

# SRC 構造建築物におけるあと施工アンカーの付着性能実験から設計・施工対策まで — 湿式コアドリルを用いた注入型あと施工アンカー —

Bond Strength Test and Design and Construction of Post-installed Anchors in SRC Buildings  
· Injection Type Post-installed Anchors Using Wet Core Drills ·

阿部 隆英<sup>\*1</sup> 久保田 雅春<sup>\*2</sup> 池田 隆明<sup>\*3</sup> 奥平 毅<sup>\*4</sup>  
Taka hide Abe Masaharu Kubota Takaaki Ikeda Tsuyoshi Okudaira  
近藤 正<sup>\*4</sup> 後藤 隆之<sup>\*4</sup> 高瀬 裕也<sup>\*3</sup>  
Masashi Kondou Takayuki Gotou Yuuya Takase

## 【要旨】

SRC 構造建築物の住みながら耐震改修工事にあと施工アンカーを使用する場合、住民の住環境的観点から低振動・低騒音の工法が必要とされる。また、SRC 構造建築物では、内蔵鉄骨によりアンカー筋の埋め込み長さが制約され、構造・施工的にも困難となることが多い。本報告では、湿式コアドリルにより穿孔を行い、接着材を注入するあと施工アンカー工法を確立することを目的として実施した各種性能実験の結果及びあと施工アンカーの設計と施工の対処法まで報告する。

【キーワード】 耐震補強 低振動・低騒音 あと施工アンカー 接着系アンカー 湿式コアドリル 細径鉄筋 注入式

## 1. はじめに

住みながら耐震改修工事では、あと施工アンカー施工時の振動・騒音が住環境を損ねるといった問題がある。また、SRC 構造建築物においては、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さ内にあと施工アンカーを配置することが必要となる。

11 階建ての SRC 構造集合住宅の住みながら耐震改修工事において、あと施工アンカー施工時の振動・騒音を低減すること、および、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さ内にあと施工アンカーを配置することを目的として、湿式コアドリルにより穿孔を行い、接着材を注入するあと施工アンカー工法を採用した。

本報告では、構造上必要な強度を確保することを実験的に確認し、低振動・低騒音であるあと施工アンカーの工法を確立することを目的として実施した各種性能実験の結果を報告する。

## 2. あと施工アンカー施工時の問題点

本工事では、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さ 100mm 内にあと施工アンカーを配置することとなった。あと施工アンカーを効率よく配置するためには、D13 の細径鉄筋を内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さ内に配置することが必要であった。しかし、従来のカプセル型の接着系アンカーでは、有効埋め込み長さが確保できず配置不可能となった。

接着材を注入するあと施工アンカーでは、カプセルを粉砕・攪拌してアンカー筋を挿入する必要がないため、カプセル式よりも施工時の埋め込み長さが短くなる特徴

がある。よって、SRC 構造建築物においては、内蔵鉄骨のフランジと干渉しなくなり、構造的観点や施工的観点からも優位となる。

本報告では、細径鉄筋 (D13) における湿式コアドリルと接着材を注入するあと施工アンカー工法の付着性能確認実験とその結果、ならびに、特に以下の①～③に示す実験に基づき、注入型のより良い施工手順、留意点並びに不具合に対する施工対処例について述べる。

- ① カプセル型と注入型によるアンカータイプ別の比較
- ② 施工手順による付着力性能実験
- ③ 注入型アンカータイプによる短穿孔、傾斜穿孔、再穿孔、の違いによる付着力実験

さらに、内蔵鉄骨のフランジまでのかぶりが構造図通り確保されていないためあと施工アンカーの埋め込み長さが確保できない場合、あと施工アンカーの配置が主筋と干渉した場合、もしくはジャンカ等によりあと施工アンカーが打設不可能な場合の対処法の例までを報告する。

## 3. 施工方法ならびに施工手順の比較

表-1 にアンカータイプがカプセル式と注入式の場合における特徴、穿孔器具がハンマードリルと湿式コアドリルの場合の特徴を示す。また、図-1 には、穿孔器具をハンマードリルとし、アンカータイプをカプセル型とした場合の施工手順を示し、図-2 には、穿孔器具を今回提案する湿式コアドリルとし、アンカータイプを注入型とした場合の施工手順を示す。

穿孔時では、ハンマードリルを使用した場合、回転打撃により穿孔するため、騒音・振動が非常に大きくなる。

1. 建築事業本部 トグル事業部 トグル設計 G 2. 建築事業本部 トグル事業部 3. 技術研究所 第二研究室  
4. 東日本建築支社 関東建築事業部

これに対し、湿式コアドリルを使用した場合には、ビットを高速回転することによりコンクリートを切削するため、騒音・振動が小さくなる利点がある。

アンカー筋挿入時では、アンカータイプをカプセル型とした場合、カプセルを粉砕・攪拌しながらアンカー筋を挿入する必要があるため、騒音・振動が非常に大きくなる。それに比べ接着材を注入するタイプでは、接着材を注入した後、手でアンカー筋を挿入するため、騒音・振動が発生しない利点がある。

図-3に、アンカータイプの違いによる挿入するアンカー筋の形状および埋め込み長さを示す。

挿入するアンカー筋の特徴としては、カプセル型によるあと施工アンカーでは、アンカー挿入時にカプセルを回転打撃により粉砕・攪拌する必要があるため、アンカー筋の先端形状が、45°の斜めカット等の加工が必要となり、施工時のアンカー筋の埋め込み長さは構造計算上の有効埋め込み長さに先端形状加工した長さが必要となる<sup>4)</sup>。これに対し、接着材を注入するあと施工アンカーでは、接着材注入後に手でアンカー筋を挿入する施工方法であり、カプセル型と異なりアンカー筋で樹脂を破砕・攪拌する必要がない。よって、注入型のアンカー筋の先端形状は寸切りとなるため、構造計算上のアンカー筋の埋め込み長さが有効埋め込み長さとなる。

表-1 施工方法による特徴

施工		工法特徴	騒音・振動	
穿孔時	穿孔器具	ハンマードリル	回転打撃	大
		湿式コアドリル	切削	小
アンカー筋挿入時	アンカータイプ	カプセル式	粉砕・攪拌	大
		注入式	手で挿入	無

