

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*

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一般に用いられる。本報告の工法は、太径(40mm)のあと施工アンカーを用いるため、耐力および剛性が高く、また、既存躯体側は太径部分を20~30mmだけ埋め込むため、時間・手間を要さず、施工性が良好なことが特長である。

耐震壁の増設による耐震補強工法では、増設壁の既存躯体との打継ぎ面に近い部分には補強筋としてスパイラル筋を用いることが多いが、太径のあと施工アンカーを用いる場合、アンカーとスパイラル筋が干渉し、スパイラル筋を配置できない。そこで、スパイラル筋の代わりに、あと施工アンカーの両側にコの字形の補強筋(割裂防止筋)をあと施工アンカーに接するように配置し、その基本的な構造性能を検証する。

1. はじめに

あと施工アンカーは、径が大きいほど、大きなせん断力を伝達できるが、径に応じて埋込み長が長くなるため、既存躯体の鉄筋と干渉するだけでなく、穿孔工具の回転や穿孔方向を制御するために、工具を躯体に固定する必要がある。

本報告の工法では既存躯体側の20~30mmの部分だけを太径(ϕ 40mm)とし、既存鉄筋と干渉する深い部分は細径とすることにより、高い耐力と剛性を有しながら、従来の太径のあと施工アンカーの施工性の問題を解消している。

前報¹⁾では、太径部を有するあと施工アンカーの既存部側の構造性能の検証を行った。そして、既存部に太径部を30mm程度貫入させることで、高いせん断耐力を得ることができ、また、既存躯体と増設躯体の間に、強度の低い仕上材がある場合でも、せん断力を伝達できることを確認できた。

そこで、本報告では、耐震壁の増設による耐震補強工法を想定し、増設壁と既存部を本工法で一体化した試験体を用いた要素実験を行い、そのせん断耐力、剛性などの構造性能を検証する。

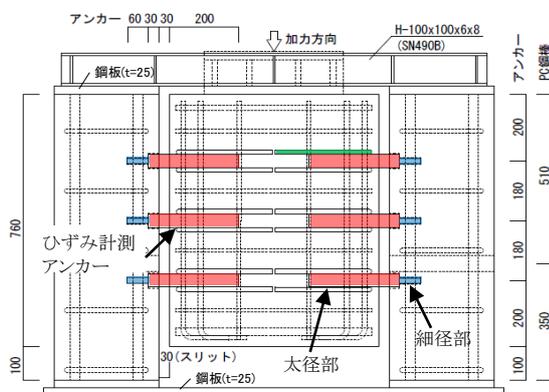
2. 試験体概要

試験体諸元を表-1に、また、試験体形状を図-1に示す。試験体は、S-21~S-23の3体であり、パラメーターは打継ぎ部のスリットの有無と、あと施工アンカーの材質である。

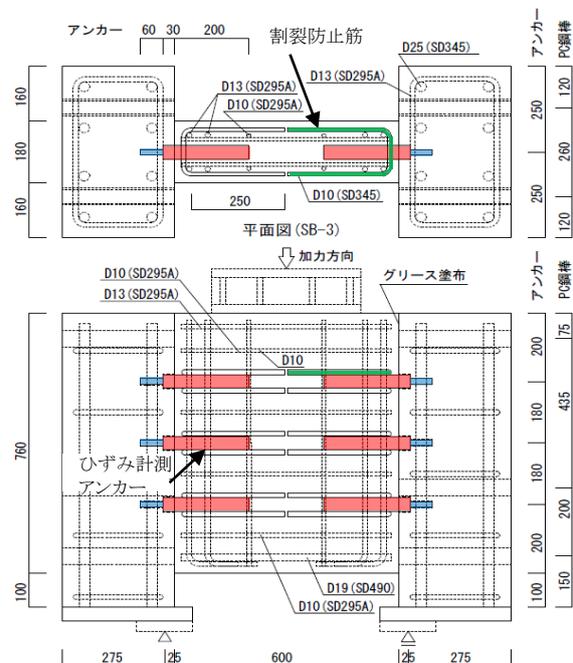
表-1 試験体諸元

試験体名	S-21	S-22	S-23	<共通>
スリット幅	0	30		細径部: M16(SCM435)
太径部	40 (SCM435)		D41 (SD490)	増設壁: Fc24 既存部: Fc24

