

[参考資料]

1. ロックボルトの引抜試験

(1) 計測の目的

ロックボルトの定着効果を確認することを目的とする。

(2) 計測の要領

ロックボルトの引抜試験方法に従って行う。

実施時期は施工後3日経過後とし、引抜試験耐力はロックボルト引抜耐力の80%程度以上とする。

(3) 結果の報告

計測結果は図-1の要領で整理する。

(4) 試験後のボルトの処置

引抜試験の結果が荷重変位曲線図-1のA領域に留まっている状態の場合には、試験後のボルトはそのままとし、これを補うボルトは打設しないものとする。

図のB領域に入る場合には、その他のボルトの状況を判断して施工が悪いと思われるものについては、試験したボルトを補うボルトを打設する。また地山条件によると思われる場合には地中変位や、ロックボルトの軸力分布等をして、ロックボルトの設計を修正する。

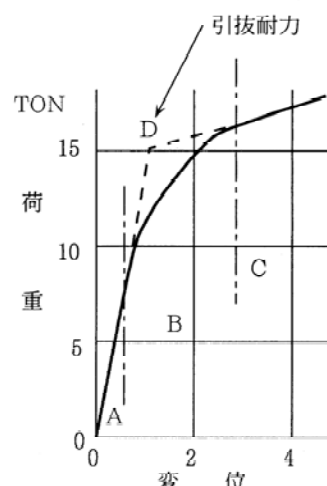


図-1 ロックボルト引抜試験

(ロックボルトの引抜試験方法)

この方法はISRMの提案する方法に準拠したものである。

(International Society for Rock Mechanics, Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, Comitee on Field Tests Document No.2. 1974)

(1) 引抜試験準備

ロックボルト打設後に、載荷時にボルトに曲げを発生しないように図-2のように反カプレートボルト軸に直角にセットし、地山との間は早強石膏をはりつける。

(2) 引抜試験

引抜試験は、図-3のようにセンターホールジャッキを用い、油圧ポンプで1ton毎の段階載荷を行って、ダイヤルゲージでボルトの伸びを読み取る。

(3) 全面接着式ボルトの場合の注意事項

(イ) 吹付コンクリートが施工されている時は、コンクリートを取りこわして岩盤面を露出させるか、あるいは、あらかじめ引抜試験用のロックボルトに、吹付コンクリートの付着の影響を無くすよう布等を巻いて設置して試験を行うのが望ましい。ロックボルトに歪みゲージを貼付けて引抜試験の結果が得られている場合には、その結果を活用することにより、特に吹付コンクリートを取り壊す必要がない場合もある。

(ロ) 反力は、ロックボルトの定着効果としてピラミッド形を考慮する場合には、できるだけ孔等は大きいものを用い、ボルト周辺岩盤壁面を拘束しないこと。

(ハ) ロックボルトの付着のみを考慮する場合は、反力をできるだけロックボルトに近づけること。

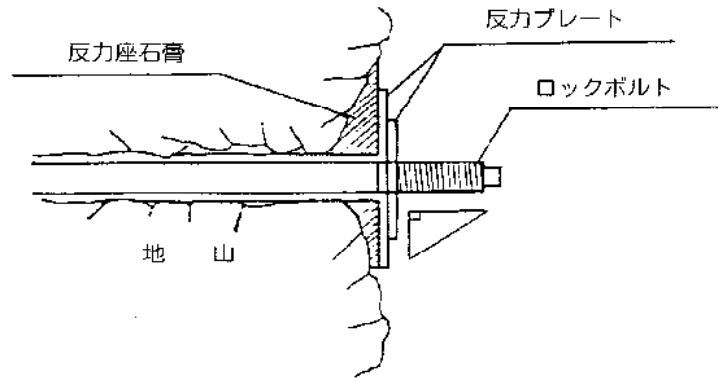


図-2 反力座の設置

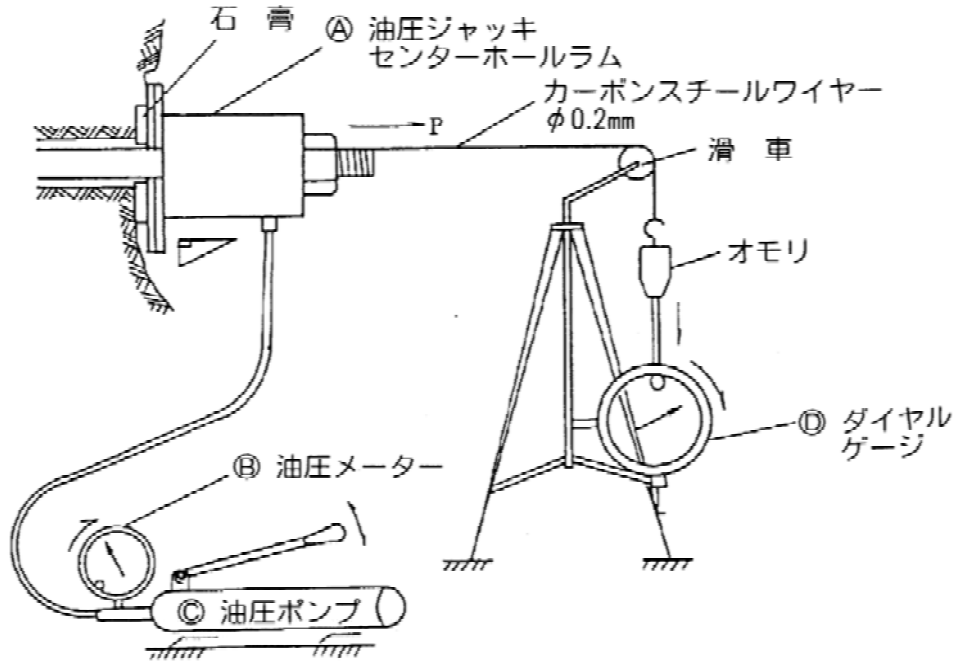


図-3 引抜試験概要図

2. 管水路の通水試験

(1) 試験の方法

パイプラインの水密性と安全性を確認する目的で、通水試験を行うとともに、試験的な送水を行ってパイプラインの機能性を確認することが望ましい。

通水試験の方法は、図2-1のとおりである。

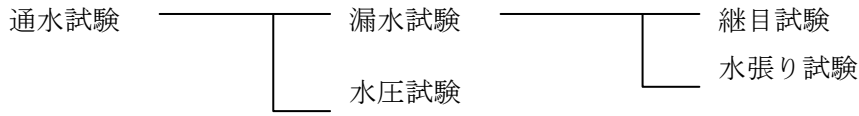


図2-1 通水試験の方法

(2) 漏水試験

1) 継目試験

継目試験は、管布設後の継手の水密性を検査するものであり、テストバンドを使用して行う。

原則として管径900mm以上のソケットタイプの継手について全箇所を検査を行うものとする。

この試験の水圧は、その管の静水圧とし、これを5分間放置した後の水圧は、80%以下に低下してはならない。

また、試験条件により静水圧まで加圧することが危険と判断される場合は、個々に試験水圧を検討するものとする。

継目試験の方法は、以下に示すとおりである。

① テストバンドの水圧によって管が移動することがあるので、ある程度の埋戻しをす

る。
検査や補修のためには継手部の埋戻しは少なめにとどめておくことが望ましい。

また、必要に応じて隣接した継手部に目地板（ゴム板）をはさんで管の移動を防止しなければならない。継目試験を行うときには、式-1の条件が満たされているかを事前に検討する。（図2-2参照）

$$N < F \quad \dots\dots\dots \text{式-1}$$

$$N = A \cdot P + \Sigma W \cdot \sin \theta \quad \dots\dots\dots \text{式-2}$$

$$F = \mu \cdot \Sigma W \cdot \cos \theta \quad \dots\dots\dots \text{式-3}$$

ここに、

N：テスト水圧による推力（N）

F：管の鉛直荷重による抵抗力（N）

A：管端面の断面積（cm²）

P：試験水圧（MPa）

ΣW：1本当たり管の自重と管上載土の重量（N）

θ：水平と管布設軸とのなす角（°）

μ：土と管の摩擦係数

硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管、強化プラスチック複合管 0.3

コンクリート管、鋼管、ダクタイル鋳鉄管 0.5

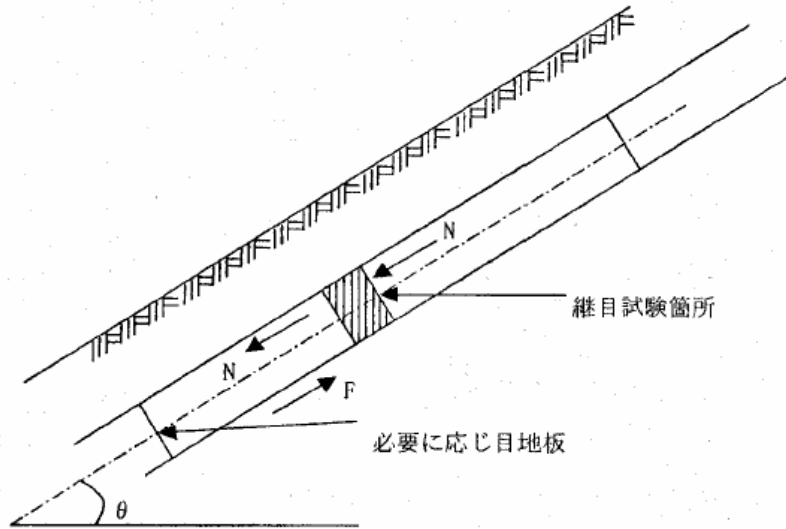


図 2-2 継目試験箇所及び力

- ② テストバンドをセットし、テスター内の空気を抜きながら注入し、完全に排気が完了してから水圧をかける。
 テストバンドの機構の概略は、図 2-3 に示すとおりである。

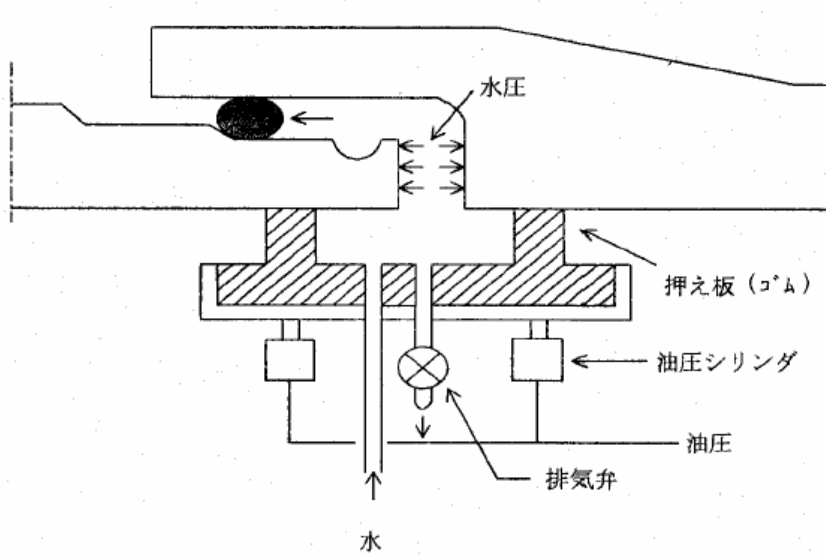


図 2-3 テストバンドの機構の概略

2) 水張り試験

水張り試験は、パイプラインの布設が完了した後、当該区間に水を充水し、漏水箇所の発見と減水量が許容限度内にあるかどうか確認するための試験である。

試験は、管布設、埋戻しが終わってから実施する。

許容減水量は、管種、管径、継手構造、内水圧、付帯施設の状況等によって異なるが、管径1cm、延長1km当たりの標準値は、表2-1のとおりとする。

表2-1 標準許容減水量 (ℓ/日・cm・km)

管種	許容減水量	備考
コンクリート管類	100~150	ソケットタイプ
ダクタイル鋳鉄管、硬質塩化ビニル管、強化プラスチック複合管	50~100	ソケットタイプ等
鋼管、硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管	25	溶接、接着継手等

水張りに当たっては、次の事項に十分留意しなければならない。

- ① 管内への注水前にコンクリート等が十分な強度となっていること、埋戻しに問題がないことを確かめる。
- ② 注水前に空気弁や給水栓等を全開して、注水に伴う排気を十分に行う。
- ③ 注水速度は管内からの排気速度に応じて加減する。急激に注水すると空気圧で思わぬ事故を起こすことがあるので、空気のみや部分の排気状態に注意しなければならない。
- ④ 短時間に多量の空気を排出することになるので、空気弁に併設されている排気弁を開く。
- ⑤ 制水弁は上流側から徐々に開いていく。
- ⑥ 大口径管については副管を開いて通水する。開度は本管で1/10開度、副管で1/5開度以内を目安とする。
- ⑦ すべての吐出口、又は給水栓等から気泡を含む水が出なくなってから徐々に計画流量を通水する。
- ⑧ 通水時に逆止弁、バイパス弁等の機能を点検する。
- ⑨ 水張り中はパイプラインの異常の有無を点検し、事故の防止に万全を期す。

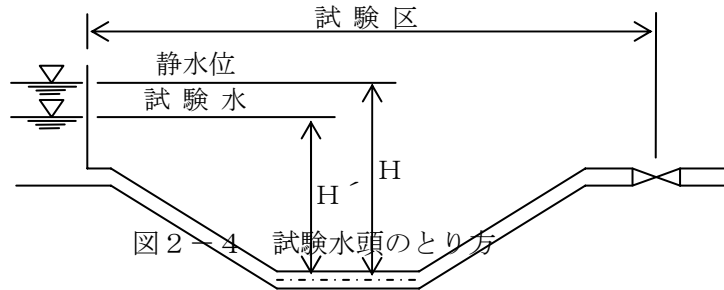
水張り試験の方法は、以下に示すとおりである。

- ① 管の吸水と残留空気を排除するため、水張り後少なくとも一昼夜経過してから水張り試験を行うことが望ましい。
- ② 一定の試験水圧を24時間維持し、この間の減水量（補給水量）を測定する。
- ③ 試験水圧は静水圧とすることが望ましいが、やむを得ず静水圧より低い試験水圧を用いる場合は、式-4により修正する。

$$Q = Q' \sqrt{H/H'} \quad \dots\dots\dots \text{式-4}$$

ここに、

- Q : 修正減水量 (ℓ)
- Q' : 測定減水量 (ℓ)
- H : 静水頭 (m)
(図2-4参照)
- H' : 試験水頭 (m)
(図2-4参照)



3) 水圧試験

水圧試験はパイプラインが設計水圧（静水圧＋水撃圧）に安全に耐え得ることを確認するためのものである。漏水試験を静水圧で行った場合には、ある程度の予測がつくので水圧試験を省くことが多い。しかし、特に重要なパイプラインについては水圧試験を行うことが望ましい。

水圧試験の方法は、次のとおりである。

- ① 試験区間を制水弁等で完全に仕切る。
- ② 水圧試験は、試験区間においてパイプラインに手押しポンプ等で設計水圧まで加圧し、パイプラインの異常の有無を点検する。
- ③ 管内の空気は加圧に先立って完全に排除するよう、特に注意しなければならない。

(4) 漏水箇所探知と補修

1) 探知

通水試験において減水量が許容減水量以上の場合はもちろんのこと、許容量以下の場合であっても、漏水箇所の有無を探知しなければならない。探知方法としては次の方法がある。

- ① 地表に水がしみ出てくるのを目視により探知する。
- ② 地表に水が出ないような漏水箇所の探知方法として、漏水の疑わしい箇所、管頂付近まで掘削し、水のしみ出しの有無を調べる。
- ③ イヤホーンのついた聴診棒を地中に挿し込み、水の吹き出し音を聞く。
- ④ 漏水探知器による方法。