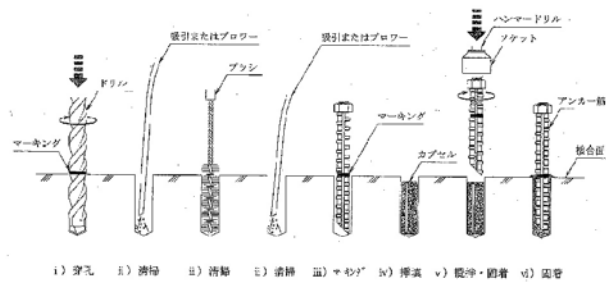


図-1 穿孔器具：ハンマードリル、アンカータイプ：カプセル型を用いた施工手順

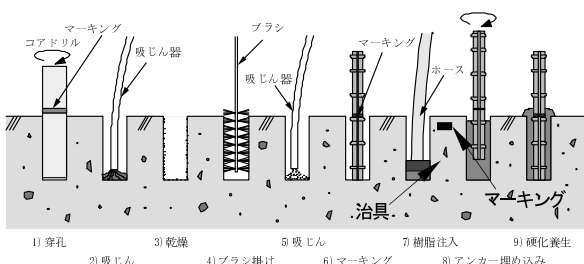


図-2 穿孔器具：湿式コアドリル、アンカータイプ：注入型を用いた施工手順

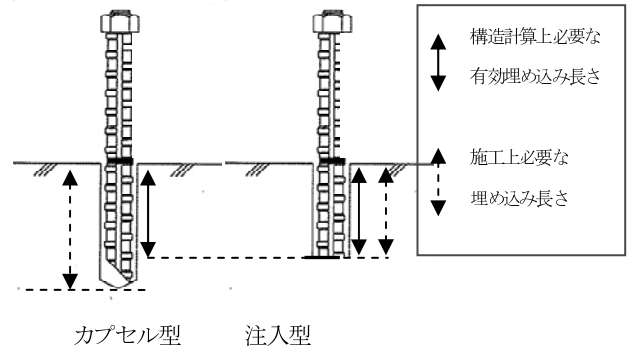


図-3 アンカータイプによる埋め込み長さの比較

#### 4. 付着性能実験試験体概要

試験体は、接着面での付着強度を確認することが目的である最終破壊形状を付着破壊とした試験体シリーズ（以下、「付着破壊シリーズ」という）と、施工条件や最終破壊形状を考慮した試験体シリーズ（以下、「破壊形考慮シリーズ」という）の2シリーズとした。

##### 4.1 付着破壊シリーズの試験体

付着破壊シリーズの試験体は表-2に示すようにアンカータイプの種類、穿孔方法、穿孔内の処理方法および乾燥湿潤状態をパラメータとした。

アンカーのタイプは、回転式カプセル型アンカー、エポキシアクリレート樹脂注入式アンカー（以下、「注入型A」という）、エポキシ樹脂注入式アンカー（以下、「注入型B」という）の3種類とした。穿孔器具は、本実験対象である湿式コアドリルとハンマードリルの2種類とした。乾燥湿潤状態は、穿孔後1日放置させた乾燥状態と、湿式コアドリルによる穿孔後の湿潤状態を樹脂の充填時まで保持した湿潤状態の2種類とした。穿孔後の孔内処理方法は、ナイロンブラシによる清掃、ワイヤーブラシによる孔面の目荒らしおよび無処理の3種類とした。また、試験体数は各5体とした。

実施工で使用するアンカー筋径は D13 で、材質は SD345 であるが、付着破壊シリーズでは接着面での付着強度を確認することが目的であるため、アンカー筋が降伏しない高強度の SNB7 (SCM440 相当,  $\sigma_y=925\text{N/mm}^2$ ) の全ねじボルト (M12) を使用する。試験体のコンクリート強度は  $16.45\text{ (N/mm}^2\text{)} \sim 18.50\text{ (N/mm}^2\text{)}$  で平均  $17.29\text{ (N/mm}^2\text{)}$  である。

##### 4.2 破壊形考慮シリーズの試験体

破壊形考慮シリーズの試験体は、①アンカー埋め込み長さ 7Da より短いもの（以下、「短穿孔」という）、②穿孔が角度を有するもの（以下、「傾斜穿孔」という）、③穿孔を既存孔穿孔近傍に開け直すもの（以下、「再穿孔」という）の3種類とする。

①短穿孔は、D13 ( $\sigma_y=346\text{N/mm}^2$ ) のアンカー筋を対

象に埋め込み長さを変えた試験とし、埋め込み長さは、52mm (4Da) , 65mm (5Da) , 78mm (6Da) , 91mm (7Da) の 4 種類とする。②傾斜穿孔は、D10 ( $\sigma_y = 379\text{N/mm}^2$ ) のアンカー筋を対象に傾斜角として  $15^\circ$  と  $30^\circ$  とする。③再穿孔は、D10 のアンカー筋を対象に穿孔間距離を 2Da と 4Da とする。短穿孔の試験体一覧を表-3 に、傾斜穿孔の試験体一覧および再穿孔の試験体を表-4 に、図-4 に穿孔条件の違いによる試験体状況を示す。接着材はエポキシアクリレート樹脂 (注入型 A) , 穿孔器具は湿式コアドリル、穿孔内処理は乾燥後ナイロンブラシ処理とした。また、試験体数は各 5 体ずつとする。

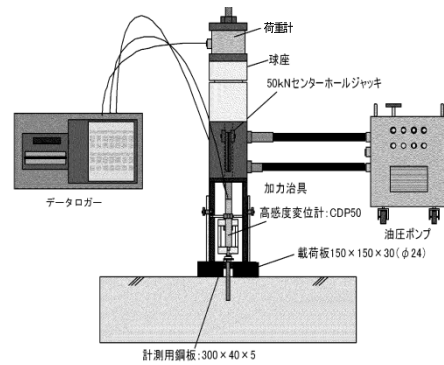


図-5 付着実験の加力方法

表-2 付着破壊シリーズ試験体パラメーター一覧

試験体名	アンカータイプ	穿孔方法	穿孔後孔内処理	状態	埋め込み長	アンカー	体数
CM12L60NbDC	カプセル	湿式コアドリル	ナイロンブラシ	乾燥	60mm	M12	5
CM12L60WbDC			ワイヤーブラシ	乾燥			5
CM12L60NoDC		清掃なし	湿潤	5			
CM12L60NwDC		清掃なし	湿潤	5			
CM12L60NbDH	ハンマードリル	ナイロンブラシ	乾燥			5	
AM12L60NbDC	注入型A (エポキシ アクリレート)	湿式コアドリル	ナイロンブラシ	乾燥	60mm	M12	5
AM12L60WbDC			ワイヤーブラシ	乾燥			5
AM12L60NoDC		清掃なし	湿潤	5			
AM12L60NwDC		清掃なし	湿潤	5			
AM12L60NbDH	ハンマードリル	ナイロンブラシ	乾燥			5	
BM12L60NbDC	注入型B (エポキシ)	湿式コアドリル	ナイロンブラシ	乾燥	60mm	M12	5
BM12L60WbDC			ワイヤーブラシ	乾燥			5
BM12L60NoDC		清掃なし	湿潤	5			
BM12L60NwDC		清掃なし	湿潤	5			
BM12L60NbDH	ハンマードリル	ナイロンブラシ	乾燥			5	

表-3 破壊形考慮シリーズ  
短穿孔試験体パラメーター一覧

試験体名	接着材	穿孔器具	穿孔後孔内処理	状態	埋め込み長	鉄筋径	体数
AD13L52NbDC	注入型A (エポキシ アクリレート)	湿式コア ドリル	ナイロン ブラシ	乾燥	4Da	D13	5
AD13L65NbDC					5Da		5
AD13L78NbDC					6Da		5
AD13L91NbDC					7Da		5

