

# 論文 ウォータージェット処理を施したコンクリート接合面の表面粗さが接合面せん断耐力に与える影響に関する研究

引寺 隆世<sup>\*1</sup>・Onur Gedik<sup>\*2</sup>・栗田 康平<sup>\*3</sup>・田才 晃<sup>\*4</sup>

**要旨:** 既存 RC 建築物の補強時に生じるコンクリート接合面のせん断耐力を対象として、一様な目荒らし面を形成できるウォータージェット工法に非接触式計測機器を用いて、表面粗さおよびアンカー筋比をパラメータとした直接せん断実験を行った。実験の結果、接合面の表面粗さを粗くすることにより、微小変形時の固着耐力およびかみ合い耐力が向上することを確認した。また、実験の結果よりアンカー筋比および表面粗さの影響を定量的に評価したコンクリート接合面のせん断耐力推定式を提案した。

**キーワード:** ウォータージェット工法, せん断耐力, 接合部, 表面粗さ, 固着抵抗, かみ合い抵抗

## 1. はじめに

現在、強度および靱性能の不足する既存 RC 建築物への耐震補強方法として、既存架構への外付け枠組みブレースの増設(以下外付け補強)が一般的に行われている。この補強工法には施工時に建築物内部の使用を継続できるという利点があり、需要が高い。

外付け補強を行う際、既存部と新設部の接合面には、鉄筋によるダボ抵抗を期待したあと施工アンカーの打設と、接合面同士の固着抵抗の増大を期待した既存躯体表面の目粗しの併用が一般的である。また、現在外付け補強を行う際に一般的に用いられている「外側耐震改修マニュアル<sup>1)</sup>(以下外付け指針)」では、「適切な表面処理を施し十分な固着抵抗が得られるよう設計し、接合面に生じるせん断力が固着抵抗によるせん断耐力以下に収まるように設計することが望ましい」とされている。

しかし、現在「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修指針<sup>2)</sup>(以下耐震改修指針)」および外付け指針において提案されている接合面のせん断耐力式では、あと施工アンカーのせん断降伏とコンクリートの支圧破壊によって接合面のせん断耐力が決まり、固着抵抗の影響は考慮されていない。その理由として、接合面の目粗しを定量的に評価することが難しいこと、各抵抗機構の耐力が発揮される変形が違うことなどが挙げられる。

一方、コンクリート表面の目粗しの手法の一つとして、ウォータージェット(以下 WJ)工法がある。この WJ 工法とは、高圧水流を処理面に噴射するものであり、手研りと比較し均一な目粗し面を形成できる。また、WJ 処理面に対しレーザーを用いた非接触式計測技術を用いることにより表面粗さの定量的評価が可能であるという研究(文献<sup>3)</sup>等)もなされている。

そこで、本研究では WJ 工法により目荒らしを施したコンクリート接合面の直接せん断実験を行い、実験結果よりせん断耐力に影響を与える要因を整理し、表面粗さの影響を定量的に評価したせん断耐力推定式の提案を目的とする。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体概要

本実験では、既存部コンクリート強度(低強度および普通強度)、粗骨材形状、表面粗さおよびアンカー筋比をパラメータとした試験体を計 16 体製作した。図-1 に試験体形状を、表-1 に試験体およびパラメーター一覧を示す。既存部新設部共に、高さ 420×幅 450×厚さ 350[mm]とし、試験面は高さ 350×幅 200[mm]、接合面積は 70000[mm<sup>2</sup>]とした。接合面以外の部分はウレタンシート(t=3mm)を用い絶縁を行った。

あと施工アンカーはエポキシ系樹脂を用いたカプセル型の接着系アンカーとし、D10(SD295A)を使用した。

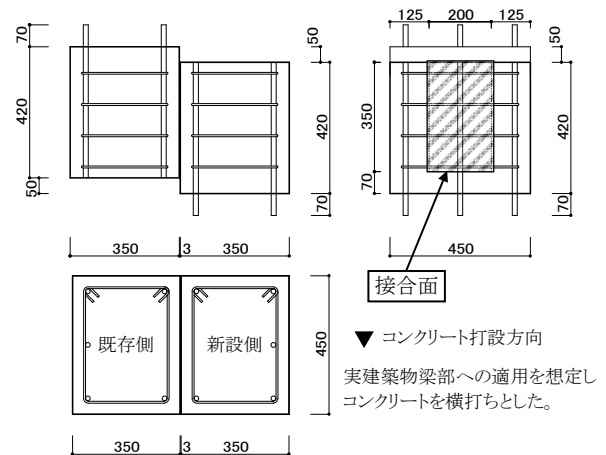


図-1 試験体形状 [mm]

\*1 横浜国立大学大学院 工学府 社会空間システム学専攻 博士課程前期 (正会員)

\*2 横浜国立大学大学院 工学府 社会空間システム学専攻 博士課程後期 修士(工学) (正会員)

\*3 株式会社 大林組 技術研究所 (正会員)

\*4 横浜国立大学大学院 工学研究院 教授・工博 (正会員)

