

太径のあと施工アンカーを用いた耐震補強工法の実験的研究

細井 泰行* 富田 祐介*

要 旨

耐震補強工事において、既存躯体と補強用増設躯体を一体化させるために、あと施工アンカーが用いられるが、せん断力を伝達するために、多くの本数のあと施工アンカーが必要になるため、施工時の騒音や振動が問題となる。一方、あと施工アンカーの径を大きくすれば本数を減らすことはできるが、径に応じて埋込長が長くなり、また、太径の場合、既存部の鉄筋を避けて穿孔することが難しくなる。そこで、本報では、せん断耐力への影響が大きい打継ぎ面から浅い部分だけを太径とする形状のあと施工アンカーについて要素実験を行い、その基本的な構造性能を検証する。

1. はじめに

太径のあと施工アンカーは、大きなせん断力を伝達することができるが、細径のものより既存鉄筋を避けて穿孔することが難しく、穿孔速度も低下する。そこで、本報告では既存躯体側の浅い部分だけを太径(φ40mm)とし、既存鉄筋と干渉する深い部分は細径とするあと施工アンカーについて基本的な構造性能を検証することとした。また、本工法は強度、剛性が高い太径の鋼材を用いているため、打継ぎ面に強度の低い仕上げ材があっても、細径の在来アンカーより大きなせん断力の伝達が期待できる。そこで、仕上げ材を模擬して打継ぎ部にスリットを設けた試験体についても構造性能を検証する。なお、仕上げモルタル等の仕上げ材の除去を省略することで、施工時の騒音、振動を大幅に低減できる。

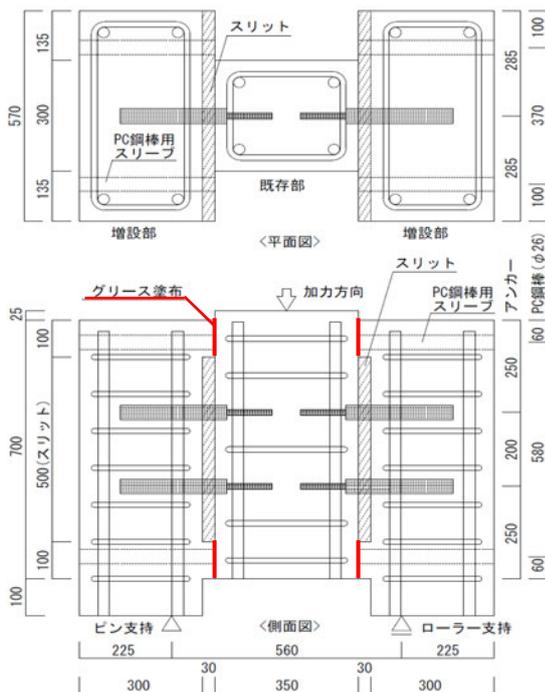


図1 試験体(S-9)

2. 試験体概要

試験体諸元を表1に、また、あと施工アンカーの各部寸法(L1~L4)の位置を図2に示す。S-1は、全長がM16の在来アンカーを用いた試験体であり、既存部側の埋込み長さは110mm(約7d)である。S-2~5、S-8、9は太径部と細径部で構成され、既存部側は、打継ぎ面から30~40mmまでの範囲を太径(φ40mm)とし、それ以深は細径(M16、M20)とした。

S-9の試験体形状を図1に示す。実大試験体であり、試験体中央の既存部と両側の増設部をあと施工アンカーで一体化する。既存部と増設部の打継ぎ面は、実験結果のばらつきの原因となる摩擦力を低減するために、増設部コンクリートの打設前に既存部側にグリースを0.5mm厚程度塗布した。¹⁾

