

論文 せん断破壊性状の違いから見たプレキャスト接合部における目粗しとシアキーの大きさの境界

香取慶一*1・林 静雄*2

要旨: 目粗しとシアキーの大きさの上での境界については、非常にあいまいである。本研究は、破壊性状の違いという視点から、両者の大きさの上での境界を明らかにすることを目的としている。既往の実験結果より、一般に目粗しと認識される凹凸はその底面長さ h と高さ t の比が5を越える様な凹凸であることを明らかにした。また、せん断破壊性状の違いから、直角二等辺三角形形状の凹凸で底面長さ h と高さ t の比が同じでも目粗しと扱うべきものとシアキーと扱うべきものがあることを示し、その両者の境界を明らかにした。

キーワード: プレキャストコンクリート構造, 目粗し, シアキー, せん断力, 破壊性状

1. はじめに

本研究は、破壊性状の違いという視点から、接合部における目粗しとシアキーの大きさの上での境界を明らかにすることを目的としている。

2. 目粗しの形状と破壊性状

2.1 底面長さ h と高さ t の比の分布

2.1.1 試験体

現在、せん断力を受ける「シアキー」の破壊性状を判別する目安として、シアキーの底面長さ h と高さ t (図1参照)の比 h/t を用いて、「 $h/t \leq 5$ ならシアキー底面でのせん断破壊」および「 $h/t > 5$ ならシアキー側面でのコンクリートの圧壊」が一般に用いられている¹⁾。

これをシアキーに限らず「目粗し」にも拡張すると、「せん断力を受ける $h/t > 5$ なる凹凸は、側面角度によらず凹凸側面でのコンクリートの圧壊」という破壊性状を示すとも予想される。そこで、参考文献2)~4)で取り扱った試験体(表1に示す78体で、以後「目粗し試験体」と名付ける)について、接合面粗さ測定の結果を基に、目粗しの底面長さ h と高さ t を図2の様に定め、 h/t の値の頻度分布を求める。

これら試験体は、各参考文献で「試験体の先

打ち部分」と称しているものであり、形状は図3に示す通りである。コンクリート打設終了後約90分を目標に、その接合面上に生じるブリーディング水を布などで除去し、2.1.2項に示す通り接合面に粗さ処理を施す。処理後およそ3日間常温常圧空气中で養生後、2.1.3項に記す方法で接合面粗さ測定を行う。

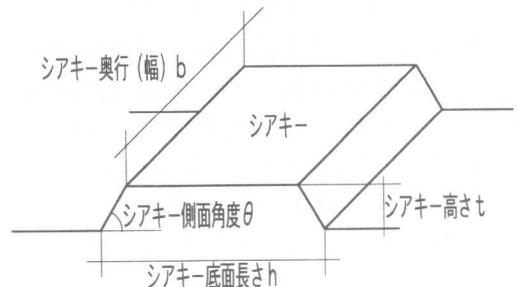


図1 シアキーの形状

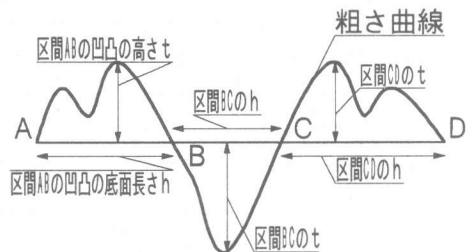


図2 目粗しにおける底面長さ h と高さ t

*1 東京工業大学助手 建築物理研究センター 工修 (正会員)

*2 東京工業大学教授 建築物理研究センター 工博 (正会員)

試験体製作に用いたコンクリートは、セメントとして普通ポルトランドセメント、粗骨材として碎石(ふるいにより最大粒径寸法 20mm)、細骨材として川砂を用いた。

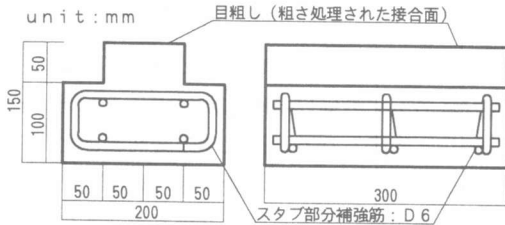


図3 目粗し試験体の詳細図

2.1.2 接合面粗さ処理

試験体で採用した接合面粗さ処理(表1参照)は、下記3パターンの合計9種類である。

(1) 面材による押し付け形成

市販の工作用杉材、JAS(日本農林規格)の「コンクリート型わく用合板」に合致する合板、表面を磨き処理した鋼板、高さ5mmで底辺(斜辺)10mmの直角二等辺三角形形状の凹凸処理を施した山形鋼板の合計4種類。