※規格降伏点強度: SCM435(785N/mm²), SD490(490N/mm²)



(a) S-22、S-23



(b) S-21

図-1 試験体形状

* 技術研究所 建築技術開発部

試験体は実大試験体であり、試験体中央の増設壁と両側の既存部を合計 6 本のあと施工アンカーで一体化する。

なお、S-21 の既存部と増設壁の打継ぎ面は、摩擦力を低減するために、増設部のコンクリートを打設する前に既存部側表面にグリースを 0.5mm 厚程度塗布した。²⁾ また、載荷時の曲げモーメントにより生じる界面の開きを抑えるため、両側の既存部を PC 鋼棒 (φ36) ではさみ、PC 鋼棒に緩みが生じないように 1 本当たり 1kN の軸力を導入した。

一方、S-22、S-23 は、既存部と増設壁の間に、強度の低い仕上げ材を模擬して 30mm のスリットを設けた。既存部と増設壁部が接触しておらず、摩擦の影響を受けないため、載荷時の安定性を考慮し、両側既存部の上下に剛性の高い鋼材を溶接し、載荷時の既存部の開きを拘束した。

既存部側のあと施工アンカーは、いずれの試験体も打継ぎ面から 30mm までの範囲を太径 (φ40、D41) とし、それ以深は細径 (M16) とした。また、増設壁側は、打継ぎ面近傍のコンクリートの局所的損傷による耐力低下を防止するために、太径部の埋込み長を 200mm とした。なお、増設壁部側のあと施工アンカーの両側に、コの字形の割裂防止筋を配置した。

表-2、3にそれぞれ、鋼材、コンクリートの材料試験結果を示す。

表-2 鋼材の材料試験結果

試験体	種類	材質	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び率 (%)
S-21~23	D10	SD295A	362.1	503.8	20.2
	D10	SD345	372.1	564.9	18.3
	D13	SD295A	332.0	475.3	21.2
S-23	D41	SD490	541.7	742.8	23.5
S-21~22	40	SCM435	972.4	1,072.0	16.5

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)	割裂強度 (N/mm ²)
S-21~23	既存部	24.8	26.5	2.26
	増設部	23.4	24.9	2.20

3. 実験方法

載荷状況を写真-1に示す。載荷は、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、単調載荷とした。S-21 は、既存部と増設壁の界面に働く摩擦力が、試験体の支持部の水平方向の拘束力の影響を受けないように両側増設部の下部をそれぞれ、ピン支持、ローラー支持(写真-1)とした。一方、S-22、S-23 は両側既存部の上下が鋼材で拘束されているため、ピン支持、ローラー支持に必要がなく、石膏を介して平滑な面に試験体を設置した。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、変位計により鉛直変位 (既存部に対する増設壁の鉛直方向のずれ量) を計測した。