表1 試験体諸元

| 試験体名 | S-1 | S-2 | S-3 | S-4 | S-5 | S-6 | S-7 | S-8 | S-9 | S-10 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|----------------|--------------|------|
| 太径部 アンカー径 | - | φ40 (SS400) | | | | | | | φ40 (PC鋼) | |
| 細径部 アンカー径 | M16 (SS400) | M20 (SS400) | M16 (SS400) | - | - | - | - | M16 (SS400) | - | |
| アンカーの (L1) | 140 | | | 90 | | 30 | 140 | | 90 | |
| 既存側 (L2) | - | 30 | 40 | 30 | - | 30 | | - | | |
| 埋込み長さ (L3) | - | 110 | 100 | 60 | - | 110 | | - | | |
| スリット幅 (L4) | 0 | | | | | | | 10 | 30 | |

※L1: 既存側の埋込み長さ(=L2+L3)。L2: 既存側の太径部の長さ。

L3: 既存側の細径部の長さ。 L4: スリット幅。

増設部側埋込み長さは全試験体200mm。(L1~L4の位置は下図参照)

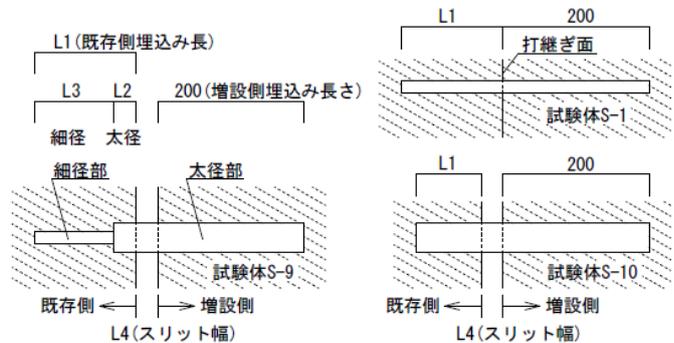


図2 試験体諸元の寸法 L1~L4

S-6、7、10 は、細径部がなく、太径部のみで構成されており、既存部側は太径部を 30～90mm 埋め込む。一方、増築部側の埋込み長さは、いずれも 200mm である。

また、S-8～10 は、既存部と増設部の間に、強度の低い仕上げ材を模擬して 10～30mm のスリットを設けた。

表 2、表 3 にそれぞれ、鋼材、コンクリートの材料試験結果を示す。既存部のコンクリート強度は、コンクリートの劣化状況が激しい場合を想定し 13.5N/mm² とし、増設部は 21.0N/mm² とした。

表 2 鋼材の材料試験結果

| 試験体名 | 種類 | 材質 | 降伏強度 (N/mm ²) | 引張強度 (N/mm ²) | 降伏ひずみ (μ) |
|---------------|-----|-------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| S-2～9 | φ40 | SS400 | 291.2 | 444.4 | 1381.8 |
| S-10 | φ40 | C種1号 | 1155.7 | 1280.3 | 5778.3 |
| S-1, 3～5, 7～9 | M16 | SS400 | 332.8 | 485.9 | 1768.7 |
| S-2 | M20 | SS400 | 310.6 | 480.3 | 1631.3 |

表 3 コンクリートの材料試験結果

| 試験体名 | 部位 | 圧縮強度 (N/mm ²) | ヤング係数 (kN/mm ²) | 割裂引張強度 (N/mm ²) |
|--------|-----|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| S-1～7 | 既存部 | 13.4 | 23.5 | 1.44 |
| | 増設部 | 18.7 | 25.8 | 2.08 |
| S-8～10 | 既存部 | 14.6 | 24.7 | 1.51 |
| | 増設部 | 19.9 | 27.1 | 2.21 |

3. 実験方法

荷重状況を写真 1 に示す。荷重は、試験体中央の既存部上部を 1000kN 油圧ジャッキにより鉛直下向きに加力し、単調荷重とした。また、両側増設部の下部をそれぞれ、ピン支持、ローラー支持とした。なお、加力点と支点の偏心曲げによる開きを拘束するために、計 4 本の PC 鋼棒 (φ16) で試験体を両側から固定し、荷重前、PC 鋼棒 1 本当たり 1kN の軸力を導入した。なお、アンカー、PC 鋼棒のひずみをひずみゲージにより計測し、変位計により鉛直方向変位を計測した。

