

**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）**

目 次

1 . 適用範囲	1
2 . 試験方法の特徴と強度推定精度	2
(1) 試験方法の特徴	2
(2) 強度推定精度	2
3 . 試験機器	3
(1) コア採取に用いる機器	3
(2) 供試体成形に用いる機器	3
(3) 圧縮強度試験に用いる機器	3
4 . 小径コアの採取方法	4
(1) コア採取位置の決定	4
(2) コア採取機の組立	4
(3) コア採取	4
(4) コアの選択	4
(5) コア採取後の処置	5
5 . 圧縮強度試験方法	6
(1) コアの保管	6
(2) 供試体の成形	6
(3) 供試体の検査	7
(4) 圧縮強度試験	7
6 . 圧縮強度の計算	8
(1) 小径コアの圧縮強度試験値の算出	8
(2) 構造体コンクリート強度の算出	9
7 . 報告	11

2006 年 5 月

(株) 銭高組・前田建設工業(株)・日本国土開発(株)
(独) 土木研究所

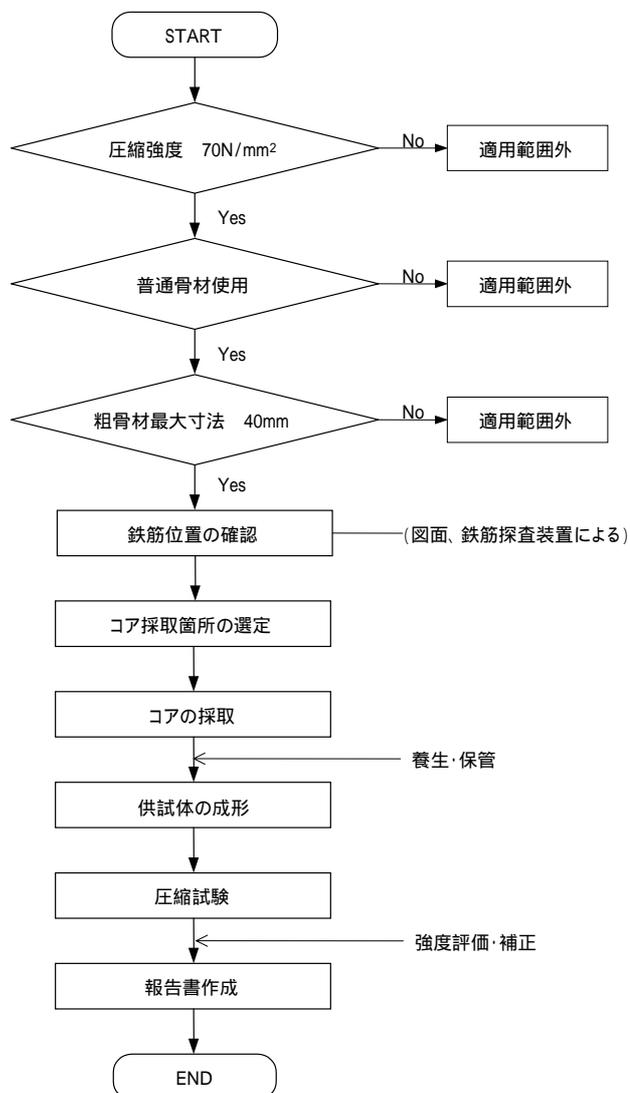
1. 適用範囲

この要領は、微破壊試験によりコンクリート構造物の品質の確認を行うことを目的とした、小径コアによるコンクリート部材の圧縮強度評価方法に適用する。本試験の適用範囲について以下に示す。

【適用範囲】

- ・ 推定されるコンクリートの圧縮強度：70N/mm² 以下
- ・ 使用骨材：普通骨材、粗骨材最大寸法 40mm 以下
- ・ 小径コアの直径：25mm 程度（25 ± 1.5mm）
- ・ キャッピング前の高さ：直径の2倍程度（50 ± 3mm）