表-4 破壊形考慮シリーズ  
傾斜穿孔および再穿孔試験体パラメーター一覧

試験体名	接着材	穿孔器具	穿孔後孔内処理	状態	埋め込み長	鉄筋径	傾斜角	再穿孔距離	体数
AD10L70NbDC	注入型A (エポキシ アクリレート)	湿式コア ドリル	ナイロン ブラシ	乾燥	70a	D10	-	-	5
AD10L70NbDC-An15							15°	-	5
AD10L70NbDC-An30							30°	-	5
AD10L70NbDC-R40							-	40mm	5
AD10L70NbDC-R20	-	20mm	5						

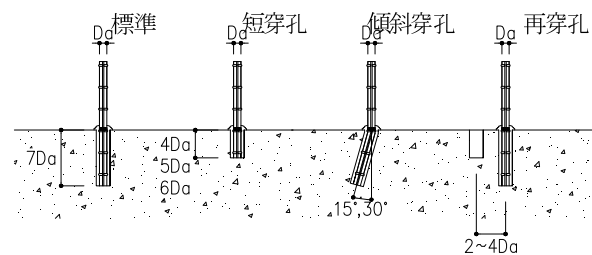


図-4 穿孔条件の違いによる試験体状況

## 5. 実験方法

付着破壊シリーズにおける付着実験の加力・計測方法を図-5に示す。荷重の計測は荷重計、変位の計測は2ヶ所の変位計により行う。また、加力方法は(社)日本建築あと施工アンカー協会の方法に準じて行う<sup>5)</sup>。また、確実に付着破壊を起こさせるために、アンカー筋周辺のコンクリートを載荷板で押さえることで、コーン破壊をさせないようにした。

破壊形考慮シリーズにおける実験方法は、付着破壊シリーズと同様の加力方法としたが、コーン破壊を検証できるようにアンカー筋周辺コンクリートを計測用鋼板で押さえない加力装置とした。

## 6. 実験結果

付着応力度  $\tau$  ( $\text{N/mm}^2$ ) は、引張荷重を鉄筋の有効埋め込み部分の表面積で除した値として評価する。この有効埋め込み部分の付着応力度  $\tau$  は、荷重計で計測された荷重から(1)式によって算定する。

$$\tau = \frac{P}{\psi \cdot l_e} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、P は最大引張力 (kN) ,  $\psi$  はアンカー筋周長 (mm) ,  $l_e$  は有効埋め込み長さ (mm) を示し、引張変位 S (mm) は2つの変位計の平均値とした。

### 6.1 付着破壊シリーズ

表-5に付着破壊シリーズの引抜最大荷重一覧を示す。

図-6(a)~(e)に、付着破壊シリーズにおけるアンカータイプカプセルの実験結果を示す。

図-6(a)は湿式コアドリルを用いてナイロンブラシ清掃を行った場合の変位-荷重曲線である。同図では、初期から最大荷重までばらつきは小さく、5体いずれの試験体も同様の傾向を示している。

図-6(b)は清掃方法をワイヤーブラシとした場合の変位-荷重曲線である。ナイロンブラシで清掃した試験体と比べると、最大荷重の上昇が見られるが、ばらつきは大きく試験体毎に異なる傾向となった。

図-6(c)は清掃を行わない場合の変位-荷重曲線である。清掃を行った場合と比較すると、初期から最大荷重に至るまでの立ち上がり勾配が小さく、ばらつきも大きくなる傾向となった。

図-6(d)は清掃を行わず、湿潤状態とした場合の変位-荷重曲線である。最大荷重時の変位にはばらつきが見られるものの、図-6(c)の乾燥状態の場合より各試験体で、最大荷重、初期の立ち上がり勾配ともに大きくなる傾向となった。これは、繰り返しの加水により、孔内が清掃状態と同等になったためだと考えられる。

図-6(e)はハンマードリルを用いてナイロンブラシ清掃を行った場合の変位-荷重曲線である。変位-荷重関係は、最大耐力や初期の立ち上がり勾配にややばらつきが見られたが、他の施工とほぼ同等の結果が得られた。

図-7(a)~(e)に、付着破壊シリーズにおけるアンカータイプ注入型Aの実験結果を、図-8(a)~(e)に、アンカータイプ注入型Bの実験結果を示す。各図中には、(2)式による付着応力度から算定した付着強度を示す。

$$\tau = 10 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} \dots\dots\dots (2)$$

まず、湿式コアドリルで穿孔した8タイプの結果について述べる。図-7(a)、図-8(a)は、穿孔後孔内処理乾燥後にナイロンブラシ処理を行ったものである。注入型A、Bともに、最大荷重、初期の立ち上がり勾配ともばらつきも少なく安定した性状を示している。

図-7(b)、図-8(b)は、穿孔内乾燥後、ワイヤーブラシ処理を行ったものである。注入型A、Bともに最大荷重、初期の立ち上がり勾配のばらつきは少ない。

図-7(c)、図-8(c)は、穿孔内乾燥後無処理のものである。注入型A、Bともに比較的荷重は高いものの、最大荷重時の変位、初期の立ち上がり勾配ともに大きなばらつきが見られる。

図-7(d)、図-8(d)は、穿孔内湿潤状態のまま無処理としたものである。注入型Aでは、最大荷重は低いものの、最大荷重、初期の立ち上がり勾配ともに比較的安定している。また、注入型Bは注入型Aより最大荷重は高いものの、最大荷重、初期の立ち上がり勾配ともばらつきが見られる。

次にハンマードリルで穿孔した2タイプの結果について述べる。図-7(e)、図-8(e)は、ハンマードリル穿孔後、乾燥状態でナイロンブラシ処理を行ったものである。最大荷重、初期の立ち上がり勾配ともにややばらつきが見られるものの比較的安定した性状を示し、最大荷重も高めの値を示している。

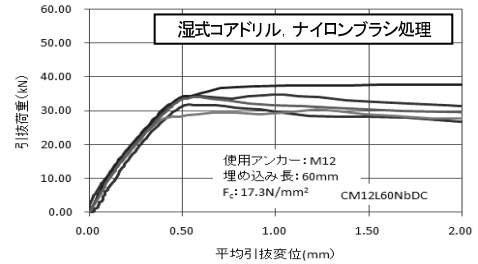
図-9にアンカータイプおよび施工方法の違いによる付着応力度をプロットしたものを示す。図中の9.1N/mm<sup>2</sup>の線は(2)式による付着応力度を示している。また、図-10は、施工方法の違いによる付着応力度の試験回数5に対する信頼度95%の信頼区間(平均値±標準偏差×1.64)を表したものである。

今回設定した実験因子、条件において細径鉄筋のアンカーを対象に実験を行った結果、図-9、図-10より以下のことが言える。

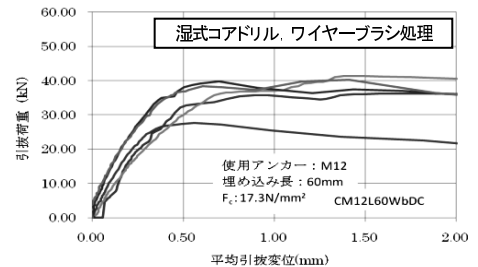
アンカーの種類を問わず、あと施工アンカーはハンマードリルによりコアを穿孔し、穿孔内を乾燥させた後、ナイロンブラシで清掃を行うことが付着強度も高く、ばらつきも少ない結果となった。また、留意点としては、アクリレート樹脂は水に弱い傾向があり、カプセル型は穿孔内の清掃を十分に行う必要がある。穿孔内のブラシ処理の場合、ワイヤーブラシはややばらつきが見られるものの、ナイロンブラシと同様安定した強度を得ることができた。