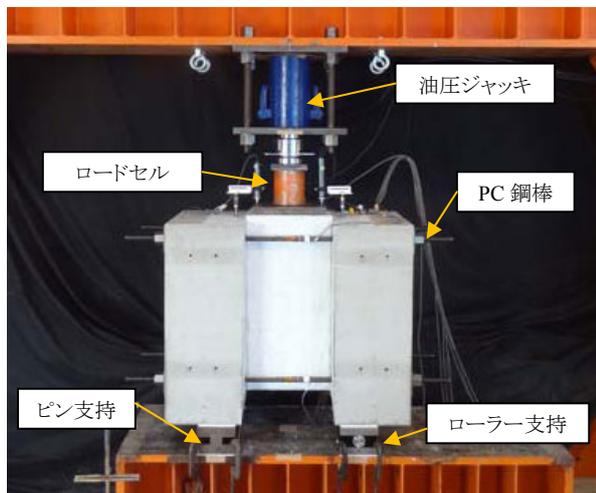


写真 1 荷重状況

4. 実験結果

(1) 試験体のひび割れ状況

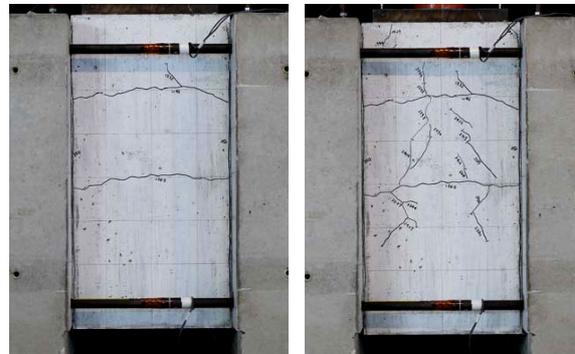
試験体中央部の鉛直変位が 2mm、16mm の時の S-3、9 のひび割れ状況を写真 2 に示す。S-3 は、変位 4mm の時に、試験体上部より 150mm、350mm の位置に水平方向のひび割れが生じ、その後、変位 8mm の時に鉛直方向にもひび割れが発生した。なお、S-2～S-7、10 も同様のひび割れ性状を示した。一方、既存部と増設部の間に 30mm のスリットがある S-8、9 は、変位 8mm の時に水平方向にひび割れが生じたが、鉛直方向のひび割れは荷重終了時 (変位 16mm) まで、発生しなかった。

なお、S-1 は、実験終了時まで、ひび割れは生じなかった。



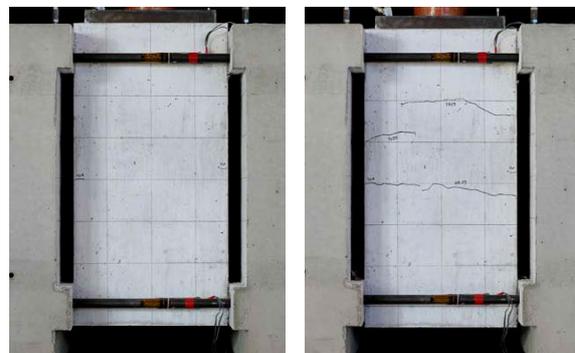
(a) S-3(変位 2mm)

(b) S-3(変位 4mm)



(c) S-3(変位 8mm)

(d) S-3(変位 16mm)



(e) S-9(変位 2mm)

(f) S-9(変位 16mm)

写真 2 ひび割れ状況

(2) 破壊状況

実験終了時の破壊状況を、写真 3 に示す。既存側も増設側も、あと施工アンカーからの支圧応力を受け、コンクリート表面がコーン状に剥落している。なお、S-10 は、あと施工アンカーに PC 鋼棒を用い、既存側側の太径部の長さが 90mm の試験体であり、S-8、9 よりもあと施工アンカーの負担せん断力が大きいと、損傷の程度も大きくなっている。

