

## JCI 規準

## 切欠きはりを用いた繊維補強コンクリートの荷重－変位曲線試験方法

## JCI-S-002-2025

## Method of test for load-displacement curve of fiber reinforced concrete by use of notched beam

**1. 適用範囲** この規準は、切欠きはりの 3 点曲げ荷重によって、繊維補強コンクリートの荷重－変位曲線を計測する方法を規定するものである<sup>(1)</sup>。また、JCI-S-001-2003 の付属書（参考）にしたがえば、本試験で得られる荷重－変位曲線から引張軟化曲線を推定することができる。

**注<sup>(1)</sup>** 最大荷重に達する以前に複数の目視ひび割れが発生する、いわゆるひずみ硬化型の繊維補強コンクリートに対しては、本試験法は適用できない。

荷重－変位曲線の変位として、ひび割れ肩口開口変位（CMOD）と荷重点変位（LPD）を規定しているが、必ずしも両方を計測する必要はなく、目的に応じて選択してよい。

**2. 引用規準** 次に掲げる規準は、この規準に引用されることによって、この規準の規定の一部を構成する。

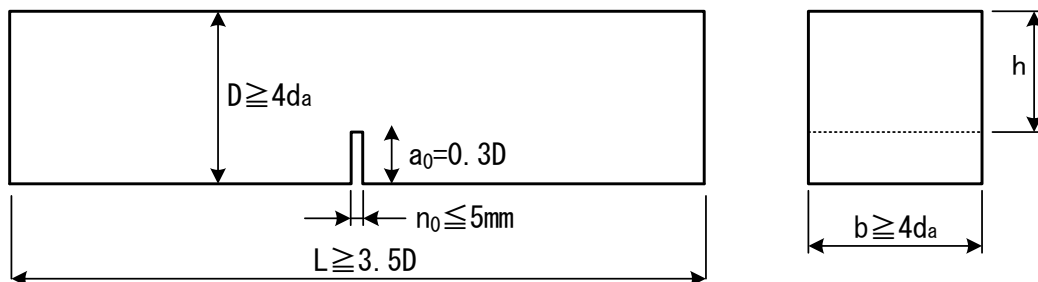
JSCE-F 552 繊維補強コンクリートの強度及びタフネス試験用供試体の作り方

JSCE-F 553 吹付け繊維補強コンクリートの強度及びタフネス試験用供試体の作り方

**3. 供試体** 供試体は、次のとおりとする。

**3.1 供試体の寸法** 供試体は図 1 に示すような矩形断面を有する角柱とし、長手方向中央に断面高さの 0.3 倍まで切欠きを入れたものとする。

- a) 供試体断面の高さ（ $D$ ）は最大骨材寸法（ $d_a$ ）の 4 倍以上とする。
- b) 供試体断面の幅（ $b$ ）は最大骨材寸法（ $d_a$ ）の 4 倍以上とする。
- c) 繊維長さが 40mm を越える場合には供試体断面の高さおよび幅を 150mm 以上とし、繊維長さが 40mm 以下の場合には、供試体断面の高さおよび幅を 100mm 以上とする。
- d) 荷重スパン（ $S$ ）を 3 $D$  とし、供試体の全長（ $L$ ）は 3.5 $D$  以上とする。
- e) 切欠きの深さ（ $a_0$ ）は 0.3 $D$  とし、幅（ $n_0$ ）は 5mm 以下とする。



( $h$  : リガメントの高さ<sup>(2)</sup>)

## 図1 供試体寸法

注<sup>(2)</sup> 切欠き上部の破断面をリガメントと呼ぶ。

**3.2 供試体の製作** 供試体の製作は、次のとおりとする。

- a) 供試体はJSCE-F 552「繊維補強コンクリートの強度及びタフネス試験用供試体の作り方」、またはJSCE-F 553「吹付け繊維補強コンクリートの強度及びタフネス試験用供試体の作り方」に準じて作製するものとする。ただし、自己充填性を有する繊維補強コンクリートの場合には、繊維補強コンクリートを型枠の長手方向の片端から打ち込まなければならない。
- b) 切欠きは繊維補強コンクリートの強度が十分に発現した時点で載荷時に打込み面が側面となるように型枠面にコンクリートカッターを用いて作製するものとする。
- c) 供試体は所定の養生を終わった直後の状態で試験しなければならない。
- d) 供試体は4個以上作製する。
- e) 供試体の質量を0.05kgまで測定する。