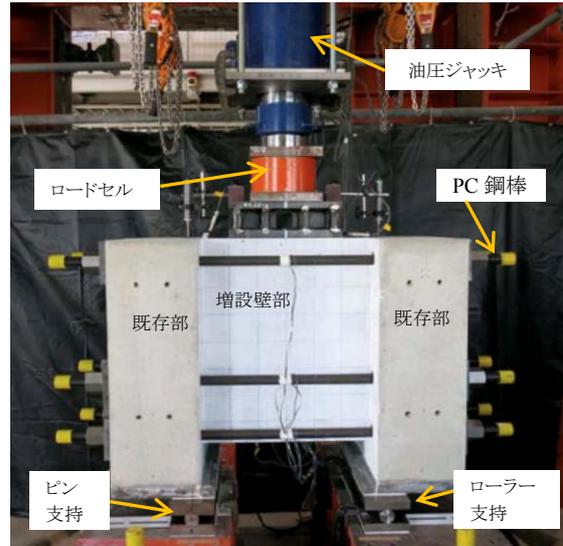


写真-1 載荷状況

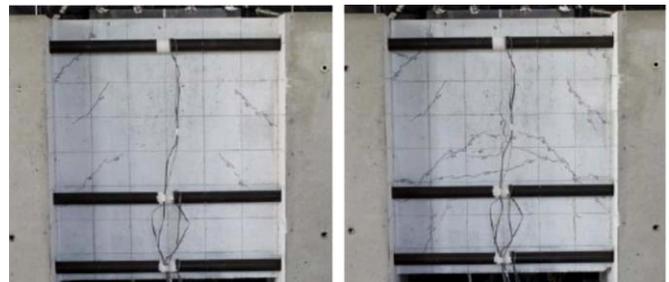
4. 実験結果

(1) 試験体のひび割れ状況

試験体中央部の鉛直変位が 2mm、8mm の時のひび割れ状況を写真-2~4に示す。

鉛直変位 2mm のとき、増設壁の左右に斜めひび割れが発生しているが、ひび割れ幅は 0.1mm 以下であり、構造上問題となるひび割れは生じなかった。

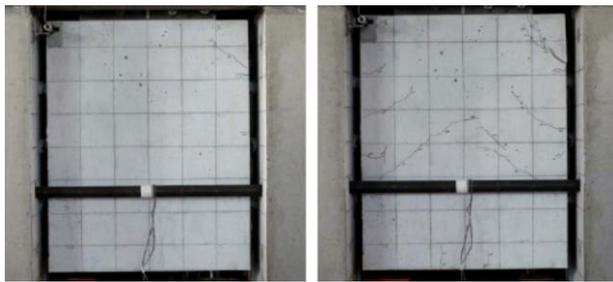
その後、鉛直変位 8mm では、いずれの試験体も試験体上部より約 100mm、300mm、500mm の位置で斜めひび割れが発生し、試験体下部にもひび割れが発生した。



(a) 変位 2mm (b) 変位 8mm
写真-2 ひび割れ状況 (S-21)



(a) 変位 2mm (b) 変位 8mm
写真-3 ひび割れ状況 (S-22)



(a) 変位 2mm (b) 変位 8mm
写真-4 ひび割れ状況(S-23)

(2) 破壊状況

実験終了時の S-22、S-23 の破壊状況を写真-5、写真-6に示す。載荷終了後、あと施工アンカーをスリット部で切断し、既存部側と増設壁側の破壊状況を観察した。

既存部側はあと施工アンカー側面のコンクリートが支圧破壊を生じており、増設壁側は、コンクリートの支圧破壊とともに、増設壁のアンカー埋込み面にひび割れが生じている。S-23においても、同様の破壊性状を示している。



(a) 既存部 (b) 増設壁側
写真-5 実験終了時破壊状況(S-22)



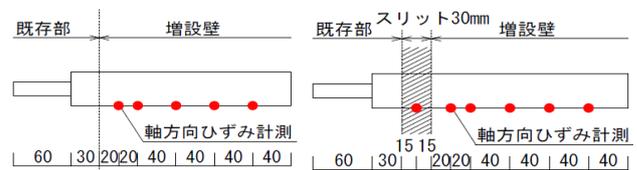
(a) 既存部 (b) 増設壁側
写真-6 実験終了時破壊状況(S-23)

(4) あと施工アンカーの軸方向ひずみ

図-1の左側中段のあと施工アンカーの軸方向ひずみを計測した。なお、各あと施工アンカーのひずみ計測位置を、図-2に示す。

図-3は、鉛直変位が2mmのときのあと施工アンカーの軸ひずみの分布である。いずれの試験体も、増設壁側の界面より40mmの位置でひずみが最大となっている。また、太径部がD41(SD490)のS-23はあと施工アンカーが降伏しているが、降伏していないS-22と同様のひずみ分布を示す。

