

# 論文 反力係数を用いて補強部と既存部の挙動を評価した接着系あと施工アンカーの力学モデル

阿部 隆英\*1・樋渡 健\*2・高瀬 裕也\*3・香取 慶一\*4

**要旨：**耐震補強における既存躯体と鉄骨ブレース等の補強部材の接合には、一般に接着系あと施工アンカーが用いられている。しかしながら、既往の研究では既存躯体の影響のみに主眼をおいているものが多い。そこで、補強部まで含む接着系あと施工アンカーの単調せん断実験を実施し、せん断抵抗性能について検討を行った。この実験結果より本論文では反力係数の設定方法を提案すると共に、既存部と補強部の非線形挙動の相違を考慮可能な力学モデルを提案した。その結果、提案した力学モデルは、実験結果を概ね模擬できた。

**キーワード：**あと施工アンカー、耐震補強、せん断抵抗、間接接合部、反力係数

## 1. はじめに

既存建築物の耐震補強における、鉄骨ブレース等の補強部材と既存躯体の接合には、一般に接着系あと施工アンカーが用いられる。既存躯体から補強部材へせん断力を確実に伝達させるためには、既存躯体と間接接合部の界面（以下、接合面と称する）のずれ変形を小さく抑えて設計することが重要である。そのためには、ずれ変形を考慮したせん断力を算定できる手法が必須であり、この一つの方法として簡便な力学モデルを構築する必要があると考えられる。

間接接合部（以下、補強部と呼称する）には通常、コンクリートと材料特性の異なるグラウトが用いられる。そのため、既存部と補強部であつて施工アンカーの挙動が異なる可能性があるが、既往の実験では、補強部は模擬されていない直接せん断実験が多い（例えば<sup>1)</sup>）。この影響が考慮されているのは、著者らが調査した範囲では、理論的に高瀬ら<sup>2)</sup>が示している程度である。

実務的には、弾性範囲内であつて施工アンカーを設計するのが基本であると考えられるが、大規模な地震時における安全性の検証のためには、非線形領域まで評価できる設計手法が望まれる。非線形領域を扱ったダウエル効果に関するモデルとしては、プレキャスト構造の接合筋を対象とした中野・松崎<sup>3)</sup>や片平ら<sup>4)</sup>の研究が、PC鋼棒を対象とした白井ら<sup>5)</sup>の研究が挙げられるが、あと施工アンカーを対象とした例は前記の高瀬ら<sup>2)</sup>のみのようである。しかし、このモデルは繰り返し載荷時の履歴曲線を再現することに主眼が置かれ、設計で使用するにはやや複雑過ぎるようと思われる。また、中野・松崎は非線形性を弾性支承梁の方程式に用いる反力係数で表現しており<sup>3)</sup>、このモデルを応用することで、あと施工アンカ

一の非線形領域の力学挙動を再現できそうである。

以上の背景を踏まえ、本論文では補強部まで含む接着系あと施工アンカーのせん断抵抗性能について基礎的な検討を行う。まず、補強部を有する試験体の単調せん断載荷実験を行い、続いて弾性支承梁の理論を応用して、反力係数の設定方法を提案する共に、既存部と補強部の非線形挙動の相違を考慮した力学モデルを提案する。この提案する力学モデルから算出される計算耐力の実験値への適合性、及び提案手法の妥当性について検証する。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体の変動因子

試験体一覧及び材料試験結果を表-1に示す。またアンカー筋の材料試験結果は、製造ロット毎に実施した結果であり、アンカー筋のヤング係数は、径によらず同程度であった。接合面に生じる付着抵抗や摩擦抵抗を極力少なくするため、全試験体の接合面にグリスを塗布した。

変動因子は表-1に示すように、アンカー筋の定着方法、アンカー筋の径及びコンクリートの圧縮強度 $c_{0B}$ とした。アンカー筋の定着方法は、十分な定着を有した先付鉄筋と接着系あと施工アンカーの2種類とした。また、ここでは先付鉄筋及び接着系あと施工アンカーに使用した鉄筋をアンカー筋と呼ぶ。なお、耐震補強の接合部にシアキー（この研究<sup>6)</sup>では鋼製シアキーが使われている）が用いられた既往の実験の結果、せん断ずれ変形量が1mm以降で平均圧縮応力度 $\sigma$ （軸方向力を接合面の面積で除した値）が概ね $0.4\text{N/mm}^2$ であるとの結果が得られている<sup>6)</sup>ことより、本実験の $\sigma$ は $0.48\text{N/mm}^2$ とした。

