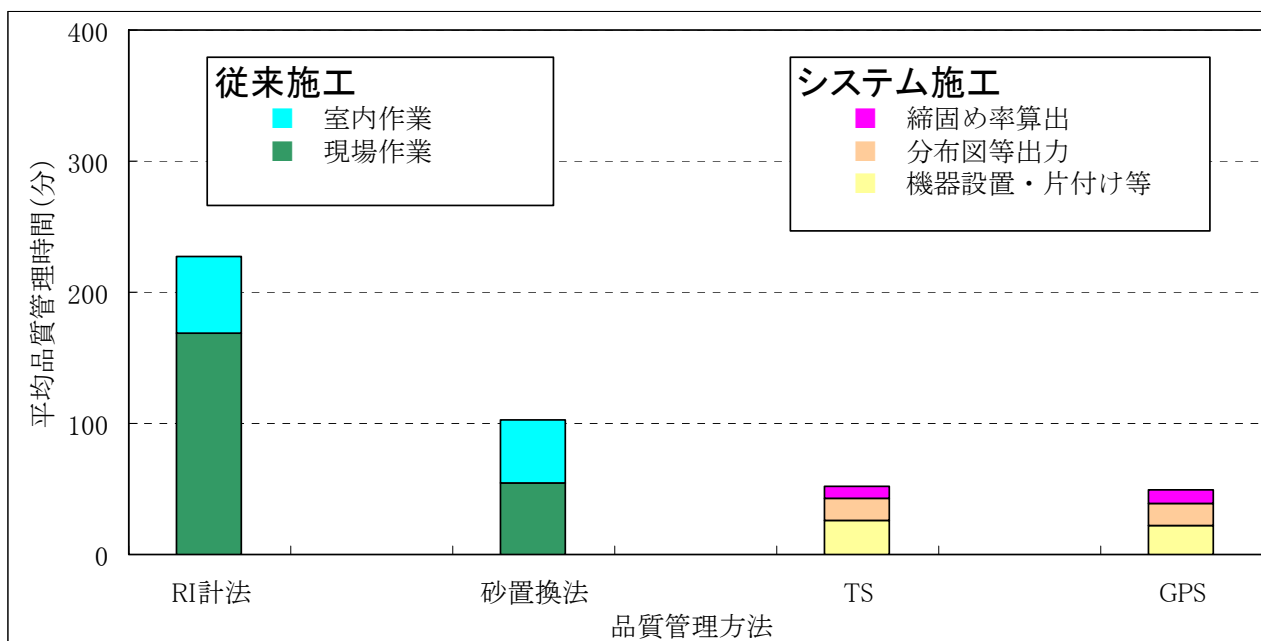
## システム施工

(車載モニター有：管理ブロックサイズ 0.5mで施工後、0.1mブロックサイズに変換して出力)



《締め固め率：96.4%》

図-4.4 現場B ブロックサイズ0.1mでの締め固め回数分布図  
「規定締め固め回数：8回」



図－4. 5 品質管理時間の比較

- 注1) 1日当たり作業量は、積算基準で示すタイヤローラの作業量1,330m<sup>3</sup>/日とした。
- 2) RI計法、砂置換法の室内作業とは、含水比測定やデータ整理の時間である。
- 3) システム施工の現場作業は機器設置・片づけであり、他は事務所での作業となる。