2) 補修

通水試験の各試験に示す基準の許容限度内であっても、集中的な漏水箇所や異常が認められた箇所には適正な止水対策を講じなければならない。

3. RI計器を用いた盛土の締固め管理要領（案）

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ける RI 計器を用いた盛土締固め管理に適用するものとする。

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、これまで砂置換法が主として用いられてきたが、高速道路や一部のダムをはじめとして RI 計器が導入され、各事業体において RI 計器を用いた締固め管理が標準化されつつある。また、RI 計器や測定方法の標準化に関しては、従来の学会基準が改訂され、地盤工学会基準（JGS1614-1995）「RI 計器による土の密度試験方法」が制定されるなど、本格的な導入に向けての環境も整備されてきた。

一方、現在及び将来とも数多くの高規格堤防や大規模な道路盛土の事業が進行または計画されており、一般の河川土工や道路土工も含めて合理的な締固め管理手法の導入が必要とされている。

そこで本管理要領（案）は、現場密度試験に RI 計器を用いる場合に RI 計器の持つ特長を最大限発揮させるべく、計器の基本的な取扱い方法やデータ採取、管理基準値の規定を行なうものである。

この基準に規定していない事項については、下記の基準・マニュアルを基準とする。

- ・ 「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

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、RI 計器を用いた盛土の締固め管理を行う際の RI 計器の基本的な取扱い方法、データの採取個数、管理基準値を定めることを目的とする。

解 説

本管理要領（案）では、RI 計器に関するこれまでの試験研究の成果を踏まえ、RI 計器の基本的な取扱い方法や土質等による適用限界を示した。

また、本管理要領（案）ではデータの採取個数を規定した。砂置換法を前提とした管理では計測に時間がかかることから、かなり広い施工面積を 1 点の測定値で代表させており、盛土の面的把握という観点からは十分なものではなかった。一方 RI 計器は砂置換法に比べ飛躍的に測定時間が短くなっているため、従来 1 個の測定値で代表させていた盛土面積で複数回測定することができる。そこで本管理要領（案）では、盛土の面的管理の必要性和 RI 計器の迅速性を考慮してデータの採取個数を規定した。

2章 RI計器による測定方法

2. 1 計器の種類

RI 計器は散乱型及び透過型を基準とするものとし、両者の特性に応じて使い分けるものとする。

解 説

RI 計器には一般に散乱型と透過型があり（図－1 参照）、両者の特徴は以下の通りである。

(1) 散乱型 RI 計器

線源が地表面にあるため、測定前の作業が測定面の平滑整形だけでよく、作業性が良い。地盤と計器底面との空気の影響を受けやすいので注意が必要である。

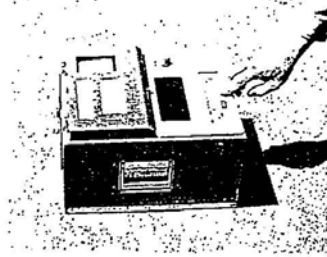
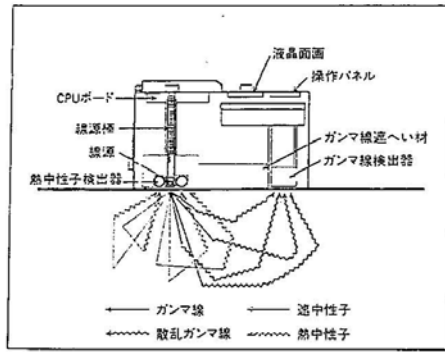
(2) 透過型 RI 計器

線源が長さ 20 cm の線源棒の先端付近にあり測定時には線源棒の挿入作業を伴うので散乱型に対して少し測定作業時間が長くなる。線源が地中にあるため、盛土面と計器底面との空気の影響は比較的受けにくい。

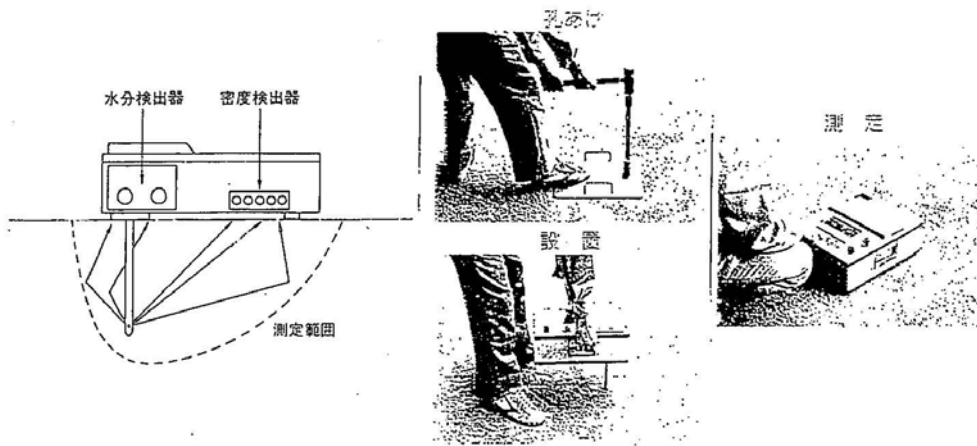
表－1 散乱型と透過型の比較例

項 目		散 乱 型	透 過 型
線 源	ガンマ線	コバルト-60	コバルト-60
	中性子線	カリフォルニウム-252	カリフォルニウム-252
検 出 器	ガンマ線	SCカウンタ×1	GM管×5
	中性子線	He-3カウンタ×2	He-3管×2
測 定 方 法	密 度	ガンマ線後方散乱方式	ガンマ線透過型
	水 分	熱中性子散乱方式	速中性子透過型
本 体 寸 法		310×365×215 mm	310×365×160 mm
本 体 重 量		25 kg	11 kg
測 定 範 囲（深 さ）		160 ～ 200 mm	200 mm
測 定 時 間	標準体	5 分	10 分
	現 場	1 分	1 分
測 定 値		湿潤密度、水分密度、乾燥密度、含水比、空気率、締固め度、飽和度（平均値、最大・最小値、標準偏差）	
電 源		DC 6 V内蔵バッテリー 連続8時間	DC 6 V内蔵バッテリー 連続12時間
長 所		<ul style="list-style-type: none"> 孔あけ作業が不要 路線などにも適用可能 感度が高く計測分解能力が高い 	<ul style="list-style-type: none"> 計量で扱い易い 表面の凹凸に作用され難い 使用実績が多い
短 所		<ul style="list-style-type: none"> 測定表面の凹凸の影響を受け易い 礫の適用に注意を要する 重い 	<ul style="list-style-type: none"> 孔あけ作業が必要 礫に適用できない場合がある（削孔不能な地盤） 線源棒が露出している

これまでの研究によると散乱型と透過型の測定結果はどちらともほぼ砂置換法と同様であることが判っており（参考資料参照）、基本的には機種による優劣はない。ただし、盛土材が礫質土の場合（礫の混入率が60%以上）、その使用には充分留意すること。（3.3参照）



① 散乱型



② 透過型

図一1 RI計器の概要

2. 2 検定方法

使用する RI 計器は正しく検定がなされたものであって、検定有効期限内のものでなければならない。

解 説

放射線源が時間とともに減衰していくため、同じものを測定しても結果が異なってくる。因みに線源として一般に用いられているコバルト 60(^{60}Co) やカリフォルニウム (^{252}Cf) の半減期はそれぞれ 5.26 年、2.65 年である。

そのため標準体での値を基準にした計数率を定期的に調べておく必要がある。

この計数率と測定する物体についての計数率（現場計数率）との比を計数率比 (R) といい、計数率比と密度や含水量とに指数関数の関係がある。

(図-2)

この関係を正しく検定した RI 計器を使用しなければならない。

$$\text{計数率比 (R)} = \frac{\text{現場計数率}}{\text{標準体の計数率}}$$

$$\text{計数比 (R)} = R_0 \exp(a \cdot X)$$

ここに、 R_0 と a は定数であり、 X は密度あるいは含水量を表わす。

また、使用する RI 計器のメーカーでの製作納入時、および線源交換時毎の検定結果を添付し、提出するものとする。

校正式の例を図-3（透過型）に示す。

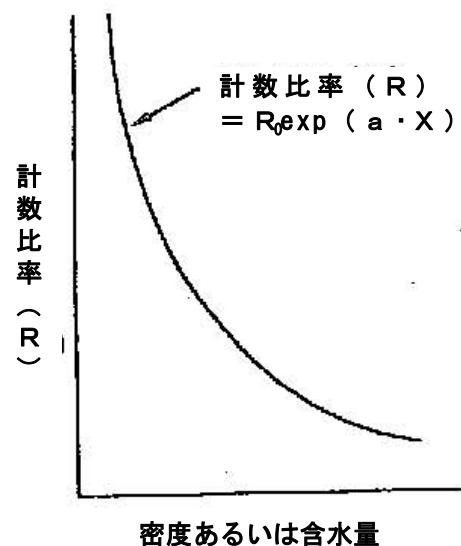
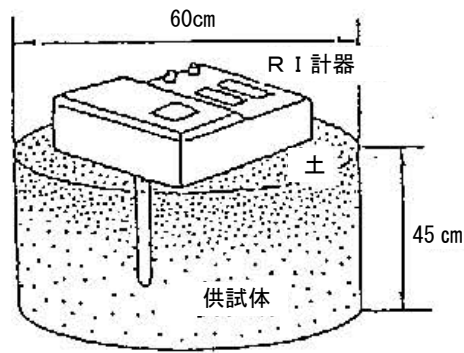
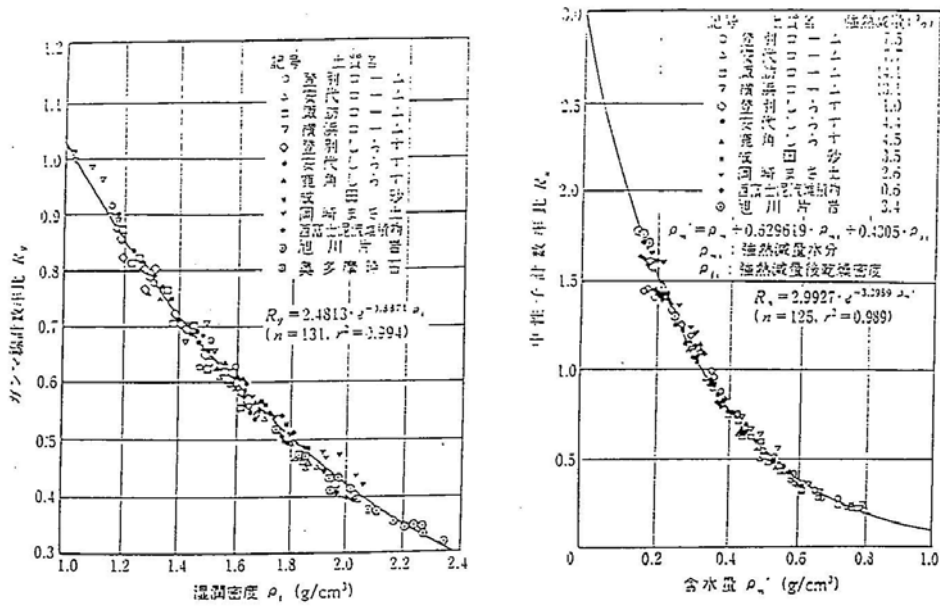


図-2 計数率比 (R) と密度及び含水量の関係



10 種類以上の土質を用いて、100 点以上の供試体が作成されて関係が求められた。

図-3 計数率比と湿潤密度および含水量の検定例
(地盤工学会「地盤調査法」から引用)

2.3 RI 計器による測定方法

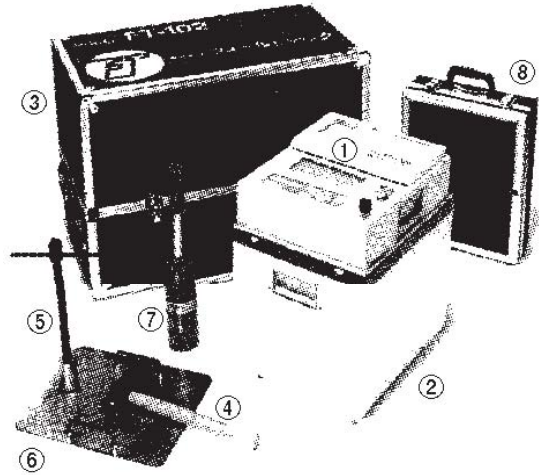
RI 計器による測定は操作手順にしたがって正しく行わなければならない。

解 説

(1) RI 計器の構成

散乱型 RI 計器は計器本体だけで測定が可能であるが、透過型は RI 計器本体、線源棒、標準体、線源筒、ハンマー、打ち込み棒、ベースプレートが必要である。

RI 計器が現時点において供給体制が十分であるとは言えないため、使用にあたっては担当監督職員と協議の上、散乱型あるいは透過型 RI 計器を選定し使用するものとする。



①計器本体 ②標準体 ③収納箱 ④鉄ハンマー
⑤打ち込み棒 ⑥ベースプレート ⑦線源筒 ⑧付属品収納箱

図-4 計器の構成例（透過型）

(2) 測定手順

測定手順は一般に図-5 のようになる。

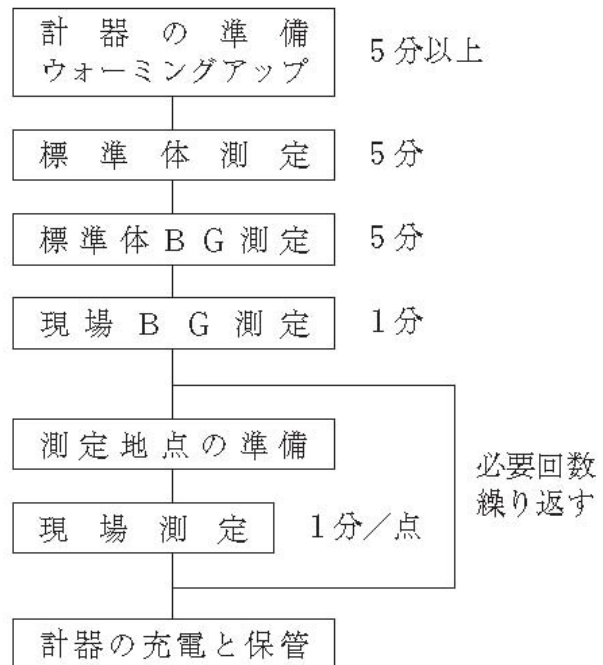
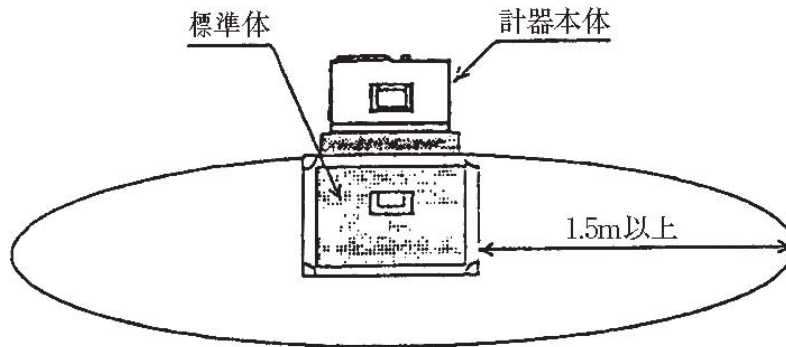