表-5 付着破壊シリーズ引抜荷重一覧

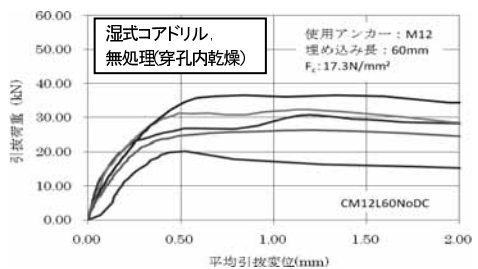
試験体名	No.1 (kN)	No.2 (kN)	No.3 (kN)	No.4 (kN)	No.5 (kN)	平均値 (kN)	偏差 (kN)	付着応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
CM12L60NbDC	34.83	31.83	30.33	38.00	34.00	33.80	2.94	15.28
CM12L60WbDC	27.67	36.17	41.33	39.83	40.17	37.03	5.58	15.91
CM12L60NoDC	20.17	30.83	32.00	36.50	28.33	29.23	6.23	14.19
CM12L60NoWC	41.83	38.00	32.85	計測不良	42.00	38.67	4.30	17.01
CM12L60NbDH	28.68	37.17	27.00	37.17	31.83	32.37	4.71	14.27
AM12L60NbDC	47.67	43.50	50.50	50.50	49.17	48.27	2.91	21.34
AM12L60WbDC	43.50	48.67	39.67	45.17	49.67	45.34	4.04	20.04
AM12L60NoDC	40.67	45.17	45.17	53.00	51.17	47.04	5.00	20.80
AM12L60NoWC	29.00	31.17	27.33	30.17	24.33	28.40	2.69	12.56
AM12L60NbDH	44.17	45.00	46.17	49.83	47.17	46.47	2.20	20.54
BMI2L60NbDC	35.67	42.17	35.83	36.18	34.00	36.77	3.13	16.26
BMI2L60WbDC	34.50	46.33	41.33	42.50	44.67	41.87	4.55	18.51
BMI2L60NoDC	45.83	40.67	48.17	40.33	36.00	42.20	4.82	18.66
BMI2L60NoWC	32.67	33.33	42.50	29.67	34.50	34.53	4.80	15.27
BMI2L60NbDH	42.00	39.33	45.00	48.50	46.33	44.23	3.61	19.56



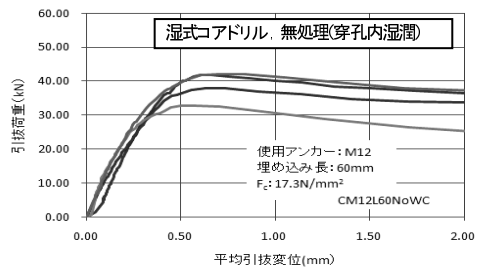
(a) CM12L60NbDC



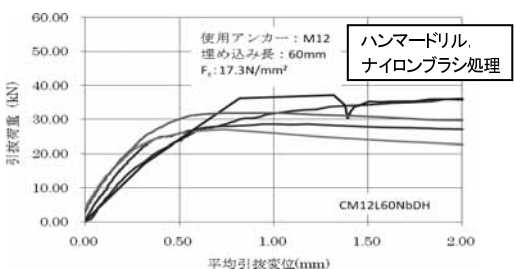
(b) CM12L60WbDC



(c) CM12L60NoDC



(d) CM12L60NoWC



(e) CM12L60NbDH

図-6 アンカータイプカプセルの実験結果(変位-荷重曲線)

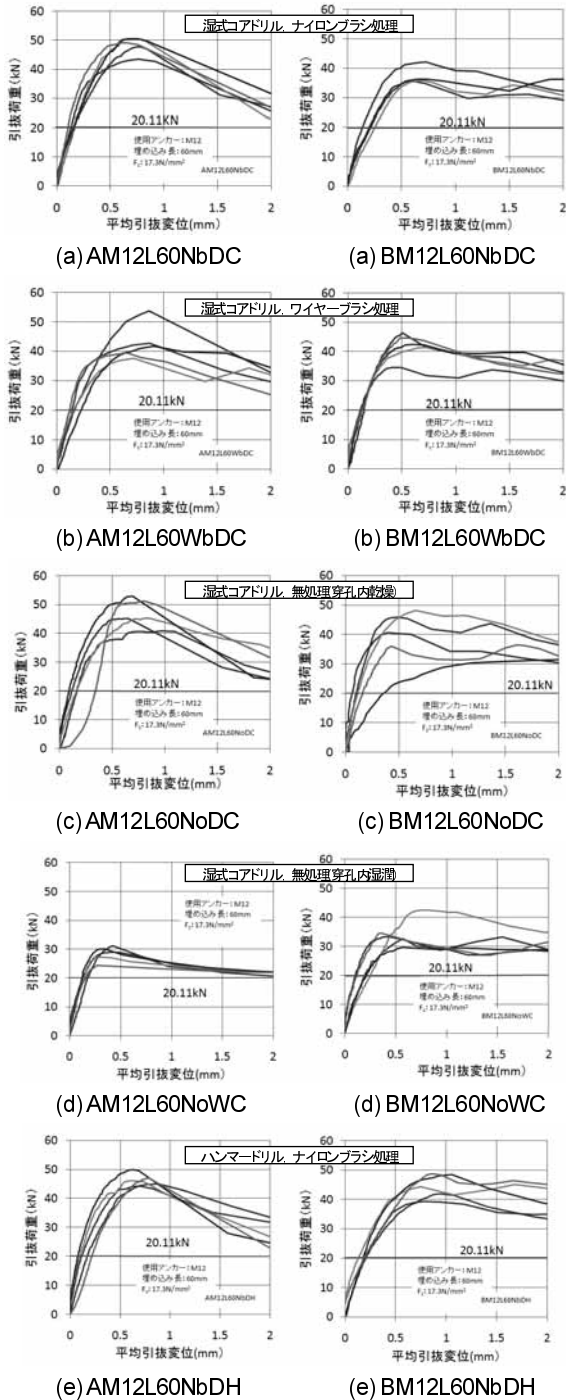


図-7 アンカータイプ注入型 Aの実験結果(変位-荷重曲線) Bの実験結果(変位-荷重曲線)