(2) コンクリート硬化前に行う手処理

高さ約20mmで底辺約25mmの不規則な形状の三角形の突起を持つ目粗し鉄板による粗し処理、左官用金鋳による鋳押さえ、左官用ささら刷毛を用いた刷毛引きの合計3種類。

(3) コンクリート硬化後に行う手処理

ワイヤーブラシ掛けによる目粗し、金のみ

による手ばつりの合計2種類。

2.1.3 接合面粗さ測定

接合面の長さ方向に引いたある特定の線(「測線」と呼ぶ)上の凹凸によって接合面全体の粗さを代表できると仮定し、測線上の粗さ測定を行った。測線は、図4に示す通り試験体により1本または2本とした。測定にはレーザー光式変位計を用いた。

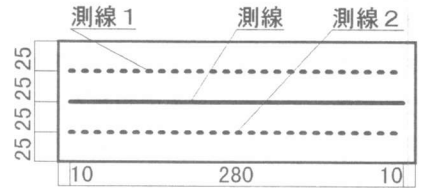


図4 接合面上の測線位置図

2.2 測線上のh/tの値の頻度分布

表2に、各測線上での粗さ測定結果から得られたh/tの値の頻度分布を示す。9種類の粗さ処理方法のうち、山形鋼板押し付けにより粗さ処理を施された試験体(h/t=2となる凹凸を形成する様に意図したもの)を除き、h/tが5を上回る凹凸の割合が大きい。すなわち、一般に目粗しと認識される様な接合面粗さ処理方法を行うと、全凹凸に対して概ねh/tが5を上回る様な凹凸がかなりの割合を占める様な接合面が形成されることが考えられる。

表1 目粗し試験体一覧

接合面粗さ処理方法 試験体出典 (測線本数)	試験体名		
	参考文献2)(測線1本)	参考文献3)(測線2本)	参考文献4)(測線2本)
杉材押し付け	1, 9, 12, 38		
JAS合板押し付け	4, 20, 28, 35		
磨き鋼板押し付け	24, 32, 37,	13, 14, 15, 16, 17, 18, 28, 29, 30	4, 5, 6, 10, 11, 12
山形鋼板押し付け		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 25, 26	1, 2, 3, 7, 8, 9
目粗し鉄板掛け	2, 3, 7, 18, 21, 25, 29, 30, 31, 40, 41		
左官用金鋳押さえ	8, 27, 36		
ささら刷毛引き	23, 26, 34, 39,	19, 20, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33	
ワイヤーブラシ掛け	6, 33		
のみ手ばつり	10, 11, 19		

※参考文献2)での「鉄板あらし」は上表の「目粗し鉄板掛け」のこと。また、参考文献3)での「鉄板あらし」は上表の「山形鋼板押し付け」のこと。

表2 各粗さ処理方法ごとの h/t の頻度分布

接合面粗さ処理方法 (試験体数および測線数)		木床押し付け (4体4本)	目粗し銑研掛け (11体11本)	JAS 合板押し付け (4体4本)	ワヤアタ掛け (2体2本)	左官用金網平さえ (3体3本)
凹凸全体に占める	範囲%	9.6~90.2	8.6~91.5	77.5~87.9	78.9~83.0	86.3~91.7
h/t ≥ 5 の凹凸の割合	平均%	80.7	41.3	83.4	81.0	89.6

接合面粗さ処理方法 (試験体数および測線数)		のみ手ばつり (3体3本)	さらさら刷毛引き (13体22本)	磨き鋼板押し付け (18体33本)	山形鋼板押し付け (20体40本)
凹凸全体に占める	範囲%	73.6~80.7	28.9~86.7	43.1~100	0~53.2
h/t ≥ 5 の凹凸の割合	平均%	78.1	50.6	67.8	5.3

2.3 目粗し試験体の接合面せん断破壊性状

目粗し試験体のうち、参考文献2)で「接合面滑り破壊“SS”」とされた試験体と参考文献3)および4)の全試験体について、その破壊性状を詳しく見てみると、粗さの凹凸にほぼ沿った窪みなど凹凸の側面圧壊の発生を示す現象や明らかに凹凸の側面圧壊とわかる現象が確認された(写真1参照)。