表-1 試験体およびパラメーター一覧

No.	既存部 F <sub>c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	新設部 F <sub>c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	既存部 粗骨材 種別	表面粗さ K [mm]	アンカー筋比 Pa
1	12 (低強度)	24	碎石	0 (目標値)	0.00204 (2-D10) 0.00408 (4-D10)
2				-	
3				2 (目標値)	0.00204 (2-D10) 0.00408 (4-D10)
4				-	
5				3 (目標値)	0.00204 (2-D10)
6				-	
7				0 (目標値)	0.00204 (2-D10) 0.00408 (4-D10)
8	24 (普通強度)	24	碎石	0 (目標値)	0.00204 (2-D10) 0.00408 (4-D10)
9				-	
10				2 (目標値)	0.00204 (2-D10) 0.00408 (4-D10)
11				-	
12				3 (目標値)	0.00204 (2-D10)
13				-	
14				2 (目標値)	0.00204 (2-D10) 0.00408 (4-D10)
15	12	24	玉砂利	2 (目標値)	0.00204 (2-D10)
16				3 (目標値)	0.00204 (2-D10)

F<sub>c</sub>:コンクリート設計基準強度

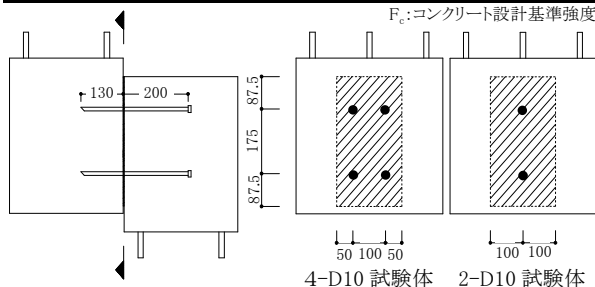


図-2 アンカー筋位置図 [mm]

表-2 各種材料強度一覧

コンクリート	粗骨材 形状	F <sub>c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>b</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	割裂引張強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	ヤング係数E <sub>c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
既存部	碎石	12	14.0	1.36	2.30×10 <sup>4</sup>
	玉砂利	12	17.1	1.72	2.29×10 <sup>4</sup>
	碎石	24	24.9	2.39	3.20×10 <sup>4</sup>
新設部	碎石	24	35.5	2.78	2.69×10 <sup>4</sup>

アンカー筋	降伏強度σ <sub>y</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	降伏歪ε <sub>y</sub> [%]	引張強度σ <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ヤング係数E <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
D10(SD295A)	385	0.210	522	1.89×10 <sup>5</sup>

F<sub>c</sub>:コンクリート設計基準強度, σ<sub>b</sub>:コンクリート圧縮強度

本実験ではアンカー筋の全長を 34d<sub>b</sub> (d<sub>b</sub>:アンカー筋径) とし、先端部を 45° に切断したものを用了。アンカー筋の有効埋込み深さを 12d<sub>b</sub>、新設部への埋め込み深さを 20d<sub>b</sub> とした。アンカー筋打設位置を図-2 に、試験体の各種材料強度一覧を表-2 に示す。

## 2.2 加力方法および計測項目

加力は試験体上下に鋼製の加力器具を取り付け、アムスラー型万能試験機を用い、試験面が純せん断状態となるように一方向単調荷重を行った。荷重計測には万能試

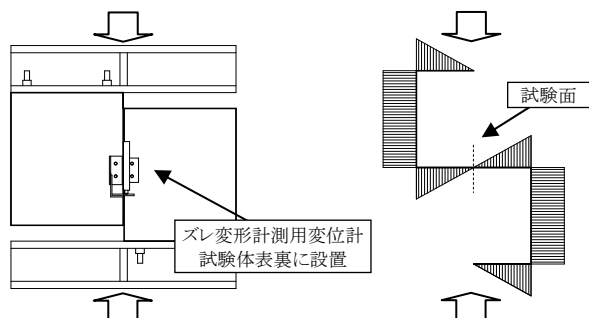


図-3 試験体セットアップ状況およびモーメント図

験機内蔵ロードセルを用い、試験体のズレ変形は試験体表裏に設置した変位計の計測値の平均とした。試験体セットアップ状況およびモーメント図を図-3 に示す。

## 2.3 ウォータージェットによる目荒らしについて

WJ による目荒らしの状況を写真-1 に、レーザー式距離計による計測の状況を写真-2 に示す。



写真-1 WJ 状況

写真-2 凹凸計測状況

WJ はノズルの穴数や吐出圧力、および吐出方法によって研り部分の状態が異なるが、コンクリート表面の目荒らしを目的とすることから、複数のノズルを高速回転させながら、水のみを吐出させる方法(ロータージェット方式)とした。また試験体の目荒らし面を均質にするため、送り装置を用いてノズルの移動速度を一定にした。本実験では、目荒らし後の表面粗さの状況を数値的に把握するために、レーザー式距離計を用いて表面の凹凸を 0.1mm 間隔で計測した。本研究では、表面粗さの指標として目荒らしをされていない表面間を結んだ面を基準とし、この面と研り後の高さ計測値の差から求めた深さの平均値を表面粗さ K と定義した。この表面粗さ K がパラメータ設定時の表面粗さ(目標値)と近い値となるよう、WJ の吐出圧力を変化させながら、ノズル径、離間距離を調整した。