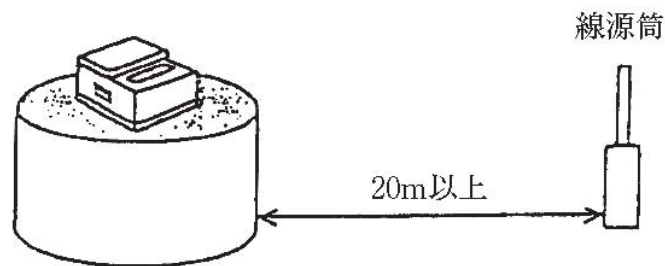
図-5 測定の手順の例

(3) 測定上の留意点

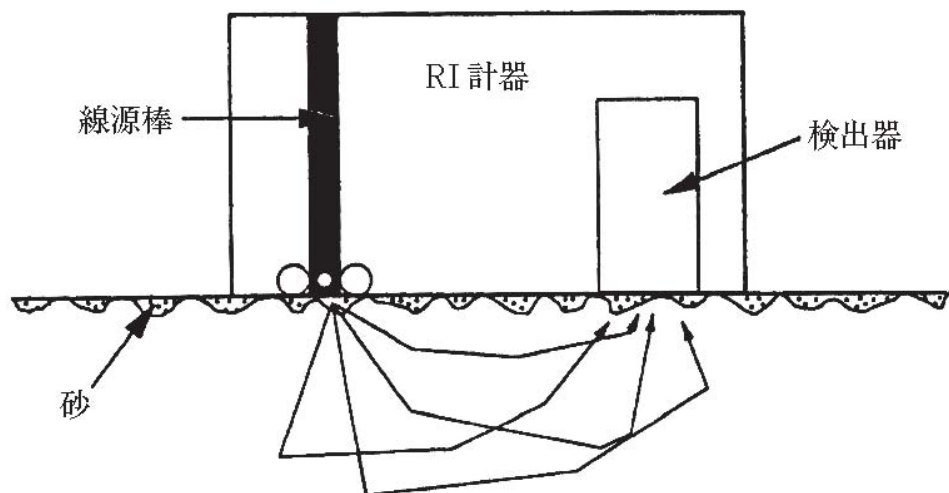
- 1) 計器の運搬は激しい衝撃や振動を与えないよう十分注意して行う。
- 2) 充電は十分しておく。
- 3) RI 計器の保管場所は過酷な温度条件とならないところでなければならない。特に夏の自動車の車内は要注意である。また、室内外の寒暖差が大きいところでは、結露に注意すること。
- 4) 標準体での測定時には、標準体は壁や器物から 1.5m 以上離れたところにおいて行う必要がある。



- 5) 自然放射線の影響を除くためバックグラウンド測定を行う時、線源は少なくとも 20m 以上遠ざける必要がある。



- 6) 現場での測定地点は出来るだけ平滑にすることが大事である。特に散乱型は測定面と計器底面との間に空・を生じると測定結果に大きな影響を与えるため特に注意が必要である。
- 7) 測定表面を平滑にするために鉄板や装備のプレート等を使用するが、表面を削り過ぎて測定対象層より深い深度のデータを取ることのないよう注意が必要である。なお、レキ分が多く、削ることにより平坦性を確保する事が困難な場合は、砂などをひき平滑にする。



測定表面の平滑化→測定値の信頼性向上

- 8) 測定は施工当日を原則としているので、気象変化には十分注意し3章に示したデータの採取数を同日に確保することを心掛ける必要がある。
- 9) 測定能率を上げ、一つ一つのデータの採取時間を短縮するために、測定ポイントの地点出し、表面整形、測定、記録と流れ作業化することが望ましい。
- 10) 平均値管理を基本としているため、一つ一つのデータのバラツキにあまり神経質になり過ぎ、測定や施工を無為に遅らせることのないよう注意することも管理者として必要である。

3章 RI 計器による締固め管理

3.1 締固め管理指標

締固め度および空気間・率による管理を行うものとし、盛土材料の75 μmふるい通過率によりその適用区分を下記のとおりとする。

75 μmふるい通過率が20%未満の礫質土及び砂質土の場合	75 μmふるい通過率が20%以上50%未満の砂質土の場合	75 μmふるい通過率が50%以上の粘性土の場合
締固め度による管理	締固め度による管理 または 空気間・率による管理	空気間・率による管理

解 説

ここでは河川土工マニュアルに準じて、75 μmふるい通過率が20%未満の砂礫土及び砂質土の場合は締固め度による管理、50%以上の粘性土の場合は空気間・率による管理を原則とし、その中間においては自然含水比など、使用土砂の状況から判断してどちらによる管理を採用するか判断するものとする。

なお、河川土工マニュアルおよび道路土工—施工指針には飽和度による管理の規定も記載されているが、飽和度はバラツキが大きいことから、ここでは飽和度による管理は省いている。

3. 2 水分補正

現場の RI 計器を使用するためには、予め土質材料ごとに水分補正を行う必要がある。土質材料ごとの水分補正值を決定するため水分補正值決定試験現場で実施しなければならない。

解 説

(1) 水分補正值

RI 計器が測定する水分量は、炉乾燥法 (JIS-A1203) で求められる水分量のみでなく、それ以外の結晶水や吸着水なども含めた、土中の全ての水分量に対応するものである。従って、結晶水や吸着水に相当する量を算出して補正する必要がある。

RI 計器では、これらを補正するために、乾燥密度と強熱減量を考慮した校正式が組み込まれている。土質材料ごとの強熱減量試験を一般の現場試験室で実施することは難しいので、現場で RI 計器による測定と含水量試験を同一の場所の同一材料で実施し、水分補正を行うものとする。

RI 計器は測定した計数比率と校正定数から、強熱減量を 1% ごとに変化させて、そのときの含水比を推定計算した結果を印字する機能を有している計器を用いる必要がある。この計算結果と含水量試験による含水比から、その土質材料に対応する強熱減量値を水分補正值と称す。

(2) 現場水分補正決定試験の手順例

- 1) 現場の盛土測定箇所 RI 計器の測定準備。
 - a) 標準体測定
 - b) 標準体 BG 測定
 - c) 現場 BG 測定
 - d) 測定箇所の整形および均し
 - e) RI 計器を測定箇所に設置
- 2) 「現場密度」の測定を行う。
- 3) 測定が終了したら、水分補正值—含水比の対応表を表示、印字する。
- 4) RI 計器の真下の土を 1 kg 以上採取する。
(深さ 15 cm 程度まで採取し混合攪拌する)
- 5) 採取した土の含水量試験を実施する。
- 6) 含水量試験の含水比に近い含水比に対応する水分補正值を読みとる。
- 7) RI 計器に水分補正值を設定する。
- 8) 土質材料が変わらない限り水分補正值を変更してはならない。

3. 3 礫に対する RI 計器の適用範囲

1. 盛土材料の礫率は 60% 以上で、かつ細粒分 (75 μ m ふるい通過率) が 10% 未満の場合は原則として散乱型 RI 計器による管理は行わないものとする。
2. 径 10 cm 以上の礫を含む盛土材料の場合には、散乱型及び透過型 RI 計器による管理は行わないものとする。

解 説

(1) 礫率に対する適用範囲

散乱型については礫率（2 mm以上の粒径の土が含まれる重量比）が70%を越えると急激な測定値の精度が低下する室内実験結果（実測値との相違、標準偏差の増加など）がある。また、現場試験においても礫率が65%～70%を越えると標準偏差が増加する傾向であった。これは礫分が多くなると測定地点の表面整形がしにくくなり平滑度が低くなるため、特に散乱型の場合はこの平滑度が測定結果に大きく影響を受けるためである。

ここでは、施工管理における適用範囲であることから限界を安全側にとり、礫率 60%未満を散乱型の適用範囲とした。なお、透過型は礫率 60%以上でも適用可能としているが、線源棒の打ち込みに支障となる場合があり注意を要する。

(2) 礫径に対する適用範囲

大きな礫が含まれる盛土材料の場合には RI 計器による測定値に大きなバラツキがみられ、値が一定しないことが多い。これは礫率のところでも述べたように表面の平滑度の問題である。すなわち、礫径の大きなもの含まれる盛土材料では表面の平滑度が保てず、測定結果に影響を及ぼすため礫径に対する適用範囲を設けた。

ここでは一層仕上り厚さが通常 20 cm～ 30 cmであることも考慮して、層厚の 1 / 2～ 1 / 3にあたる 10 cmを RI 計器の適用範囲とした。

ただし、やむを得ず RI 計器による管理を行う場合は、散乱型・透過型とも監督職員と協議の上、現地盛土試験より種々の基準値、指標を決定するものとする。

3. 4 管理単位の設定及びデータ採取

1. 盛土を管理する単位（以下「管理単位」）に分割して管理単位毎に管理を行うものとする。
2. 管理単位は築堤、路体、路床とも一日の一層当たりの施工面積を基準とする。管理単位の面積は 1,500 m²を標準とする。
また、一日の施工面積が 2,000 m²以上の場合、その施工面積を 2 管理単位以上に分割するものとする。
3. 各管理単位について原則 15 個のデータ採取を行い、平均してその管理単位の代表値とする。
ただし、一日の施工面積が 500 m²未満であった場合、データの採取数は最低 5 点を確保するものとする。
4. データ採取はすべて施工当日に行うことを原則とする。
5. 一日の施工が複数層に及ぶ場合でも 1 管理単位を複数層にまたがらせることはしないものとする。
6. 土取り場の状況や土質状況が変わる場合には、新規の管理単位として取り扱うものとする。

解 説

(1) 管理単位を日施工面積で規定したことについて

従来、管理単位は土工量（体積）を単位として管理していた。しかし、締固めの状態は面的に変化することから盛土の面的な管理を行う必要

があり、施工面積によって管理単位を規定した。

また、その日の施工はその日に管理するのが常識であることから、1日の施工面積によって管理単位を規定するのが妥当と考えられる。

(2) 管理単位の規定について

平成4年度の全国的なアンケート結果によると日施工面積は、500～2,000 m²の間に多く分布しており、特に1,500 m²くらいの施工規模が標準的であった。

また、1台の締固め機械による1日の作業量は2,000～2,500 m²が最大であることから、管理単位の面積を原則1,500 m²とした。

(3) データの採取個数の規定について

データの採取個数は3.5の解説に示したように、観測された土層のバラツキからサンプリングの考え方に基づき算定されたもので、概ね15個となった。この考え方によれば、計測個数を増やせば、管理の精度（不合格な部分が生じない安全度）は高くなるが、あまり測定点を増やすと測定作業時間が長引いてRI計器のメリットの一つである迅速性が発揮されなくなることから15点とした。

現場での測定に当たってはこの1,500 m²で15点を原則として考えるが、単位面積に対しての弾力性を持たせ、1日の施工面積500～2,000 m²までは1,500 m²とほぼ同等とみなし15点のデータ採取個数とした。

一方、1日の施工面積が500 m²未満の場合は15点のデータ採取とするとあまりにも過剰な管理になると考えられるので最低確保個数を5点とした。

また、管理単位が面積で規定し難い場合（土工量は多いが構造物背面の埋立てや柱状の盛土等）は、土工量の管理でも良いものとする。なお、1管理単位当りの測定点数の目安を下表に示す。

面積 (m ²)	0 ～ 500	500 ～ 1000	1000 ～ 2000
測定点数	5	10	15

3.5 管理基準値

RI計器による管理は1管理単位当たりの測定値の平均値で行う。なお、管理基準値は1管理単位当たりの締固め度の平均値が90%以上とする。

解 説

(1) 管理基準値について

RI計器を用いて管理する場合は、多数の測定が可能であるRI計器の特性を生かして、平均値による管理を基本とする。上の基準を満たしていても、基準値を著しく下回っている点が存在した場合は、監督職員の判断により再転圧を実施するものとする。

締固め度による規定方式は早くから使用されており、実績も多いが、自然含水比が高く施工含水比が締固め度の規定範囲を超えているような粘性土では適用し難い問題がある。そのため、3.1に示すように粘性土では空気間隙率、砂質土は締固め度あるいは空気間隙率により管理する。空気間隙率により管理する場合の管理基準値は河川土工マニュアル、道路土工指針に準ずるものとする。

【参 考】

河川土工マニュアル、道路土工指針の管理基準値（空気間隙率）

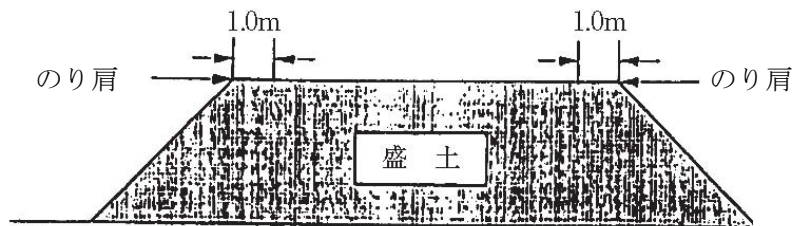
基準名	河川土工マニュアル	道路土工—施工指針	
区分	河川堤防	路 体	路 床
空気間隙率 (Va) による基準値	・砂質土 {SF} $25\% \leq 74 \mu\text{m} < 50\%$ $V_a \leq 15\%$ ・粘性土 {F} $2\% < V_a \leq 10\%$	・砂質土 $V_a \leq 15\%$ ・粘性土 $V_a \leq 10\%$	
備 考	施工含水比の平均が 90% の締固め度の得られる含水比の範囲の内 W_{opt} より湿潤側にあること。	同 左	施工含水比の平均が W_{opt} 付近にあること。少なくとも 90% の締固め度の得られる含水比の範囲の内にあること。

[凡例] W_{opt} : 最適含水比

(2) 測定位置

測定位置の間隔の目安として、 100 m^2 ($10\text{m} \times 10\text{m}$) に 1 点の割合で測定位置を決定する。構造物周辺、盛土の路肩部及び法面の締固めが、盛土本体の転圧と同時に進行される場合、次のような点に留意する。

- ① 構造物周辺でタイヤローラなどの転圧機械による転圧が不可能な場合は別途管理基準を設定する。
- ② 特にのり肩より 1.0m 以内は本管理基準の対象とせず、別途締固め管理基準を設定する。



基準となる最大乾燥密度 ρ_{dmax} の決定方法

現行では管理基準値算定の分母となる最大乾燥密度は室内締固め試験で求められている。締固め試験は、材料の最大粒径などで A、B、C、D、E 法に分類されており、試験法 (A~ E 法) により管理基準値が異なる場合 (路床) もあるため注意を要する。

表-2 室内締固め試験の規定
(地盤工学会編：土質試験法より抜粋)

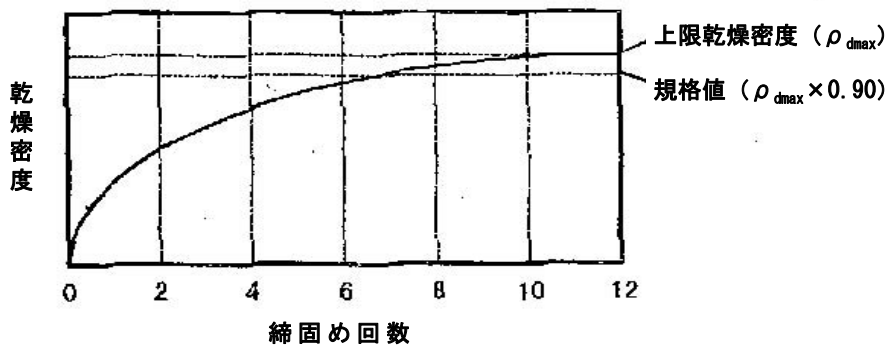
呼び名	ランマー重量 (kg)	モールド内径 (mm)	突固め層数	1層当たりの突固め回数	許容最大粒径 (mm)
A	2.5	10	3	25	19
B	2.5	15	3	55	37.5
C	4.5	10	5	25	19
D	4.5	15	5	55	19
E	4.5	15	3	92	37.5

しかしながら、最大乾燥密度は、種々の材料や施工条件により決定しにくく、一定の値として限定できない場合もある。よって、下記のような条件では、試験盛土より最大乾燥密度を決定すべきである。

