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 …… 489
１．１　基本事項 …… 489
１．２　現有システムの状況 …… 489
１．３　システムの調達・運用等について …… 490
１．４　監督・検査 …… 490

第２章　品質管理方法の選択 …… 491
２．１　現行の品質管理方法の概要 …… 491
２．２　想定される品質管理手法の使い分け …… 493

第３章　管理ブロックサイズ決定試験の方法と試験結果 …… 495
３．１　概要 …… 495
３．２　管理ブロックの定義 …… 495
３．３　管理ブロックサイズ決定試験方法 …… 496
３．３．１　試験目的 …… 496
３．３．２　試験ヤードと試験方法 …… 496
３．３．３　最適管理ブロックサイズの決定 …… 500
３．４　締固め判定方法と管理ブロックサイズの基準 …… 503
３．４．１　現場試験で採用した締固め判定方法 …… 503
３．４．２　管理ブロックサイズの基準 …… 505

第４章　現場試験の結果と導入効果 …… 508
４．１　概要 …… 508
４．２　試験結果と導入効果 …… 508

現場試験成果図集 …… 513

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ＲＩ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、ＲＩ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
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	〃
西尾レントオール	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53㎜以下に適用」

①試験概要

・締固め後の盛土面に、直径16㎝×深さ15㎝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53㎜以下の土質に適用。

・ただし、最大粒径が53㎜以下であっても、粒径37.5㎜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/1,000㎥　　路床＝1回/500㎥

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100㎜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25㎝×深さ20㎝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100㎜以下の土質に適用。

・ただし、最大粒径100㎜以下であっても、粒径37.5㎜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100㎜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100㎜以下の土質に適用。

・ただし、最大粒径100㎜以下であっても、粒径37.5㎜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/100㎡（1,000㎥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100㎜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

・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、ＲＩ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