以下に、本試験方法の大まかなフローを示す。



2. 試験方法の特徴と強度推定精度

(1) 試験方法の特徴

小径コアによるコンクリート強度推定法(以下、小径コア法と称す)は、直径 25mm (以下、25mm と記す)程度の小径コアをコンクリート構造物から採取し、その圧縮強度値を予め定めた補正式で 100mm コア強度に換算して、構造物コンクリート強度を推定する技術である。この技術は、コアを用いる直接法であるために 100mm コアを用いる方法と同等の強度推定精度が期待できるとともに、採取するコア径が小さく、配筋が密な主要構造部材から採取しても鉄筋破断の危険性がない、構造物に与える損傷を軽微にできる、コア採取跡の補修が容易、などの特徴を有している。

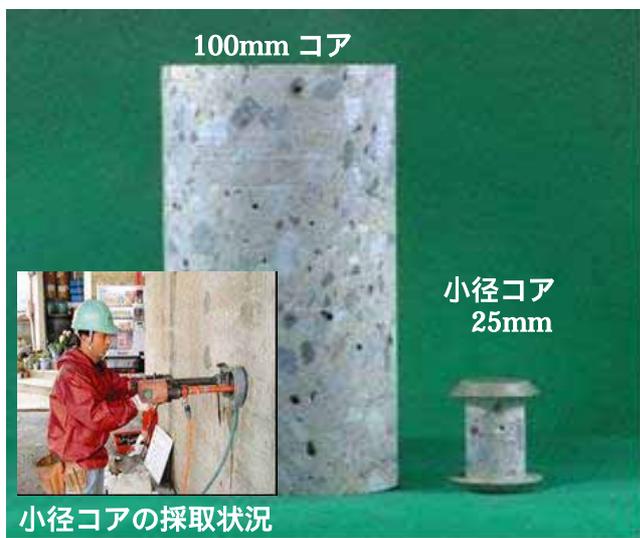


写真 1 100mm コアと小径コア

(2) 強度推定精度

小径コアによる強度推定精度と 100mm コアによる強度推定精度の関係を図 1 に示す。

一般に、構造物のコンクリート強度をコア供試体強度から推定する場合、100mm コアは 3 本採取することが多い。図 1 から、100mm コア 3 本による場合と同等の精度で構造物コンクリート強度を推定するために必要な小径コア数(強度試験数)は、以下を標準とする。

1 本の小径コアから 1 本の強度試験用供試体を作製する場合には
小径コア数を 6 本(強度試験数 6 本)とする

1 本の小径コアから 2 本の強度試験用供試体を作製する場合には小径コア数を 4 本(強度試験数 8 本)とする。

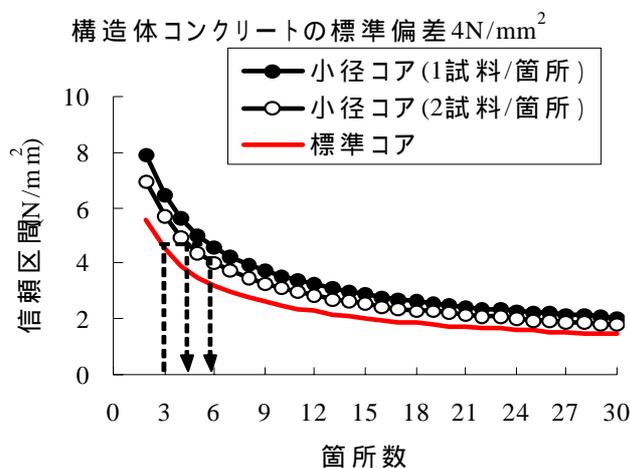


図 1 コアの採取箇所数と 95%信頼区間の関係

3. 試験機器

(1) コア採取に用いる機器

1) コア採取機

コア採取機の削孔用ビットの直径は、採取したコアの直径が 25mm 程度になる径(概ね小径コア径プラス 6~8mm)とし、切刃はダイヤモンドビット(ダイヤモンド砥粒とメタルボンドで構成したものを原則)とする。