- a) 数種類の土が混在する可能性のある材料を用いる場合。
- b) 最大粒径が大きく、レキ率補正が困難で、室内締固め試験が実施できないようなレキ質土材料を用いる場合。
- c) 施工含水比が最適含水比より著しく高い材料を用いる場合。
- d) 上記以外の盛土材が種々変化する場合は、試験盛土で基準値を決定する管理や工法規定により管理する。

* 〈試験施工の実施例〉

- ① 規定値は試験施工により、所定の材料、締固め機械、締固め回数より算定し決定する。
- ② 締固め回数を2、4、8、10、12回と変化させ締固めを行い、各々の締固め段階での乾燥密度を15点測定し、その平均値を求め、上限乾燥密度を求める。



- ③ 上限乾燥密度を最大乾燥密度と定義し、その規格値 ($D_c \geq 90\%$) で管理する。
- ④ 材料の混合率など、層や場所等で変化する場合はそれぞれ材料で同様の試験施工を行うか、もしくは、その材料に適合した校正式を別途定め、RI計器に設定する必要がある。
- e) 締固め度が100%をたびたび越えるような測定結果が得られる場合、突固め試験の再実施や盛土試験を実施した新たな基準を決定する。
- f) 改良土（セメント系、石灰系）特殊土の管理基準値は試験盛土により決定する。また、改良土の場合は材令によっても変化するため、試験方法や管理基準値について別途定められた特記仕様書に準ずるものとする。

3. 6 データの採取方法

データの管理単位各部から偏りなく採取するものとする。

解 説

盛土を面的な管理として行う目的から、管理単位各部から偏りなくデータを採取するものとする。

3. 7 データの管理

下記の様式に従って管理記録をまとめるものとする。

1. 工事概要・・・・・・・・様式-1
2. 材料試験結果・・・・・・・・様式-2
3. 施工管理データ集・・・・・・・・様式-3

また、現場で測定したデータは原則としてプリンター出力結果で監督員に提出するものとする。

解 説

各様式については以下の要領でまとめる。

- 様式-1 工事概要・・・・・・ 工事毎
- 様式-2 材料試験結果・・・・・・ 材料毎
- 様式-3 施工管理データ集・・・・・・ 測定機器毎に管理単位面積毎
(但し、再締固めを行なった場合は締固め毎)

3. 8 是正処置

施工時において盛土の管理基準値を満たさない場合には、適正な是正処置をとるものとする。

解 説

- (1) 現場での是正処置として、転圧回数を増す、転圧機械の変更、まき出し厚の削減、盛土材料の変更、及び気象条件の回復を待つなどの処置をとる。
- (2) 盛土の土質が管理基準の基となる土質と異なっている場合には、当然基準値に当てはまらないので、締固め試験を行なわなければならない。
- (3) 礫の多い材料や表面整形がうまくできなくて、RI計器の測定値が著しくバラつく場合などには、砂置換などの他の方法によることも是正処置としてあり得るものとする。
- (4) 是正処置の判断は、その日の全測定データをみて、その日の品質評価を行い、是正処置が必要な場合翌日以降の施工方法を変更する。全体を見通した判断が要求され、一日単位程度の是正処置を基本とする。ただし、過度に基準値を下回る試験結果がでた場合、現場での判断により転圧回数を増すなどの応急処置をとるものとする。処置後はRI計器で再チェックを行う。
- (5) 是正処置の詳細については、監督職員と協議するものとする。

盛土工事概要

工事名称					
施工場所					
発注者			事務所名		
施工業者			工事期間		
盛土種類	1. 道路路体 2. 道路路床 3. 河川堤防 4. その他 ()				
総土工量(m ³)			(m ³)	平均日施工量(m ³)	(m ³)
平均施工面積			(m ²)	最大施工面積	(m ²)
最小施工面積			(m ²)	まき出し厚さ	
転圧回数				仕上がり厚さ	
転圧機械	機種			規格または仕様	
平均日施工時間 ¹⁾				施工可能時間	
施工管理に要した時間	砂置換法			RI法	
〈工事の概要〉					
〈断面図〉					

1) 盛土工事を行なった1日の平均時間

2) 開始時間から終了時間まで(休憩時間、昼食時間を含まず)

材 料 試 験 結 果

No. _____

材 料 試 験 結 果	自 然 含 水 比 [*] W_n (%)		(%)	
	土 粒 子 の 比 重 G_s			
	レ キ	礫 比 重 G_b		
		含 水 量 W_a (%)		(%)
	最 大 粒 径 (mm)		(mm)	
	粒 度 組 成	レ キ 分	37.5 mm以上	(%)
			19.0 ~37.5 mm	(%)
			9.5 ~19.0 mm	(%)
			4.75~ 9.5 mm	(%)
			2.0 ~ 4.75 mm	(%)
			合 計	(%)
		砂 分 $75\mu m \sim 2.0mm$		(%)
	細 粒 分 $75\mu m$ 以下		(%)	
	コ ン シ ス テ ン シ ー	液 性 限 界 W_L (%)		(%)
		塑 性 限 界 W_p (%)		(%)
		塑 性 指 数 I_p		
		強 熱 減 量 I_g (%)		(%)
	最 大 乾 燥 密 度 $\rho_{d_{max}}$		(t/m^3)	
	最 適 含 水 比 W_{opt} (%)		(%)	
	土 の 分 類	日 本 統 一 土 質 分 類		
俗 称 名				
改 良 材	土 質 改 良 材 の 種 類			
	添 加 量 (対 乾 燥 密 度)			
試 料 の 準 備 お よ び 使 用 方 法		a b c		
締 固 め 試 験 の 種 類 (JIS A 1210-1990)		A B C D E		

*) ある程度以上の粒径を取り除いた室内用の試料ではなく、なるべく盛土に近い試料の含水比を得る観点から、室内突固め試験に用いる土ではなく現場から採取した土を使用する。

4. レディーミクストコンクリート単位水量測定要領

1. 適用範囲

本要領は、レディーミクストコンクリートの単位水量測定について、測定方法及び管理基準値等を規定するものである。

なお、水中コンクリート、転圧コンクリート等の特殊なコンクリートを除き、1日当たりコンクリート種別ごとの使用量が100 m³以上施工するコンクリート工を対象とする。

2. 測定機器

レディーミクストコンクリートの単位水量測定機器については、エアメータ法かこれと同程度、あるいは、それ以上の精度を有する測定機器を使用することとし、施工計画書に記載させるとともに、事前に機器諸元表、単位水量算定方法を監督職員に提出するものとする。また、使用する機器はキャリブレーションされた機器を使用することとする。

3. 品質の管理

受注者は、施工現場において、打込み直前のレディーミクストコンクリートの単位水量を本要領に基づき測定しなければならない。

4. 単位水量の管理基準

測定したレディーミクストコンクリートの単位水量の管理値は、「レディーミクストコンクリートの品質確保について」の運用について（平成15年10月2日付け国コ企第3号）によるものとする。

5. 単位水量の管理記録

受注者は、測定結果をその都度記録（プリント出力機能がある測定機器を使用した場合は、プリント出力）・保管するとともに、測定状況写真を撮影・保管し、監督職員等の請求があった場合は遅滞なく提示するとともに、検査時に提出しなければならない。また、1日のコンクリート打設量は単位水量の管理シートに記載するものとする。

6. 測定頻度

単位水量の測定頻度は、(1) および (2) による。

(1) 2回/日（午前1回、午後1回）、または、重要構造物では重要度に応じて100～150 m³に1回

(2) 荷卸し時に品質の変化が認められたとき。

なお、重要構造物とは、高さが5 m以上の鉄筋コンクリート擁壁（ただし、プレキャスト製品は除く。）、内空断面が25 m²以上の鉄筋コンクリートカルバート類、橋梁上・下部（ただしPCは除く。）、トンネル及び高さが3 m以上の堰・水門・樋門とする。

7. 管理基準値・測定結果と対応

(1) 管理基準値

現場で測定した単位水量の管理基準値は次のとおりとして扱うものとする。

区分	単位水量 (kg/m ³)
管理値	配合設計±15 kg/m ³
指示値	配合設計±20 kg/m ³

注) 示方配合の単位水量の上限値は、粗骨材の最大寸法が20～25 mmの場合は175 kg/m³、40 mmの場合は165 kg/m³を基本とする。

(2) 測定結果と対応

a 管理値内の場合

測定した単位水量が管理値内の場合は、そのまま打設して良い。

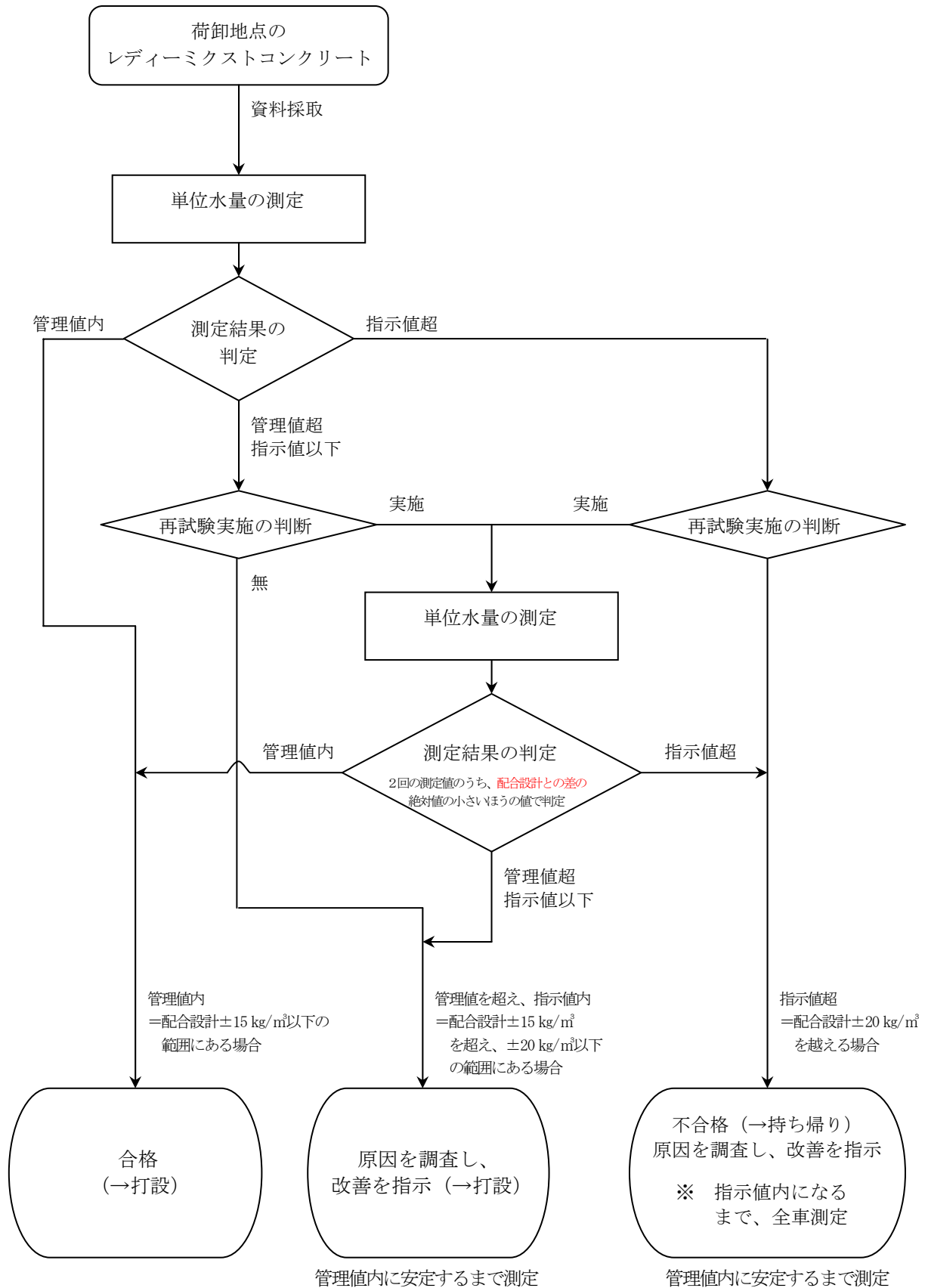
b 管理値を超え、指示値内の場合測定した単位水量が管理値を超え指示値内の場合は、そのまま施工してよいが、受注者は、水量変動の原因を調査し、生コン製造者に改善の指示をしなければならない。

その後、管理値内に安定するまで、運搬車の3台毎に1回、単位水量の測定を行うこととする。

なお、「管理値内に安定するまで」とは、2回連続して管理値内の値を観測することをいう。

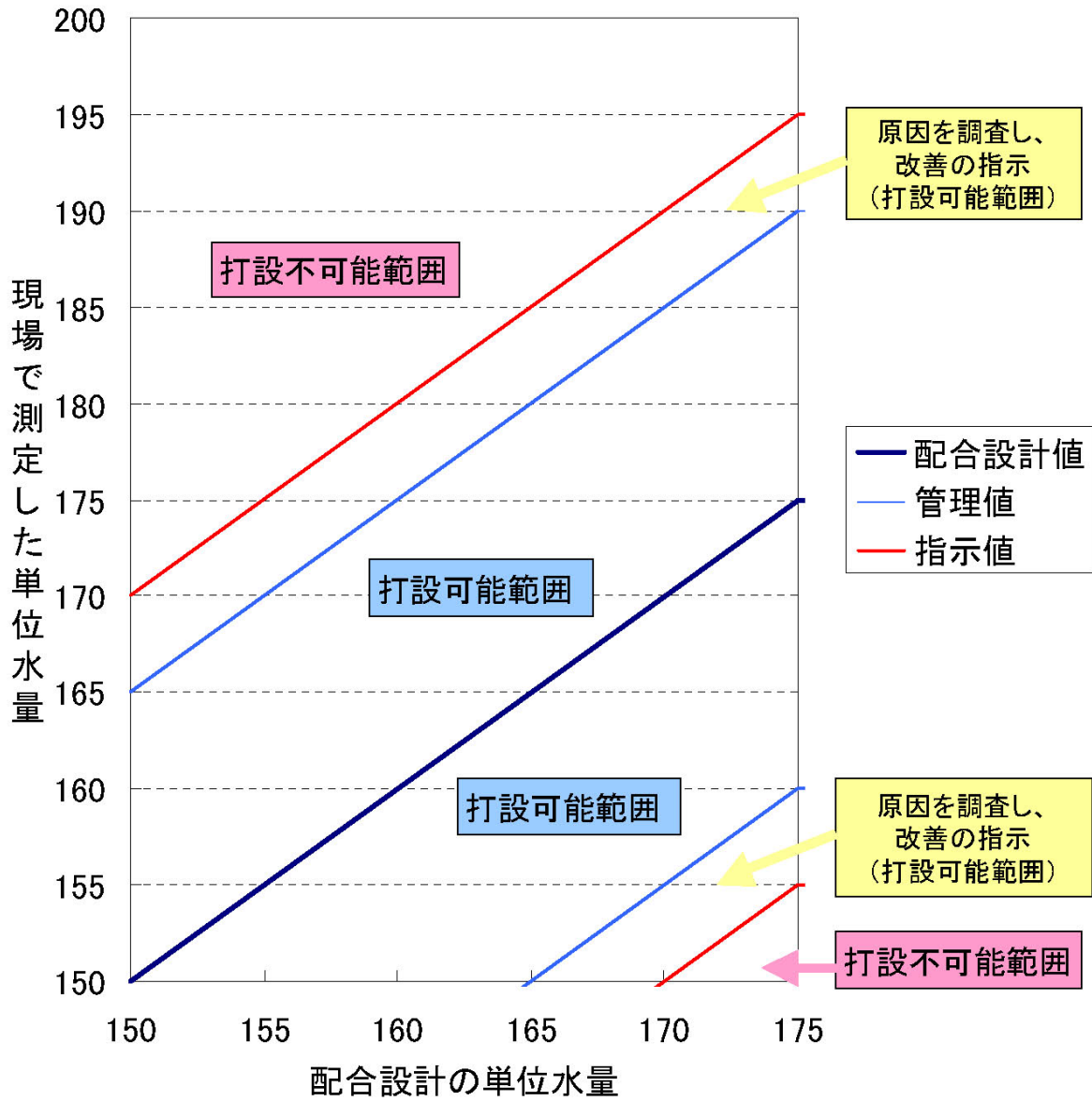
c 指示値を超える場合測定した単位水量が指示値を超える場合は、その運搬車は打込まずに持ち帰らせるとともに、受注者は、水量変動の原因を調査し、生コン製造者に改善を指示しなければならない。その後、単位水量が管理値内になるまで全運搬車の測定を行う。