・ＲＩ計法と同じ。

④結果の確認

・ＲＩ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。

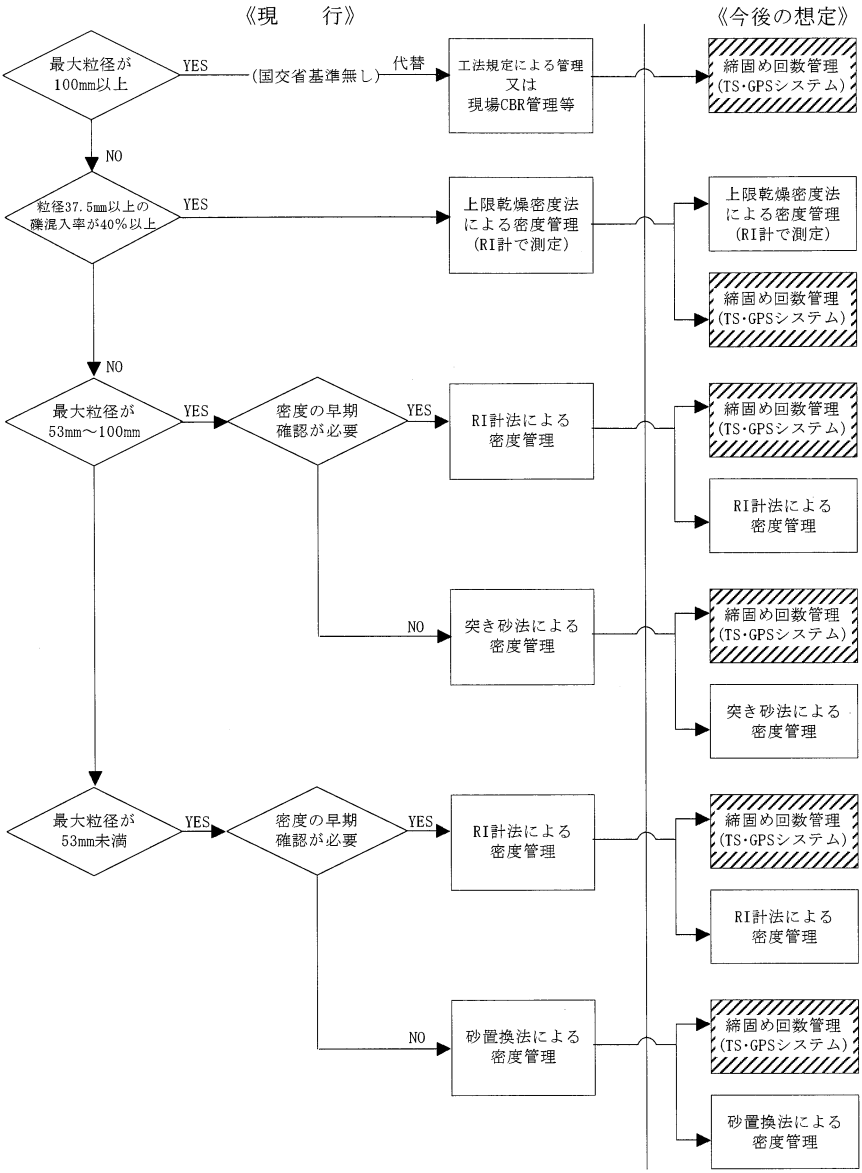
・測定点数：面的管理（締固め回数は、締固め時間からの推定)。

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、「ＴＳ・ＧＰＳ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。

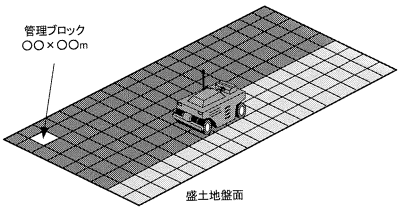
本管理要領(案)で規定した管理ブロックサイズの基準は、平成13年度に実施した管理ブロックサイズ決定試験の結果に基づいて定め、この基準値が適切であるかどうかを、平成14年度に実施した試験フィールド事業の現場試験で追確認した。

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際して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。



図－３．１　管理ブロックの概念図

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、管理ブロツ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。

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20～30㎝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。

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

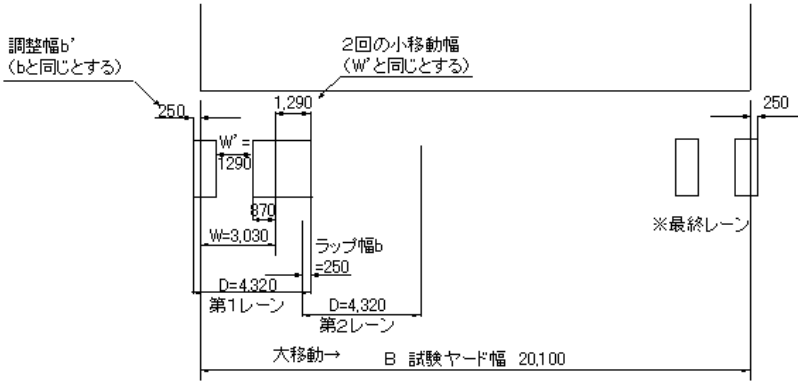
$D = w + w'$

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

(試験ヤード幅試算例)

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

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



図－３.２ 試験ヤード幅設定の模式図（ブルドーザ）

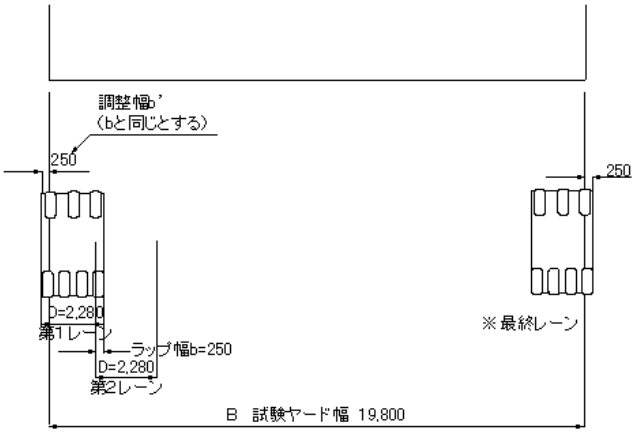
②タイヤローラの場合

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。

Ｂ＝Ｄ×Ｎ－(ｂ×ｎ)－(ｂ'×2)

ここに　Ｂ：試験ヤード幅
Ｄ：全幅
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

(試験ヤード幅試算例)
Ｂ＝2,280×10－(250×9)－(400×2)
＝22,800－2,250－800
＝19,750 (19.8m)