### 2.2 試験体の形状及び諸元寸法

図-1に試験体の諸元寸法を示す。図-1から分かる

\*1 飛島建設株式会社 耐震ソリューション部 主任（正会員）

\*2 東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター 主任研究員・博士（工学）（正会員）

\*3 室蘭工業大学大学院工学研究科 准教授 博士（工学）（正会員）

\*4 東洋大学 理工学部建築学科 教授 博士（工学）（正会員）

表-1 試験体一覧及び材料試験結果

試験体 No.	アンカー筋				既存部コンクリート		補強部グラウト	
	定着方法	径	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E_s$ (kN/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 $c_{\sigma B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E_c$ (kN/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 $g_{\sigma B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E_g$ (kN/mm <sup>2</sup> )
A1	先付鉄筋 (SD345)	D13	391	184	14.5	22.1	57.3	25.8
A2		D16	388	180				
A3		D19	378	181				
A4	接着系あと施工アンカー (SD345)	D13	378	184	21.7	22.1	57.3	26.7
A5			352	181				
A6			352	181				
A7		D16	379	181	14.5	22.1	57.3	24.8
A8			381	189	17.8	25.7	69.4	25.7
A9			369	196	29.9	26.3	57.3	26.7
A10		D19	378	181	14.5	22.1	57.3	25.8
A11			380	194	21.7	22.1	57.3	26.7
A12			380	194	29.9	26.3		

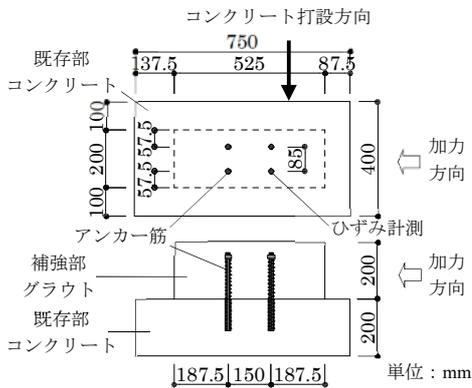
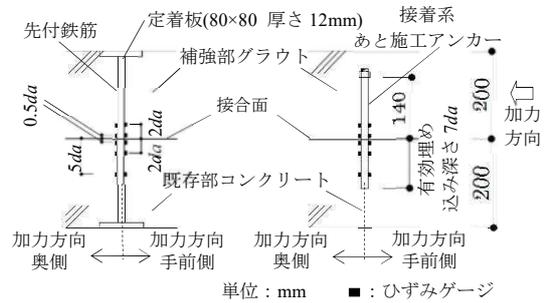


図-1 試験体の諸元寸法



(a) 先付鉄筋 (b) 接着系あと施工アンカー  
図-2 先付鉄筋と接着系あと施工アンカーの形状

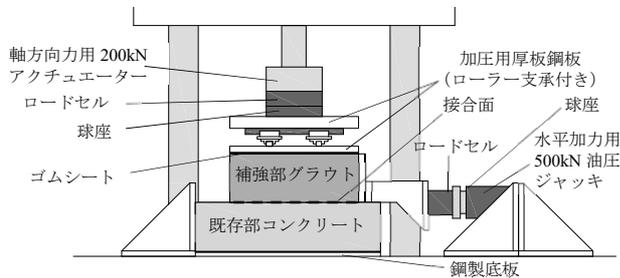
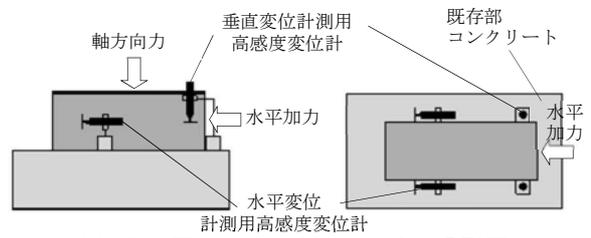


図-3 加力装置



(a) 立面図 (b) 投影図  
図-4 計測計画

ように、本論文で用いる試験体はあと施工アンカーの直接せん断実験とは異なり、補強部を有している。補強部グラウトの寸法は、一般的な耐震補強に用いる接合部を模擬し、既存部コンクリートの寸法は既存建物の梁を模擬して設定している。ただし、高さ寸法に関しては、接着系あと施工アンカーの有効埋め込み深さから余裕を見込んで200mmとした。また、試験体製作時の既存部コンクリートの接合面は、試験体A1～A3においては金鋸仕上げとし、試験体A4～A12においては型枠に表面加工コンクリート型枠用合板を用い、立ててコンクリートを打設した。そのため、既存部コンクリートの接合面の表面状態は共に平滑であり、接合面の仕上がり状態による噛み合い抵抗は、実験結果に影響しないと考えられる。