**4. 試験装置器具** 試験装置器具は、次のとおりとする。

**4.1 試験機** ひび割れ開口変位あるいは載荷点変位によるクローズドループコントロールが可能な試験機を使用することが望ましい。しかし、最大荷重点以降も急激に破壊が進行しないように安定した荷重-変形関係を計測できれば、必ずしもクローズドループコントロールが可能である必要はない<sup>(3)</sup>。

注<sup>(3)</sup> 最大荷重点以降も安定した荷重-変形関係を計測できればよいので、クロスヘッドの変位を制御する試験機でも試験可能であり、さらに、手動制御の試験機を用いて最大荷重点以降、適宜、載荷除荷を繰り返すことで不安定破壊を生じないように載荷することも可能である。ただし、いずれの試験機を用いた場合でも不安定破壊が生じていないことを確認する。

**4.2 3点曲げ試験装置** 曲げ試験装置は、供試体にねじりが作用しないよう載荷点および支点の一方を供試体の軸方向回りに回転できる構造とする。両支点はローラ・ピン構造とし、供試体が完全に破断するまで、変形を拘束することのないように両支点とも水平方向に可動な構造とする<sup>(4)</sup>。

注<sup>(4)</sup> 供試体は載荷点において水平方向の移動が拘束されるので、両支点とも可動構造にする必要がある。可動構造は図2に示すように両支点の下に複数のローラを挿入するのが簡便で確実な方法である。水平方向の拘束が生じないことを確認するためには、無載荷の状態において、供試体を軽く手で押し、供試体が水平方向に滑らかに動くことを確認する。

**4.3 荷重計測機器** 荷重は最大荷重の1%以内の精度を有するロードセルによって計測する。また、ロードセルは試験機に取付けるものとする。

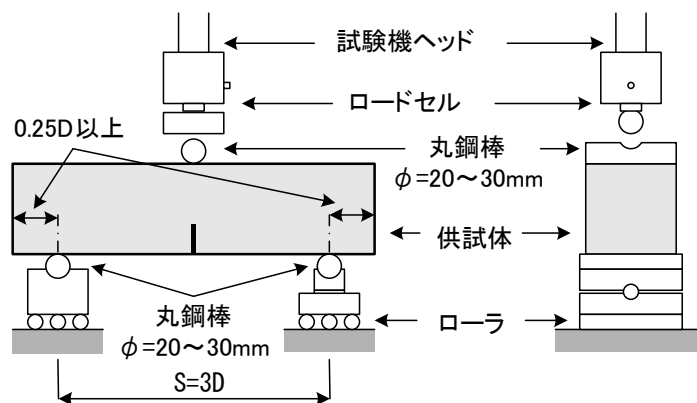


図2 3点曲げ試験装置

**4.4 ひび割れ開口変位計測機器** ひび割れ肩口開口変位 (CMOD) は、供試体幅の中央位置において 1/500mm 以上の精度を有するクリップゲージにより計測する。クリップゲージを取付けるナイフエッジの厚さは 5mm 以下とする<sup>(5)</sup>。

**注<sup>(5)</sup>** クリップゲージを切欠き部に直接取付けることができる場合には必ずしもナイフエッジを使用する必要はない。ナイフエッジは金属製とし、**図3**に示すように接着剤等を用いて供試体に確実に取付ける必要がある。なお、ナイフエッジを接着剤で取付けて湿潤状態で試験を行なう場合には、ナイフエッジを接着する際に供試体表面を一旦乾燥させる必要がある。この場合、ナイフエッジ取付け部以外はできるだけ乾燥させないように、供試体を濡れ布等で包むか、あるいは取付け面以外を水没させた状態で作業する。

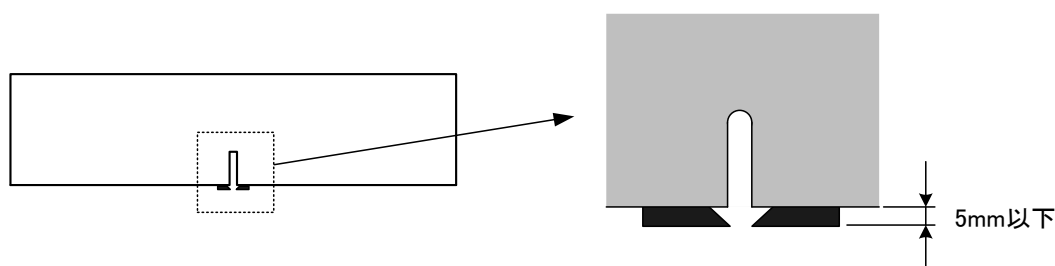


図3 ナイフエッジ

**4.5 荷重点変位計測機器** 荷重点変位 (LPD) は、1/500mm 以上の精度を有する変位計により**図4**に示すような測定装置を用いて計測する。計測位置は供試体底部の切欠き肩口部を原則とする。供試体の剛体変位ならびに荷重点および支点でのめり込みによる変形を除去するために、変位計ホルダーフレームを用いるのがよい。