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。

締固め率(%) ＝ 締固め完了ブロック数／全ブロック数×100

具体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の速度とする。

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。

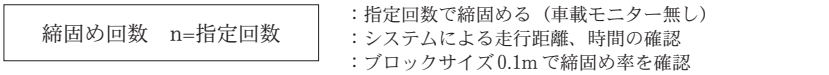
走行速度は通常の速度とし、オペレータには締固め回数分布図をモニター表示しないで試験を実施する。この時システムデータは取得して、締固め終了後にブロックサイズ0.1mで締固め回数分布図を出力して締固め率を確認する。また、走行距離と走行時間はシステムで取得しておいた記録値を採用する。

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

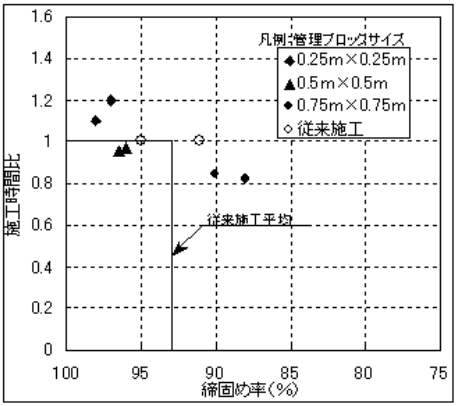
３．３．３　最適管理ブロックサイズの決定

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例示したものであり、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。



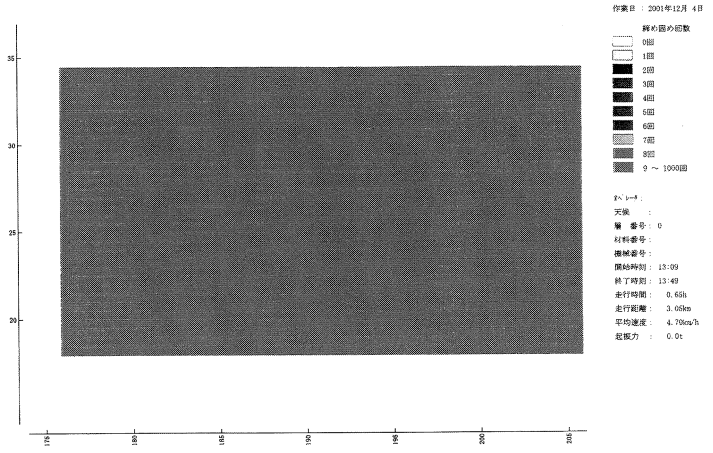
図－３．５　管理ブロックサイズ決定試験結果の例（タイヤローラ）

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」

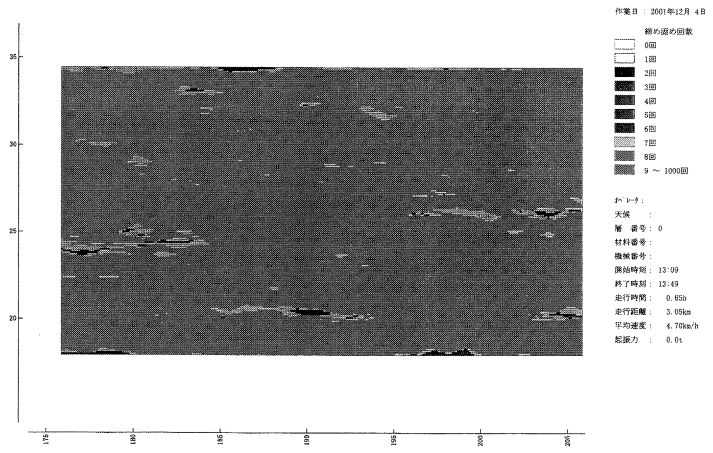
図－３．７　上記の図－３．６の試験結果をブロックサイズ0.1mに変換して出力した締固め回数分布図
「システム施工の締固め率＝95.6%」

