21. 情 報 化 施 工

1．ＴＳ・ＧＰＳを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案)

2．施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領(案)（道路土工編）

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

第１章　総　　則 …… 461
１.１　適用の範囲 …… 461
１.２　目的 …… 463
１.３　管理項目 …… 464

第２章　システムの適用条件 …… 465
２.１　適用条件 …… 465

第３章　締固め管理方法 …… 468
３.１　締固め回数の確認方法 …… 468
３.２　機器構成 …… 472
３.３　ＴＳ・ＧＰＳの性能 …… 473
３.４　データ処理システム …… 474
３.５　振動ローラを使用する場合の留意事項 …… 476

第４章　事前調査・試験 …… 476
４.１　計測障害に関する事前調査 …… 476
４.２　試験施工による締固め回数の設定 …… 477

第５章　施工方法と品質管理 …… 479
５.１　管理ブロックサイズ …… 479
５.２　締固め判定 …… 480
５.３　締固め方法 …… 480
５.４　施工時管理 …… 481
５.５　締固め管理基準 …… 484
５.６　検査データ …… 485

21-1. ＴＳ・ＧＰＳを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案)

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、ＴＳという）又は衛星測位システム（以下、ＧＰＳ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ＲＩ計法が主として用いられてきたが、近年、ＴＳ又はＧＰＳ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)、ＲＩ計法（ＲＩ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。

注１）本管理要領(案)で取り扱うＧＰＳ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ＧＰＳ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。

本管理要領(案)の内容は、盛土の締固め管理にＴＳ・ＧＰＳ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ＴＳ又はＧＰＳ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。ＴＳ又はＧＰＳ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

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圧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［4.1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、ＴＳ・ＧＰＳ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、ＴＳ・ＧＰＳ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ＲＩ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53㎜まで、ＲＩ計法が最大100㎜までが限度となっている。

一方、ＴＳ・ＧＰＳ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）
・ＴＳ・ＧＰＳ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	完了時	
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
	○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
施工時管理	○締固め回数分布図及び走行軌跡記録図		○	「5.4　施工管理」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100㎜の岩塊を含んでいる盛土材料への適用。

・最大粒径100㎜以下であっても、粒径37.5㎜以上の礫を40%以上含んでいる盛土材料への適用。（粒径37.5㎜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

・ＴＳ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を考慮しなければならない。

・ＴＳ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ＴＳの作動エリアごとに区分するなどの対策が必要である。

・ＴＳ運用の場合、土砂の運搬経路はＴＳ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（低くすぎるか高すぎる）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。

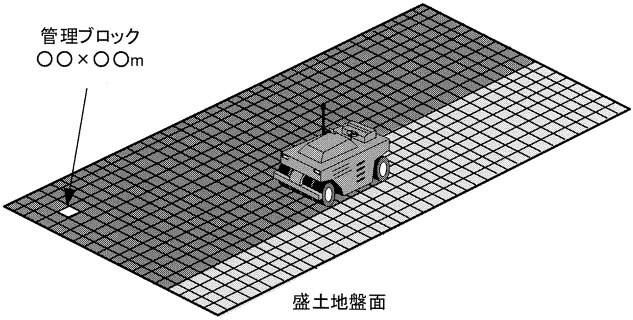
【解説】

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

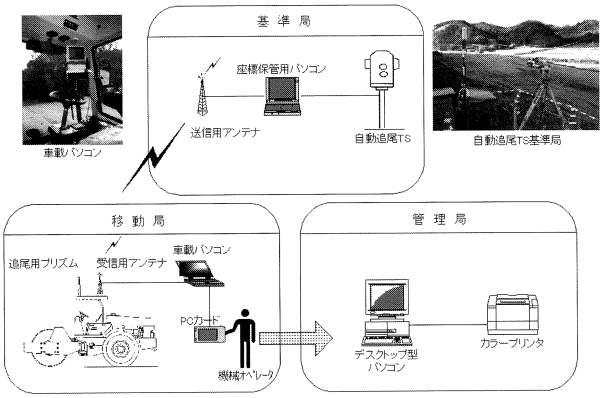
ＴＳ・ＧＰＳによる締固め機械の位置座標の計測方法とデータ通信方法は、表－３のとおりである。データの通信経路参考図を図－２と図－３に示す。