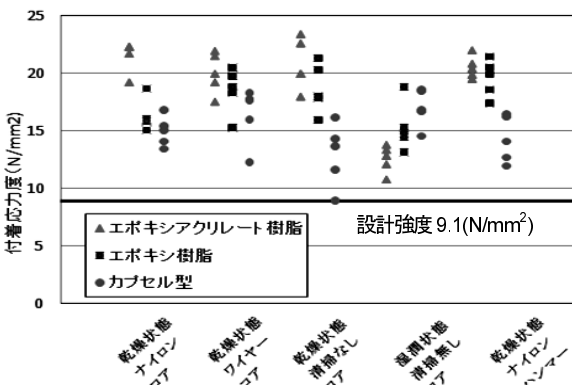


図-9 施工方法の違いと付着応力度の関係

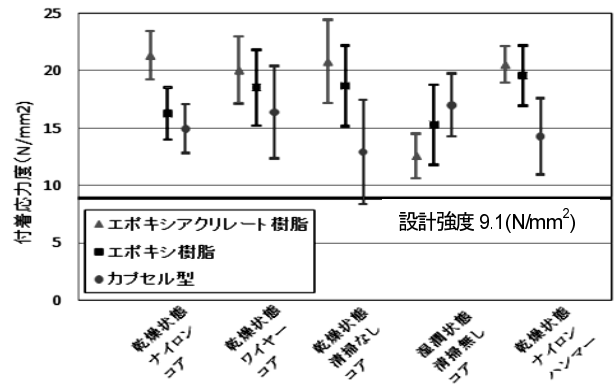


図-10 施工方法の違いと付着応力度の偏差の関係

## 6.2 破壊形考慮シリーズ

### (1) 短穿孔

短穿孔の各試験体の引張荷重と破壊状況の実験結果を表-6に示す。また、図-11に荷重-変位曲線を示す。

埋め込み長さ 52mm (4Da) とした試験体は全てコーン破壊により最大荷重が決定した。埋め込み長さ 65mm (5Da) とした試験体は、3体がコーン破壊し、2体は鉄筋の降伏後付着破壊に以降した。図-11よりコーン破壊した試験体は、最大荷重後急激に荷重が低下しているが、鉄筋降伏後の付着破壊試験体は、ピーク後緩やかに荷重が低下している。埋め込み長さ 78mm (6Da) とした試験体は、4体がコーン破壊しており、全試験体ともに引張荷重は埋め込み長さ 5Daを上回った。埋め込み長さ 91mm (7Da) とした試験体は、2体がコーン破壊であり、他の3体は鉄筋降伏後の付着破壊であった。これらの3試験体は最大荷重後も荷重を維持しながら変位し、その後比較的緩やかな低下となった。図中に7Daのコーン破壊時の計算値 22.5kNを記す。ここで4Da以外の埋め込み長さの試験体はコーン破壊時の計算値を上回った。

表-6 破壊形考慮シリーズ短穿孔引張荷重一覧

試験体名	項目	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	平均値
ADI 3L52NbDC	荷重(kN)	21.67	22.00	24.17	21.50	18.67	21.60
	直径(mm)	168	315	150	313	213	232
ADI 3L65NbDC	荷重(kN)	27.00	28.17	28.33	27.17	30.00	28.13
	直径(mm)	275	335	335	100	120	233
ADI 3L78NbDC	荷重(kN)	36.17	34.33	34.33	35.33	31.83	34.40
	直径(mm)	295	320	358	170	-	286
ADI 3L91NbDC	荷重(kN)	41.67	46.83	45.83	45.50	43.50	44.67
	直径(mm)	305	188	358	130	-	245
	破壊形式	コーン	付着	付着	付着	コーン	-

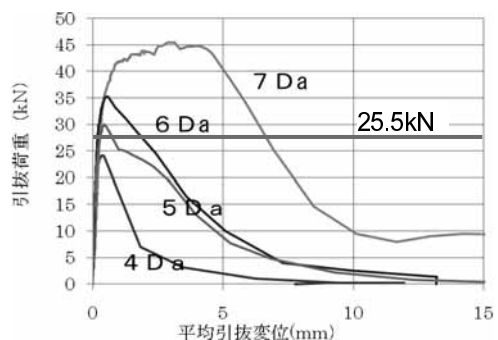


図-11 短穿孔による荷重-変位曲線

## (2) 傾斜穿孔

傾斜穿孔並びに再穿孔の実験結果を表-7に示し、これらの基準となる標準施工を行った試験体の実験結果を図-12に示す。

図-12に見られるように最大荷重以降は緩やかに荷重低下し、コーン破壊は見られず、鉄筋の降伏から付着破壊へと移行した。また、各試験体において、引抜変位0.5mm程度で最大荷重を示し、初期の立ち上がり勾配のばらつきが少ない傾向を示した。

傾斜穿孔試験体の荷重-変位曲線を図-13に示す。

15°傾斜穿孔の試験体は、破壊形式は異なるものの、標準施工試験体と同様に引抜荷重10kN程度までは同様な荷重-変位曲線を示した。最大荷重も標準施工試験体と同様な結果となった。

一方、30°傾斜穿孔の試験体は、傾斜したアンカー筋の上部コンクリートを割り裂くような破壊形式となり、標準施工試験体と比較すると最大荷重は低く、最大荷重に至る変位も大きい結果となった。

表-7 破壊前考慮シリーズ傾斜穿孔ならびに再穿孔引抜結果一覧

試験体名	No.1 (kN)	No.2 (kN)	No.3 (kN)	No.4 (kN)	No.5 (kN)	平均値 (kN)
AD10L70NbDC	29.17	25.67	26.00	25.00	27.50	26.67
AD10L70NbDC-An15	26.67	30.17	28.17	25.33	37.33	29.53
AD10L70NbDC-An30	20.83	25.17	20.67	23.83	23.17	22.73
AD10L70NbDC-R40	27.17	30.50	32.33	28.67	27.67	29.27
AD10L70NbDC-R20	31.50	27.83	26.00	31.50	30.67	29.50

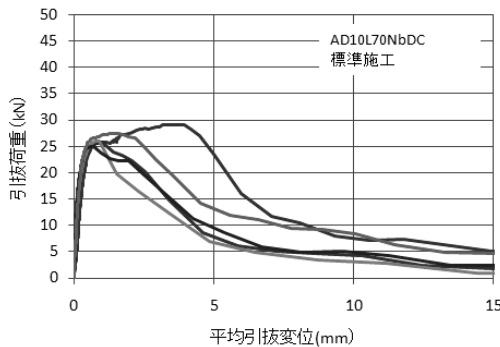


図-12 標準施工試験体の荷重-変位曲線  
(標準埋め込み長さ 70mm : 7Da)

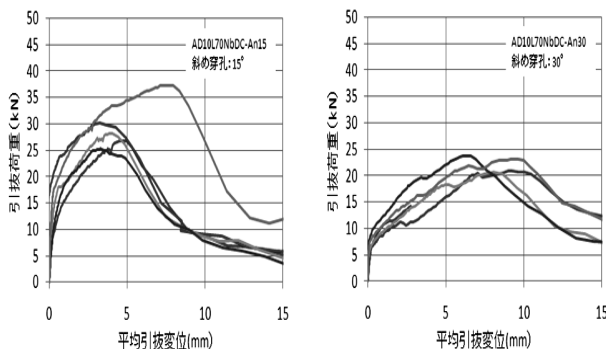


図-13 傾斜穿孔試験体の荷重-変位曲線

## (3) 再穿孔

再穿孔試験体の荷重-変位曲線を図-14に示す。図-14には、再穿孔距離2Daと4Daの結果を示す。

再穿孔距離40mm(4Da)試験体の最大荷重の平均値は標準施工とほぼ同様な値となった。再穿孔距離20mm(2Da)の試験体の最大荷重の平均値は再穿孔距離40mmとほぼ同程度の性能を示している。再穿孔の場合は、中心間距離で2Daあれば標準施工試験体とほぼ同様な結果となった。