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」

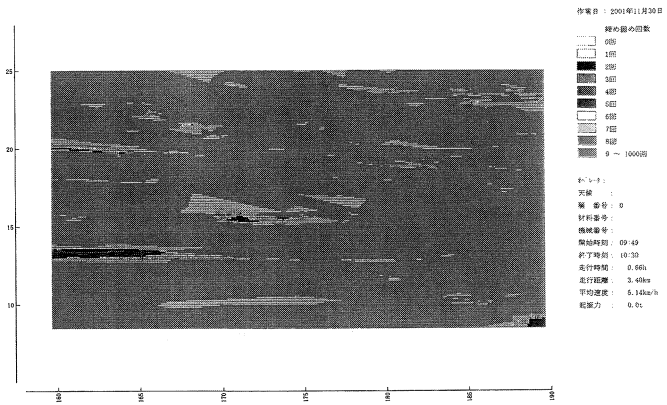
※ 実際は、カラーで出力されます。



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％」

※ 実際は、カラーで出力されます。

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％」

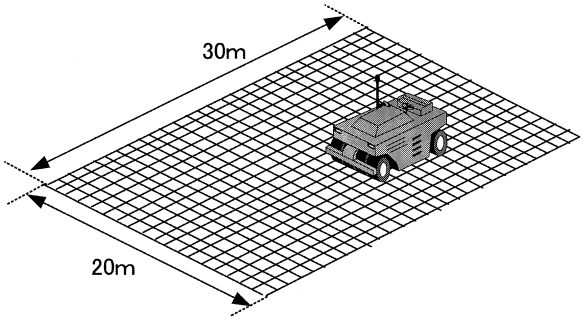
※ 実際は、カラーで出力されます。

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）

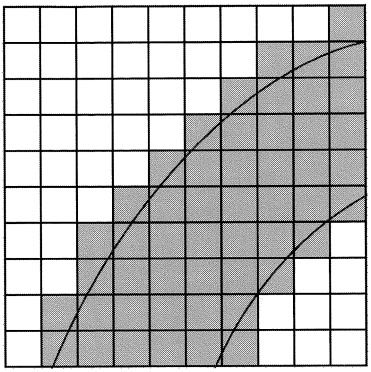
（1）　管理ブロック四隅の1点判定方法「図－３.10参照」

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。

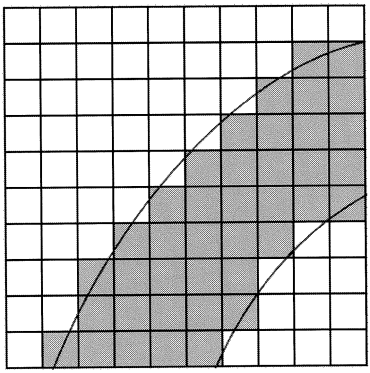
（2）　管理ブロック面積の50％判定方法「図－３.11参照」

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：0.5m
締固め幅：２m
（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。

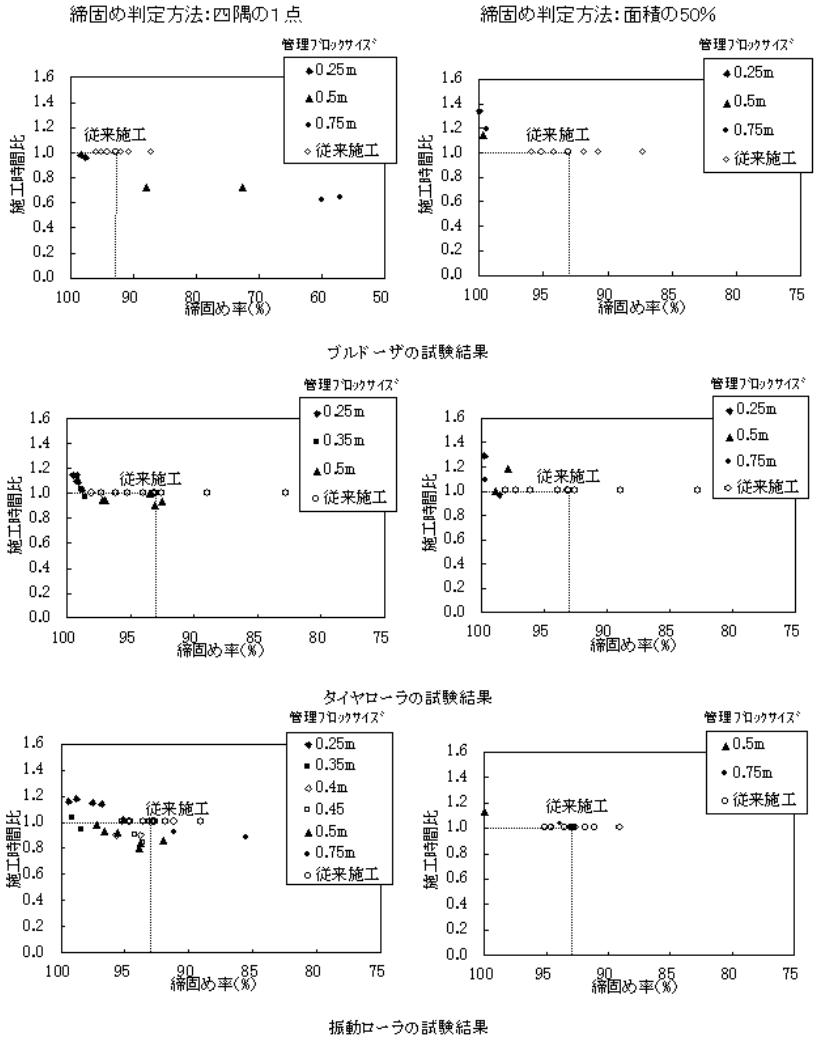
③システム施工における管理ブロック四隅の１点判定方法と、従来施工とを比較した場合、締固め率（施工品質）と作業効率（施工時間比）が同等以上となる管理ブロックサイズは、ブルドーザが0.25m、タイヤローラと振動ローラが0.50mである。