表－３　走行軌跡の計測方法とデータの通信方法

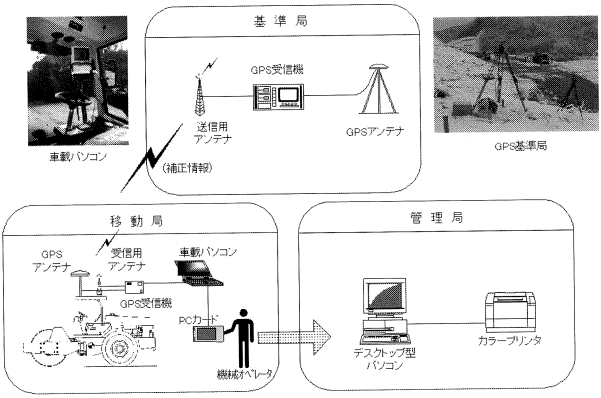
適用システム	内　　容
ＴＳシステム	・現場の座標既知点（基準局）に設置したＴＳにより、締固め機械（移動局）に装着した全周プリズムを追尾し、締固め機械の位置座標を計測する。座標データは、無線等により車載パソコンに伝達され、このデータを用いてモニターに締固め位置と回数を表示する。
ＧＰＳシステム	・座標既知点（基準局）に設置したＧＰＳから位置補正情報を無線等により締固め機械（移動局）に伝達し、移動局側のＧＰＳ受信機で基準局からのベクトルを算出、移動局の位置座標を求める。座標データは車載パソコンに伝達され、このデータを用いてモニターに締固め位置と回数を表示する。

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（ＴＳの例）

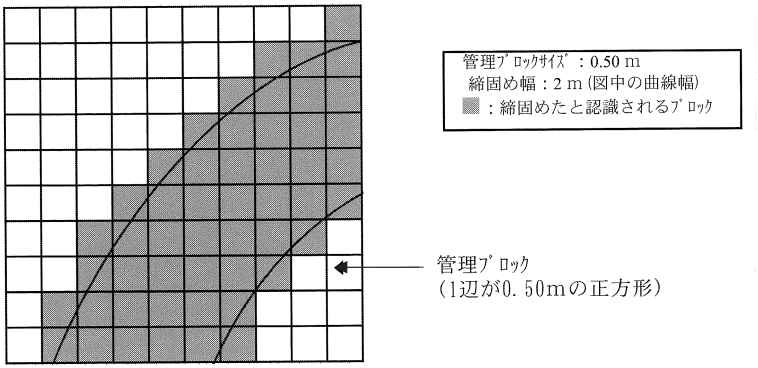


図－３　走行軌跡データの通信経路（ＧＰＳの例）

（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。

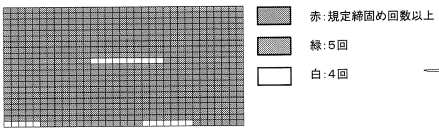
本管理要領(案)では、図－４に例示する「管理ブロック四隅の１点判定方法」を標準と定めた。(５.２節)

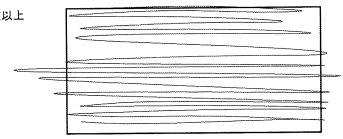


図－４　管理ブロック四隅の１点判定方法

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。





図－５　締固め回数分布図の概念図　図－６　締固め機械の走行軌跡概念図

※実際は、カラーで出力されます。

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	・ＴＳ機器（自動追尾ＴＳ、三脚） ・＊パソコン（自動ＴＳのデータ一時保管用） ・データ通信用無線送信機（移動局へのデータ送信用） ・電源装置
	移動局	・追尾用全周プリズム ・車載パソコン（モニター） ・データ通信用無線受信機（基準局からのデータ受信用） ・データ演算処理プログラム
	管理局	・パソコン ・データ演算処理プログラム ・カラープリンター
ＧＰＳ	基準局	・ＧＰＳ機器（アンテナ、受信機、三脚） ・データ通信用無線送信機等（移動局へのデータ送信用） ・電源装置
	移動局	・ＧＰＳ機器（アンテナ、受信機） ・データ通信用無線受信機等（基準局からのデータ受信用） ・車載パソコン（モニター） ・データ演算処理プログラム
	管理局	・パソコン ・データ演算処理プログラム ・カラープリンター

（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 ± (5㎜＋10ppm×D)　　角度精度 15"以下
GPS：水平(ｘｙ)／垂直(z)　±(20㎜＋2ppm×D)

注１）Ｄ値は、基準局と移動局との間の距離(㎜)。
２）ppmは10^{-6}(2ppmの誤差の場合、距離1㎞＝1,000,000㎜で2㎜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、±15㎜ 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30㎜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(ｘｙ)／垂直(z)が、±(20㎜＋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、ＴＳ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ごと、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糸をしっかりと張り、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。