図-4 に各試験体の目荒らし状況を示す。表面粗さ K は、概ね当初に計画した値に形成することができた。

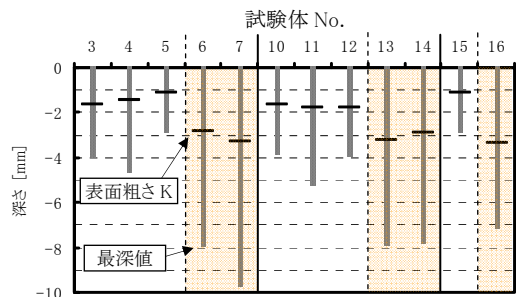


図-4 各試験体目荒らし状況

## 3. 実験結果

実験結果および現行のせん断設計強度との比較を表-3 に、各試験体のズレ変形が 1mm 以下の微小変形時と大変形時の荷重-変形関係を図-5 に示す。せん断設計強度は耐震改修指針<sup>2)</sup> による以下の式を用いた。

$$Q_a = \min[Q_{a1}, Q_{a2}] \quad (1)$$

$$Q_{a1} = 0.7 \cdot \sigma_y \cdot s_a e \quad (2)$$

$$Q_{a2} = 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_b} \cdot s_a e \quad (3)$$

ここで、

$\sigma_y$  : アンカー筋の降伏強度 [N/mm<sup>2</sup>]

$s_a e$  : 接合面におけるアンカー筋断面積 [mm<sup>2</sup>]

$\sigma_b$  : 既存部のコンクリート圧縮強度 [N/mm<sup>2</sup>]

$E_c$  : 既存部コンクリートのヤング係数 [N/mm<sup>2</sup>]

各試験体ともズレ変形0.04~0.09mm程度までは弾性的な挙動を示したが、その後接合面の固着を喪失し急激に変形が進んだ。本研究ではこの時点での接合面応力を固着耐力と定義する。アンカー筋を配した試験体では接合面の固着を喪失した後もNo.1以外の耐力は緩やかに上がり続け最大耐力に達した後、急激に耐力が低下した。本研究では、この時点での接合面応力をかみ合い耐力と定義する。また、アンカー筋比の等しい試験体同士を比

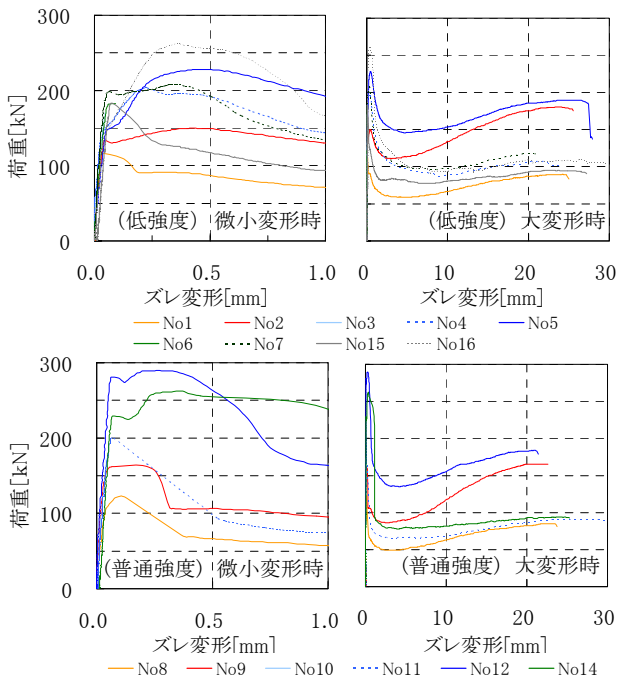


図-5 各試験体荷重-ズレ変形関係

較すると、かみ合い耐力後の耐力低下は表面粗さが高くなるに連れて緩やかになる傾向があった。その後加力を進め、変形5mm付近から再び荷重が上昇し始め、25mm付近でアンカー筋による上限荷重に達し、アンカー筋の破断による破壊となった。アンカー筋の無い試験体では接合面の固着を喪失した後急激に耐力を喪失し、固着耐力が最大耐力となった。アンカー筋を配した試験体の最大耐力は、試験体No2とNo9を除き全てかみ合い耐力であった。次章以降の耐力評価においては試験体No2とNo9の最大耐力は微小変形時のかみ合い耐力で計算する。

#### 4. 考察

既往の研究<sup>1)4)</sup>により、純せん断を受けるコンクリート接合面のせん断抵抗機構は微小変形時に作用する、接合面の状態による固着抵抗および接合面の凹凸のかみ合い抵抗と、大変形時に作用するアンカー筋によるダボ抵抗に分類される。また、本研究での「かみ合い抵抗」とは、文