図-2 に先付鉄筋と接着系あと施工アンカーの形状を示す。図-2 (a) に示すように、試験体A1～A3はアンカ

一筋をあらかじめ定着板に溶接した先付鉄筋を配置し、既存部コンクリートを打設した後に補強部グラウトを打設し、製作された。図-2 (b) より接着系あと施工アンカーの有効埋め込み深さは、あと施工アンカーの直径  $d_a$  の7倍 ( $7d_a$ ) とした。また、接着系あと施工アンカーの施工は、湿式コアドリルで穿孔した後、平先寸切り形状のアンカー筋を注入式の有機系接着剤を用いて定着させた。

### 2.3 加力方法及び計測方法

図-3 に加力装置を示す。水平加力は一方単調荷重とし、軸方向力は一定の荷重制御とした。加力装置による摩擦抵抗を極力小さくするため、補強部グラウトと軸方向力計測用ロードセルの間に2方向のローラー支承を有する加圧用厚板鋼板を配置し、軸方向力による圧縮応力が試験体全体に極力均等に分布するように、加圧用厚板鋼板と補強部グラウトの間にゴムシートを配置した。

図-4 に計測計画を示す。同図に示すように接合面のせん断ずれ変形を計測するため、加力方向に水平変位計測用高感度変位計を2箇所配置し、更に接合面の開き変形を計測するため、垂直変位計測用高感度変位計を2箇所配置した。せん断ずれ変形と接合面の開き変位それぞれの平均値を水平変位 $\delta$ 、垂直変位 $\delta_v$ とした。更にひずみ量を計測したアンカー筋を図-1に示し、図-2に示すように加力方向手前側と奥側でひずみ量を計測した。

## 2.4 実験結果

### (1) アンカー筋の定着方法による比較

図-5 にアンカー筋の定着方法の違いによる水平荷重 $Q$ -水平変位 $\delta$ 曲線の比較を示す。一般的な設計では、せん断ずれ変形を2mm以下と抑えていることから、本論文で提案する力学モデルの適用範囲は余裕を見込み $\delta \leq 3\text{mm}$ とする。

図-5に示すように、D13及びD16はほぼ同じ挙動を示した。しかし、D19では $\delta=1\text{mm}$ 程度まで履歴曲線に差が生じたが、 $\delta=1\sim 3\text{mm}$ の範囲では挙動に顕著な違いが見られず、 $Q$ も同程度の値であった。以上より、本実験においては先付鉄筋と接着系あと施工アンカーの顕著な