コア採取機は、機械振動や削孔用ビットのぶれが生じない剛性を有し、ビットの周速が 50m/min 以上である機種を使用する。

削孔中の切断熱によって削孔用ビットのダイヤモンド砥粒の燃焼や破損が生じないように、絶えず冷却水を供給できる機構を有するものを使用する。

2) 鉄筋探査機

コア採取に先立ち、電磁波レーダ法や電磁誘導法などにより鉄筋探査を行い、部材内部の鉄筋を切断しない位置をコアの採取位置として決定する。

(2) 供試体成形に用いる機器

1) コア切断機

コア端面の切断加工には、コンクリート用または FRP 用カッタを使用する。

2) キャッピング機器

供試体の両端面は、硫黄や硬質石膏を用いてキャッピングする。硫黄キャッピングは、小径コアの大きさに適した治具を用いて行う(写真2)。



写真2 キャッピング治具

(3) 圧縮強度試験に用いる機器

1) 圧縮試験機

圧縮試験機は、試験時の最大荷重が秤量の 1/5 から秤量までの範囲に入るものを使用する。秤量の大きな試験機を用いる場合は、20kN~50kN 程度のロードセルを使用して、試験機の指示値とは別に荷重を測定すると良い。

2) 加圧板

上下の加圧板の大きさは供試体の直径以上とし、上下いずれかに小径コアの大きさに適した球面座を用いる。球面座は、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に規定されているモルタル圧縮試験用の球面座を用いると良い(写真3)。



写真3 圧縮試験状況

4 . 小径コアの採取方法

(1) コア採取位置の決定

「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(案)」に基づいて選定した箇所において、電磁波レーダ法、電磁誘導法などにより鉄筋探査を行い、部材内部の鉄筋を切断しない位置をコアの採取位置として決定する。この際、事前に設計図書等から、コンクリートのかぶり厚さや配筋状況を調査しておくが良い。また、コアの採取位置にクラック等の欠陥がないことを目視により確認する。

(2) コア採取機の組立

コア採取機は以下の要領で組立てる。

台座にシャフトを取り付け、シャフトの鉛直調整を行った後、固定する。

コア採取用ドリルに削孔用ビットを取付け、固定する。この際、削孔用ビットの中心軸がドリルの回転軸と一致するように取付ける。

取手をコア採取用ドリルの側面に取付ける。

コア採取用ドリルをシャフトに取付ける。

給水ホースをコア採取用ドリルに取付ける。

(3) コア採取

コア採取は以下の要領で行う。

コア採取位置をガイドで確認しながら、台座を採取面に固定する。台座の固定は、アンカー固定式または真空吸着圧盤式で行う。真空吸着圧盤式で固定する場合には、吸着圧力が所定の値以上であることを必ず確認する。

コア採取用ドリルを台座のシャフトに固定する。

コア採取用ドリルの吸水弁を開け、水を供給しながらコア抜きを開始する。コアの削孔速度は、2~5cm/分を標準とし、ビットの周速は、削孔速度やコンクリートの硬さに応じて 50m/min 以上の範囲で調整する。

採取箇所をできるだけ汚したくない場合には、排水桶等を使用する。

削孔中に、供試体が破損したり粗骨材が緩んだりしないように削孔速度を調整する。

所定の深さまで削孔したら、コアを傷つけないよう、ビットを回転させながら、ドリルを抜き出す。

削孔したコア外周部の隙間にドライバ等を挿入し、コアを採取する。

コア採取用ドリルを外し、台座を取り外す。

(4) コアの選択

採取したコアが以下の条件を満たしていることを確認する。

コアの直径が 25mm 程度 ($25 \pm 1.5\text{mm}$) であること。

直径の2倍の長さの圧縮強度試験用供試体が1本以上確保できる長さであること。
採取したコアからほぼ完全な円柱状の供試体が採取できる形状であること。
試験結果に影響を及ぼすような損傷および欠陥がない状態であること。

(5) コア採取後の処置

1) 一般の場合のコアの養生

採取したコアは表面を水洗いし、水分をふき取った後、試験体名の記入、写真撮影等を行う。その後、コアが乾燥しないように食品包装用ラップフィルム等で封緘養生するとともに、輸送中などに破損しないように布等で十分に保護する。