これより、目粗し試験体の接合面は、せん断力を受ける場合に接合面の凹凸の側面圧壊が生じると判断される。

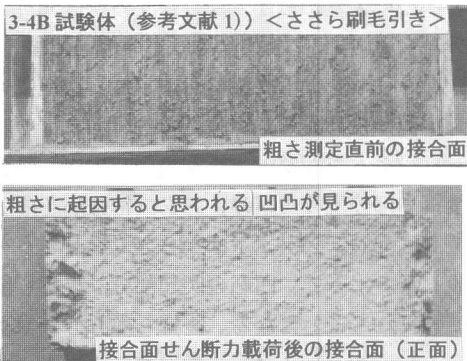


写真1 目粗し試験体の接合面と破壊性状

2.4 直角二等辺三角形形状の凹凸の破壊性状

表1の「山形鋼板押し付け」試験体の接合面は、h=10mmでt=5mm(h/t=2)となる直角二等辺三角形形状の凹凸が規則正しく並んでいる。h/t=2であるので、これをシアキーと見なすならば、2.1.1項にある「底面がせん断破壊するシアキー」の条件に合致しているが、写真2に示す通り明らかに凹凸の側面圧壊となっている。すなわち、このような形状の凹凸はシアキーでは

なく目粗しと判断される。

一方、参考文献5)でシアキーとして取り扱った凹凸のうち、h=40mmでt=20mm(h/t=2)となる直角二等辺三角形形状の凹凸は、いずれも写真3の通り凹凸底面のせん断破壊を生じている。これは、2.1.1項に示したシアキーの破壊性状に関する既往の研究結果とも一致する。よって、このような形状の凹凸はシアキーと見なすことができる。

すなわち、h/t=2となるh=10mmでt=5mmとなる直角二等辺三角形形状の凹凸と、同じくh/t=2ながらh=40mmでt=20mmとなる直角二等辺三角形形状の凹凸との間に、目粗しとシアキーの絶対値としての大きさの上での境界があると判断される。

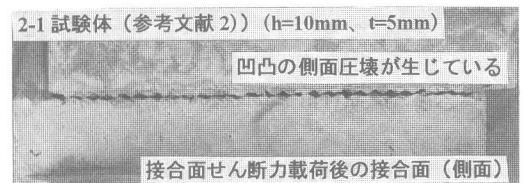


写真2 側面圧壊した h/t=2 の凹凸

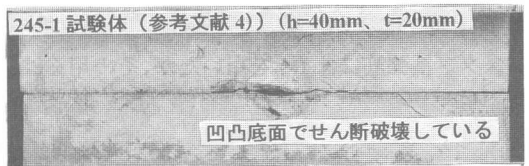


写真3 底面せん断破壊した h/t=2 の凹凸

3. 破壊性状の違いから見た目粗しとシアキーの大きさの上での境界

3.1 実験概要

3.1.1 試験体

2.4 節より、 h/t を 2 と一定にした上で、 h および t を変化させた凹凸のある接合面を有する試験体を製作し、そのせん断破壊性状の違いから目粗しとシアキーの境界を求める。

試験体一覧を表 3 に、また試験体詳細を図 5 および図 6 に示す。試験体の概略は、参考文献 2)～5)と同じである。試験体における「接合面」とは、先打ち・後打ち両部分の境界、すなわち両部分のコンクリートの打継ぎ面のことである。試験体は先打ち部分と後打ち部分それぞれ凸字型断面をなし、試験体全体では I 型断面となっている。試験体の変動要因は、直角二等辺三角形形状凹凸（目粗し、シアキー）の底面長さ h と高さ t であり、2.4 節の結果から、 $h=20\text{mm}$ で $t=10\text{mm}$ および $h=30\text{mm}$ で $t=15\text{mm}$ の 2 パターンとした。なお、実験結果のばらつきを考慮して同一変動要因の試験体を各 3 体ずつ合計 6 体製作した。

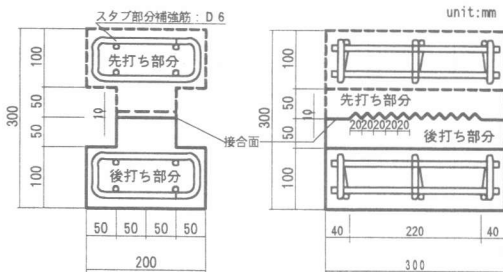


図 5 試験体詳細図 (10-20 試験体)

