

ファインセラミックス接合の 曲げ強さ試験方法

Testing method for bending strength of fine ceramic joint

1. 適用範囲 この規格は、機械部品、構造物などの高強度材料として使用されるファインセラミックス接合の室温及び高温における曲げ強さ試験方法について規定する。

備考 この規格の引用規格を、次に示す。

JIS B 0601 表面粗さ一定義及び表示

JIS B 0621 幾何偏差の定義及び表示

JIS B 7502 マイクロメータ

JIS B 7503 ダイヤルゲージ

JIS B 7507 ノギス

JIS R 1601 ファインセラミックスの曲げ強さ試験方法

JIS R 1604 ファインセラミックスの高温曲げ強さ試験方法

JIS Z 8401 数値の丸め方

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、次による。

- (1) **ファインセラミックス接合** ファインセラミックスと金属又はファインセラミックスどうしの接合継手又は接合体（ろう付け、拡散接合、接着などによる接合界面を含む。）。
- (2) **接合曲げ強さ** 荷重点間に接合界面をもつ試験片の4点曲げ負荷によって、試験片が破断するまでの最大荷重から算出される公称曲げ応力。
- (3) **支持具** 4点曲げ負荷において、試験片を支点で支え、荷重点で負荷するための丸棒又は先端が一定の曲率半径をもつナイフエッジ状の2対の器具。
- (4) **高温** 測定時に接合界面の強度低下が著しくなく、接合曲げ強さが測定可能な室温を超えた温度域。

3. 装置及び器具

3.1 試験機 試験機は、クロスヘッド変位速度を一定に保つことができ、最大荷重の±1%以下の精度で荷重が計測できるものとする。

3.2 支持具 4点曲げ負荷の支点及び荷重点における支持具は、**JIS R 1601**に規定する縦弾性係数147GPa以上をもち、試験中に塑性変形及び破壊しない材質のものとし、先端の曲率半径は、**付図 1**による。支持具先端の表面粗さは、**JIS B 0601**に規定する0.40µmRa以下とする。

支点及び荷重点それぞれの1対の支持具は、左右同一形状で、丸棒又はナイフエッジの長さは、試験片の幅以上とする。

3.3 マイクロメータ マイクロメータは、JIS B 7502 に規定する外側マイクロメータ又はこれと同等以上の精度をもつものを用いる。

3.4 ダイヤルゲージ ダイヤルゲージは、JIS B 7503 に規定する目盛が 0.01mm のダイヤルゲージ又はこれと同等以上の精度をもつものを用いる。

3.5 ノギス ノギスは、JIS B 7507 に規定する最小読取り長さ 0.05mm 又はこれと同等以上の精度をもつものを用いる。

3.6 高温炉 高温炉は、JIS R 1604 に規定するものを用いる。

4. 試験片

4.1 試験片の作製 試験片の作製は、次のいずれかによる。

- (1) 接合体から複数試験片を切り出し、仕上加工する。
- (2) ほぼ試験片形状に近いものを接合し、仕上加工する。

4.2 試験片の種類 試験片の種類は、次による。

- (1) **A 号試験片** この試験片は 1 個の接合界面をもつもので、形状及び寸法は付図 2 による。

原則として、接合界面が試験片の中央部において、長手方向に垂直に位置するように作製する。

- (2) **B 号試験片** この試験片は 2 個以上の接合界面をもつもので、接合界面が 2 個の場合の形状及び寸法は付図 3 による。接合界面が 2 個の場合、目的に応じて金属-セラミックス-金属接合又はセラミックス-金属-セラミックス接合のいずれを採用してもよい。接合界面が 2 個以上の場合もこれに準じる。

原則として、評価対象の接合界面が試験片の中央部において、長手方向に垂直に位置するように作製する。

4.3 試験片の断面形状 試験片の断面形状は、長方形又は円形とする。

4.4 試験片の寸法 試験片の断面寸法は、任意とする。長方形断面試験片の幅は高さに等しいか、高さ以上とする。推奨試験片寸法は長方形断面が 6×6mm、円形断面がφ6mm とする。試験片の長さは幅又は直径の 6 倍以上とする。荷重点間距離及び支点間距離は断面寸法に従い、付図 1 による。