2) 材齢初期でコアを採取した場合のコアの養生

コア供試体を用いて新設構造物のコンクリート強度を評価する場合、施工条件などの制約により材齢28日でのコア採取・試験が困難な場合が多々あると考えられる。フーチング構造物のような埋戻しを伴う構造物はその代表的な例であり、コンクリート打設後の初期材齢でコアを採取し、採取したコアを適切な方法で養生して、材齢28日で強度試験を実施することが考えられる。このような場合は以下の方法でコアを養生する。

水分の出入りを防止するための食品用ラップフィルムによる封緘(写真4)

乾燥防止のための湿紙による梱包(写真5)

乾燥防止のためのビニール袋等による梱包(写真6)

実構造物実験では、材齢6日でコアを採取して上記の方法で養生を行った結果、早い材齢でのコア採取がその後の強度発現に悪影響を及ぼさないこと、上記の方法で封緘養生することで妥当な強度発現性が確保できることが確認されている。



写真4 食品用ラップによる封緘



写真5 湿紙による梱包



写真6 ビニール袋等による梱包

3)コア採取箇所の補修

コア採取後、採取箇所を清掃し、採取孔に無収縮モルタル等を充填する。仕上げ材料を原状回復する必要がある場合は、あらかじめ決められた手順に従って補修する。

5 . 圧縮強度試験方法

以下に、圧縮強度試験手順を示す。なお、本圧縮試験手順は以下の JIS 基準類を参考にしている。

JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法

JIS A 1132 コンクリートの強度試験用供試体の作り方

JIS R 5201 セメントの物理試験方法

(1) コアの保管

採取後のコアは水中養生せず、一般の場合には、採取後 2 ~ 3 日以内に圧縮強度試験に供する。また、材齢初期にコア採取し、圧縮強度試験までに長期間保管する場合には、4.(5).2) に述べた方法で封緘養生して保管する。

(2) 供試体の成形

圧縮強度試験用供試体の成形にあたっては、コアの外観に関して以下の項目に留意するものとする。

- ・採取したコアが軸方向に曲がっているものは用いてはならない。
- ・採取した際に粗骨材がゆるんだりしたコアを用いてはならない。
- ・大きな空隙があったり、空隙がコアの片側に偏在するなど、外観から判断して明らかに異常なコアは用いてはならない。

採取したコアは、圧縮強度試験用供試体の高さが直径の 2 倍程度になるように、コンクリート用カッタを用いて切断する。この際、圧縮強度試験用供試体の高さは、キャッピングによって切断後の高さよりも 1 ~ 2mm 高くなることを考慮して切断すると良い

切断後、供試体の中心を通る直径の両端の側面において、それぞれの高さを 0.1mm まで測定し、その平均値を四捨五入によって有効数字 3 桁にまるめたものを供試体の高さ h とする。供試体の高さ h の基準は、 $50 \pm 3\text{mm}$ とする。

供試体の高さの中央で、互いに直交する 2 方向の直径を 0.1mm まで測り、その平均値を四捨五入によって有効数字 3 桁にまるめたものを供試体の直径 d とする。供試体の直径 d の基準は、 $25 \pm 1.5\text{mm}$ とする。

供試体の端面とコア軸のなす角が 85° 以下の場合には、カッタ等によって端面と供試体の軸とのなす角がほぼ直角になるように修正する。

供試体の両端面は、硫黄や硬質石膏を用いてキャッピングする。キャッピング層の厚さは、1mm 程度とする。キャッピング面は、JIS A 1132 に規定される平面度でなければ

ならない。

(3) 供試体の検査

コア供試体の検査項目とその方法について、上述した内容を含めて表1に示す。

表1 コア供試体の検査

項目	基準		試験方法
直径	25 ± 1.5mm		コア供試体の高さの中央で互いに直交する2方向の直径を測り、平均する
高さ	Gmax25mm	50 ± 3mm	キャッピング前のコア供試体の中心を通る直径の両端の側面において、それぞれの高さを測り、平均する
	Gmax40mm	50 ± 3mm	
端面と材軸のなす角度	85°以上*		目視または角度計や傾斜計などを用いて確認する
コアの表面状態	粗骨材の弛みや剥離、大きな空隙がないこと		目視による