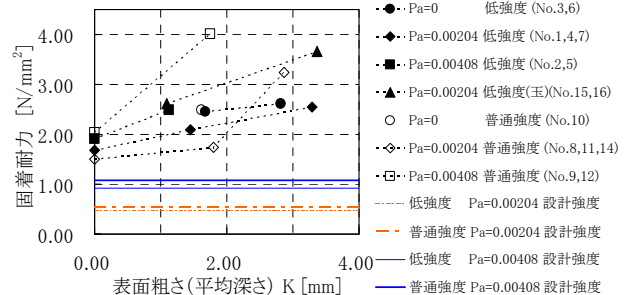


図-6 固着耐力-表面粗さ関係

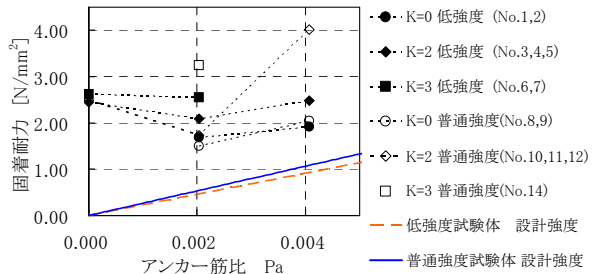


図-7 固着耐力-アンカー筋比関係

表-3 各試験体実験結果一覧

No.	表面粗さ K (平均深さ) mm	アンカー筋比 Pa	設計 強度 kN	固着耐力(剛性低下時の耐力)				かみ合い耐力				大変形時の耐力			
				耐力		変形 mm	設計強度 との比	耐力		変形 mm	設計強度 との比	耐力		変形 mm	設計強度 との比
				kN	N/mm <sup>2</sup>			kN	N/mm <sup>2</sup>			kN	N/mm <sup>2</sup>		
1	0/ 0.00	0.00204 (2-D10)	32.3	118	1.68	0.038	3.6	118	1.68	0.038	3.6	90	1.28	24.2	2.8
2	0/ 0.00	0.00408 (4-D10)	64.7	134	1.91	0.048	2.1	150	2.14	0.650	2.3	181	2.58	23.9	2.8
3	2/ 1.68	-	0.0	172	2.45	0.048	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	2/ 1.45	0.00204 (2-D10)	32.3	147	2.09	0.040	4.5	203	2.90	0.365	6.3	108	1.54	21.4	3.3
5	2/ 1.12	0.00408 (4-D10)	64.7	174	2.48	0.050	2.7	229	3.26	0.473	3.5	190	2.71	25.8	2.9
6	3/ 2.81	-	0.0	183	2.61	0.093	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	3/ 3.29	0.00204 (2-D10)	32.3	178	2.55	0.043	5.5	208	2.96	0.343	6.4	118	1.68	19.9	3.6
8	0/ 0.00	0.00204 (2-D10)	37.9	105	1.50	0.040	2.8	123	1.76	0.120	3.2	84	1.19	23.6	2.2
9	0/ 0.00	0.00408 (4-D10)	75.9	143	2.04	0.033	1.9	163	2.32	0.070	2.1	165	2.36	21.5	2.2
10	2/ 1.61	-	0.0	175	2.49	0.048	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	2/ 1.80	0.00204 (2-D10)	37.9	121	1.73	0.028	3.2	200	2.86	0.073	5.3	91	1.30	28.5	2.4
12	2/ 1.75	0.00408 (4-D10)	75.9	281	4.02	0.063	3.7	290	4.14	0.240	3.8	141	2.02	25.4	1.9
13	3/ 3.19	-	0.0	(施工不良により耐力発揮されず)											
14	3/ 2.87	0.00204 (2-D10)	37.9	227	3.24	0.065	6.0	262	3.75	0.373	6.9	93	1.33	22.7	2.5
15	2/ 1.09	0.00204 (2-D10)	35.8	183	2.62	0.075	5.1	183	2.62	0.075	5.1	95	1.36	22.9	2.7
16	3/ 3.37	0.00204 (2-D10)	35.8	127	1.81	0.035	3.5	256	3.66	0.485	7.2	110	1.57	26.5	3.1