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	0.25 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、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。



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）従来施工の締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、締固め率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

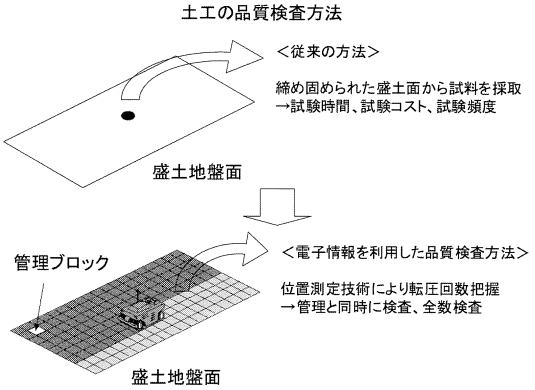
（１）盛土全面の管理による品質の向上（品質の均一化）

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	53㎜以下	1000㎡毎に３点	測定翌日	点管理 (突砂法は最大粒径100㎜以下)
RI計法	100㎜以下	100㎡毎に1点	測定直後	点管理、毎日・半日測定

※最大粒径100㎜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100㎜以上の礫を含む盛土材料や、非常に管理が難しい粒径37.5㎜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ＲＩ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500㎥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、ＲＩ計法を適用していた。現場の意見は、ＲＩ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，ＲＩ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、ＲＩ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り、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1,330㎥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1,000㎥当たり３点

・ＲＩ計法＝約230分「測定数：45点」
……測定頻度の基準は約100㎡当たり１点
(1,330㎥当たりの施工面積は、約4,500㎡)

・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(㎥)	作業時間(hr)	作業能力(㎥/hr)	締固め率(%)
熟 練 者	760	3.2	250	98.4
未 熟 者	650	2.4	270	97.2