なお、管理値または指示値を超える場合は1回に限り試験を実施することができる。再試験を実施した場合は2回の測定結果のうち、配合設計との差の絶対値の小さいほうの値で評価して良い。



レディーミクストコンクリートの単位水量測定の管理フロー図

レディーミクストコンクリートの
単位水量測定管理図 (kg/m³)



注) 単位水量の上限値が 175kg/m³ の場合 (粗骨材最大寸法が 20~25mm)

5. 非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領

1. 適用範囲

この要領は請負者の施工管理（出来形管理）において、コンクリート構造物内部の鉄筋の配筋状態及びかぶりを対象として探査装置を用いた非破壊試験にて測定を行う場合に適用する。なお、対象構造物としては、当面、橋梁上・下部工及び重要構造物である内空断面積 25 m²以上のボックスカルバート（工場製作のプレキャスト製品は全ての工種において対象外）とし、施工条件等によりこの要領（案）によりがたい場合は、監督職員と協議の上、適用範囲を変更してもよい。

請負者は、監督職員が立会を行う場合には、足場の存置に努めるものとする。

また、完成検査、中間技術検査等において、発注者から足場設置等の検査に必要な指示があった場合は検査できるように準備するものとする。

2. 測定の対象等

(1) 測定断面数及び測定箇所

対象構造物において、原則として表 1 に示す数の測定断面を設定し、各断面において、測定箇所を設定する。測定箇所は、60 cm 以上×60 cm 以上の範囲（P9 の図 3）とし、図 2（P3～4）を参考として、応力が大きく作用する箇所や隅角部等施工に際してかぶり不足が懸念される箇所、コンクリートの剥落の可能性がある箇所などから選定するものとする。ただし、測定断面数や測定範囲等について、対象構造物の構造や配筋状態等により上記により難しい場合は、発注者と協議の上変更してもよい。

表 1 対象構造物と測定断面数等

対象構造物	測定断面数	測定箇所	試験方法
橋梁上部工	一径間あたり 2 断面	図 2 参照	電磁誘導法
橋梁下部工	柱部 3 断面（注 1） 張り出し部 2 箇所	図 2 参照	電磁波レーダ法
重要構造物の ボックスカルバート工	1 基あたり 2 断面	図 2 参照	電磁誘導法、 電磁波レーダ法

・ 構造物の条件、測定装置の性能等を考慮して試験方法を選定することとするが、試験方法の特性及び想定される設計かぶりより、上部工は電磁誘導法、下部工は電磁波レーダ法を使用することを原則とする。

・ 表 2（P5）に示す性能を確保できる試験方法により実施すること。

・ 電磁波レーダ法については、現場の工程に支障の及ばない範囲においてコンクリートの乾燥期間を可能な限り確保した上で測定を行うこと。

注 1） 打継目においてコンクリート打設前に主筋のかぶりを段階確認時に実測した場合には、実測付近の中段、上段の測定を省略することができる。

(2) 測定対象

配筋状態の測定は、鉄筋間隔、測定長さあたりの本数（P10 図 4 参照）を対象とする。かぶりの測定は、設計上最外縁の鉄筋（上部工のスターラップ、下部工の帯鉄筋等）を対象に行うこととする。なお、鉄筋の腐食によるコンクリート表面の剥離、崩落を防止する観点から帯鉄筋等がある場合は、同様にそれらのかぶりも測定する。

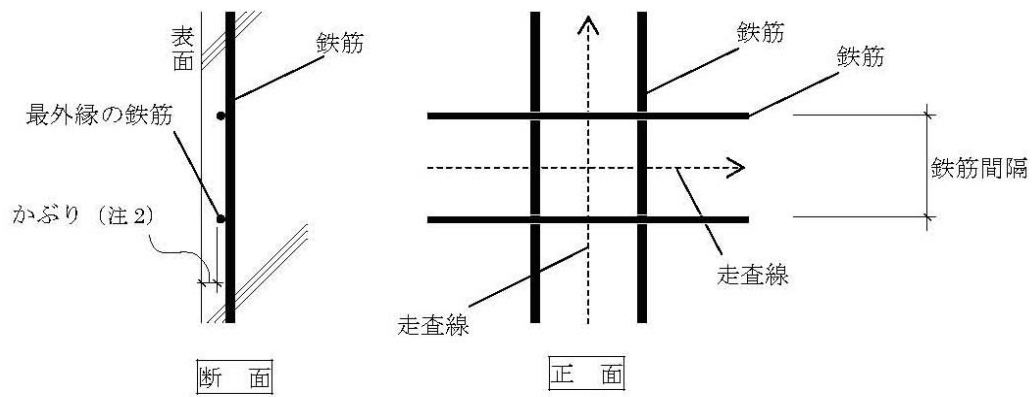


図 1 測定対象

注 2) 「かぶり」は、各示方書等において以下の様に記述されている。

- 共通仕様書：コンクリート表面から鉄筋までの最短距離
- 道路橋示方書：鋼材の最外面からコンクリート表面までの距離、すなわちかぶりの最小値
- コンクリート標準示方書：鋼材あるいはシースの表面からコンクリート表面までの最短距離で計測したコンクリートの厚さ

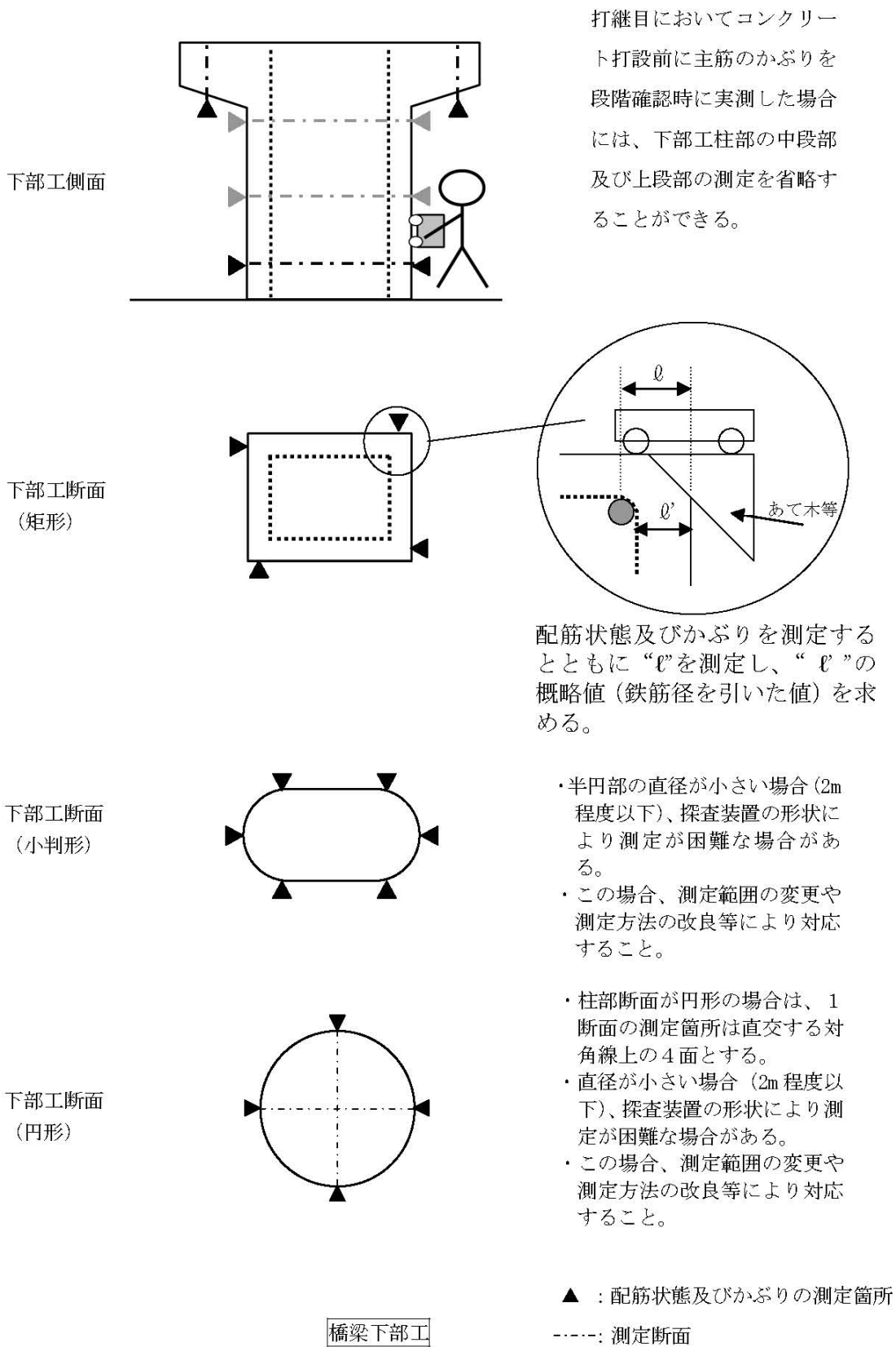
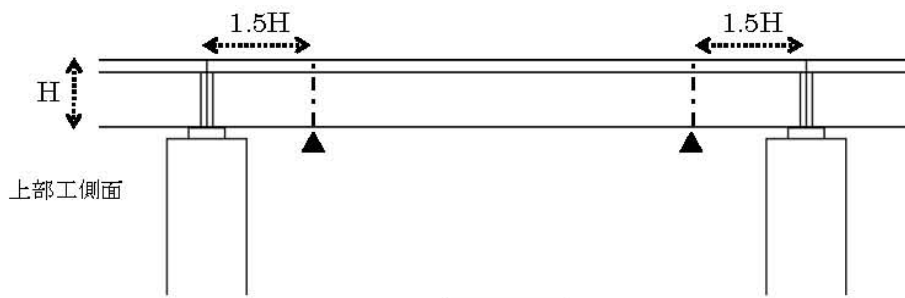
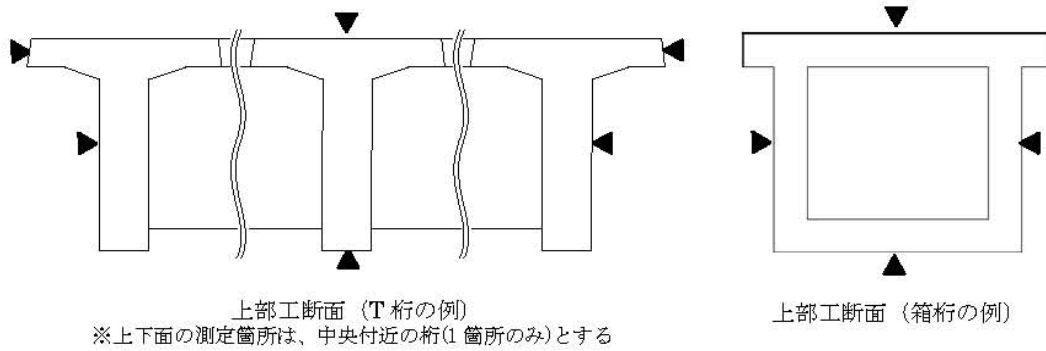
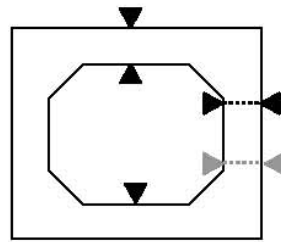


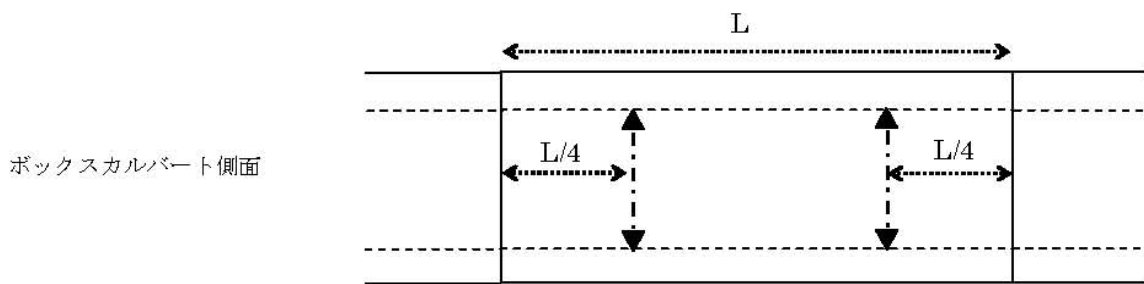
図 2 配筋状態及びかぶりの測定箇所（例）（その 1）



※支承部の形状寸法により、支承部より1.5Hでは測定が困難な場合は極力支承部から近い箇所とする



ボックスカルバート断面



ボックスカルバート工

▲ : 配筋状態及びかぶりの測定箇所
 ---- : 測定断面

図 2 配筋状態及びかぶりの測定箇所 (例) (その 2)

3. 使用機材

(1) 校正

探査装置は、メーカー等により校正された機材を用い、使用に際して校正記録を確認するものとする。

(2) 使用機材

探査装置は、表 2 の性能を満たすものを使用すること。

なお、記録装置は、得られたデジタル又はアナログ出力を記録できるものとする。

表 2 探査装置の性能（電磁誘導、電磁波レーダ法共）

種別	項目		要求性能（電磁誘導、レーダ共）	
基本性能	対象となる鉄筋の種類		呼び名 D10～D51（注3）を測定できること	
	分解能	距離	5 mm以下であること	
		かぶり	2～3 mm以下であること	
測定精度	間隔の測定精度		±10 mm以下であること	
	かぶりの測定精度		±5 mm以下であること	
	測定可能な鉄筋の間隔（中心間距離）	電磁誘導法	設計かぶりが50 mm未満の場合	75 mmの鉄筋間隔が測定できること
			設計かぶりが50 mm以上の場合	設計かぶり×1.5の距離の鉄筋間隔が測定できること
		電磁波レーダ法	設計かぶりが75 mm未満の場合	75 mmの鉄筋間隔が測定できること
			設計かぶりが75 mm以上の場合	設計かぶりの距離の鉄筋間隔が測定できること
記録機能	データの記録		デジタル記録であること。 容量(注4) 1日分の結果を有すること	

注3) 当該工事で使用する鉄筋径が探査可能であれば可

注4) 装置内の記録だけでなく、データをパソコンに転送、メモリーカードに記録できる機能などでも良い。

※ 電磁誘導法及び電磁波レーダ法以外で上記に示す性能を確保できる試験法により実施する場合は、事前に監督職員の承諾を得るものとする。

4. 測定者

本測定の実施に際しては、各試験に固有の検査技術ならびにその評価法について十分な知識を有することが必要である。このため、測定者について、事前に監督職員の承諾を得た者が実施するものとする。

5. 事前調査

探査試験を開始する前に、探査箇所設計図及び完成図等の既存資料より、測定対象のコンクリート構造物の設計諸元（形状、鉄筋径、かぶり、間隔等）を事前に確認する。

6. 測定方法

(1) 測定精度向上のための補正方法

1) 電磁波レーダ法における比誘電率分布及びかぶりの求め方

電磁波レーダ法による測定は、測定対象物のコンクリートの状態（特に含水率の影響が大きい）により比誘電率が異なることにより、測定に先立ち比誘電率分布を求めるものとする。