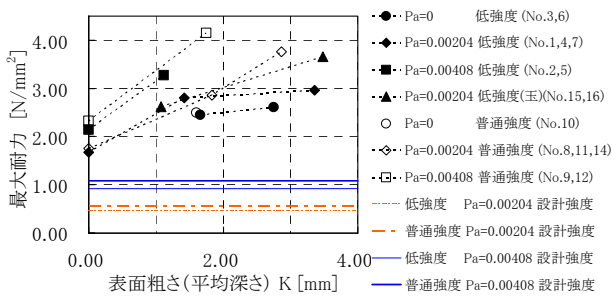


図-8 最大耐力-表面粗さ関係

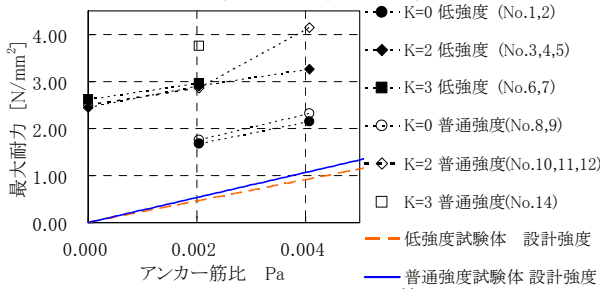


図-9 最大耐力-アンカー筋比関係

献<sup>5)</sup>による「せん断摩擦抵抗」と同様の抵抗機構である。以下に微小変形時の抵抗機構についての考察を述べる。

#### 4.1 固着抵抗

図-6 に固着耐力と表面粗さ K の関係を、図-7 に固着耐力とアンカー筋比  $P_a$  の関係を示す。既存部のコンクリート強度に関わらず表面粗さが大きいほど接合面の固着耐力は増大する傾向が見られたが、アンカー筋と固着耐力の関係には相関は見られなかった。

#### 4.2 かみ合い抵抗

図-8 に最大耐力と表面粗さ K の関係を、図-9 に最大耐力とアンカー筋比  $P_a$  との関係を示す。最大耐力は表面粗さおよびアンカー筋比  $P_a$  に比例する傾向があった。これは、アンカー筋により固着喪失後の接合面の開きが抑制され、接合面の凹凸のかみ合いがシアキーの様に変化したものと考えられる。

### 5. 最大せん断耐力推定式の構築

#### 5.1 最大せん断耐力推定式の構成

実験結果から WJ 処理による目荒らしを施したコンクリート接合面の微小変形時の最大耐力は、表面粗さおよびアンカー筋比に、固着耐力は表面粗さに相関することが明らかになった。また、最大耐力はアンカー筋比に比例し増大した(図-9)ことから、耐力推定式の構成を次式のように仮定した。図-10 に仮定導出の概念図を示す。

$$\tau_{\max} = \alpha \cdot P_a + \tau_{\text{adh}} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (4)$$

$$\alpha = \beta_1 \cdot K + \alpha_0 \quad (5)$$

$$\tau_{\text{adh}} = \beta_2 \cdot K + \tau_{\text{adh}0} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (6)$$

ここに、

$$\tau_{\max} : \text{最大せん断耐力(微小変形時)} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$\alpha$  : アンカー筋による影響係数

$P_a$  : アンカー筋比

$\beta_1$  : 目荒らしによる最大耐力への影響係数

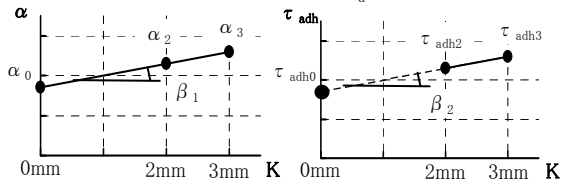
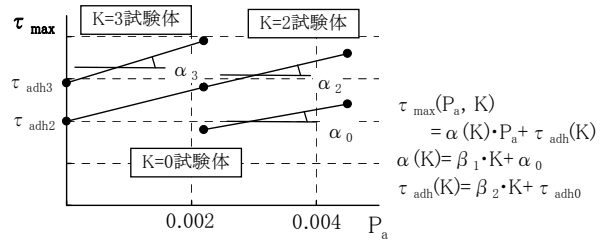


図-10 推定式導出時の仮定

K : 表面粗さ(平均深さ) [mm]

$\alpha_0$  : 無目荒らしの場合のアンカー筋による影響係数

$\tau_{\text{adh}}$  : アンカー筋の無い場合の耐力(=固着耐力) [N/mm<sup>2</sup>]

$\beta_2$  : 目荒らしによる固着耐力への影響係数

$\tau_{\text{adh}0}$  : 目荒らし、アンカー筋無し時の固着耐力 [N/mm<sup>2</sup>]

#### 5.2 アンカー筋による影響係数 $\alpha$

目荒らし状態ごとの  $\tau_{\max}$ - $P_a$  関係を最小二乗法で回帰した直線を求め、その傾きより目荒らし状態ごとのアンカー筋による影響係数  $\alpha$  を求めた。図-11 に実験による最大せん断耐力とアンカー筋比の関係と回帰直線を、表-4 に目荒らし状態ごとの表面粗さの平均値  $K_{\text{ave}}$  と影響係数  $\alpha$  の一覧を示す。