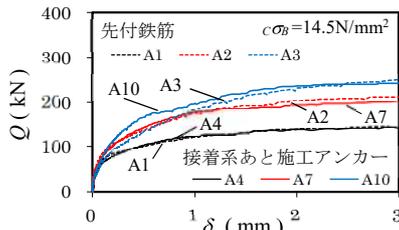


図-5 アンカー筋の定着方法の違いによる水平荷重 $Q$ -水平変位 $\delta$ 曲線

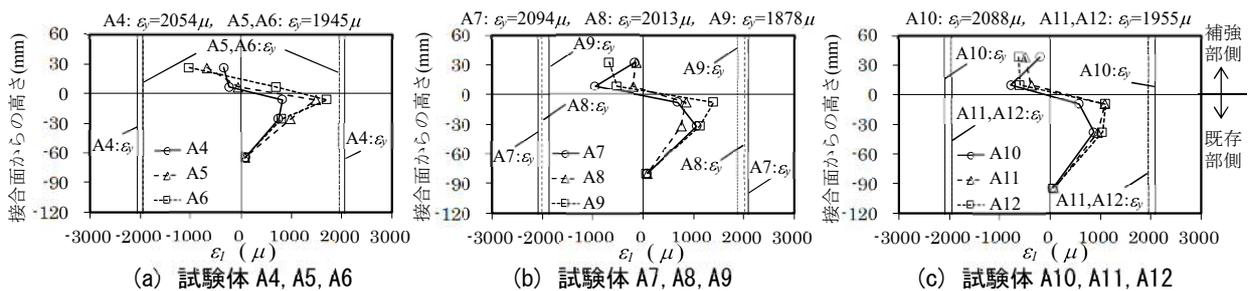


図-6 試験体 A4~A12 のひずみ分布

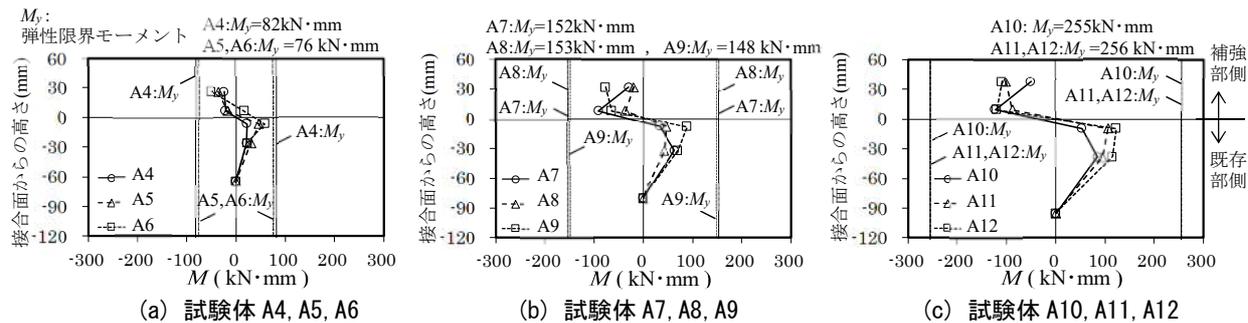


図-7 試験体 A4~A12 のモーメント分布

違いは無いと判断される。

### (2) 曲げモーメント分布

図-6 に試験体 A4~A12 のひずみ分布を示す。また、図-7 に示す試験体 A4~A12 の曲げモーメント分布は、実験で得られた加力方向手前側のひずみ量 $\epsilon_l$ 、加力方向奥側のひずみ量 $\epsilon_r$ から応力 $\sigma_l$ 、 $\sigma_r$ を算出し、次式を用いて曲げモーメント $M$ を求めた値である。

$$M = \frac{(\sigma_l - \sigma_r) \cdot \pi d_a^3}{2 \cdot 32} \quad (1)$$

この式(1)は弾性範囲のみ適用できることから、図-6及び図-7に示す結果はアンカー筋のひずみ量が、降伏ひずみ $\epsilon_y$ 以下であった $\delta=0.20\text{mm}$ の値とした。

高瀬ら<sup>2)</sup>は既存部と補強部の圧縮強度やヤング係数により、アンカー筋の挙動が異なりアンカー筋に生じる最大曲げモーメントの位置が異なる可能性を指摘している。既存部側及び補強部側のそれぞれの接合面からの高さ $L_e=0.5d_a$ と $L_e=2d_a$ の $\epsilon_l$ 、 $M$ をそれぞれ比較してみると、ばらつきはあるものの、概ね既存部側の方が $\epsilon_l$ 、 $M$ 共に大きい値を示していることがわかる。この傾向から記述した通り既存部と補強部ではアンカー筋が異なる挙動を呈したと推定される。以上より力学モデルでは、やはり既存部と補強部の材料特性をそれぞれ考慮する必要があると判断される。

### (3) 垂直変位

図-8 に試験体 A7~A9 の $\delta_v$ - $\delta$ 関係を示す。また、 $\delta_v$ の正の値は既存部と補強部が離間する方向の変位である。 $\delta_v$ は $\delta$ の増加に伴い、徐々に比例的に漸増しており、本実験において接合面に生じる付着抵抗及び摩擦抵抗は、実験結果に与える影響は小さいと考えられる。

### 3. 力学モデルの構築

#### 3.1 ダウエル効果による力学モデルの基本形

図-9 に想定する接合部のせん断抵抗要素と接着系あと施工アンカーのダウエル効果の概念図を示す。1 章で触れたとおり、中野・松崎は反力係数  $k_c$  によりずれ変形の非線形性を表現している<sup>3)</sup>。そこで著者らも同様に、弾性支承梁の方程式を用いて、本実験結果の非線形性を表現するための  $k_c$  を設定する。 $k_c$  は、既存部コンクリートもしくは補強部グラウトにおいて、接合面からの距離  $x$  に関わらず一様であり、アンカー筋に生じる既存部コンクリートもしくは補強部グラウトからの反力は、あと施工アンカーによるせん断力  $q_a$  と釣り合うとする。また本節に示す式は、既存部コンクリート側及び補強部グラウト側の両者に適用できることとする。これらよりアンカー筋の単位長さあたりの反力  $p_a$  は次式で表される。

$$p_a(x) = k_c \cdot d_a \cdot y \quad (2)$$

ここに  $y$  は水平変位であり、微分方程式を使用する都合から、モデル上の水平変位を  $y$  (実験では  $\delta$ ) として表記する。

$x$  におけるアンカー筋の曲げモーメント  $M(x)$ 、せん断力  $q_a(x)$  は、それぞれ式(3)、式(4)で求められる。

$$M(x) = -E_s I_s \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (3)$$

$$q_a(x) = -E_s I_s \left( \frac{d^3 y}{dx^3} \right) \quad (4)$$

式(2)及び式(4)における  $q_a(x)$  と  $p_a(x)$  の関係から、式(5)が求められ、更に一般解は式(6)となる。

$$p_a(x) dx - \frac{dq_a(x)}{dx} dx = k_c \cdot d_a \cdot y + E_s I_s \left( \frac{d^4 y}{dx^4} \right) = 0 \quad (5)$$

$$y(x) = e^{\beta x} (A_1 \cos \beta x + A_2 \sin \beta x) + e^{-\beta x} (A_3 \cos \beta x + A_4 \sin \beta x) \quad (6)$$