4.5 試験片のりょう（稜）の丸め又は面取り 長方形断面試験片のりょうの丸め又は面取りは、付図 4 による。

4.6 試験片の表面粗さ 長方形断面試験片の上下面の表面粗さは、原則として、JIS B 0601 に規定する 0.20μmRa 以下とする。最終仕上げ方向は試験片の長手方向とする。円形断面試験片の表面粗さは、長方形断面試験片に準じる。ただし、最終仕上げ方向は試験片の円周方向とする。それ以外の場合には報告で記述する。

4.7 試験片の個数 試験片の個数は、10 個以上とする。

5. 試験方法

5.1 試験片の寸法の測定 試験片の幅及び高さ、又は直径の測定は、あらかじめマイクロメータ又はダイヤルゲージを用いて行う。

5.2 支点間距離及び荷重点間距離 4 点曲げ負荷の支点間距離及び荷重点間距離は、JIS R 1601 に規定する付図 1 による。あらかじめノギスを用いて測定する。

5.3 試験片の取付け 試験片の取付けは、付図 1 による。評価対象の接合界面が荷重点間の中央に位置するように、支持具に取り付ける。接合界面が 2 個の場合、付図 1(c)に示すように、接合界面が荷重点の中央から左右対称に位置するように、支持具を取り付けてもよい。この場合には、個々の接合界面の破断・未破断を報告する。

5.4 雰囲気、昇温及び保持時間、温度測定 雰囲気、昇温及び保持時間、温度測定は、JIS R 1604 の規定による。

5.5 クロスヘッド変位速度及び破断荷重 試験片の荷重点にクロスヘッド変位速度 0.5mm/min で 4 点曲げ負荷し、試験片が破断するまでの最大荷重を測定する。

5.6 破壊起点、破壊経路及び破面 破壊起点、破壊経路及び破面を調査し、評価対象の接合界面の破断・未破断を特定する。

6. 計算

6.1 接合曲げ強さの計算 接合曲げ強さは、個々の試験片の測定値から式(1)又は式(2)によって算出し、JIS Z 8401 の規定によって有効数字を 3 けたに丸める。

長方形断面試験片の場合

$$\sigma_B = \frac{3P(L_2 - L_1)}{2wt^2} \dots\dots\dots (1)$$

円形断面試験片の場合

$$\sigma_B = \frac{8P(L_2 - L_1)}{\pi d^3} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、
 σ_B : 接合曲げ強さ (Pa)
 P : 試験片が破断するまでの最大荷重 (N)
 L_1 : 荷重点間距離 (m)
 L_2 : 支点間距離 (m)
 w : 試験片の幅 (m)
 t : 試験片の高さ (m)
 d : 試験片の直径 (m)
 π : 円周率

6.2 接合曲げ強さの平均値と標準偏差の計算 接合曲げ強さの平均値と標準偏差は、式(3)及び式(4)によって算出し、JIS Z 8401 の規定によって有効数字を 3 けたに丸める。

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4)$$

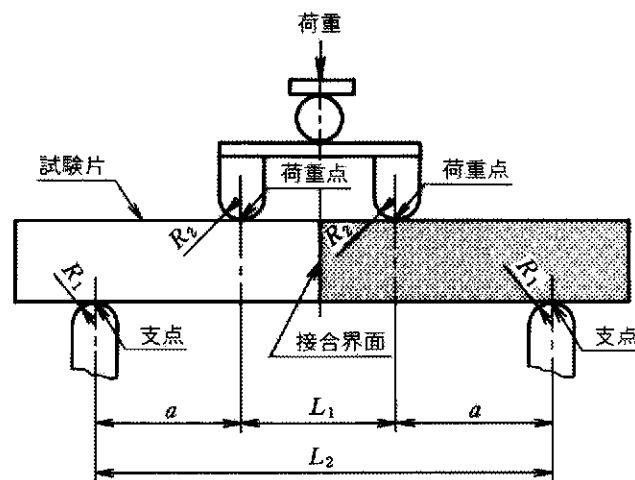
ここに、
 x_i : 個々の試験片の接合曲げ強さの算出値 (Pa)
 $\bar{x}$: 接合曲げ強さの平均値 (Pa)
 S : 標準偏差 (Pa)
 n : 試験片の個数