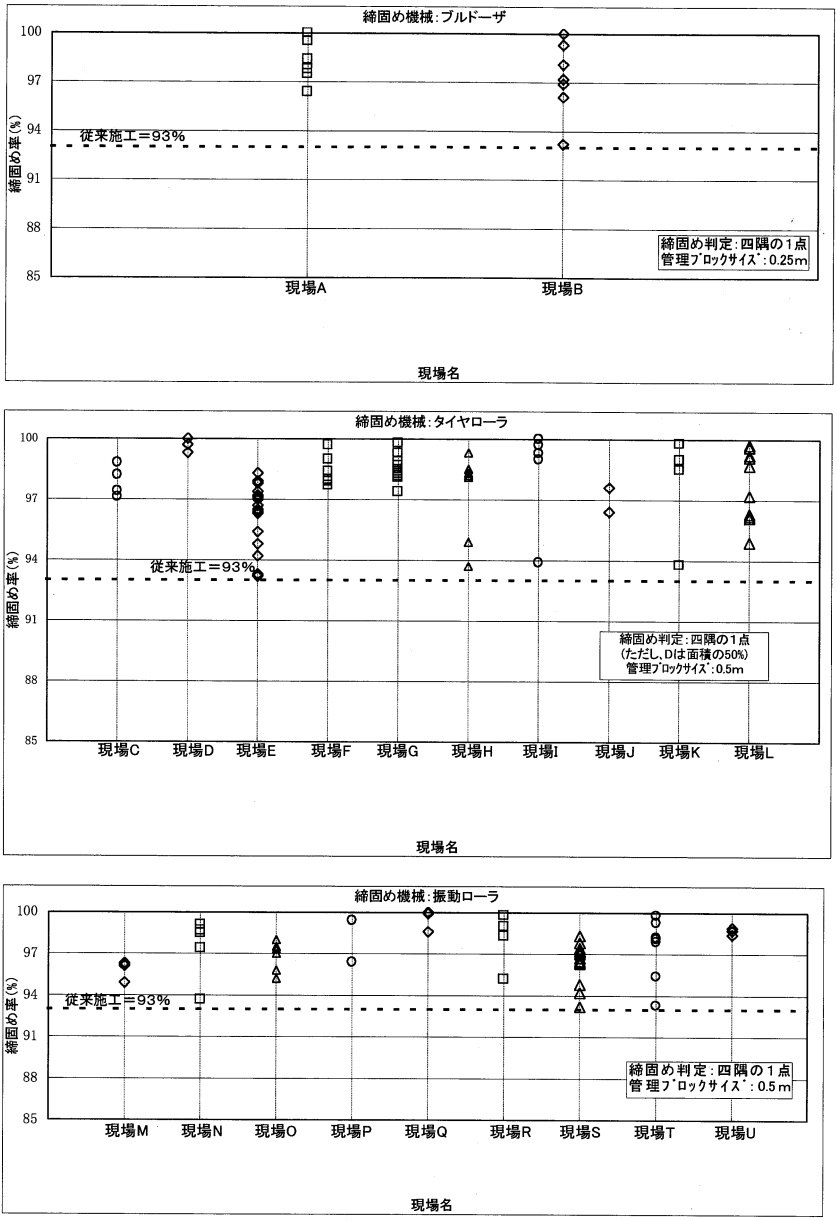
（8）電子納品への対応（施工管理の合理化）

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。

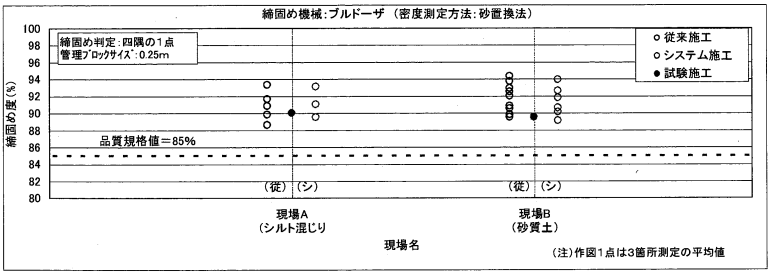
（9）層厚の自主管理が可能

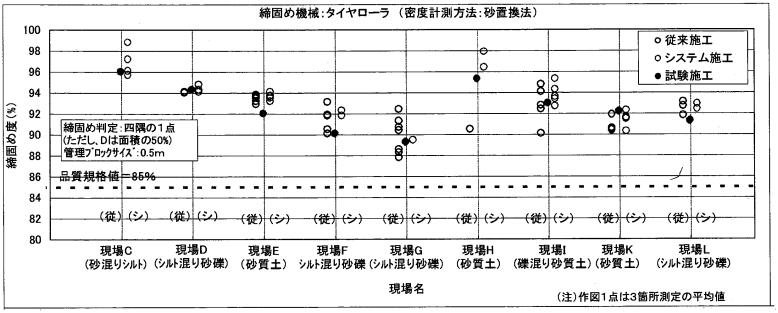
検査データに利用可能な層厚管理はできないが、ＴＳ・ＧＰＳで取得した計測データのうち、鉛直成分〈Ｚ座標〉の情報（締固め前後の地盤標高差）を活用することで層厚の自主管理ができる。