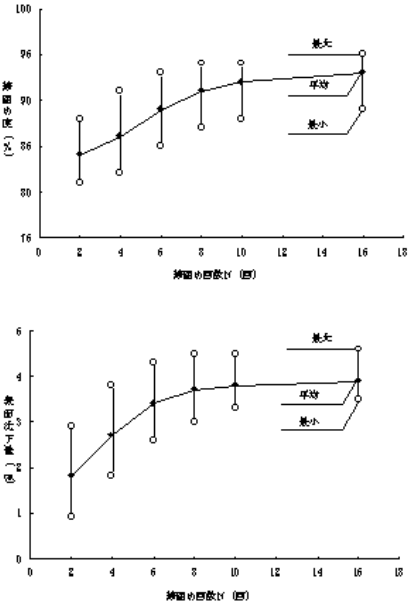
（2）締固め度で管理できない岩塊材料の例（参考図－２参照）

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

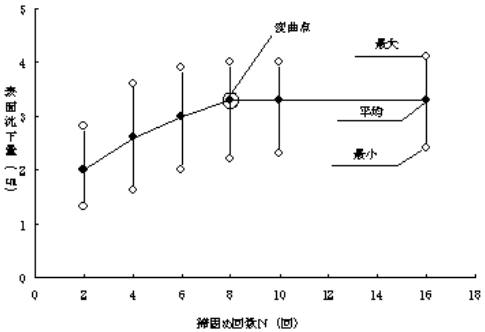
の変曲点（沈下量が収束した点付近）を本施工での締固め回数とするのが一般的である。表面沈下量の測定方法は、上記（１）と同様とする。

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	０.２５ｍ
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。

⑤ＴＳ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くなることで、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ＴＳ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、ＦＩＸ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ＦＬＯＡＴ解になることがある。この場合、上記のＴＳ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ＦＩＸ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ＴＳ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】

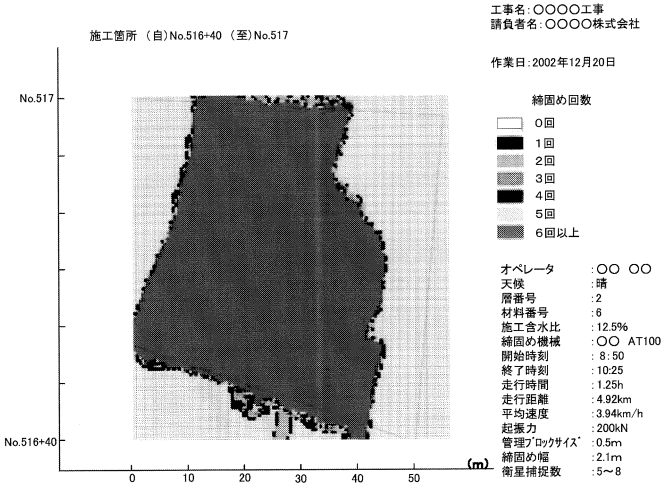
（1）締固め回数分布図と走行軌跡図

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。

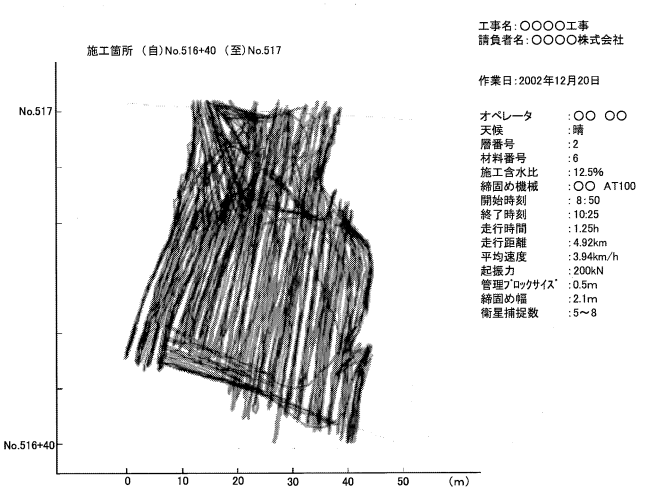
これらの図は締固め範囲の全面を確実に規定回数だけ締固めたことを確認するための日常管理帳票となるので、全数・全面積分を作成することとした。したがって、一日の締固めが複数回・複数層に及ぶ場合は、その都度、以下の内容が記載された締固め回数分布図と走行軌跡図を出力するものとする。

・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0.50m、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。



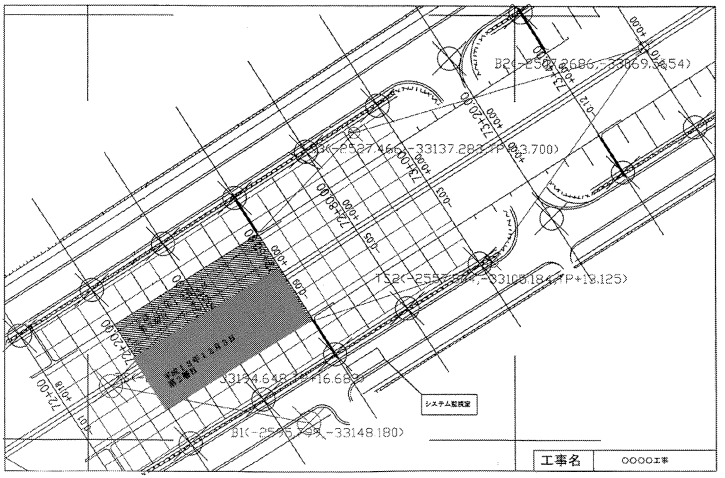
図－７　　締固め回数分布図例（管理ブロックサイズ0.50m）
※ 実際は、カラーで出力されます。



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1.0m以内：ＲＩ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。

(白　紙)