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と 高さの比が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、直角二等辺三角形状の凹凸で底面長さと高さ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 底辺長さと高さとの比の分布

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 b/tを用いて, 「b/t ≦5 ならシアキー底面でのせん断破壊」および 「b/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 b/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、 b/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 間常温常圧空気中で養生後、2.1.3 項に記す方法 で接合面粗さ測定を行う。



*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)

-853-

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、粗骨材として砕石 (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。



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 の三角形状の突起を持つ目粗し鉄板による粗し 処理,左官用金鏝による鏝押さえ,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。



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 b/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(b/t=2となる凹凸を形成す る様に意図したもの)を除き,b/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 b/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 ると考えられる。

表1 目粗し試験体一覧

接合面粗さ処理方法	試験体名						
試験体出典 (測線本数)	参考文献 2) (湖線1本)	参考文献 3) (測線 2 本)	参考文献4)(湖線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						
左官用金銭押さえ	8, 27, 36	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
ささら刷毛引き	23, 26, 34, 39,	19, 20, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33					
ワイヤーブラン目りナ	6, 33						
のみ手ばつり	10, 11, 19	t _	e				

※参考文献20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。

一般地であたい現象数		(4体4本)	(11体11本)	(4体4本)	(2体2本)	(3体3本)	
凹企体に占める	範囲%)	69.6~902	86~91.5	<i>T15~</i> 879	789~83.0	86.3~91.7	
hkとの凹り離合	平均%)	80.7	41.3	83.4	81.0	89.6	
接合面相之处理方法			のみ手ばつり	ささら刷铝き	磨き鋼板押し付け	山形鋼板押し付け	
(武策体教はおよび削制数)			(3体3本)	(13体22本)	(18体33本)	(20体40本)	

73.6~80.7

781

表2 各粗さ処理方法ごとの h/t の頻度分布

2.3 目粗し試験体の接合面せん断破壊性状

範囲(%)

平均%

凹山全体に占める

hkとの凹の割合

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。



2.4 直角二等辺三角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(b/t=2)となる直角二等 辺三角形状の凹凸が規則正しく並んでいる。 b/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、この様な形状の凹凸はシアキーでは なく目粗しと判断される。

289~867

50.6

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状の凹凸は,いずれも写 夏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, この様な形状の凹凸はシアキーと見なすことが できる。

43.1~100

67.8

0~532

53

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。





- 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, ht 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がそれぞれ凸 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=20mmで t=10mm および h=30mm で t=15mm 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。



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



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 束力をスクリュ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、凹凸により凹む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日間常温常圧空気中で養生した後 に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 日常温常圧空気中で養 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載荷方法と外 部拘束力の載荷方法

		凹凸の形状と個数			コンクリート強度MPa					
試験	試験 詳細式的本名				先打ち部分			後打ち部分		
体名		庭面長さ	高	儼数	材齢	田純地度	割裂锥	材齢	田織健	割裂渡
					(E)		-	围	$\sigma_{\rm B}$	$\sigma_{ m t}$
10-20	10-20-1, 10-20-2, 10-20-3	h=20mm	t=10mm	11	58	24.0	2.01	52	201	195
15-30	15-30-1, 15-30-2, 15-30-3	h=30mm	t=15mm	6	n.					

表3 試験体一覧



載荷装置の全景図を図8に示す。参考文献2) ~5)と同様に、S型載荷方法に鉄製平行クラン クを表裏1組ずつ取り付けた上で、接合面にせ ん断力Qを載荷した。載荷は1470kNねじ制御 式インストロン型試験機を用いた1方向単調載 荷とした。

外部からの拘束力を作用させるスクリュージ ャッキの頂部にはロールベアリングを装着し, 試験体とスクリュ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 ュージャッキとL型載荷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 載荷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。



3.2 実験結果(破壊性状)

実験結果を表4に,また試験体の載荷終了後 の破壊状況を写真4に示す。せん断力載荷によ る試験体の破壊形式は,載荷途中での目視によ 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=20mm で t=10mm および h=30mm で t=15mm 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=10mm で t=5mm と h=20mm で t=10mm の間にあると推定され, 「h=10mm で t=5mm の直角二等辺三角形状凹凸 は目粗し」として,また「h=20mm で t=10mm の直角二等辺三角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。

- 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ht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。
- 直角二等辺三角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=10mmでt=5mmとh=20mmでt=10mmの 間にあると推定される。よって、「h=10mm

試験 体名	最大耐力 Q _{max} (kN)	破壞性状
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壞(凹凸側面圧壞発生せず)
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)

表4 実験結果一覧

で t=5mm の直角二等辺三角形状凹凸は目粗 し」として,また「h=20mm で t=10mm の直 角二等辺三角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) 槙谷貴光, 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:コンクリート打練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