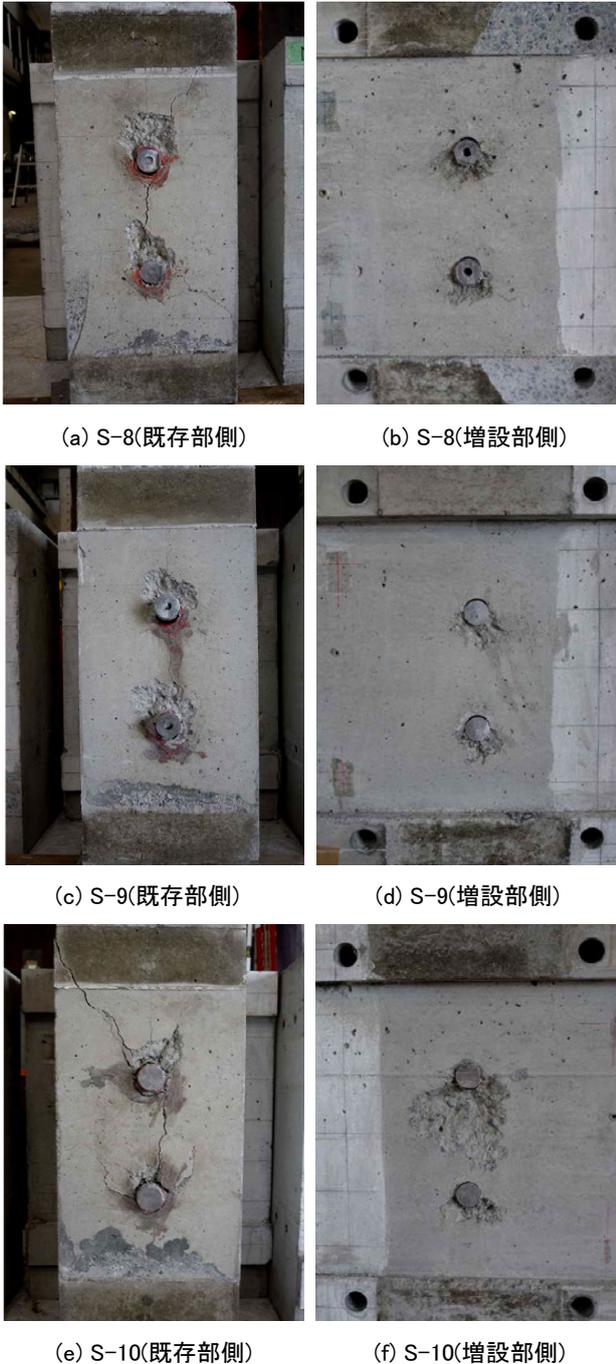


写真 3 実験終了時破壊状況(S-9)

(3) 荷重と変位の関係

荷重と変位(増設部に対する既存部の鉛直方向のずれ量)の関係を図 3、剛性が安定している変位 2mm ときの荷重を表 4、表 5 に示す。表 5 は、グリースを塗布した打継ぎ面の摩擦係数を既往の文献¹⁾により 0.08 とし、PC 鋼棒の張力、打継ぎ面の曲げモーメントによって生じる摩擦力を考慮したものである。摩擦力を考慮することで、変位 2mm 時の荷重が 5%程度減少する。

S-1~S-3 の比較を図 3(a) に示す。φ40mm の太径部を有する S-3 に対して、全長が M16 の S-1 は変位 2mm 時の耐力が 0.36 倍であり、太径部を有することで、耐力、剛性が增加している。また、S-2 は、細径部の径が M20 であり、細径部の径が M16 の S-3 に対してせん断耐力が 1.05 倍になっている。