図-4は、最大せん断力時のあと施工アンカーの軸ひずみ分布である。既存部と増設壁の間にスリットのないS-21は降伏していないが、30mmのスリットを設けたS-22、S-23は降伏している。なお、増設壁側の界面より40mm、80mmの位置のひずみは、SCM435を用いたS-22は4,000 μ 程度であるのに対し、SD490を用いたS-23は6,000 μ 程度となったが、S-22と比較し、破壊状況の違いは観察されなかった。



(a) S-21 (b) S-22、S-23
図-2 ひずみ計測位置図

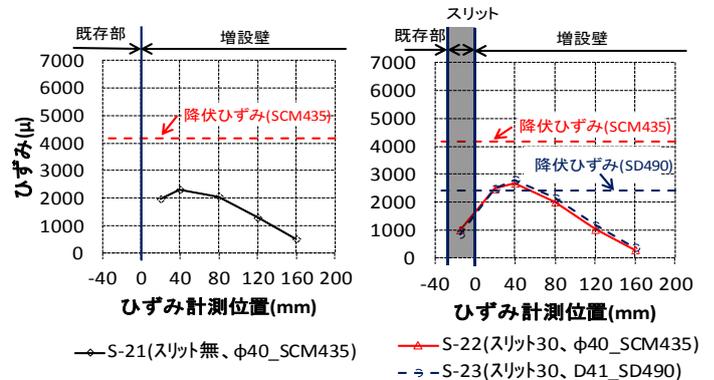


図-3 変形 2mm 時あと施工アンカーの軸方向ひずみ

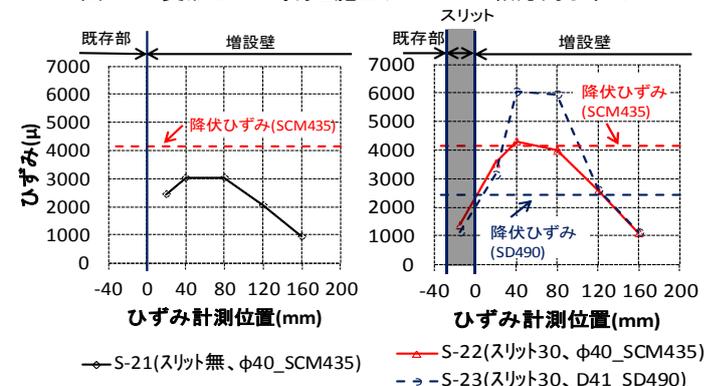


図-4 最大せん断力時あと施工アンカーの軸方向ひずみ

(5) 補強筋のひずみ

補強筋のひずみ計測位置、壁縦筋のひずみ計測位置を図-5に示す。界面に最も近い1段目の縦筋と、その次に界面に近い2段目の縦筋にひずみゲージを貼付した。

鉛直変位と割裂防止筋のひずみの関係を図-6に示す。いずれの試験体も鉛直変位 2mm のとき、補強筋は降伏していない。その後、鉛直変位の増加とともにひずみが増加し、S-22 は、鉛直変位が 9mm のときに鉄筋が降伏した。

鉛直変位と壁縦筋のひずみの関係を図-7に示す。鉛直変位 2mm のときのひずみはいずれも 500 μ 以下であり、S-21 の 1 段目の鉄筋以外は、載荷終了時まで降伏していない。S-21 の 1 段目の鉄筋については、計測位置にクラックの生じており、その影響で大きなひずみが生じたものと考えられる。