* 端面と材軸のなす角度が強度に及ぼす影響が大きいため、ほぼ直角になるように修正すること

(4) 圧縮強度試験

圧縮強度試験の方法は、以下の通りとする。

試験体の上下端面および上下の加圧板の圧縮面を清掃する。

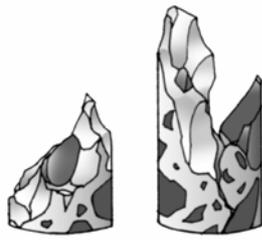
供試体を、その中心軸が加圧板の中心とほぼ一致するように置く。

試験器の加圧板と供試体の端面とは、直接密着させ、その間にクッション材を入れてはならない。

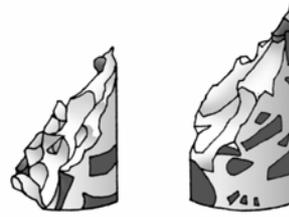
供試体に衝撃を与えないように一様な速度で荷重を加える。載荷速度は、JIS A 1108に規定される $0.6 \pm 0.4 \text{N/mm}^2/\text{s}$ とする。

供試体が破壊するまで荷重を加え、試験器が示す最大荷重を有効数字3桁まで読み取る。

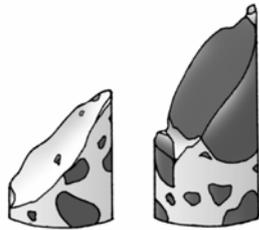
小径コアの破壊形状は大きく分けて4つに分類される(図2)。異常値の棄却検定の際に参考となるので、破壊形状のパターンを記録データシートに記入する。



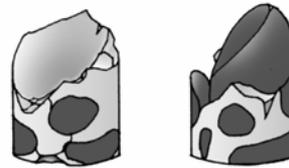
(a)円錐状のブロックが残る



(b)斜めの面で破壊し、2つに分かれる。モルタル面で破断したような跡が認められる



(c)破壊後に2つに分かれる。大きな粗骨材面で滑ったような跡が認められる



(d)載荷方向に直行する断面全体にわたる大きな粗骨材があり、モルタルが圧壊したような形状を示す

図2 圧縮強度試験後のコアの破壊状況

6. 圧縮強度の計算

(1) 小径コアの圧縮強度試験値の算出

小径コアの圧縮強度試験値は(1)式によって算出し、四捨五入で有効数字3桁にまるめる。

$$f_c = P \div (\pi \times d^2 / 4) \quad (1)$$

ここに、 f_c : 小径コアの圧縮強度試験値 (N/mm²)

P : 最大荷重 (N)

d : 供試体の直径 (mm)

また、材齢初期にコア採取し、封緘養生した供試体の材齢28日強度試験値を、試験の直前に採取したコアによる材齢28日強度に換算する場合は(2)式による。

$$f_c(28) = c \times f_c \quad (2)$$

ここに、

$f_c(28)$: 材齢28日換算強度 (= f_c) (N/mm²)

$f_c(28)$: 封緘養生した供試体の材齢28日強度 (N/mm²)

c : 実験定数、4.(5).2で述べた方法で封緘養生する場合は1.0とする

(2) 構造体コンクリート強度の算出

小径コアの圧縮強度試験値をもとに、以下に示す手順にしたがって構造体コンクリートの圧縮強度を求める。

小径コアの圧縮強度試験値を(3)式で補正して、補正後圧縮強度 f_c とする。

$$f_c = f_c - 2.0 \quad (3)$$

ここに、 f_c : 補正後圧縮強度 (N/mm²)

f_c : 小径コア圧縮強度試験値 (N/mm²)