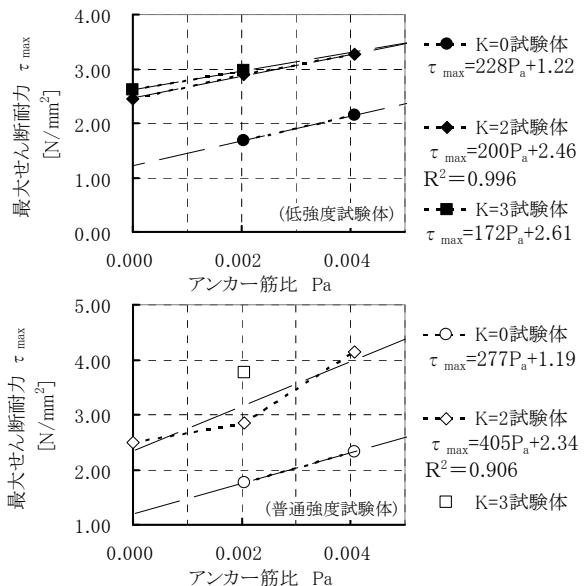


図-11 各強度試験体  $\tau_{\max}$ - $P_a$  関係実験値及び近似直線

表-4  $K_{\text{ave}}$  および  $\alpha$  一覧

低強度試験体	$K_{\text{ave}}$ [mm]	$\alpha$	普通強度試験体	$K_{\text{ave}}$ [mm]	$\alpha$
K=0試験体	0.00	228	K=0試験体	0.00	277
K=2試験体	1.42	200	K=2試験体	1.72	405
K=3試験体	3.05	172			

次に、コンクリート強度ごとの  $\alpha$ - $K_{\text{ave}}$  関係をグラフ上にプロットし、コンクリート強度ごとの  $\alpha$  回帰直線、式(7)および(8)を得た。

$$\alpha_{(\sigma_b=14.0)} = -18.3 \cdot K + 227 \quad (7)$$

$$\alpha_{(\sigma_b=24.9)} = 74.2 \cdot K + 277 \quad (8)$$

図-12 にコンクリート強度ごとの  $\alpha$ - $K_{ave}$  関係を示す。

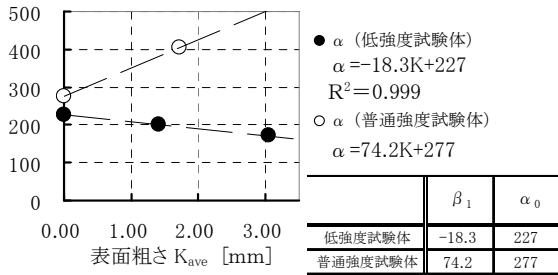


図-12  $\alpha$ - $K_{ave}$  関係

係数  $\beta_1$  はコンクリート強度  $\sigma_b$  により正負が異なる。これは本実験の範囲内において、普通強度試験体と比較し低強度試験体では表面粗さ  $K$  を上げて、せん断強度の向上が少ないという実験結果を反映している。

次に、目荒らしによる最大耐力への影響係数  $\beta_1$  および無目荒らしの場合のアンカー筋による影響係数  $\alpha_0$  とコンクリート強度の関係をグラフにプロット(図-13)し、それぞれ回帰直線を得た。

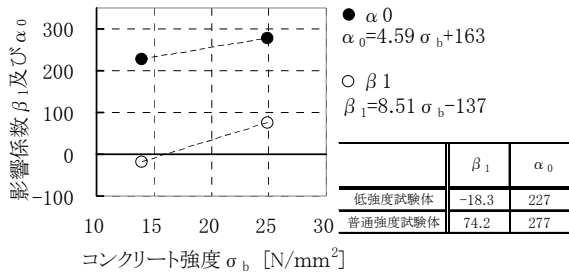


図-13  $\sigma_b$ - $\alpha_0$  及び  $\beta_1$  関係

この結果、係数  $\beta_1$  および  $\alpha_0$  はそれぞれ(9)、(10)式となる。

$$\beta_1 = (8.51 \cdot \sigma_b - 137) \quad (9)$$

$$\alpha_0 = (4.59 \cdot \sigma_b + 163) \quad (10)$$

アンカー筋による影響係数  $\alpha$  は、(11)式によりコンクリート強度の関数  $\sigma_b$  と表面粗さ  $K$  の関数として導出できた。

$$\alpha = (8.51 \cdot \sigma_b - 137)K + (4.59 \cdot \sigma_b + 163) \quad (11)$$

### 5.3 アンカー筋の無い場合の耐力 $\tau_{adh}$

本実験からアンカー筋の無い場合の耐力  $\tau_{adh}$  にはコンクリート強度  $\sigma_b$  の影響は少なく表面粗さ  $K$  の影響が大きい事がわかった。また、表面粗さ  $K=1.5$ mm 程度の試験体と、 $K=3.0$  程度の試験体には、 $\tau_{adh}$  に差が少なかった。そこで、 $\tau_{adh}$  を表面粗さ  $K$  とバイリニアの関係を持つ関数として導出することとした。表-5 にコンクリート強度ごとの表面粗さ平均値  $K_{ave}$  と  $\tau_{adh}$  の一覧を、図-14 に  $\tau_{adh}$  と  $K_{ave}$  の関係を示す。実験結果から  $K=0$  試験体の  $\tau_{adh}$  の平均と  $K=2$  試験体の  $\tau_{adh}$  の平均を結ぶ直線と、 $K=2$  試験体の  $\tau_{adh}$  の平均と低強度  $K=3$  試験体の  $\tau_{adh}$  を結ぶ直