ここに  $E_s$  はアンカー筋のヤング係数、 $I_s$  はアンカー筋の断面二次モーメント、 $A_1, A_2, A_3, A_4$  は積分定数、 $\beta$  は次式である。

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_c \cdot d_a}{4E_s \cdot I_s}} \quad (7)$$

2.4 節(1)において、本実験による先付鉄筋と接着系あと施工アンカーの力学的挙動に顕著な違いが無いと判断した。そのため、既存部コンクリート側のアンカー筋の定着が十分確保されており、 $x \rightarrow \infty$  で  $y(x)=0$  であるとする。同様に補強部グラウト側のアンカー筋の先端にナットを取り付けていることから、補強部グラウト側も十分な定着が確保されていると仮定する。更にアンカー筋が一様であるとする  $A_1=0, A_2=0$  となり、 $y(x)$  は次式となる。

$$y(x) = e^{-\beta x} (A_3 \cos \beta x + A_4 \sin \beta x) \quad (8)$$

接合面  $x=0$  におけるアンカー筋の応力は、せん断力のみ作用していると仮定すると、 $A_4=0, A_3$  は次式で求められる。

$$A_3 = -\frac{q_a(0)}{2\beta^3 \cdot E_s \cdot I_s} \quad (9)$$

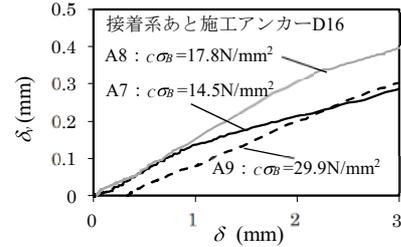


図-8 試験体 A7~A9 の  $\delta_v - \delta$  関係

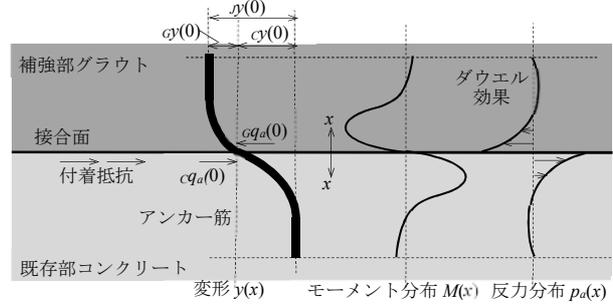


図-9 想定する接合部のせん断抵抗要素と接着系あと施工アンカーのダウエル効果の概念図

#### 3.2 接合面における $c_y(0)$ と $c_v(0)$ の比

接合面におけるずれ変形量  $y$  は、次式で示すように既存部コンクリート側のアンカー筋の水平変位  $c_y$  と補強部グラウト側のアンカー筋の水平変位  $c_v$  の合計である。ここに下付きの  $C$  は既存部コンクリート、 $G$  は補強部グラウトを示す。以下同様とする。

$$y = c_y + c_v \quad (10)$$

$x=0$  では反対方向にせん断力が等しいこと、即ち  $c_{q_a}(0) = c_{q_a}(0)$  であることから次式が導かれる。

$$q_a = c_y(0) \cdot 2_c \beta^3 \cdot E_s \cdot I_s = c_v(0) \cdot 2_g \beta^3 \cdot E_s \cdot I_s \quad (11)$$

続いて  $c_v(0)$  と  $c_y(0)$  の比は、式(11)に式(7)を代入することで、次式に示すように  $c k_c$  と  $g k_c$  で表される。

$$\frac{c_y(0)}{c_v(0)} = \left( \frac{c k_c}{g k_c} \right)^{3/4} \quad (12)$$

#### 3.3 反力係数の設定

中野・松崎は、 $i k_c$  を次式に示す関数で提案している<sup>3)</sup>。

$$i k_c = 55 \left( \frac{i E_c \cdot i \sigma_B}{E_s \cdot i \delta_{sd}} \right)^{3/4} \quad (13)$$

ここに  $E_c$  はヤング係数、 $\sigma_B$  は圧縮強度、 $\delta_{sd}$  は水平変位である。ただし、式(13)における  $i$  はプレキャスト部材の上下のコンクリートを示している。

本実験結果に対応するために、式(13)による係数を式(14)に示すように、定数  $m, n$  を用いて新たに設定する。

$$i k_c = \alpha \frac{(E_i \cdot i \sigma_B)^n}{(E_s \cdot i y(0))^m} \quad (14)$$