得られた補正後圧縮強度の最大値あるいは最小値について、大きさ n の標本における最大偏差とその標本の標準偏差 s の比を用いて検定する方法 (Grubbs の方法) に準じて棄却検定を行う。この際、コアの破壊形状のパターンも考慮して検討する。図 2 示す(c)の破壊形状を示した供試体は、比較的小さな強度を示す傾向にある。逆に(d)の破壊形状を示した供試体は、比較的大きな強度を示す傾向にある。

異常値棄却後の補正後圧縮強度の平均値 $\overline{f_c}$ を(4)式で算出し、構造体コンクリートの圧縮強度とする。

$$\overline{f_c} = f_c / (n - n_a) \quad (4)$$

ここに、 $\overline{f_c}$: 構造体コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

n : 試料数 (本)

n_a : Grubbs の方法により棄却された試料数

図 3 に構造体コンクリート強度の算出フローを示す。

【Grubbs の方法による異常値の棄却検定】

Grubbs の方法による異常値の棄却検定方法について示す。一般に、 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ なる n 個の測定値があるとき、最小値 x_1 あるいは最大値 x_n を以下の手順で棄却検定する。

疑わしい値が最小値 x_1 であるとき、(5)式が成立するならば、危険率 $\alpha = 0.1$ で異常値と判定して棄却する。

$$T_1 = (x_a - x_1) / s > T_\alpha \quad (5)$$

疑わしい値が最大値 x_n であるとき、(6)式が成立するならば、危険率 $\alpha = 0.1$ で異常値と判定して棄却する。

$$T_n = (x_n - x_a) / s > T_\alpha \quad (6)$$

ここで、 x_a : 平均値、 s : 標準偏差、 T : 異常値の棄却検定の有意点、 α : 危険率 (10%)

とする)

表2 異常値の棄却検定の有意点 (危険率 = 0.1)

試料数	有意点 T
3	1.148
4	1.425
5	1.602
6	1.729
7	1.828
8	1.909
9	1.977

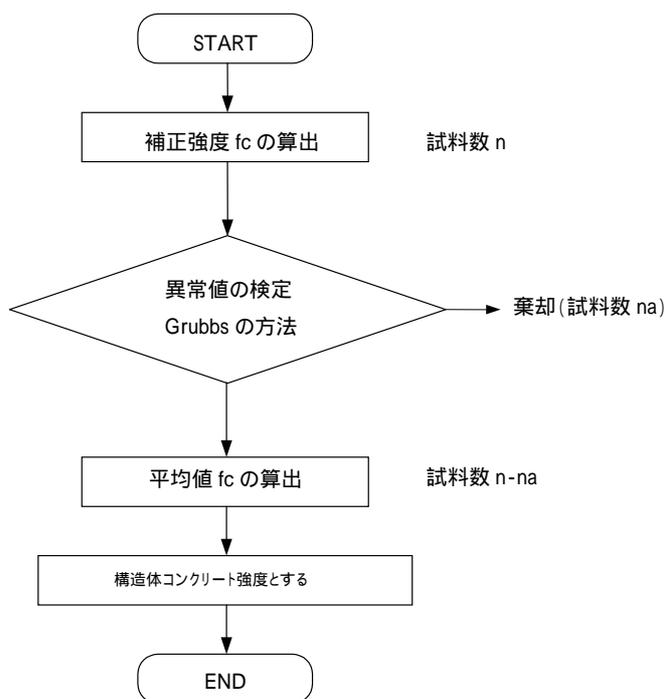


図3 構造体コンクリート強度算出フロー

7. 報告

報告は、表3の事項のうち必要なものについて行う。

表3 報告する事項

報告内容
(a)対象構造物の概要
(b)コア供試体の名称(記号、番号など)
(c)コアの採取位置および採取方法
(d)材令(コア採取時、圧縮試験時、又はそのいずれかとする)
(e)コアの平均直径、平均高さ
(f)最大荷重
(g)圧縮強度、補正後圧縮強度
(h)コア供試体の外観・破壊状況
(i)コンクリート打設方向と載荷方向の関係
(j)コア採取後の養生方法・養生温度
(k)コンクリートの使用材料(粗骨材種類、粗骨材最大寸法など)
(l)状況写真、参考資料