線の値の低い方を  $\tau_{adh}$  の値として採用した。以上よりアンカー筋の無い場合の耐力  $\tau_{adh}$  は、(12)式となった。

$$\tau_{adh} = \min[0.763K + 1.20, 0.143K + 2.18] \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (12)$$

表-5  $K_{ave}$  および  $\tau_{adh}$  一覧

低強度試験体	$K_{ave}$ [mm]	$\tau_{adh}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	普通強度試験体	$K_{ave}$ [mm]	$\tau_{adh}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
K=0試験体	0.00	1.22	K=0試験体	0.00	1.19
K=2試験体	1.42	2.46	K=2試験体	1.72	2.34
K=3試験体	3.05	2.61			

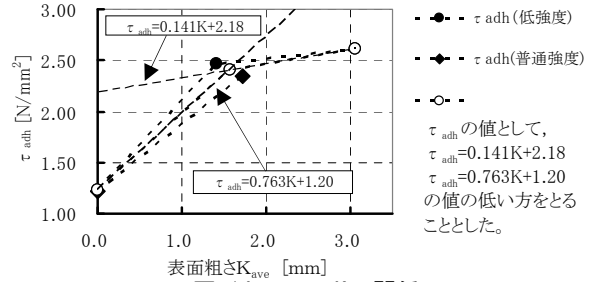


図-14  $\tau_{adh}$ - $K_{ave}$  関係

### 5.4 最大せん断耐力推定式の適用性の検討

本実験の結果から導出した WJ 処理を施したコンクリート接合面に単調荷重を行った場合の最大せん断耐力  $\tau_{max}$  推定式は以下の(13)(14)式となった。

$$\tau_{max} = \{(8.51 \cdot \sigma_b - 137)K + (4.59 \cdot \sigma_b + 163)\} P_a + \tau_{adh} \quad (13)$$

$$\tau_{adh} = \min[0.763 \cdot K + 1.20, 0.143 \cdot K + 2.18] \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (14)$$

但し、本推定式の適用範囲は推定式の回帰を行った以下の範囲とし、既存部コンクリート強度  $\sigma_b$  が  $24.9 \text{ N/mm}^2$  を超える場合は、 $\sigma_b = 24.9 \text{ N/mm}^2$  とする。

$$14.0 \leq \sigma_b \leq 24.9 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$K \leq 3.29 \text{ [mm]}$$

本節では、この最大せん断耐力推定式の適用性について

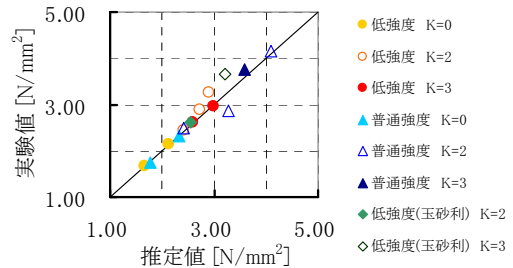


図-15 実験値と推定値の対応

表-6 各試験体実験値、推定値一覧

No.	コンクリート強度 $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	表面粗さ K (平均深さ) [mm]	アンカー筋比 Pa	実験値	推定値	推定値/実験値
				N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
1	14.0	0.00	0.00204	1.68	1.66	0.99
2		0.00	0.00408	2.14	2.13	0.99
3		1.68	0.00000	2.45	2.42	0.99
4		1.45	0.00204	2.90	2.72	0.94
5		1.12	0.00408	3.26	2.90	0.89
6		2.81	0.00000	2.61	2.58	0.99
7		3.29	0.00204	2.96	2.99	1.01
8	24.9	0.00	0.00204	1.76	1.76	1.00
9		0.00	0.00408	2.32	2.33	1.00
10		1.61	0.00000	2.49	2.41	0.97
11		1.80	0.00204	2.86	3.28	1.15
12		1.75	0.00408	4.14	4.09	0.99
14		2.87	0.00204	3.75	3.59	0.96
15		17.1	1.09	0.00204	2.62	2.55
16		3.37	0.00204	3.66	3.22	0.88

(平均  $\mu = 0.981$  標準偏差  $\sigma = 0.0586$  変動係数  $C.V. = 5.97\%$ ) 平均 0.98



て検討を行う。図-15 に実験値と推定値の対応を、表-6 に実験値と推定値の一覧を示す。No. 16 は K が適用範囲を超えているが、参考値として検討に含めた。推定値/実験値の平均は0.98, 変動係数 C.V. は5.97% となった。残差(推定値-実験値)と表面粗さの関係を図-16 に、残差とコンクリート強度の関係を図-17 に示す。