ただし、本論文で提案する  $k_c$  は、アンカー筋が弾性限界を超えた範囲でも評価しているが、このアンカー筋の非線形挙動と  $k_c$  の関係については、今後も研究を続けていく予定である。ここで、 $\alpha$  は既存部コンクリートと補強部グラウトで同じ値であると仮定すると、式(12)に式

(14)を代入することで式(15)が導かれる。その結果として  $c\gamma(0)$ と  $\gamma(0)$ の比は、既存部コンクリート及び補強部グラウトの材料特性のみに依存する関数で表せる。

$$\frac{c\gamma(0)}{\gamma(0)} = \left( \frac{E_G \cdot c\sigma_B}{E_C \cdot c\sigma_B} \right)^{\frac{3n}{4-3n}} \quad (15)$$

$m$ と  $n$ は式(14)からわかるように、既存部コンクリート及び補強部グラウトの材料特性に依存する  $\gamma(0)$ の累乗であり、 $m$ と  $n$ の両方を同時に導くことは困難である。そこで本論文では、一般的に  $E_s$ の変動が小さい値であること、並びに  $\gamma(0)$ を補正するため  $\alpha$ を  $\gamma$ に依存した関数とすることで、ここでは既往の式を引用し  $m=3/4$ とした。以上の式から  $n$ について整理すると次式が導かれる。

$$\begin{aligned} (E_C \cdot c\sigma_B)^n \left\{ \left( \frac{E_C \cdot c\sigma_B}{E_G \cdot c\sigma_B} \right)^{12n/7} + 1 \right\}^{-7/12} &= q_a^{-4/3} \cdot E_s^{-5/12} \\ &= \frac{\sqrt[3]{4/I_s}}{\alpha \cdot d_a} \cdot \sqrt[12]{1/\gamma(0)^7} \end{aligned} \quad (16)$$

$I_s$ 及び  $d_a$ が同一の試験体であれば、同変位時、つまり同じ  $\gamma(0)$ である場合に式(16)の左辺で同じ値となる。この性質から試験体 A4~A6、試験体 A7~A9 及び試験体 A10~A12のそれぞれにおいて、式(16)の左辺は同じ値となる。また、アンカー筋1本当たりの  $q_a$ は、実験で得られた  $Q$ をアンカー筋の配置本数である4で除した値とする。上記の条件より、 $\gamma(0)=0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0\text{mm}$ において、 $n$ を同定する。図-10に  $\gamma(0)$ における  $n$ 分布を示す。同図の  $spF$ は式(16)の左辺に、各試験体 ( $sp$ は試験体 No.)の材料特性を代入した値である。ここで、 $A^5F=A^6F$ の  $\gamma(0)=0.5\text{mm}$ 及び  $A^8F=A^9F$ の  $\gamma(0)=1.0, 1.5\text{mm}$ の  $n$ は、負の値である。これは、 $\delta$ が増大するに従い、 $Q$ は若干の増減を繰り返しながら全体的に増大するため、

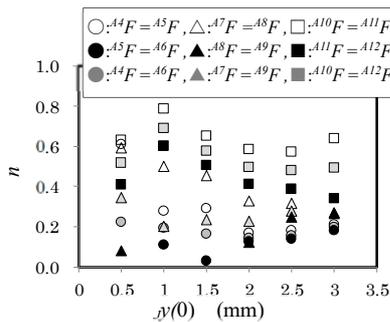


図-10  $\gamma(0)$ における  $n$ 分布

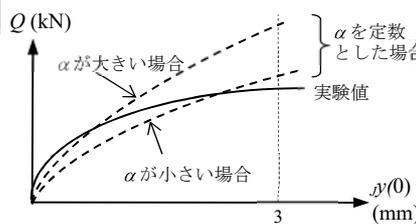


図-11  $\alpha$ を定数とした場合の力学モデルのイメージ

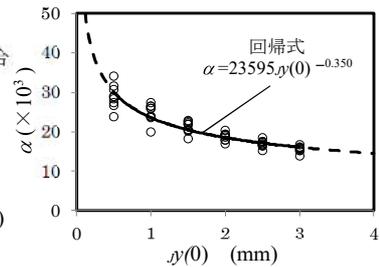
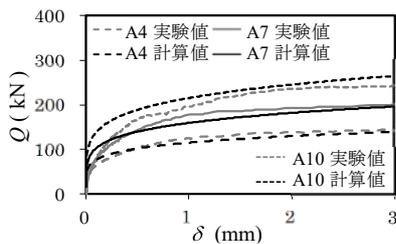
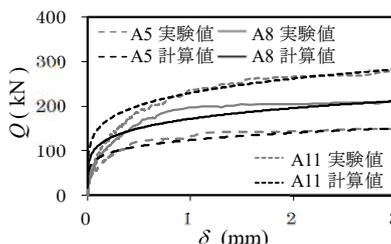