7. 報告 曲げ強さ試験の結果は、次の項目について報告する。

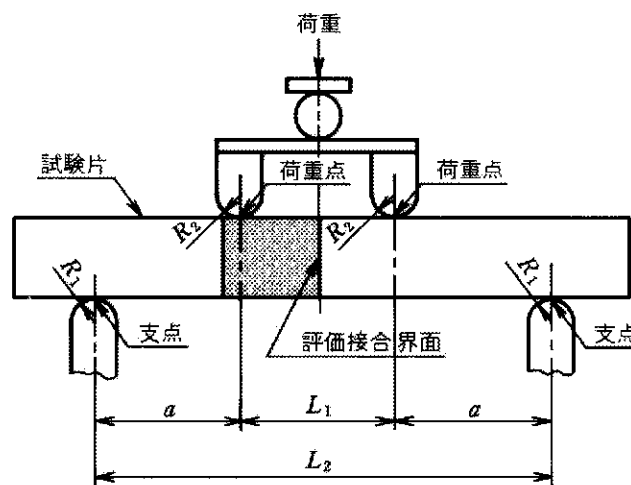
- (1) 試験片の作製方法，切出し位置
- (2) 試験片の種類，断面形状，寸法
- (3) 試験条件（試験機容量，ロードセル，変位速度，雰囲気，温度，昇温及び保持時間，湿度）
- (4) 試験片の表面粗さ
- (5) 試験片の個数
- (6) 接合曲げ強さ（平均値）
- (7) 標準偏差
- (8) 破壊起点，破壊径路及び破面（接合界面が2個以上の場合は，個々の接合界面の破断・未破断）

付図1 支持具と試験片の取付け

(a) A号試験片



(b) B号試験片(評価接合界面1個)

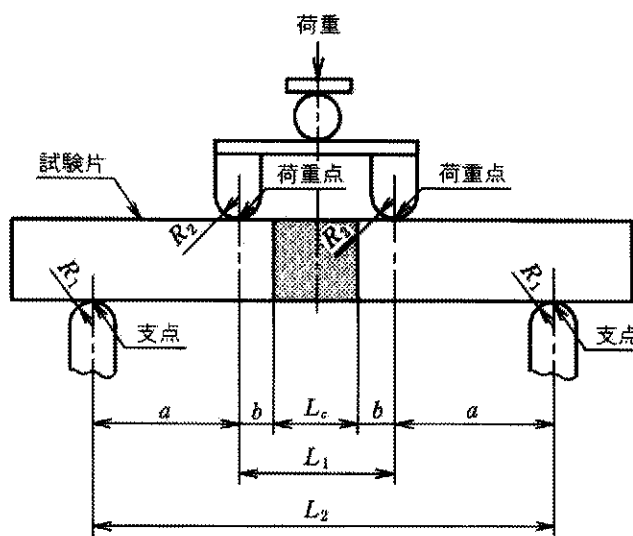


単位 mm					
試験片の種類	R_1	R_2	L_1	L_2	a
推奨試験片	2.0~3.0	0.5~3.0	10 ± 0.5	30 ± 0.5	10 ± 0.5
その他の試験片	2.0~3.0	0.5~3.0	$(1.5 \sim 3.5)t \pm 0.5$	$(4.5 \sim 10.5)t \pm 0.5$	$(1.5 \sim 3.5)t \pm 0.5$

- 備考1.** その他の試験片の断面寸法が推奨試験片以下の場合、推奨試験片の値とする。
2. その他の試験片の場合、公差を除く図面寸法で $L_1 = a$, $L_2 = 3L_1$ とする。
3. t は、付図2及び付図3による。

付図1 (続き)

(c) B号試験片(評価接合界面2個)



単位 mm						
試験片の種類	R_1	R_2	L_1	L_2	a	b
推奨試験片	2.0~3.0	0.5~3.0	10 ± 0.5	30 ± 0.5	10 ± 0.5	2 ± 0.5

備考 その他の試験片の場合、公差を除く図面寸法で $L_c < L_1$, $b \geq 2\text{mm}$, $L_1 = L_c + 2b = a$, $L_2 = 3L_1$ とする。