2) 電磁誘導法におけるかぶり測定値の補正方法及びかぶりの求め方

電磁誘導法による測定では、鉄筋の配筋状態が異なると磁場の影響が異なるため、かぶり測定値の補正が必要となる。したがって、実際の配筋状態によって補正值を決定しておく。

表 3 補正測定が必要な条件及び頻度

	補正が必要な条件	測定頻度	
		配筋条件	コンクリート条件
電磁波レーダ法における比誘電率分布及びかぶりの求め方	含水状態が異なると考えられる部位ごとに測定 例えば、 <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリート打設日が異なる場合 ・ 脱型時期が異なる場合 ・ 乾燥状態が異なる場合（例えば、南面は日当たりがいいが、北面はじめじめしている）など 	配筋条件が異なる毎に測定	現場施工条件を考慮し、測定時のコンクリート含水率が同一となると考えられる箇所毎
電磁誘導法におけるかぶり測定値の補正方法及びかぶりの求め方	鉄筋間隔が設計かぶりの 1.5 倍以下の場合	配筋条件が異なる毎に測定	—

(2) 測定面の処理

コンクリート構造物は測定が良好に実施出来るよう、コンクリート構造物の汚れ等測定を妨げるものが存在する場合には、これらを除去する等、測定面の適切な処理を行う。

(3) 探査試験

コンクリート構造物中の配筋状態及びかぶりの探査は、走査線上に探査装置を走査することによって行う。以下に基準線、走査線の設定から測定までの手順を示す。なお、各段階において参照する図については、下部工柱部を想定して作成している。

1) 基準線、走査線の設定及び鉄筋位置のマーキング

探査面（コンクリート表面）の探査範囲（60 cm×60 cm 以上）内に予想される鉄筋の軸方向に合わせて、直交する 2 本の基準線（X、Y 軸）を定めマーキングする。次に、基準線に平行に X 軸、Y 軸それぞれ測定範囲の両端及び中央に走査線 3 ラインを格子状にマーキングする。マーキングされた走査線上を走査することにより配筋状態の探査を行い、鉄筋位置のマーキングを行う（図 3 参照）。

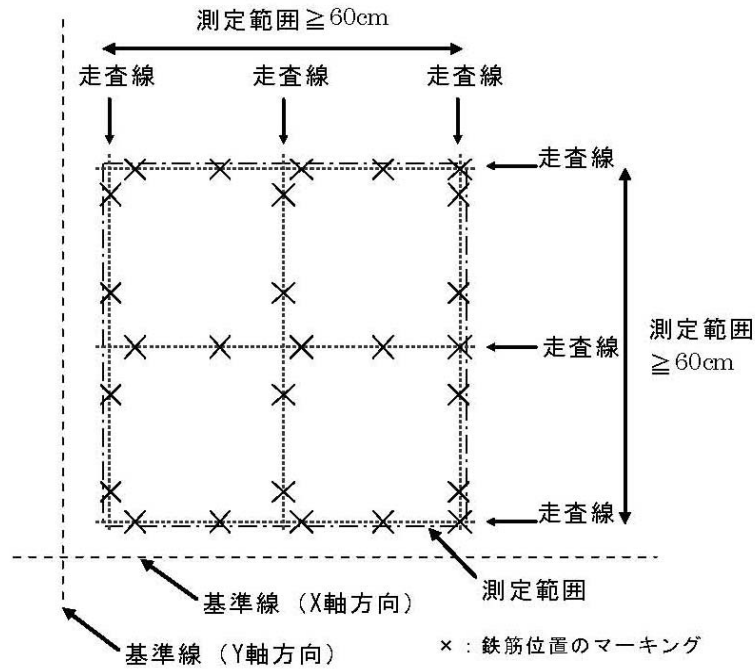


図 3 配筋状態の測定（鉄筋位置のマーキング）

2) 鉄筋位置の作図及びかぶり走査線の設定

鉄筋位置のマーキング 3 点を結び、測定面に鉄筋位置を示す。作図された鉄筋位置により配筋状態を確認した後、かぶりの測定に際し、鉄筋間の中間を選定し、測定対象鉄筋に直交する 3 ラインのかぶり測定走査線を設定する（図 4 参照）。

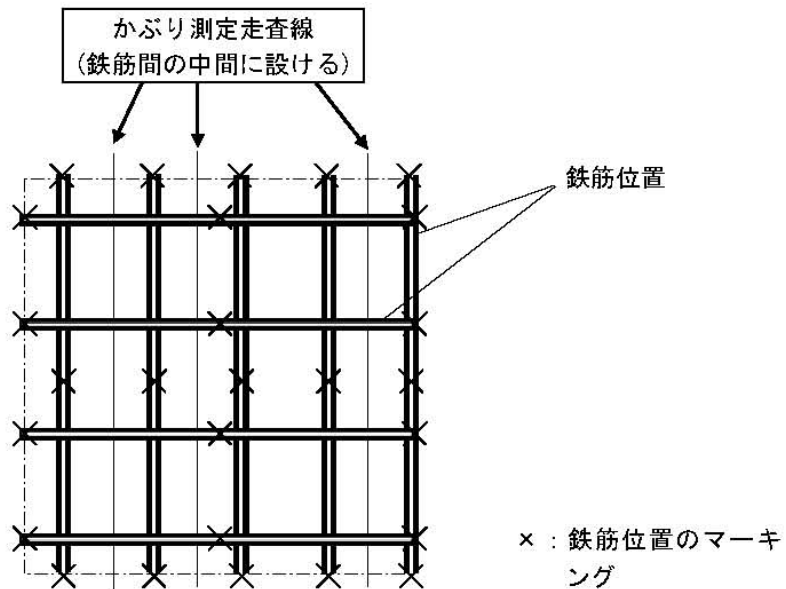


図 4 鉄筋位置の作図及びかぶり走査線の設定

3) かぶりの測定

かぶり測定走査線にて測定を行い、全ての測点の測定結果について表 5 の判定基準により適否の判断を行う（図 5 参照）。また、帯鉄筋等がある場合は、それらのかぶりを測定、もしくは、既知の鉄筋径より推定し、その値が表 5 の判定基準を満たすこととする。

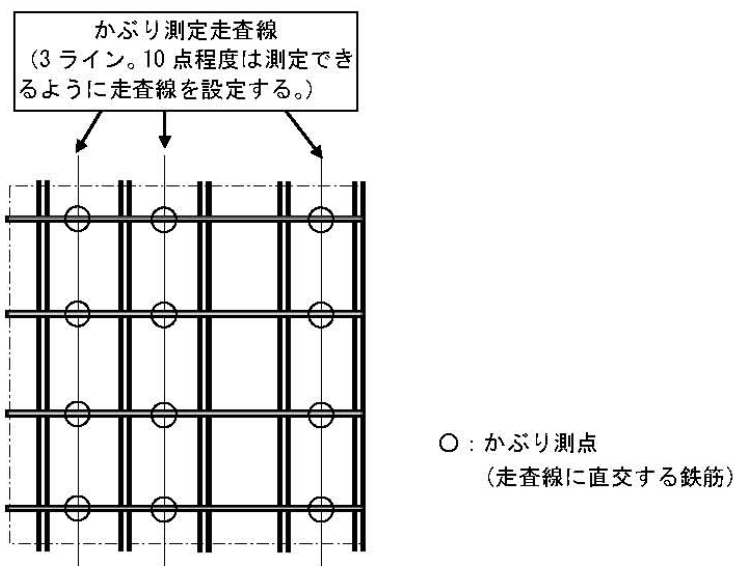


図 5 かぶりの測定

(4) 鉄筋の位置とかぶりの測定が困難な場合

電磁波レーダ法による測定の場合、以下の条件に該当する構造物は測定が困難となる可能性がある為、それらの対処法について検討しておくものとする。

- ・ 鉄筋間隔がかぶり厚さに近い小さい場合。
- ・ 脱型直後、雨天直後など、コンクリート内に水が多く含まれている場合。
- ・ 鉄筋径が太い場合。

7. 規格値

配筋状態及びかぶりの規格値は、出来形管理基準において表 4 の様に示されている。本試験においては、これらの規格値と測定による誤差を考慮し、表 5 により適否の判定を行うものとする。なお、判定を行う際の測定値は、単位はmm、有効桁数は小数点第 1 位とし、小数点第 2 位を四捨五入するものとする。

適否の判断において不良となった測点については、当該測点から鉄筋間隔程度離して両側に走査線を設定し、再測定を行い適否の判断を行う。再測定において 1 測点でも不良となった場合は、不合格とする（図 7 参照）。

表 4 出来形管理基準による規格値

項 目	規格値 (注5)
配筋状態 (鉄筋の測定中心間隔の平均値)	設計間隔±φ
かぶり	設計値±φかつ最小かぶり以上

φ：鉄筋径

表 5 非破壊試験結果の判定基準

項 目	判定基準 (注6)
配筋状態 (鉄筋の測定中心間隔の平均値)	規格値±10 mm 上記判定基準を満たさなかった場合 設計本数と同一本数以上
かぶり	(設計値+φ)×1.2 以下かつ 下記いずれかの大きい値以上 (設計値-φ)×0.8 又は 最小かぶり×0.8

φ：鉄筋径

注5)

出来形管理基準による配筋状態及びかぶりの規格値 (以下、規格値という) は、出来形管理基準において表 4 の様に示されている。コンクリート打設後の実際の配筋状態及びかぶりは、この「規格値」を満たしていれば適正であるといえる。

なお、「規格値」において、±φの範囲 (ただし、かぶりについては最小かぶり以上) を許容しているが、これは施工誤差を考慮したものである (図6 A部分 参照)。

注6)

現状の非破壊試験の測定技術においては、実際の鉄筋位置に対して測定誤差が発生する。このため、非破壊試験においては、測定誤差を考慮して判定基準を定めている。

「判定基準」では、この測定誤差の精度を、鉄筋の測定中心間隔の平均値については±10 mm、かぶりについては±20%以内であるとして、「規格値」よりも緩和した値としている (図6 B部分 参照)。

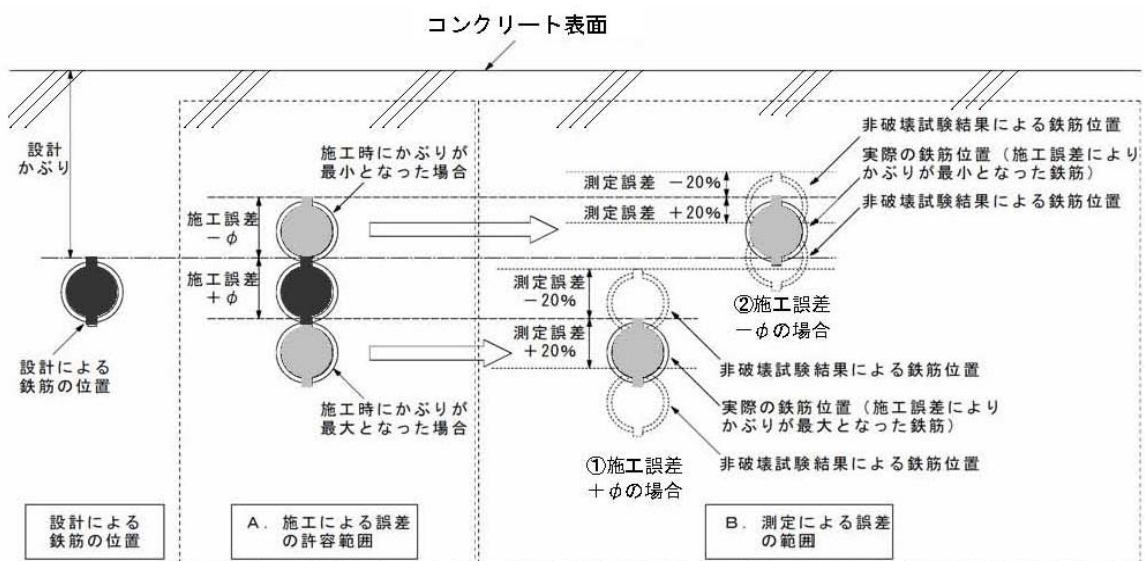


図 6 かぶりの施工誤差及び測定誤差

8. 報告

この非破壊試験は、工事目的物の出来形及び品質規格の確保を図ることを目的として請負者が実施するものであり、測定方法や測定箇所等について施工計画書に記載し提出するとともに、測定結果は、表 6 に示す内容を網羅した上で測定結果報告書を作成し、測定後随時及び工事完成検査時に提出・報告を行うこと。

図 7 に鉄筋探査の流れを示す。

9. 検査の実施

検査職員は、完成検査時に対象となる全ての測定結果報告書を確認する。また、測定結果報告書の確認に加え、任意の位置を選定（1 箇所以上）し、本要領に基づき非破壊試験を実施し、鉄筋の配筋状態及びかぶりの適否を判断する。足場等が必要となる位置の測定を実施する場合は、あらかじめ、足場等の確保を指示しておくものとする。

なお、中間技術検査においても、対象となる全ての測定結果報告書を確認するものとする。（現地における任意位置での測定については、完成検査時の実施とする）

表 6 報告書に記載すべき事項

種 別	作成 頻度	報告すべき内容		添付資料
工事概要及び測定装置	工事毎	工事名称		
		構造物名称		
		測定年月日		
		測定場所		
		測定技術者 (所属、証明書番号、署名)		一定の技術を証明する資料
		探査装置 名称、形状、製造番号、製造会社名、連絡先)		
		探査装置の校正記録		①校正記録 ② 略図 ③ 写真
精度向上へ向けた補正測定結果	補正毎	電磁波レーダー法	比誘電率の算出を行った対象（測定箇所）の形状、材質及び測定面状態	
			測定結果	①測定結果図 ②結果データ
		電磁誘導法	かぶり補正値の算出を行った対象の鉄筋径、板の材質	
			測定結果	①測定結果図 ②結果データ
測定結果	測定毎	構造物の種類 (橋梁下部工、橋梁上部工、ボックスカルバート工)		
		測定対象の構造・構成及び測定箇所		測定箇所位置図 (構造図に測定箇所を明示し、箇所を特定する記号を付した図)
		測定対象の配筋状態		配筋図、施工図等
		測定結果 (測定箇所ごとの①設計値②許容誤差③最小かぶり④算出に用いる比誘電率・かぶり補正値⑤測定値⑥適合の判定結果を一覧表にするものとし、測定対象、測定箇所は、記号を付ける等の方法により試験箇所位置図と対応させる。)		①測定結果図 ②結果データ ③測定結果一覧表 ④測定状況の写真
		不合格箇所※		
		指摘事項※ (段階確認等において、監督職員等に指摘された事項を記入すること。)		
		協議事項※ (監督職員との協議事項等について記入すること)		