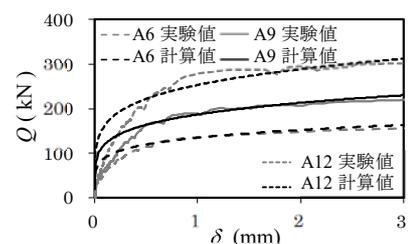
図-12  $\alpha$ と  $\gamma(0)$ の関係



(a) 試験体 A4, A7, A10



(b) 試験体 A5, A8, A11



(c) 試験体 A6, A9, A12

図-13  $Q - \delta$  曲線における実験値と計算値の比較

前述の試験体同士では、 $E_C \times c\sigma_B$ が大きいにも関わらず  $Q$ が小さい値を示したことによる。この負の値を除外して扱うと、各変位における  $n$ の平均値は0.343である。

次に  $\alpha$ を実験結果より設定する。図-11に  $\alpha$ を定数とした場合の力学モデルのイメージを示す。同図より、 $\alpha$ を定数として様々な値を検証した結果、 $\gamma(0)=3\text{mm}$ まで本実験結果の曲線を表現することが出来なかった。そのため、次式のように  $\alpha$ は  $\gamma(0)$ に依存する関数として与えるを試みる。

$$\alpha = B \cdot \gamma(0)^C \quad (17)$$

ここに  $B$ は係数、 $C$ は  $\gamma(0)$ の累乗である。

図-12に  $\alpha$ と  $\gamma(0)$ の関係を示す。 $\gamma(0)$ が増大するにつれて、 $\alpha$ のばらつきが小さくなる傾向が見られた。なお、回帰式は接着系あと施工アンカーの試験体 A4~A12の  $\gamma(0)=0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0\text{mm}$ において求めた。

#### 4. 実験値と計算値の比較

図-13に  $Q - \delta$ 曲線における実験値と計算値の比較を示し、図-14に  $\delta=1.0, 2.0, 3.0\text{mm}$ における実験値と計算値の比較を示す。図-13に示すように、本方法で求めた  $k_c$ を用いた力学モデルは本実験による  $Q - \delta$ 曲線を概ね模擬できていることがわかる。また、図-14に示すように  $\delta=1.0, 2.0, 3.0\text{mm}$ において、計算値は実験値を±20%以内の精度で再現できており、実験値を計算値で除した値の平均値  $\mu$ と標準偏差  $\sigma$ は、図-14に併記している通りであった。更に相関係数は  $\delta=1.0, 2.0, 3.0\text{mm}$ において0.929以上と高い相関関係にあると言える。