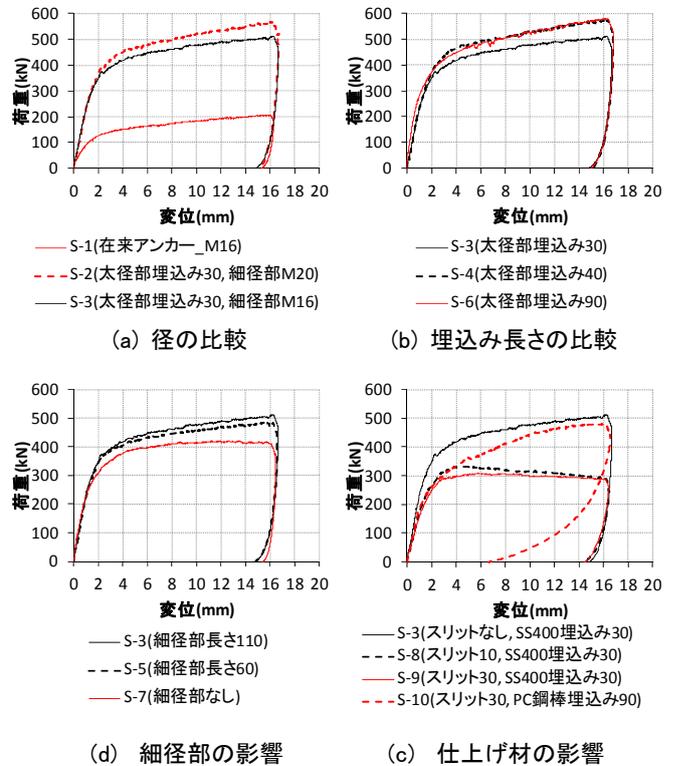


図 3 荷重-変位関係

表 4 変形 2mm ときの荷重(打継ぎ面の摩擦力は考慮せず)

| S-1 | S-2 | S-3 | S-4 | S-5 | S-6 | S-7 | S-8 | S-9 | S-10 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 125.7 | 367.4 | 348.2 | 370.2 | 344.2 | 372.3 | 309.4 | 266.8 | 250.3 | 262.5 |
| (0.36) | (1.05) | (1.00) | (1.06) | (0.99) | (1.07) | (0.89) | (0.77) | (0.72) | (0.75) |

()内は、S-3にに対する割合

表 5 変形 2mm ときの荷重(打継ぎ面の摩擦力考慮)

| S-1 | S-2 | S-3 | S-4 | S-5 | S-6 | S-7 | S-8 | S-9 | S-10 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 119.4 | 350.2 | 332.0 | 352.1 | 327.5 | 354.8 | 292.5 | 255.5 | 238.5 | 250.0 |
| (0.36) | (1.05) | (1.00) | (1.06) | (0.99) | (1.07) | (0.89) | (0.77) | (0.72) | (0.75) |

()内は、S-3にに対する割合

埋込み長さの影響を図3(b)に示す。太径部の埋込み長さが30mmのS-3に対して、埋込み長さが40mmのS-4は、せん断耐力が1.06倍になる。しかし、太径部を更に90mmまで埋め込んだS-6でも、S-3に対してせん断耐力は7%の増加であり、太径部を40mm以上埋め込んでも、せん断耐力への影響は少ないことがわかる。

細径部の影響を図3(c)に示す。細径部(M16)があるS-3に対して、細径部がないS-7はせん断耐力が0.89倍となっており、せん断耐力が10%程度低下する。一方、細径部の長さが110mmのS-3と60mmのS-5は、ほぼ同じせん断耐力を示しており、細径部は60mm以上あれば、せん断耐力を10%程度増加できることがわかる。

仕上げ材の影響を図3(d)に示す。スリットを有しないS-3に対して、仕上げ材を模擬したスリット(10~30mm)を有するS-8~10でも、70%以上のせん断耐力を保持しており、剛性の高い太径部を有することで、一定の耐力を得ることができる。また、太径部(PC鋼棒)を90mm埋め込んだS-10と、太径部(SS400)を30mm埋め込んだS-9は、変形が3mm程度までは、同様の履歴を示すが、S-10はその後も耐力が上昇し、除荷後の残留変形が他の試験体の半分以下となっている。

(4)あと施工アンカーのひずみと変位の関係

あと施工アンカーのひずみと変位(増設部に対する既存部の鉛直方向のずれ量)の関係を図4に示す。ひずみ計測位置は増設側のコンクリート面より25mmの位置とし、アンカーの上下面のひずみを計測した。