試験体製作に使用したコンクリートは、参考文献 2)～5)と同様に、普通ポルトランドセメント、砕石粗骨材、川砂細骨材を用いた。力学的性質は表 3 に示す。

スタブ補強筋には D6 を用いたが、その用途は

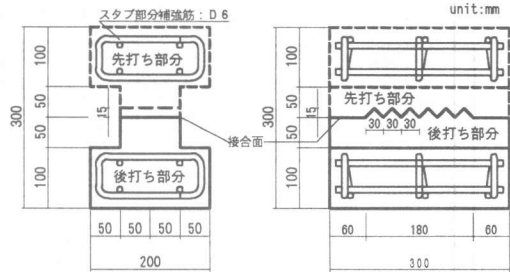


図 6 試験体詳細図 (15-30 試験体)

スタブの補強のみであり、鉄筋は実験結果に影響を及ぼさないと判断し、その物性値は実験の検討には用いない。

参考文献 5)と同様に、シアキー部分での破壊を確実に誘発させるするために、外部からの拘束力をスクリージャッキにより加えた。

3.1.2 試験体製作順序

試験体製作順序は、図 7 に示す通り、まず先打ち部分型枠を組み、接合面と接する型枠（磨き鋼板）面上に凹凸を形成するための鉄製の凹凸型枠（表面は磨き処理）を配置した。すなわち、凹凸により凹凸部分が存在する側は先打ち部分となる。スタブ補強筋を所定の位置に配し、コンクリートを参考文献 4)および 5)と同様にスタブ下面から打設した。先打ち部分のコンクリート打設後 6 日間常温常圧空气中で養生した後、後打ち部分型枠を組み、スタブ補強筋を所定の位置に配し、スタブ下面からコンクリートを打設した。よって、凹凸の突起部分は後打ち部分に含まれることになる。後打ち部分のコンクリート打設後およそ 50 日常温常圧空气中で養生し、養生後に型枠を脱型し、試験体を完成させた。

3.1.3 接合面へのせん断力の载荷方法と外部拘束力の载荷方法

表 3 試験体一覧

試験体名	詳細試験体名	凹凸の形状と個数			コンクリート強度(MPa)					
		底面長さ	高さ	個数	先打ち部分			後打ち部分		
					木枠齡 (日)	圧縮強度	引張強度	木枠齡 (日)	圧縮強度	引張強度
10-20	10-20-1, 10-20-2, 10-20-3	$h=20\text{mm}$	$t=10\text{mm}$	11	58	240	201	52	201	195
15-30	15-30-1, 15-30-2, 15-30-3	$h=30\text{mm}$	$t=15\text{mm}$	6						

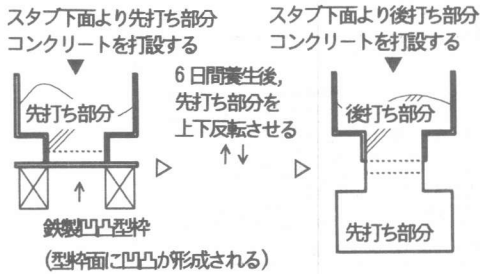


図7 試験体製作順序

荷重装置の全景図を図8に示す。参考文献2)～5)と同様に、S型荷重方法に鉄製平行クランクを表裏1組ずつ取り付けただで、接合面にせん断力 Q を荷重した。荷重は1470kNねじ制御式インストロン型試験機を用いた1方向単調荷重とした。

外部からの拘束力を作用させるスクリージャッキの頂部にはロールベアリングを装着し、試験体とスクリージャッキが常に垂直になる様にした。そして、実験開始時にはこのスクリージャッキとL型荷重フレームが軽く接触する程度(すなわち拘束力ゼロ)とし、せん断力荷重による滑り変位の発生にともなう目開き変位の発生を拘束しようとすることで生じる反力(すなわち拘束力)が自然に増加する様にした。

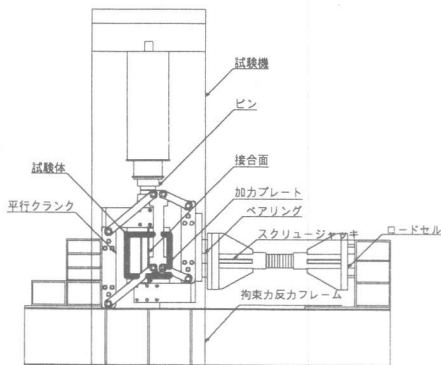


図8 荷重装置図

3.2 実験結果 (破壊性状)

実験結果を表4に、また試験体の荷重終了後の破壊状況を写真4に示す。せん断力荷重による試験体の破壊形式は、荷重途中での目視による観察の結果、10-20-1試験体と15-30-1試験体