図-15に  $\delta=0.2\text{mm}$ 時のモーメント分布における実験値と計算値の比較を示す。計算値と実験値の  $M$ は、概ね

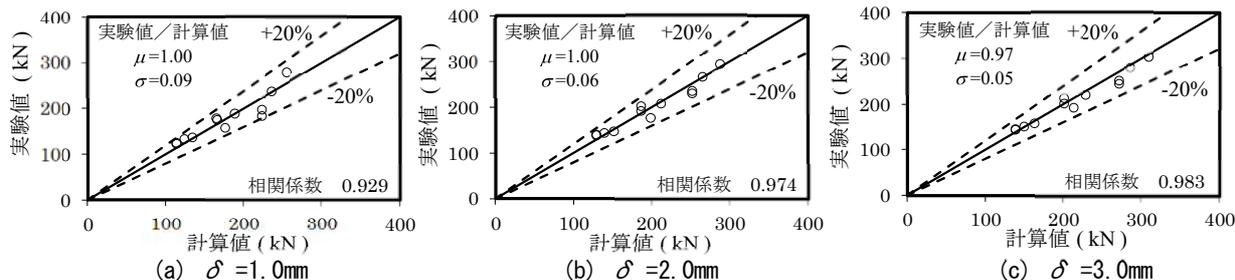


図-14  $\delta = 1.0, 2.0, 3.0$ mmにおける実験値と計算値の比較

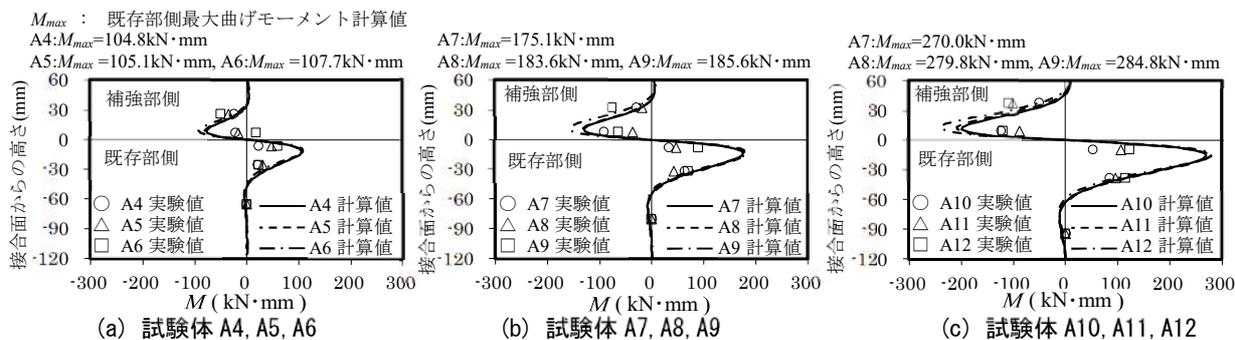


図-15  $\delta = 0.2$ mm時のモーメント分布における実験値と計算値の比較

既存部コンクリート強度が高い方が大きい傾向を示しており、計算値は実験値を概ね再現できていると言える。

アンカーのせん断耐力に及ぼす影響については、追加実験を行い、提案モデルを改良したいと考えている。

## 5. 結論

本論文では、補強部を有する試験体のせん断載荷実験を行い、この結果から既存部と補強部の非線形挙動の相違を考慮した反力係数  $k_c$  を求める手法を提案し、接合面のせん断ずれ変形による接着系あと施工アンカーの耐力評価を試みた。以下に本論文で得られた知見を列記する。

- 1) アンカー筋のひずみ量からモーメント分布を算定した結果、既存部と補強部で異なる様相を呈した。
- 2) 有効埋め込み深さ  $7d_a$  としたアンカー筋 D13 及び D16 の接着系あと施工アンカーの  $Q-\delta$  曲線は、本実験の範囲において、十分な定着を確保した先付鉄筋とほぼ同じ履歴を描いた。
- 3)  $k_c$  を実験値から求める方法を提案し、補強部を考慮した接着系あと施工アンカーの力学モデルを構築した。本実験の条件下で導いた  $k_c$  を用いた提案式により、 $\delta = 1.0, 2.0, 3.0$ mm において、相関係数は 0.929 以上と高い水準であった。更に実験値を計算値で除した値の平均値  $\mu$  と標準偏差  $\sigma$  は、 $0.97 \leq \mu \leq 1.00, 0.05 \leq \sigma \leq 0.09$  の範囲であった。
- 4) 曲げモーメントの計算値と実験値は、概ね既存部コンクリート強度が高い方が曲げモーメントが大きい傾向を示しており、実験値を概ね再現できている。

本論文では、補強部側の影響を考慮可能な接着系あと施工アンカーの力学モデルを提案した。また、本実験では平均圧縮応力度  $\sigma_0$  やグラウトの圧縮強度  $G\sigma_B$  を変動因子として実施しなかったが、 $\sigma_0$  や  $G\sigma_B$  が接着系あと施工

## 参考文献

- 1) 片桐太一, 山本泰稔, 清水泰: あと施工アンカーのせん断試験方法に関する実験研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 IV, pp.715-716, 1998.9
- 2) 高瀬裕也, 和田俊良, 池田隆明, 篠原保二: 繰り返しせん断力を受ける接着系あと施工アンカーの力学モデル, 日本建築学会構造系論文集, No.682, pp.1915-1924, 2012.12
- 3) 中野克彦, 松崎育弘: プレキャスト RC 部材接合面におけるせん断抵抗要素の耐力累加方法, 日本建築学会構造系論文集, No.550, pp.151-158, 2001.12
- 4) 片平直也, 高橋之, 市之瀬敏勝: 鉄筋コンクリート部材におけるダボ効果の非線形解析, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.2, pp73-78, 2012
- 5) 白井祐樹, 澤木講治郎, 坂田弘安, 松崎育弘: コンクリート接合面における PC 鋼棒のダウエル抵抗に関する実験と解析検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp943-948, 2015
- 6) 高瀬裕也, 阿部隆英, 板谷秀彦, 佐藤貴志, 尾中敦義, 久保田雅春, 池田隆明: ディスク型シャキーを用いた内付け補強架構の接合部破壊時の保有水平耐力の評価手法-鋼製ディスクとアンカーボルトを併用した耐震補強用シャキーに関する研究-, 日本建築学会構造系論文集, Vol.79, No.698, pp.507-515, 2014.4
- 7) 日本建築防災協会: 既存鉄筋コンクリート造建築物の「外側耐震改修マニュアル」, 2002