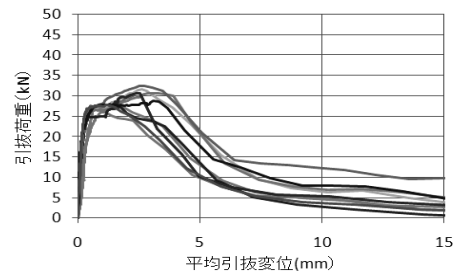


図-14 再穿孔の比較の荷重-変位曲線

## 7. 施工手順の提案と注入方向による充填性の確認

### 7.1 施工手順の提案

以上の実験結果により、図-2に示した湿式コアドリルの穿孔器具を使用し、アンカータイプを注入型とした場合のあと施工アンカーの施工手順を提案する。

また、表-8には、同工法の施工手順と確認事項を示す。注入式のあと施工アンカーは、接着材の注入量の管理が重要となる。表-8に示す⑨、⑩でホースヘマーキングを行い、注入時に設計時の樹脂量を確認できるようにすることが重要であり、また穿孔深さ等の施工誤差を防止するため、20%程度の余注入量が必要である。

表-8 施工手順と確認事項

施工手順	確認事項 (注意事項)
① 準備	⇒ 穿孔工具・アンカーなどの準備と確認を行う。また、使用するカプセル (樹脂 <sup>※</sup> ) を作業前に確認する。 樹脂注入量を計算する <sup>※</sup> 。
② 隅出し	⇒ 隅出し位置を確認する。
③ コアビットの選定	⇒ 所定のコアビット径を選定する。
④ コンクリートの穿孔	⇒ コンクリート面に対し直角に穿孔する。
⑤ 孔内清掃および穿孔深さの (1) 粉じん (2) 深さの確認	⇒ 穿孔後の余分な水分を排除しきれいにし、孔底残留物を除去してから、穿孔深さを確認する。
⑥ 乾燥養生	⇒ 孔面を表乾状態にする。
⑦ 孔内清掃 (1) ブラシがけ (2) 吸じん	⇒ 専用ブラシを用いて、孔内の余分な粉じんを掻き落とす。
⑧ アンカー筋へのマーキング <sup>※</sup>	⇒ 定着長さに合わせマーキングする <sup>※</sup> 。
⑨ ホースヘマーキング <sup>※</sup>	⇒ 樹脂注入量に合わせマーキングする <sup>※</sup> 。
⑩ カプセルの設置 樹脂注入 <sup>※</sup>	⇒ カプセルの向きを確認して孔内に設置する。 ⇒ 孔底までホースを差し込み、樹脂の圧力によってホースの先端の治具を介してマーキングが孔口に来るまで注入する <sup>※</sup> 。
⑪ アンカーの固着 アンカーの埋め込み <sup>※</sup>	⇒ 所定の工具でカプセル内の樹脂を攪拌しながら固着する。 ⇒ 余分な空気が入らないよう、アンカーを手で回転させながらマーキング位置までゆっくりと埋め込む <sup>※</sup> 。
⑫ 硬化養生	⇒ 所定の硬化時間はアンカー筋を動かさない。上向き施工の場合に、アンカー筋が落下するようであれば、くさびなどを用いて対処する <sup>※</sup> 。

※印は、樹脂注入式アンカーを用いる場合の工程である。

## 7.2 注入方向による充填性の確認

注入型によるあと施工アンカーは、樹脂の攪拌と同時にほぼ硬化するカプセル式アンカーとは異なり、樹脂の硬化に数時間を要する。上向きや横向きにアンカーを施工する場合、穿孔部からの樹脂の漏れや偏り、充填不足等について確認試験を行った。

穿孔径の大きさやアンカー筋の重量等を考慮して耐震改修工事で通常用いられるD19のアンカー筋により充填確認試験を実施した。

アンカー施工後十分に接着剤が硬化した後、上向きに施工した試験体を写真-1に示すように2つに分割し、穿孔内部で抜け落ちるようなことはなく、接着材が充填されていることが確認できた。横向きに施工した場合も特に問題なく、上記と同様の結果を得ることができた。



写真-1 上向き施工のアンカー内部の様子

## 8. あと施工アンカーを用いた間接接合部の施工留意点および施工時対処例

### 8.1 穿孔前調査

SRC 構造建築物にあと施工アンカーを使用する場合は、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり内であと施工アンカーの埋め込み長さが確保できることが非常に重要なこととなる。そのため、穿孔前調査では、内蔵鉄骨フランジまでのかぶりを溝はつり等で確認する必要がある。また、同時に既存建物の主筋の位置を確認し、あと施工アンカーのピッチ寸法(7.5Da 以上)、ゲージ寸法(5.5Da 以上)、へりあき寸法(2.5Da 以上かつ主筋内)等確保して構造計算上における必要本数が打設できるかを確認することが重要である。

図-15に穿孔前溝はつり調査場所の例を示す。溝はつりによる穿孔前調査では、あと施工アンカー配置1面につき2~3箇所が妥当と考える。また、溝はつり場所は、再穿孔の実験結果よりアンカー打設予定場所から概ね2Da以上の距離を確保することが望ましい。溝はつり後は、無収縮モルタルで補修するか、無収縮グラウトと一体で打設することが必要と考える。

### 8.2 穿孔・アンカー筋長さの計画

穿孔時の計画では、必要以上に深く穿孔した場合、アンカー筋が深く埋め込まれ、スタッドとのラップ長が確

保できなくなる可能性がある。施工時における埋め込み長さとのラップ長を合わせたアンカー筋の長さは、構造計算上必要なアンカー筋の長さより2Da程度余長を見込んでアンカー筋を計画することが望ましい。しかし、図-16に示すように、既存躯体の凹凸等により、計画したアンカー筋の長さでは足りない場合があるため、5Da程度長いアンカー筋を多少用意し、実際の必要長さに切断して使用することも考慮しておく。

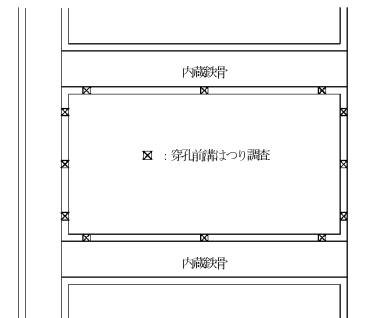


図-15 穿孔前溝はつり調査場所の例

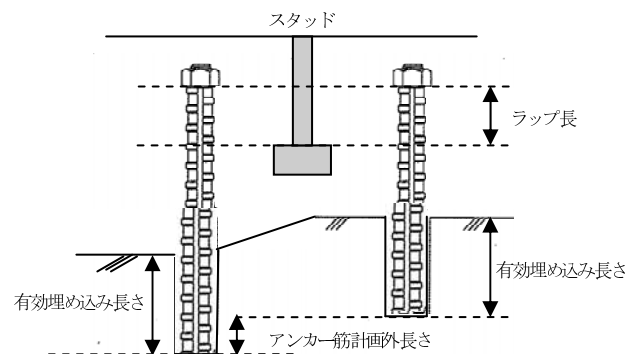


図-16 既存躯体面凹凸が大きい場合のアンカー計画

### 8.3 構造計画例

耐震補強を要するSRC構造建築物では、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さが100mm~125mmである場合が多い。以下に内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さが100mmである場合のあと施工アンカーの構造計画例を挙げる。