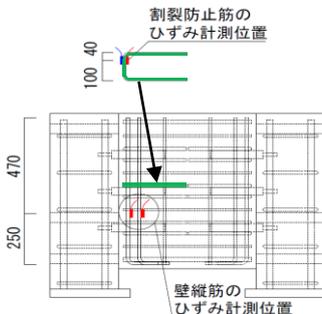


図-5 補強筋、壁縦筋のひずみ計測位置

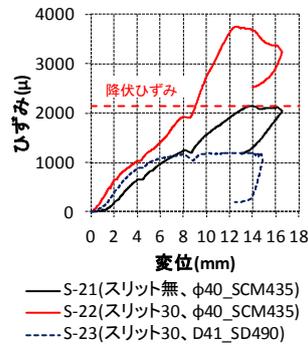
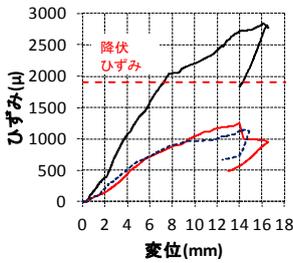
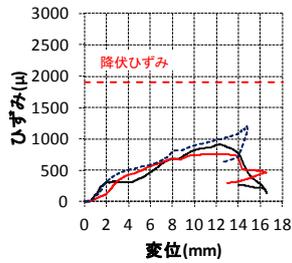


図-6 鉛直変位と補強筋のひずみの関係



(a) 壁 1 段目縦筋



(b) 壁 2 段目縦筋

図-7 鉛直変位と壁縦筋のひずみの関係

(7) 荷重と変位の関係

あと施工アンカー1 本あたりのせん断力と、鉛直変位の関係を図-8、あと施工アンカー1 本あたりの最大せん断力、変位 2mm の時のせん断力を表-4に示す。なお、試験体 S-23 のせん断力は、グリースを塗布した打継ぎ面に生じる摩擦力を計算により求め、実験値から減じた値である。摩擦力は、既往の文献²⁾により摩擦係数を 0.08 とし、打継ぎ面の曲げモーメントと PC 鋼棒の張力より求める。

いずれの試験体も変位 5mm 前後で最大せん断力となり、その後、急激な耐力低下は見られない。

また、30mm のスリットを設けた S-22、S-23 は、スリットのない S-21 に対して、変位 2mm の時のせん断力、最大せん断力ともにせん断力が 3 割程度減少している。

なお、S-22、S-23 のせん断力と変位の関係は同様の性状を示しており、あと施工アンカーの表面が降伏しても、すぐにはせん断耐力の低下や剛性低下が生じないことがわかる。

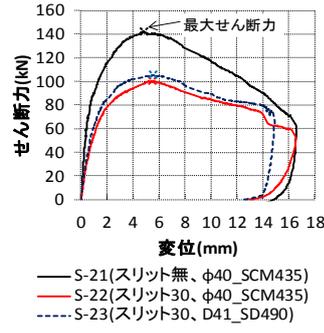


図-8 荷重-変位関係

表-4 あと施工アンカー1 本あたりのせん断力

試験体名	鉛直変形 2mm 時のせん断力	最大せん断力
S-21	115.5 kN (1.00)	142.1 kN (1.00)
S-22	77.7 kN (0.67)	100.3 kN (0.71)
S-23	84.8 kN (0.73)	105.6 kN (0.74)

()内はS-21の値に対する割合

5. まとめ

- (1) いずれの試験体も、割裂防止筋を、あと施工アンカーの増設壁部側の両側に設けることにより、2mm の鉛直変位が生じて、構造上問題となるクラックは発生していない。
- (2) 割裂防止筋や界面に近い壁の縦筋は、鉛直変位 2mm のときには、降伏ひずみに達していない。
- (3) 荷重-変位関係において、鉛直変位が 2mm まで、急激な剛性低下は見られない。
- (4) 鉛直変位 2mm のとき、上記のとおり、急激な剛性低下はみられず、また、構造上問題となるクラックや壁筋の降伏もみられないため、鉛直変位 2mm のときのせん断力を設計上使用するせん断耐力とすることができる。
- (5) 鉛直変位が 2mm のときのあと施工アンカーの軸方向ひずみは、増設部の界面から 40mm の位置が最大となる。
- (6) 30mm のスリットがある場合は、スリットがない場合に対して変位 2mm の時のせん断力、最大せん断力ともにせん断力が 3 割程度減少している。

【参考文献】

- 1) 細井泰行、富田祐介: 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、五洋建設技術年報 Vol.46、14.1-14-4、2016
- 2) 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