**5. 試験方法** 試験方法は、次のとおりとする。

- a) 供試体は、打込み面が荷重時の側面となる方向に荷重する。
- b) 供試体には衝撃を与えないよう、静的に荷重を加える。CMOD あるいは LPD によるクローズドループコントロールを行なう場合には、制御を開始する予荷重荷重は最大荷重の 20%以下とする。

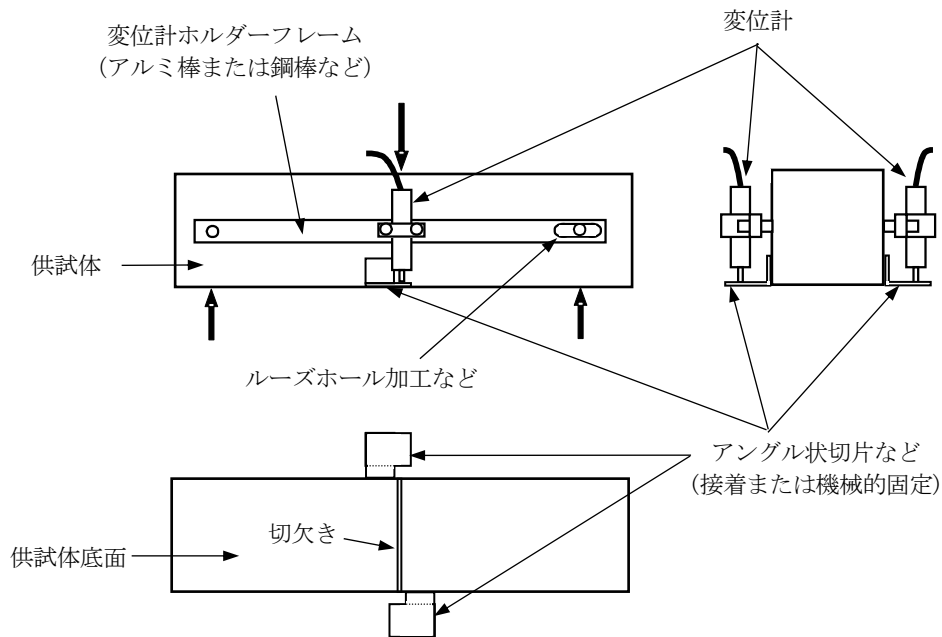


図4 荷重点変位測定装置（例）

c) 荷重速度は、CMOD 速度が  $0.0005D \sim 0.004D/\text{min}$ （ここに、 $D$  は供試体断面高さ）、あるいは LPD 速度が  $0.0004D \sim 0.003D/\text{min}$  になるように制御することとし、これらの速度範囲内で安定破壊が得られる荷重速度とする<sup>(6)</sup>。

注<sup>(6)</sup> 荷重速度は、試験開始から終了までほぼ一定の速度を保つことが望ましいが、ひび割れ発生後の荷重低下が安定した後は、荷重－変位曲線に大きな影響を与えない範囲で荷重速度を上げ、試験時間の短縮を図ることもある。このように、途中で荷重速度を変更した場合は、その変更方法を報告しなければならない。

d) 荷重と CMOD あるいは LPD の計測は、試験の開始から終了まで連続的に行なう。デジタル計測器を用いる場合の計測間隔は、最大荷重点までに 20 点以上計測できる間隔とする。試験は少なくとも、CMOD が  $0.02D$  以上または LPD が  $0.015D$  以上に達するまで行なうこととする。なお、大きなひび割れ開口変位までの破壊特性を評価する場合には、CMOD が  $0.04D$  以上あるいは LPD が  $0.03D$  以上まで試験を行なうことが望ましい<sup>(7)</sup>。