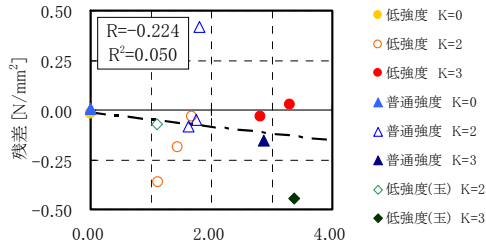


図-16 残差-表面粗さ関係

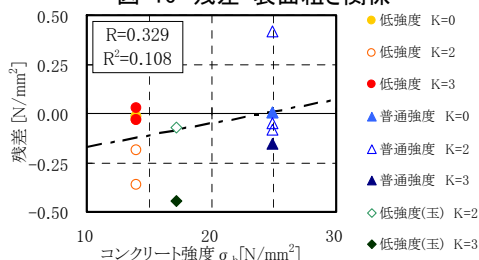


図-17 残差-コンクリート強度関係

本推定式は全体的な傾向として、表面粗さが高い程、推定値を低く(相関係数  $R = -0.224$ )、コンクリート強度が高い程、推定値を高く(相関係数  $R = 0.329$ )、見積もる傾向が見られる。

### 5.5 既存側躯体のせん断強度による頭打ちについて

本実験では、低強度かつ高い程度が目荒らしを行った試験体(K=2, 3)では、目荒らしを行った境界面では破壊せず、写真-3 および図-18 のようにコンクリート強度の低い既存側での破壊が生じていた。

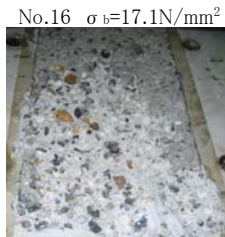


写真-3 破壊状況

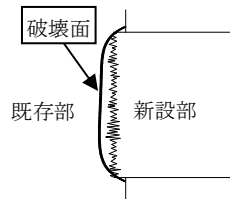


図-18 破壊状況模式図

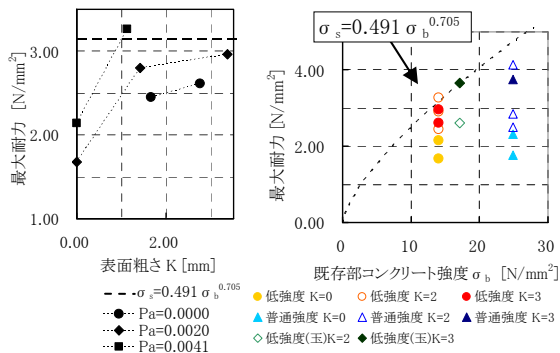


図-19 低強度試験体  $\tau_{max}$ -K 関係

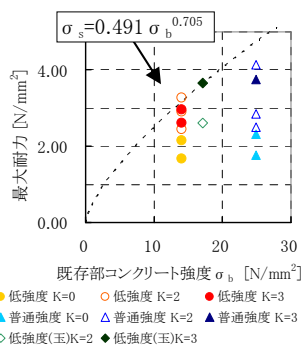


図-20 全試験体  $\tau_{max}$ - $\sigma_b$  関係

また、佐藤らが提案する純せん断を受けるコンクリートの一体せん断耐力( $\sigma_s = 0.491 \sigma_b^{0.705}$ )<sup>6)</sup>と、本実験での最大耐力とを比較する(図-19 および図-20)と、既存側のせん断耐力に近づくと耐力の向上が緩やかになっていた。これらのことから微小変形時の最大耐力は目荒らしの程度やアンカー筋比に関わらず低強度側躯体のせん断耐力の影響を受けると考えられる。前節で提案した推定式を用いる際には低強度側躯体のせん断耐力を考慮し、適切に上限値を設ける必要がある。

## 6. まとめ

本実験および検討から得られた知見を以下に示す。

1. 固着耐力は表面粗さが大きいほど高くなった。
2. 固着耐力とアンカー筋比には相関は無かった。
3. かみ合い耐力は表面粗さおよびアンカー筋比が高くなる程高くなった。
4. WJ 工法により表面処理を施したコンクリート接合面に単調荷重を行った場合の最大せん断耐力  $\tau_{max}$  を提案した。
5. 表面粗さを高くすることによる、かみ合い抵抗によるせん断耐力の向上は、既存コンクリートの強度が低く、目荒らしが十分な場合、既存部コンクリートのせん断耐力の影響を受ける。

**謝辞** 本論文の作成に当たり、株式会社大林組増田安彦氏、横浜国立大学大学院楠浩一准教授、畠中雄一技官には多大なるご助力を賜りました。ここに記し謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の外側耐震補強マニュアル，pp. 70-76，2002
- 2) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説，pp. 268-275，2001
- 3) 香取慶一，林静雄，榎谷貴光，牛垣和正：コンクリート接合面の粗さを用いた接合面せん断耐力の推定と滑り変位挙動，日本建築学会構造系論文集，vol. 507，pp. 107-116，1998. 5
- 4) 山本泰稔，服部由里子，上田洋一，榎本将弘：せん断と曲げを受けるアンカー筋のせん断伝達能力の実験，日本建築学会大会学術講演梗概集(C-2)，pp. 551-552，2006
- 5) Mattock, A. H. and Hawkins, N. M. : Shear Transfer in Reinforced Concrete, PCI Journal, Vol. 17, No. 2, pp. 55-75, 1972, March/April
- 6) 土井裕貴，板倉裕章，内海洋志，佐藤立美：低強度コンクリートのせん断強度に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集(C-2)，pp. 21-24，2008