※不合格時のみ報告する事項

注) 電磁波レーダ法及び電磁誘導法以外の試験方法で測定を行った場合の報告書の記載事項については監督職員と協議の上作成するものとする。

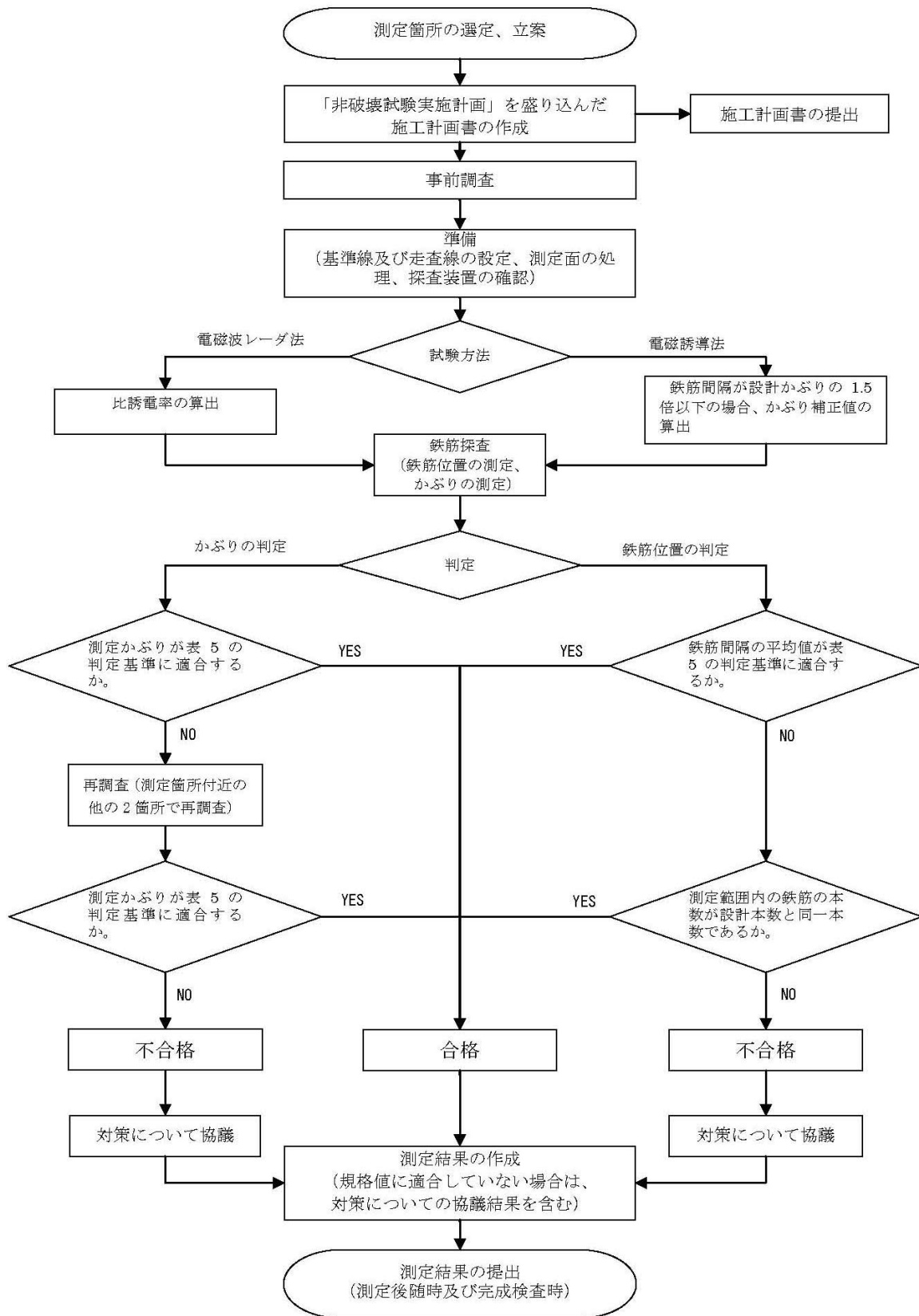


図 7 鉄筋探査の流れ

6. 微破壊・非破壊試験によるコンクリート構造物の強度測定要領

1. 適用範囲

この要領は請負者の施工管理（品質管理）及び発注者の検査において、コンクリート構造物の強度測定を行う場合に適用する。なお、対象構造物としては、当面、橋梁上・下部工（工場製作のプレキャスト製品は対象外）とする。

また、完成検査、中間技術検査等において、発注者から足場設置等の検査に必要な指示があった場合は検査できるように準備するものとする。

本要領の「2. 測定の対象等」～「7. 報告」については、請負者の施工管理（品質管理）に関する記述であり、「8. 検査の実施」については、発注者の検査に関する記述となっている。

なお、非破壊試験にて測定される値は非破壊検査特有の誤差を有した概算値であり、この要領にて定める判定基準を下回った場合は、微破壊試験によりその測定値の信頼性を確認することを前提とする。

2. 測定の対象等

(1) 対象構造物に対する測定方法

コンクリート構造物の強度測定の試験は、構造物の対象部位毎に表 1 に従い実施する。

強度測定に用いる技術は、「微破壊試験」と「非破壊試験」に大別され、その特徴を表 2 に示す。

本測定の対象構造物である、橋梁上部、橋梁下部工に対して、完成後不可視部分となるフーチング部は、「ボス供試体」による試験を標準とする。これは、供試体による試験精度が、非破壊試験に対して高いことに加え、型枠脱型直後から供試体の採取が可能であり、埋戻しなどの工程への影響が避けられるためである。さらに、ボス供試体の割取り面は、平滑な状態ではないが、埋戻しされる場合、補修の必要性がない。なお、埋戻し等の工程に支障がない場合には、ボス供試体に替えて「小径コア」による試験を実施しても良い。

完成後可視部分である、柱部及び桁部は、非破壊試験である「超音波」及び「衝撃弾性波」のいずれかの方法で実施する。これは、非破壊試験は、微破壊試験に比較して比較的簡易に実施できるためコンクリート構造物の初期強度のみならず、継続して試験を行うことにより、維持管理段階においてコンクリート構造物の強度を把握することができ、これにより対象構造物の品質の一層の向上を目指すものである。また、非破壊試験による強度推定値が合否判定基準を満たさない場合には、構造体に与える損傷が小さい、「小径コア」による試験を実施する。

表 1 構造物の対象部位による強度試験法

対象	対象部位	強度試験法
橋梁上部工	桁部	非破壊試験（衝撃弾性波又は、超音波） ※非破壊試験において判定基準を満たしていない場合には、小径コア試験を実施（図 4 参照）
橋梁下部工	柱部、張出し部	非破壊試験（衝撃弾性波又は、超音波） ※非破壊試験において判定基準を満たしていない場合には、小径コア試験を実施（図 4 参照）
	フーチング部	ボス供試体による試験 ※工程等に支障がない場合には、小径コアによる試験を実施しても良い

表 2 各種強度試験法の特徴

試験法		補修の要否	試験可能時期	試験実施必要条件	使用コンクリートの条件	備考
微破壊	ボス 供試体	不要 (美観等の問題により必要な場合もあり)	脱型直後から可能 (注1)	必要水平幅としてボス型枠寸法+100mm以上	スランプ \geq 8cm (注3) 粗骨材最大寸法 \leq 40mm	ボス型枠を設置する必要があるため事前に発注者との協議が必要
	小径 コア	必要	強度 10N/mm ² 以上より可能 (注2)	部材厚さとしてコア直径の2倍以上	圧縮強度 \leq 70N/mm ² 粗骨材最大寸法 \leq 40mm	鉄筋探査により鉄筋がない位置を選定
非破壊	超音波	不要	脱型直後から可能 (注1)	必要幅として1000mm以上(探触子設置間隔)	特になし	コンクリートの種類ごとに事前に円柱供試体を用いた検量線の作成(圧縮強度推定用)が必要
	衝撃 弾性波			必要幅として450mm以上(探触子・ハンマー間隔)	特になし	

注1) 測定精度を向上するため可能な限りコンクリート材齢 28 日に近い時期に試験を実施することが望ましいが、現場の工程に支障の及ばないよう材齢によらず、同日中に複数個所の試験を行うことができる。

注2) コンクリートの配合によるが目安として打設日から1週間以後

注3) スランプ 8 cmは購入時に指定する値であり、測定値は許容の下限値である 5.5 cm以上のコンクリートを使用

3. 測定方法

(1) 試験法の条件等

強度測定に用いる各試験法は、表 3 に示す試験法の条件を満たすものとする。具体的な測定方法については、表 3 に示す各試験法による測定要領(独)土木研究所HPに掲載)を参考として実施するものとする。

表 3 試験法の条件及び関係機関、規格及び関連要領

試験法	試験法の条件	関係機関	規格	各試験法による測定要領	
微破壊	ボス供試体	・ボス型枠の作成・設置・強度測定・強度補正方法について確立している方法を用いること	(独) 土木研究所等	日本非破壊検査協会規格 (NDIS3424)	・ボス供試体による新設の構造体コンクリート強度測定要領 (案)
	小径コア	・φ50 mm以下とし通常用いられているφ100 mmコアに対する強度補正方法が確立していること ・寸法効果が確認されている試験法であること	φ15~30 mm (ソフトコアリング協会)	ソフトコアリングC+ ((財) 土木研究センター「建技審証第 0317号」) 等	・小径コア試験による新設の構造体コンクリート強度測定要領 (案)
			φ10 mm (超小径コア：千葉工業大学・(独) 土木研究所)	—	—
非破壊	超音波	・コンクリート構造物の音速測定方法、強度推定方法が確立されていること ・φ100mm コア強度に対して、±15%程度の精度を有していること	(独) 土木研究所等	—	・超音波試験士研法による新設の構造体コンクリート強度測定要領 (案)
	衝撃弾性波	・コンクリート構造物の弾性波速度測定方法、強度推定方法が確立されていること ・φ100mm コア強度に対して、±15%程度の精度を有していること	(独) 土木研究所、iTECS 技術協会等	—	・衝撃弾性波試験 iTECS法による新設の構造体コンクリート強度測定要領 (案) ・衝撃弾性波試験 表面2点法による新設の構造体コンクリート強度測定要領 (案)

(2) 試験回数、測定位置

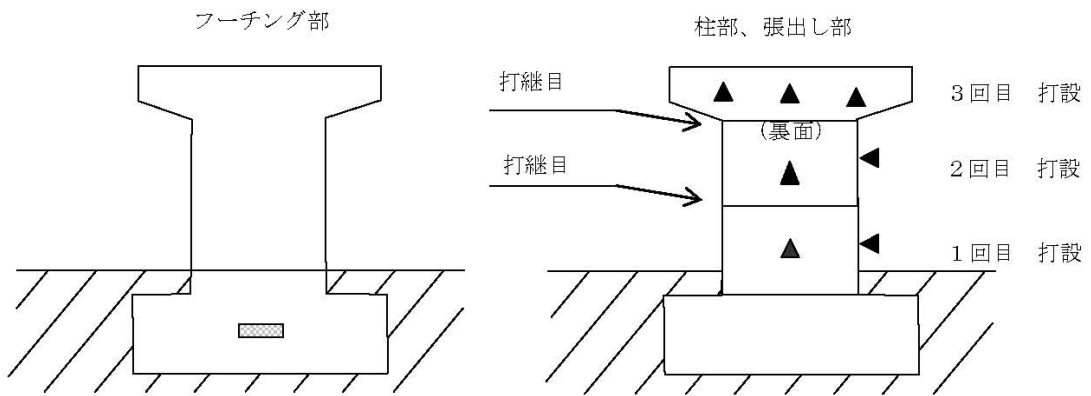
試験は、原則として表4に示す回数の測定を行うこととし、測定位置は、図1、図2、図3を参考として可能な限り対象構造物の異なる側面において打設高さの中間付近を選定する。ただし、コンクリート配合が異なる場合には、その都度表4に示す試験回数の測定を実施する。また、試験回数や測定位置について、対象構造物の形状や構造により上記により難しい場合には、発注者と協議の上変更してもよい。

表4 対象部位における試験回数

対象	対象部位	試験回数
橋梁上部工	桁部	非破壊（超音波又は、衝撃弾性波）により打設回毎、かつ、150m ³ ごとに1回の試験を行うことを原則とする。 また、試験回数3回以上※で判定ロットを構成する。 1回の試験における測定は3測線とする。 ※ 小径コア試験を実施する場合は、1回の試験あたりコアを2本採取する。
橋梁下部工	柱部、張出し部	非破壊（超音波又は、衝撃弾性波）により打設回毎、かつ、150m ³ ごとに1回の試験を行うことを原則とする。 また、試験回数3回以上※で判定ロットを構成する。 1回の試験における測定は3測線とする。 ※ 小径コア試験を実施する場合は、1回の試験あたりコアを2本採取する。
	フーチング部	150m ³ ごとに1回の試験を行う。また、1回の試験に用いるボス供試体は1供試体とする。 ※小径コア試験を実施する場合は、コアを6本以上採取する。

※1ロットまたは2ロットの場合は、試験回数2回で判定ロットを構成してもよい。

側面図



断面図

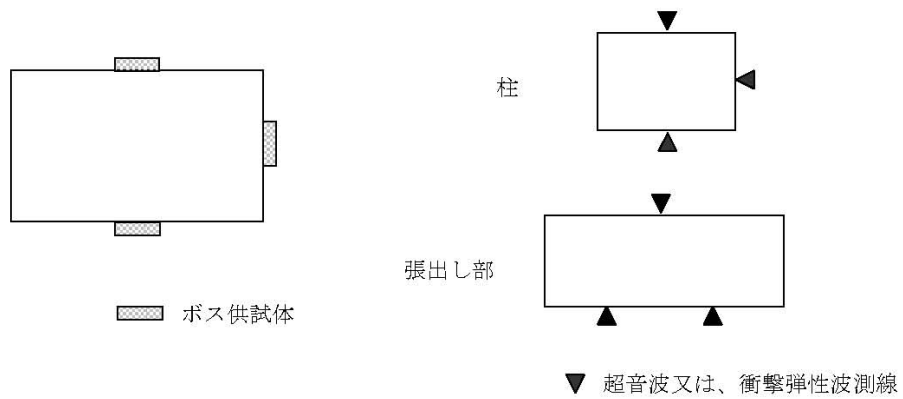
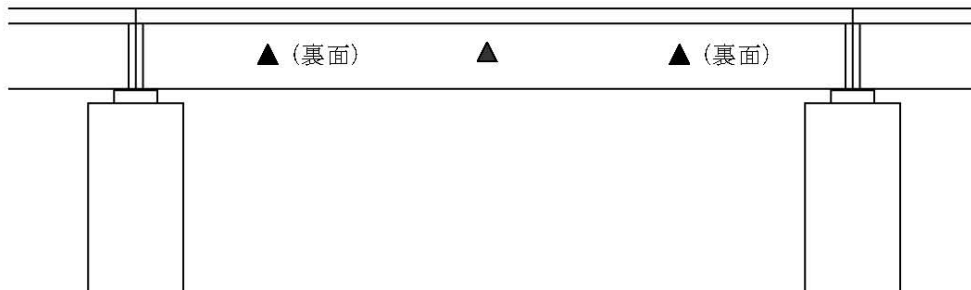
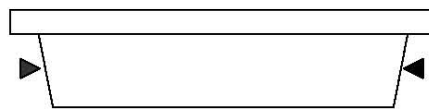


図 1 橋梁下部工の測定位置 (例)

側面図



断面図



▼ 超音波又は、衝撃弾性波測線

図 2 橋梁上部の測定位置 (例)

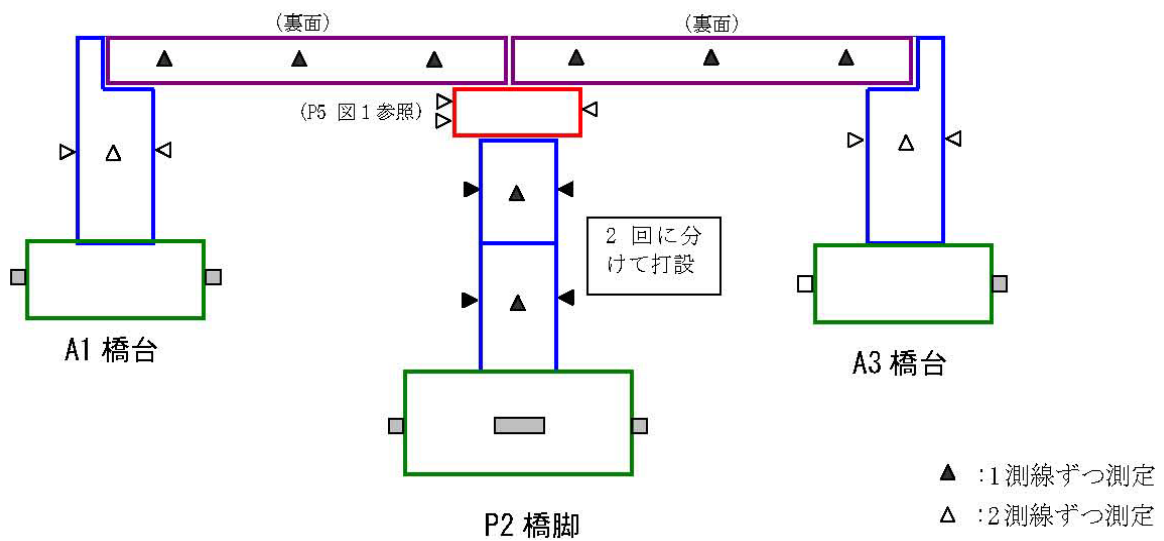


図 3 判定ロットの構成(例)