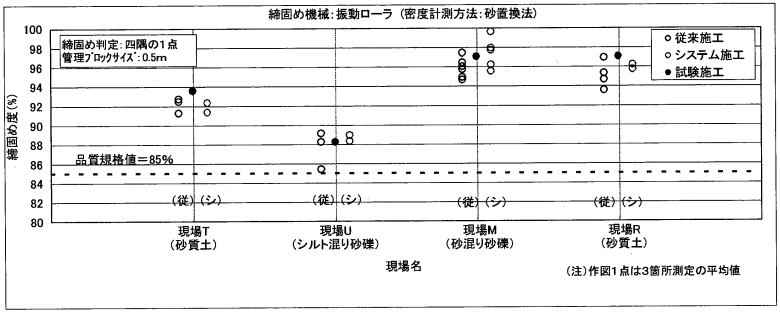
《現場試験成果図集》

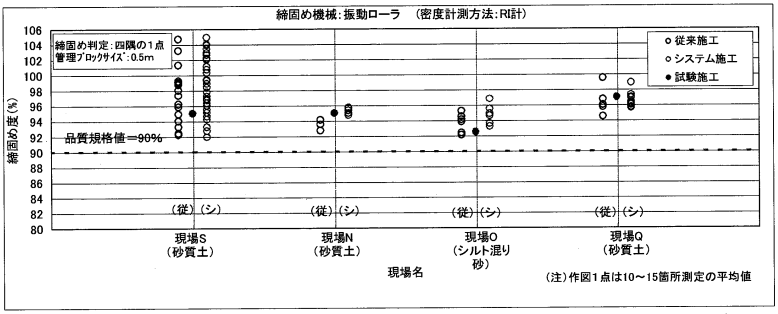


図－４．１　システム施工での締固め率





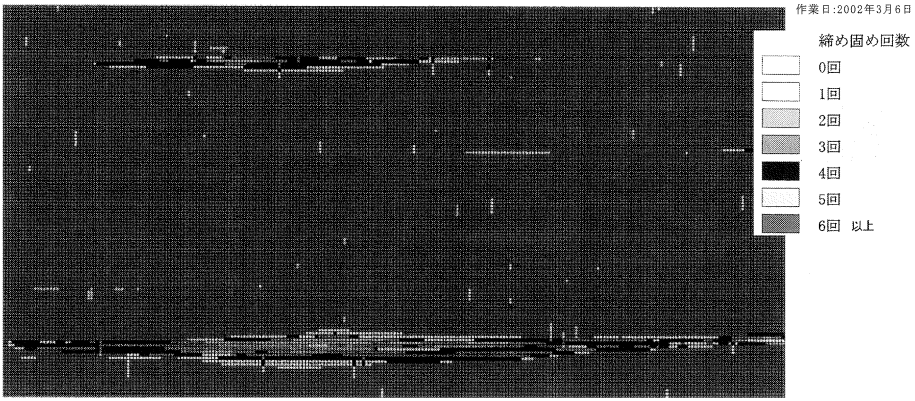




図－４．２　従来施工とシステム施工箇所の締固め度比較

従来施工

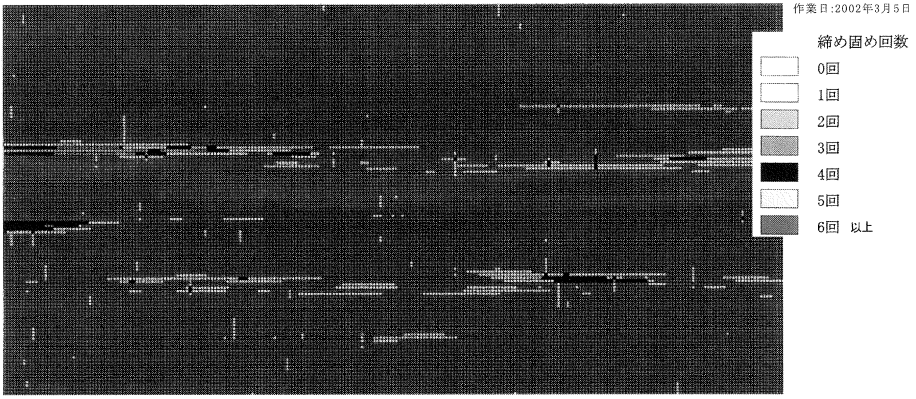
（車載モニター無：施工後、記録したデータを0.1mブロックサイズで出力）



《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）



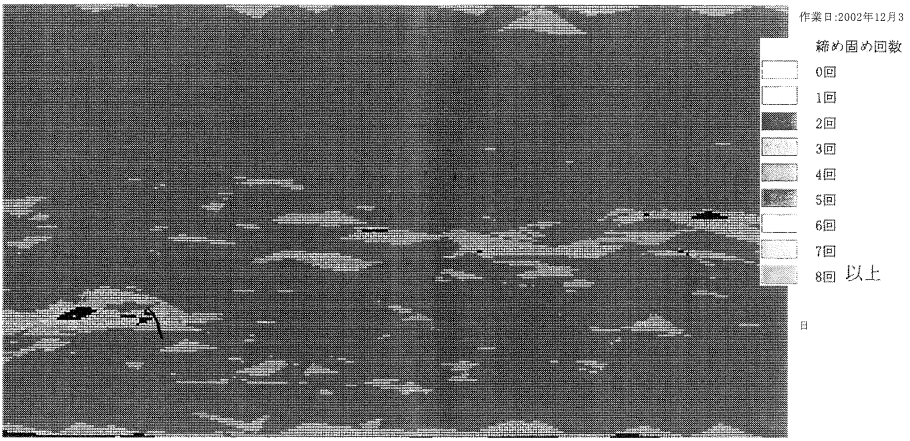
《締固め率：95.5%》

図－４．３　現場Ａ　ブロックサイズ0.1mでの締固め回数分布図