ここで検討するあと施工アンカーは、内付け架構による耐震補強と仮定し、あと施工アンカーは、設計上せん断耐力のみを考慮するものとする。

計画するアンカー筋の径はD13の細径鉄筋とする。アンカータイプを注入型で計画した場合、構造計算上必要な有効埋め込み長さ7Da確保する場合は、施工上必要な埋め込み長さ7Da、つまり91mmとなり、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり内に納まることとなる。ここで、アンカータイプをカプセル型とした場合は、構造上必要な有効埋め込み長さ7Daに、カプセル粉砕・攪拌のためのアンカー筋先端の加工寸法1Daが足され、施工上必要な埋め込み長さは8Da、つまり104mmとなる。よって、ア

ンカータイプをカプセル型とした場合は、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり内に納まらないこととなるため、アンカータイプは注入型と計画した。

アンカー筋のピッチは、7.5Da 以上必要であることから、D13を計画した場合、最低ピッチは97.5mm となる。ここでは、ピッチ100mm と125mm の2種類を計画することとした。また、アンカー筋のゲージ本数は、3本（トリプル）とした。以下、D13@125 トリプルを「PLAN-A」といい、D13@100 トリプルを「PLAN-B」ということとする。

以上のことより、図-17に内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さ100mmの場合における、D13のアンカー筋およびアンカータイプを注入型とした構造計画の例を示す。

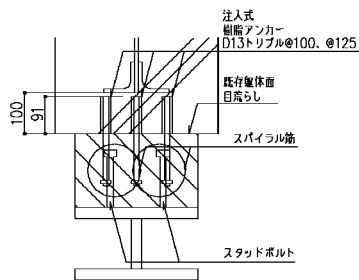


図-17 D13・注入型による構造計画の例

#### 8.4 施工時対処例

##### (1) D16@125 ダブルによる対処例

穿孔前調査により、内蔵鉄骨や主筋の位置を把握してからアンカー筋のピッチ等を決定し、補強鉄骨枠のスタッドボルトを計画を行うことが望ましい。しかし、穿孔前調査より先行して補強鉄骨枠のスタッドボルトを製作する必要がある。このような場合では、アンカー筋のピッチを変更することはスタッドボルトと干渉するため不可能となる。対処例を以下に挙げる。

穿孔前調査により内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さが91mm未滿であったとする。この場合、アンカータイプを注入型とした場合においても、構造上必要な有効埋め込み長さ7Daが確保できない。このような場合においては、図-18に示すように、D13トリプルから内蔵鉄骨のフランジを避けたD16ダブルへと変更することとした（以下、「Recover-A」という）。(3)式に示す、あと施工アンカーのせん断耐力(Qa)では、アンカー筋の断面積に比例しており、D13トリプルの総断面積は381mm<sup>2</sup>、D16ダブルの総断面積は398mm<sup>2</sup>となり、ほぼ同じせん断耐力となることがわかる。

$$\begin{aligned}
 & Qa = \min(Qa_1, Qa_2) \\
 & \left. \begin{aligned}
 Qa_1 &= 0.7\sigma_y \cdot s_a c_c \\
 Qa_2 &= 0.4\sqrt{E_c} \cdot \sigma_B \cdot s_a c_c
 \end{aligned} \right\} (3)
 \end{aligned}$$

$\sigma_y$  : 鉄筋の規格降伏点 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $s_a$  : アンカー筋断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $E_c$  : 既存コンクリートヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_B$  : 既存コンクリート圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

ここで、アンカー筋をD16とすると、必要最低ピッチは120mm (7.5Da) 以上となり、PLAN-Bでは、必要最低ピッチを確保することができない。よって、PLAN-Aの場合による対処法とする。

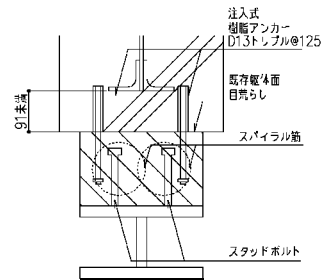


図-18 D16@125 ダブルによる対処例 (Recover-A)

##### (2) 有効埋め込み長さの低減による対処例

「PLAN-B」の対処例としては、前述の通り鉄骨枠のスタッドのピッチが100mm になっているため、D13以下のアンカー筋を使用すること以外ではピッチを確保することができないため、構造上必要なアンカー筋の有効埋め込み長さを低減し、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり内でD13のアンカー筋を納めることとする（以下、「Recover-B」という）。また、以下に示す(i)～(iv)の構造上の検討等を行い、満足していることを確認する。

- (i) 既存コンクリート強度 21N/mm<sup>2</sup> 以上
- (ii)  $Qa = \min(Qa_1, Qa_2)$ 

$$\left. \begin{aligned}
 Qa_1 &= 0.7\sigma_y \cdot s_a c_c \\
 Qa_2 &= 0.3\sqrt{E_c} \cdot \sigma_B \cdot s_a c_c
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$
- (iii) 構造上必要な有効埋め込み長さ 4.5Da 以上
- (iv) 平均せん断応力度  $\tau_a (Qa/s_a c_c) \leq 245\text{N/mm}^2$

上述の(iii)に示すように、構造上必要なアンカー筋の有効埋め込み長さを4.5Da以上と従来の7Daより2.5Da低減することで、内蔵鉄骨フランジまでのかぶり内にアンカー筋の構造上必要な有効埋め込み長さを確保することとした。ただし、(3)式Qa<sub>2</sub>内の係数(以下、「支圧係数」という)0.4は、構造上必要な有効埋め込み長さが7Da～10Da程度とした製品が主であることを考慮して設定されている。よって、構造上必要な有効埋め込み長さが4.5Da以上とする場合は、(4)式に示す支圧係数を0.3とする必要がある<sup>9)</sup>。また、「6.2(1)短穿孔」で前述したようにアンカー筋の有効埋め込み長さ4Daでは、十分な付着強度の確保が困難であるため、実験結果からも構造上必要なアンカー筋の有効埋め込み長さは5Da以上であることが望ましいと考える。

##### (3) 溶接鉄筋工法による対処例

SRC 構造建築物では、梁の内蔵鉄骨フランジ下部にコ



ンクリートが確実に打設されておらず、大きなジャンカや空隙となっている場合が見られる。このような脆弱なコンクリートでは、接着系アンカーにおいて、十分な付着強度は期待できない。また、空隙となっている場合は、構造上必要な有効埋め込み長さが確保できないこととなる。よって、このような場合における対処例としては、既存コンクリートに依存しない、溶接鉄筋工法（内蔵鉄骨フランジ面に直接アンカー筋をスタッド溶接する方法）とする（以下、「Recover-C」という）。図-19に溶接鉄筋工法による対処例を示す。