の2体は凹凸底面のせん断破壊でも凹凸側面の圧壊でもない破壊形式となったが、他の4体はいずれも凹凸の底面せん断破壊となった。

よって、 $h=20\text{mm}$ で $t=10\text{mm}$ および $h=30\text{mm}$ で $t=15\text{mm}$ のいずれでも、凹凸の底面せん断破壊が生じると判断される。すなわち、底面せん断破壊と側面圧壊の境界は、 $h=10\text{mm}$ で $t=5\text{mm}$ と $h=20\text{mm}$ で $t=10\text{mm}$ の間にあると推定され、「 $h=10\text{mm}$ で $t=5\text{mm}$ の直角二等辺三角形形状凹凸は目粗し」として、また「 $h=20\text{mm}$ で $t=10\text{mm}$ の直角二等辺三角形形状凹凸はシアキー」として取り扱うべきと考えられる。

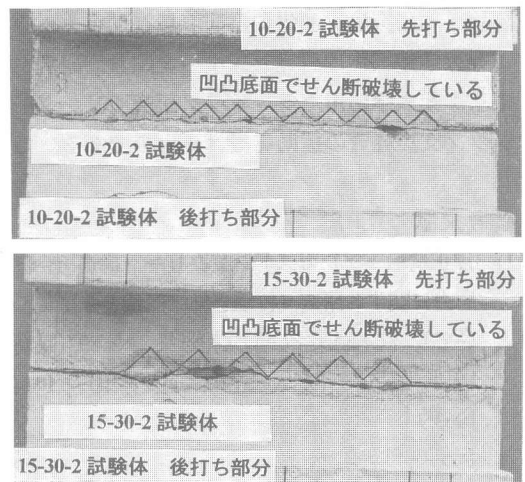


写真4 試験体のせん断破壊性状

4. 結論

本研究で下記の知見を得た。

- 1) 一般に目粗しと認識される様な接合面粗さ処理方法を行うと、凹凸の高さ t に対する底面長さ h の比 h/t が5を上回る様な凹凸が多く形成される。
- 2) 目粗しと認識される粗さ処理を施された接合面は、せん断力を受ける場合に接合面の凹凸の側面圧壊が生じる。
- 3) 直角二等辺三角形形状の凹凸を例にすると、底面せん断破壊と側面圧壊の境界は $h=10\text{mm}$ で $t=5\text{mm}$ と $h=20\text{mm}$ で $t=10\text{mm}$ の間にあると推定される。よって、「 $h=10\text{mm}$

表 4 実験結果一覧

試験体名	最大耐力 Q_{max} (kN)	破壊生状
10-20-1	87.46	凹凸底面以外でのせん断破壊 (凹凸側面圧壊発生せず)
10-20-2	81.20	凹凸底面でのせん断破壊 (凹凸側面圧壊発生せず)
10-20-3	82.03	凹凸底面でのせん断破壊 (凹凸側面圧壊発生せず)
15-30-1	100.90	凹凸底面以外でのせん断破壊 (凹凸側面圧壊発生せず)
15-30-2	86.30	凹凸底面でのせん断破壊 (凹凸側面圧壊発生せず)
15-30-3	60.21	凹凸底面でのせん断破壊 (凹凸側面圧壊発生せず)

で $t=5\text{mm}$ の直角二等辺三角形形状凹凸は目粗し」として、また「 $h=20\text{mm}$ で $t=10\text{mm}$ の直角二等辺三角形形状凹凸はシアキー」として取り扱うべきと考えられる。

謝辞：本研究は文部省科学研究費補助金，東京工業大学建築物理研究センター全国共同研究，東京工業大学応用セラミックス研究所リーダーシップ支援経費の援助を受けたものである。

参考文献

- 1) 黒正清治：プレカストコンクリート構造接合部耐力に関する研究（打継ぎ部の形状と強度について），日本建築学会論文報告集，No.89（臨時増刊 昭和 38 年度大会学術講演要旨集），p.141，1963.9
- 2) 槇谷貴光，香取慶一，林静雄：コンクリート打継ぎ面における表面粗さの評価とせん断力伝達能力に関する実験研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17，No.2，171-176，1995
- 3) 牛垣和正，香取慶一，林静雄：コンクリート打継ぎ面における表面粗さの評価とせん断力伝達に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.2，1205-1210，1996
- 4) 香取慶一，林静雄，乗物丈巳，羽田和幸：コンクリート打継ぎ面に直交する鉄筋の挙動と打継ぎ面粗さの関係に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，1263-1268，1997
- 5) 乗物丈巳，香取慶一，山本直孝，林静雄：プレキャスト接合部におけるシアキーのせん断挙動に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，1245-1250，1997