「規定締固め回数：６回」

※ 実際は、カラーで出力されます。

従来施工

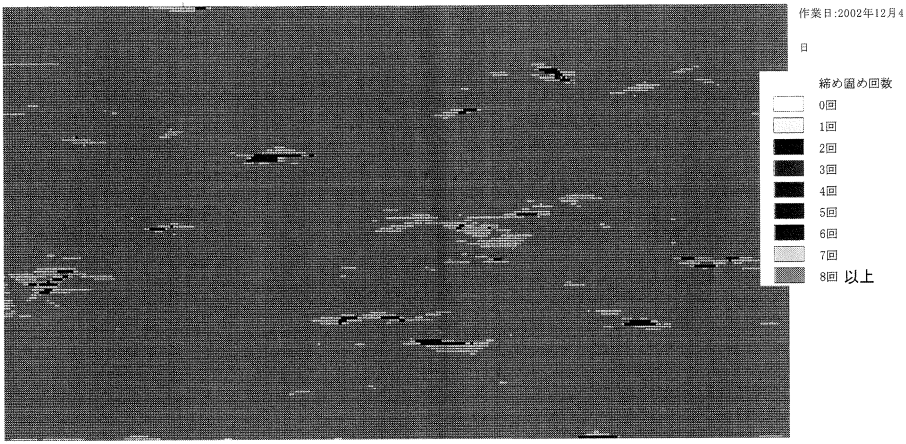
（車載モニター無：施工後、記録したデータを0.1mブロックサイズで出力）



《締固め率：89.0％》

システム施工

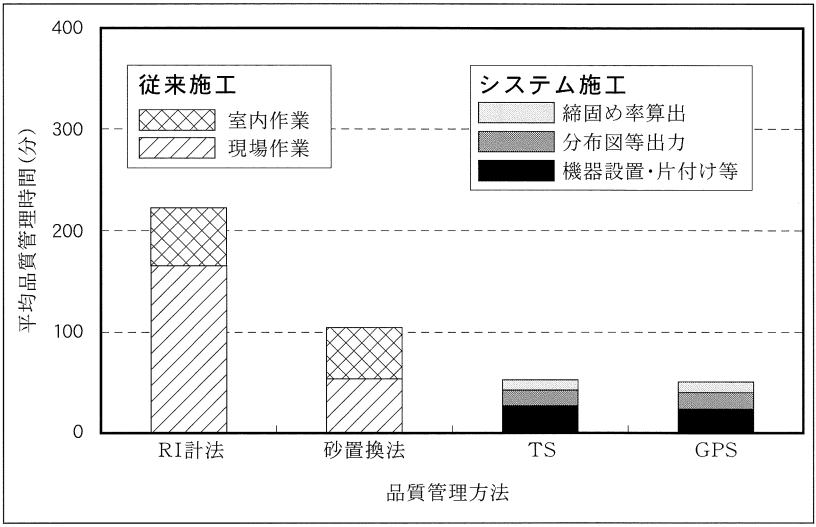
（車載モニター有：管理ブロックサイズ0.5mで施工後、0.1mブロックサイズに変換して出力）



《締固め率：96.4％》

図－４．４　現場Ｂ　ブロックサイズ0.1mでの締固め回数分布図
「規定締固め回数：８回」

※ 実際は、カラーで出力されます。



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1,330㎥/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。