注<sup>(7)</sup> 繊維補強コンクリートの場合、供試体が完全な破断に至るまで試験することが困難なことが多い。したがって、目的に応じて試験を打ち切る時期を定める必要がある。

e) 試験中、荷重と CMOD あるいは LPD が急激に変化することなく連続的にゆっくり変化する場合を安定した試験とみなし、不安定な現象が生じた場合にはその試験結果は除外する。

f) 手動制御の試験機を用い、最大荷重点以降、不安定破壊を防ぐために荷重・除荷を行なった場合や、クリップゲージあるいは変位計の容量が不足して盛り替えを行なった場合には、その包絡線を荷重－CMOD 曲線あるいは荷重－LPD 曲線とする。

g) リガメント部の幅 (b) を上下縁の 2 箇所において  $0.2\text{mm}$  まで測定し、その平均値を四捨五入によって小数点以下 1 桁に丸める。

h) リガメント部の高さ (h) を両側面の 2 箇所において  $0.2\text{mm}$  まで測定し、その平均値を四捨五

入によって小数点以下 1 桁に丸める。

i) 荷重-CMOD 曲線あるいは荷重-LPD 曲線は 4 個以上の供試体の平均値で示す<sup>(8)</sup>。

**注<sup>(8)</sup>** 曲線の平均化は、任意の同一変位に対する各供試体の荷重の平均値をとる。平均化する場合の変位の間隔は上記 d) で規定した計測間隔と同程度とする。

## 6. 引張軟化曲線の推定

引張軟化曲線は JCI-S-001-2003 の付属書 (参考) により推定する。

7. **報告** 報告には、つぎの事項のうち必要なものを記載する。

- a) 供試体の個数
- b) 養生条件および試験材齢
- c) 供試体の寸法
- d) リガメントの高さと幅
- e) 試験機の種類
- f) 載荷速度
- g) 荷重-CMOD 曲線
- h) 荷重-LPD 曲線
- i) 引張軟化曲線

**委員会報告書 「コンクリートの破壊特性の試験法に関する調査研究報告書」(2001.5)**

**作成者一覧 (委員会名称：コンクリートの破壊特性の試験法に関する調査研究委員会)**

委員長	橘高 義典	東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻
幹事	内田 裕市	岐阜大学工学部土木工学科
	金子 佳生	東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻
委員	秋田 宏	東北工業大学工学部土木工学科
	石黒 覚	三重大学生物資源学部農業土木学講座
	石原 誠一郎	(株)浅沼組技術研究所
	大塚 浩司	東北学院大学工学部土木工学科
	大岡 督尚	東急建設(株) 生産技術本部
	閑田 徹志	鹿島建設(株) 技術研究所
	国枝 稔	岐阜大学工学部土木工学科 ('00.4～)
	栗原 哲彦	武蔵工業大学工学部土木工学科
	興石 直幸	早稲田大学理工学部建築学科
	佐藤 幸博	(株)フジタ技術センター
	篠原 保二	東京工業大学建築物理研究センター
	白井 伸明	日本大学理工学部建築学科
	中村 成春	宇都宮大学工学部建設学科建築学講座
	福山 洋	独立行政法人建築研究所
	長谷川 俊昭	清水建設(株) 技術研究所
	松尾 真紀	東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻
	松尾 庄二	鉄建建設(株) 技術研究所
	松本 高志	東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻
	三橋 博三	東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻
	六郷 恵哲	岐阜大学工学部土木工学科
通信委員	大津 政康	熊本大学工学部環境システム工学科
	堀井 秀之	東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻
	村上 聖	熊本大学工学部環境システム工学科
事務局	竹田 好江	(社)日本コンクリート工学協会

(JCI-S-002 および 003 改正原案作成委員会) (2025 年改正時)

委員長	橘高 義典	東京都立大学名誉教授
副委員長	金久保利之	筑波大学システム情報系
幹事	内田 裕市	岐阜大学名誉教授
委員	上田 多門	北海道大学名誉教授
	小川 敦久	(株)クラレ 産資開発部
	大岡 督尚	元東急建設(株)
	栗橋 祐介	金沢大学大学院理工研究域
	松沢 晃一	明治大学理工学部
事務局	栗原 隆志	(社)日本コンクリート工学会

(規準・指針管理委員会) (2025年改正時)

委員長	濱 幸雄	室蘭工業大学
副委員長	佐伯 竜彦	新潟大学
委員	上野 敦	東京都立大学
	鹿毛 忠継	国立研究開発法人建築研究所
	兼松 学	東京理科大学
	黒岩 秀介	大成建設株式会社
	古賀 裕久	国立研究開発法人土木研究所
	泉田 裕介	一般財団法人建材試験センター

(技術・普及部門担当副会長) (2025年改正時)

	丸屋 剛	大成建設株式会社
--	------	----------