いずれの試験体も試験体中央部の鉛直変位が1.5~2.0mmのときに曲げ降伏している。

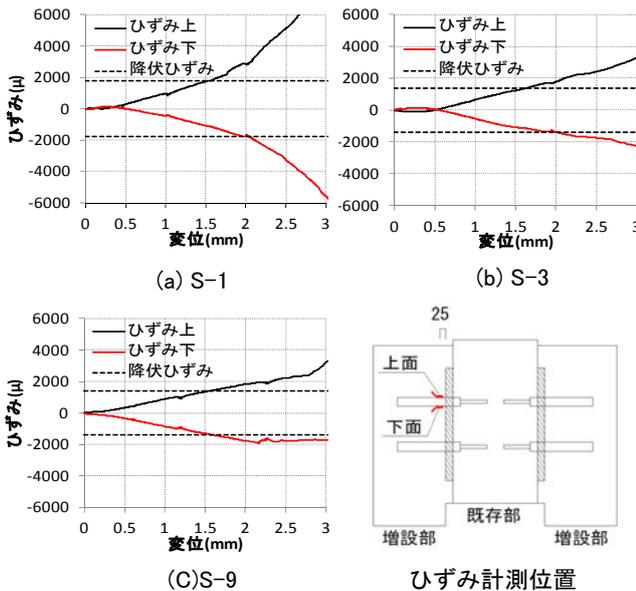
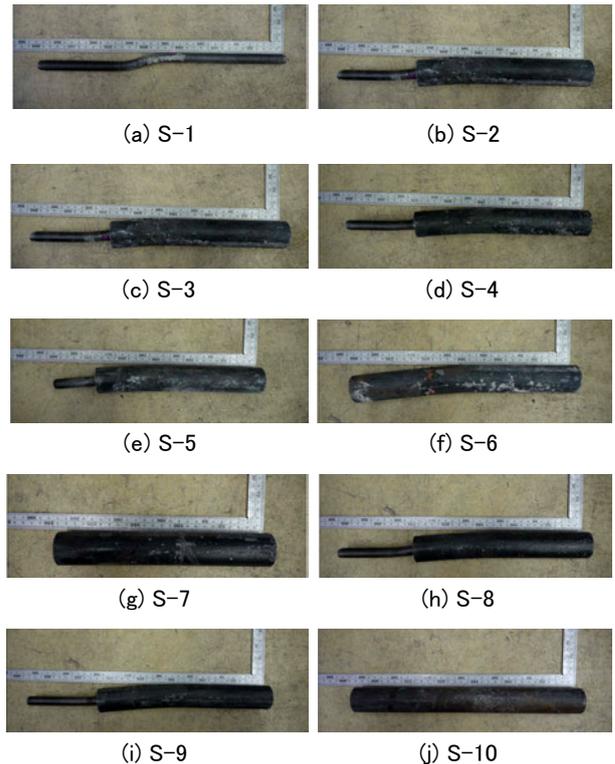


図4 あと施工アンカーのひずみと変位の関係

(5) アンカーの変形の状況

載荷後のアンカーの変形の状況を写真4に示す。S-3は、細径部と太径部の径の変化位置だけではなく、径の変化位置から40mm程度離れた位置で、逆方向に変形しているが、細径部の短いS-5は、S-3ほど細径部の変形がみられない。

細径部のないS-7は、細径部のあるS-3、5と比較して太径部の変形が少なく、細径部がせん断耐力に影響を与えていることがわかる。PC鋼棒を用いたS-10は、PC鋼棒に変形がみられず、載荷終了時まで目立った塑性変形は生じない。



5. まとめ 写真4 アンカーの変形状況

- (1) 太径部を有するあと施工アンカーは剛性が高いため、強度の低い仕上げ材を模擬して設けたスリットがある場合でもない場合の7割程度のせん断力を伝達することができる。
- (2) 太径部を有するあと施工アンカーにおいて、既存部側は、特に打継ぎ面から30mmまでの範囲がせん断耐力に与える影響が大きい。
- (3) 細径部がない試験体は、細径部を有する試験体より、載荷終了後の太径部の変形が少なく、また、せん断耐力が10%程度低下する。

【参考文献】

- 1) 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 第550号, pp.151-158, 2001.12