表 5 判定ロットと試験回数(例)

部位		数量 (カ所)	コンクリートの種類	コンクリート数量 (m ³ /カ所)	1カ所当りのロット数 (ロット/カ所)	判定するロット数 (ロット)	参考 (図3における部位)
上部工		2	36H	200	2	4	□
下部工	張出部	P2	30BB	100	1	1 (注4)	□
	壁・柱	A1	27BB	180	2	6	□
		P2		100	1		
		A3		180	2		
	フーチング	A1	24BB	200	2	7	□
		P2		350	3		
A3		200		3			

※打設時期が1基ごとに離れている場合(例えば、A1は春、P2は夏、A3は秋のような場合)1基ごとに判定ロットを構成する。この場合、A1壁は1ロット2回、フーチングは2ロット2回の試験を行う。

注4) 2ロット以下の為、試験回数2回で判定ロットを構成する。

【測定位置決定及び測定に際しての留意点】

各測定方法において測定位置を決定する際には、下記の留意事項に配慮し決定するものとし、「5. 事前」の記述にあるように、測定方法や測定位置等については施工計画書に記載するものとする。

表 6 測定位置決定及び測定に際しての留意点

試験法		留意点
微破壊	ボス供試体	型枠取付け位置は、打設計画から高さの中間層の中央付近とし（詳細は、ボス供試体の測定要領を参照）、仮設物との干渉が生じないように留意する。
	小径コア	鉄筋位置を避けて採取することが必要であるため配筋状態を把握する。
非破壊	超音波	鉄筋の影響を受けないよう、右図に示す様に鉄筋に対して斜めに測定する。 1 回当たり 3 測線の測定を行い、平均を 1 回の試験値とする。
	衝撃弾性波	

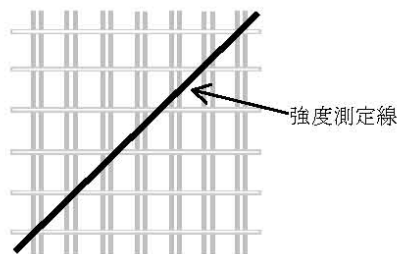


図 鉄筋に対する強度測定線例

4. 測定者

本測定の実施に際しては、各試験に固有の検査技術ならびにその評価法について十分な知識を有することが必要である。このため、表 7 に示す要件を満たす技術者が試験を実施するものとする。なお、講習会および講習会受講者については下記 HP を参照すること。

表 7 各種試験法の測定者要件

試験法		測定者要件
微破壊	ボス供試体	(社) 日本非破壊検査協会が実施する講習会を受講し「証明書」を有する者又は、その者から指導を受けた者
	小径コア	・ $\phi 15\sim 30$ mm コアについては、ソフトコアリング協会会員で所定の講習を受け「証明書」を有する者
非破壊	超音波	超音波試験法に関する知識、経験を有し、(独) 土木研究所による講習を受け「証明書」を有する者
	衝撃弾性波	衝撃弾性波試験法に関する知識、経験を有し、 iTECS 法については、iTECS 技術協会が実施する講習会を受講し「証明書」を有する者、 表面 2 点法については、(独) 土木研究所による講習を受け「証明書」を有する者

ボス供試体：(社) 日本非破壊検査協会 HP (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsndi/>)

小径コア：ソフトコアリング協会 HP (<http://www.softcoring.jp/>)

i T E C S 法：iTECS 技術協会 HP (<http://www.itecs.jp/>)

超音波、表面 2 点法：(独) 土木研究所 HP (<http://www.pwri.go.jp/renewal/relation/index.html#03>)

5. 事前準備

測定を開始する前には、測定位置の設計図及び既存資料より、測定対象のコンクリート構造物の設計諸元（コンクリートに関する資料、構造物の形状、配筋状態など）を事前に確認する。事前調査結果に基づき測定方法や測定位置等について、施工計画書に記載（4 に示す測定者を含む）し監督職員へ提出するものとする。

また、超音波試験、衝撃弾性波試験については、圧縮強度推定において検量線（キャリブレーション）が必要であり、円柱供試体を作製し、強度と推定指標の定量的な関係を求める。検量線の求め方など詳細な方法については、表 3 に示す、各試験法の関連要領を参照すること。

6. 判定基準

測定により得られたコンクリート構造物の強度の適否判定は、基本的に試験回数3回以上かつ、同一条件の場合できるだけ大きい判定ロットを構成(図3および表5を参照)し、表4に示す対象部位毎に表8及び図4により行う。

表8 試験回数と判定基準

試験回数	判定基準
3回の場合	強度平均値 \geq 設計基準強度(SL)
2回※及び4回以上の場合	強度平均値 \geq 下限値(XL)

※現場条件により、やむを得ず試験回数が3回に満たない場合(1ロットまたは2ロットのみの場合、図3の張出し部参照)

下限値XLは、以下のとおり算定する。

$$\text{下限値} : XL = m' - T_{\alpha} \cdot \sigma / \sqrt{n} = 1.11SL - 0.21SL / \sqrt{n}$$

ただし、SL:設計基準強度 n:試験回数である。

上記算定式は、以下の条件により求めている。

$$\text{平均値} : m' = 1.11 \times SL \text{ (設計基準強度)} \quad (\text{変動係数 } 10\% \text{、割り増し係数 } 1.21 \text{ を前提})$$

$$\text{標準偏差} : \sigma / \sqrt{n} = 0.121 \times SL \text{ (設計基準強度)} / \sqrt{\text{試験回数}}$$

$$\text{生産者危険率 } \alpha \text{ の場合の正規偏差} : T_{\alpha} = \sqrt{3}$$

$$\text{平均値} : m' \text{、標準偏差} : \sigma / \sqrt{n} \text{、} T_{\alpha} : \text{生産者危険率 } \alpha \text{ の場合の正規偏差。}$$

【参考】以下に下限値XLの算定方法と算定例を記す。

(1) XL算定方法

円柱供試体の強度分布は、JISに準じると以下のとおり示すことができる。

$$\text{平均値 (配合強度)} m = SL + \sqrt{3} \sigma \quad \text{-----①}$$

ここで、SL:設計基準強度、 σ :標準偏差

コンクリート構造物の強度分布(平均値 m' 、標準偏差 σ)は、円柱供試体と同じ(標準偏差は同じ)とするが、SLに対して10%低下するものとし、 $SL' = 0.9SL$ とするとコンクリート構造物の平均値 m' は、以下のとおり示すことができる。

$$\text{コンクリート構造物の平均値} m' = SL' + \sqrt{3} \sigma \quad \text{-----②}$$

コンクリート構造物の強度分布を(平均値 m' 、標準偏差 σ)と仮定すると、平均値の分布(参考図2)より下限値は次のように示すことができる。

$$\text{下限値} : XL = m' - T_{\alpha} \cdot \sigma / \sqrt{n}$$

平均値: m' 、標準偏差: σ / \sqrt{n} 、 T_{α} :生産者危険率 α の場合の正規偏差。

(2) XL 算定例

具体的に設計基準強度 $SL=27.00$ とし変動係数を 10%とした場合の円柱供試体とコンクリート構造物の強度分布、強度の平均値の分布は参考表 1、参考表 2 のとおりである。

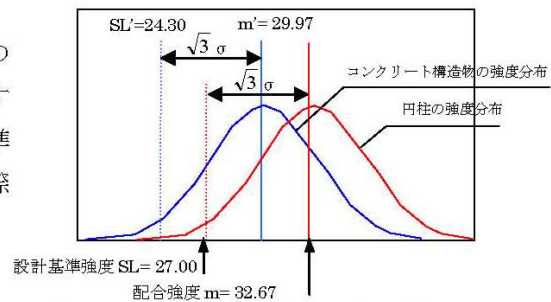
参考表 1 円柱供試体とコンクリート構造物の強度分布 ($SL=27$ (MPa) とした場合)

	円柱の強度分布	コンクリート構造物の強度分布
平均値	$m=1.21 \times 27.00=32.67$ (配合強度)	$m' = 1.11 \times 27.00=29.97$
標準偏差	$\sigma=0.121 \times 27.00=3.267$	$\sigma=0.121 \times 27.00=3.267$
設計基準強度 (MPa)	$SL=27.00$	$SL' = 27.00 \times 0.90=24.30$

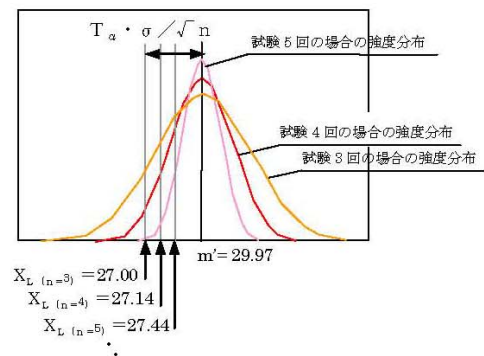
参考表 2 強度分布を考慮した判定基準 ($SL=27$ (MPa) とした場合)

	試験により得られたコンクリート構造物の強度の平均値の判定基準					
	算定式	2 回の場合	3 回の場合	4 回の場合	5 回の場合	・
平均値	$m' = 1.11 \times \text{設計基準強度}$	29.97	29.97	29.97	29.97	・
標準偏差	σ / \sqrt{n}	2.31	1.886	1.634	1.461	・
判定基準	$XL=m' - T_{\alpha} \cdot \sigma / \sqrt{n}$	25.97	27.00**	27.14	27.44	・

※判定値 XL を求めるに当って $T_{\alpha}=\sqrt{3}$ とし、3 回の試験の場合、 $XL=0.989SL$ となるため $XL=SL$ とする。4 回以上の場合、強度分布を考慮し設計基準強度より大きな値となる。なお、判定基準算定に際しては、小数点以下第 3 位で四捨五入する。



参考図 1 コンクリート構造物の強度分布



参考図 2 試験回数 (n 回) による平均強度の分布

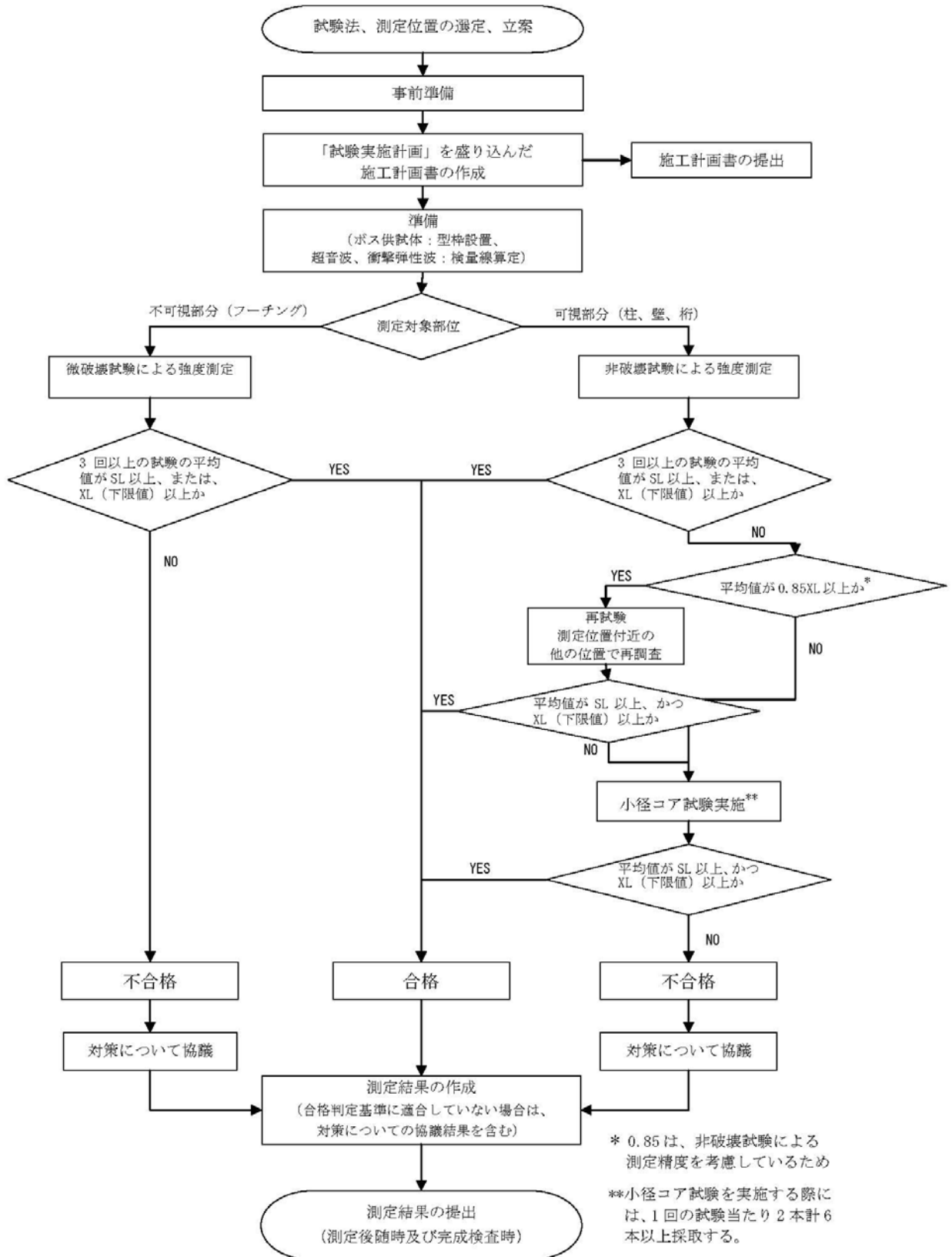


図 4 微破壊・非破壊試験の流れ

7. 報告

請負者は、本測定の実施に関する資料を整備、保管し、監督職員の請求があった場合は、遅滞なく提示するとともに検査時に提出しなければならない。

また、測定結果については、表 9 に示す内容を網羅した上で各試験要領（表 3 参照）に従い測定結果報告書を作成し、完成検査時等に提出、報告を行うこと。

表 9 報告書に記載すべき事項

No.	記載すべき事項
1	構造物名称
2	測定年月日
3	測定位置の概要（測定位置図）
4	測定者名※
5	使用コンクリート
6	測定結果
7	判定結果

※ボス供試体において、講習会受講者より指導を受けた者が測定した場合、指導を受けた「証明書」保有者の氏名を併記するとともに、指導者の「証明書」のコピーを添付する。

8. 検査の実施

検査職員は、完成検査時に対象となる全ての測定結果報告書を確認する。また、非破壊試験については、測定結果報告書の確認に加え、任意の位置を選定（1箇所以上）し、本要領に基づく非破壊試験を実施することにより、コンクリート構造物の強度の適否を判断する。監督職員は足場等が必要となる位置の測定を実施する場合は、あらかじめ、足場等の確保を指示しておくものとする。

なお、中間技術検査においても、対象となる全ての測定結果報告書を確認するものとする。（現地における任意位置での測定については、完成検査時に実施するものとする。）