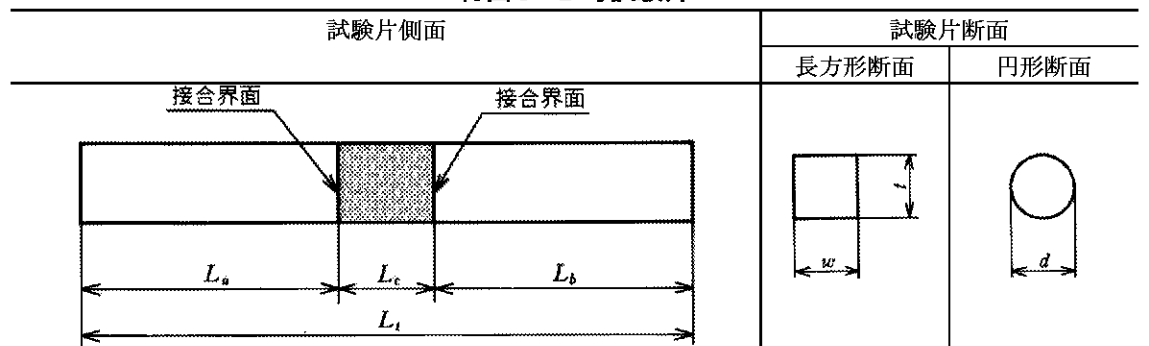
付図2 A号試験片

試験片側面	試験片断面	
	長方形断面	円形断面

単位 mm							
試験片の種類	試験片断面	幅 w	高さ t	直径 d	長さ L_a	長さ L_b	長さ L_t
推奨試験片	長方形断面	6.0 ± 0.1	6.0 ± 0.1	—	18 以上	18 以上	36 以上
	円形断面	—	—	$\phi 6.0 \pm 0.1$	18 以上	18 以上	36 以上
その他の試験片	長方形断面	$w \pm 0.1$	$t \pm 0.1$	—	$3w$ 以上	$3w$ 以上	$6w$ 以上
	円形断面	—	—	$d \pm 0.1$	$3d$ 以上	$3d$ 以上	$6d$ 以上

備考 試験片の上下面の平行度は、JIS B 0621 に規定する 0.02mm 以下とする。

付図3 B号試験片



単位 mm

試験片の種類	試験片断面	幅 w	高さ t	直径 d	長さ L_a	長さ L_b	長さ L_c	長さ L_t
推奨試験片	長方形断面	6.0 ± 0.1	6.0 ± 0.1	—	18 以上	18 以上	(1)	36 以上
	円形断面	—	—	$\phi 6.0 \pm 0.1$	18 以上	18 以上	(1)	36 以上
その他の試験片	長方形断面	$w \pm 0.1$	$t \pm 0.1$	—	$3w$ 以上	$3w$ 以上	(2)	$6w$ 以上
	円形断面	—	—	$d \pm 0.1$	$3d$ 以上	$3d$ 以上	(2)	$6d$ 以上

注(1) 接合方法及び接合形状による制約がない場合、 L_c は6mmとする。

(2) 接合方法及び接合形状による制約がない場合、長方形断面は $L_c = w$ 、円形断面は $L_c = d$ とする。

備考 試験片の上下面の平行度は、JIS B 0621に規定する0.02mm以下とする。

付図4 長方形断面試験片のりょうの丸め又は面取り



単位 mm

試験片の種類	r 及び c
推奨試験片	0.2~0.4
その他の試験片	$(0.03 \sim 0.07) w$

ファインセラミックス接合の曲げ強さ試験方法

原案作成委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	○ 小林英男	東京工業大学
	○ 岡部永年	株式会社東芝
	○ 牧野琢磨	日本ガイシ株式会社
	○ 小坂井守	住友大阪セメント株式会社
	○ 高坂祥二	京セラ株式会社
	○ 河野颯臣	株式会社日立製作所
	阪口修司	工業技術院名古屋工業技術研究所
	佐々木武三	東京都立工業技術センター
	岩崎昌三	株式会社アカシ
	秋山俊夫	株式会社ニコン
	前田豊一	株式会社島津製作所
	大下知之	東芝タンガロイ株式会社
	○ 平野正樹	通商産業省生活産業局
	○ 岡林哲夫	工業技術院標準部
	○ 菅野隆志	ファインセラミックス国際標準化推進協議会
	○ 山田貞夫	社団法人日本ファインセラミックス協会
(事務局)	○ 杉本克晶	社団法人日本ファインセラミックス協会
	備考 ○印は小委員会委員	
	文責 原案作成小委員会	