この工法では、スタッド溶接時に内蔵鉄骨フランジへの影響がないようにするため、内蔵鉄骨フランジ厚さや材質の検討、せん断応力時に内蔵鉄骨が変形しないように溶接鉄筋スタッド溶接場所等が非常に大切となる。よって、内蔵鉄骨の形状を十分に把握した上で、詳細に構造検討を行い採用することが望ましい。

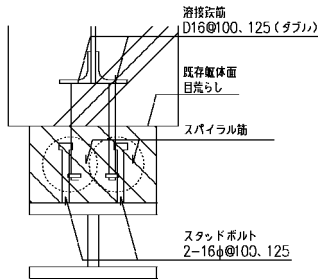


図-19 溶接鉄筋工法による対処例 (Recover-C)

(4) 対処例フローチャート

SRC 構造建築物において、D13 の細径鉄筋を用いた接着系アンカーでは、「Recover-A」～「Recover-C」の対処例でほぼ施工時の問題点において対処可能であると思われる。SRC 構造建築物における接着系アンカーの対処例フローチャートを図-20に示す。

9. 考察

湿式コアドリルによるあと施工アンカーの施工について、アンカーと接着材の付着強度と穿孔条件に着目して実験を行った。

付着強度については、カプセル型、注入型 A（エポキシアクリレート樹脂）、注入型 B（エポキシ樹脂）のいずれにおいても設計で期待する付着強度を充分満足する結果が得られた。ただし、湿式コアドリルで穿孔時に排出したノロの除去を充分に行うこと、ならびに穿孔内乾燥状態にとすることで、より安定した引抜荷重および初期の立ち上り勾配を確保できると考える。

標準的な施工が出来ない場合では、短穿孔において、荷重-変位関係は初期立ち上り勾配は、ほぼ同様な傾向を示しているが、4Da のみコーン破壊時の計算値を下回

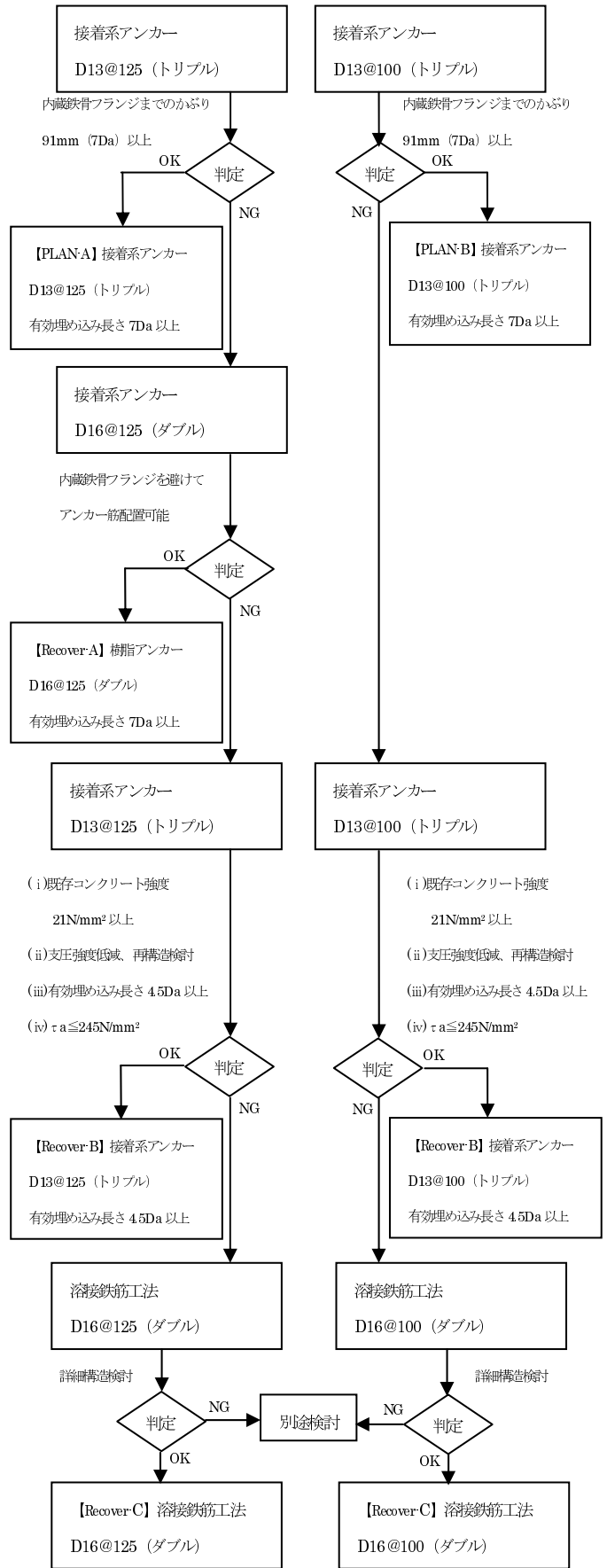


図-20 SRC 構造建築物における接着系アンカー対処例フローチャート

っているため、5Da 以上が妥当と考える。傾斜穿孔においては、傾斜角 30°の場合は最大荷重にいたるまでの変位が大きいため、傾斜角 15°までとすることが望ましい。また、再穿孔においては、既存孔から中心間距離が 2Da 以上とする必要があると考える。

## 10. まとめ

本実験によって、あと施工アンカー工事を低振動・低騒音で行う場合、湿式コアドリルによる工法を適用することが可能であることがわかった。しかし、カプセル型および注入型のアンカーに設計で期待する性能は、穿孔内の清掃状況ならびに乾燥状態により、大きく左右されるため、十分に留意する必要がある。湿式コアドリル工法によるあと施工アンカーの施工においては、既存建物の状況、施工条件、注入する樹脂の種類や性状などを十分に把握した上で施工することが望ましい。また、今回の実験では、特定のメーカーの樹脂を使用しているため、実際使用するメーカーによっては、基本性能(弾性係数、付着強度等)が異なるため、注入型のアンカーを使用する場合には、十分な留意が必要である。

SRC 構造建築物においては、穿孔前調査による内蔵鉄骨フランジまでのかぶり厚さや位置、主筋の位置を把握した上であと施工アンカーを計画することが非常に重要である。

今回挙げた対処例は、あくまでも一例ではあるが、このような対処例を施工前に構造設計者と現場管理者が入念に打ち合わせを行い、管理体制を整え、問題点を解決していくことにより、より品質の高い耐震改修ができると考える。

**謝辞**：本報告で、奈良北団地 1, 2, 4, 5 号棟耐震改修工事関係者各位に多大なるご協力を頂きました。ここに、記して感謝の意を示します。

## 【参考文献】

- 1) 松崎育弘, 他: エポキシ樹脂アンカーの静的引張耐力に関する実験研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.585-586, 1982.9.
- 2) 細川洋治, 他: 接着系あと施工アンカーの施工方法と耐力に関する実験的研究(その1.施工方法と付着性能), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 II, pp.591-592, 1982.10.
- 3) ジム・トンプソン, 山本泰稔, 秋山友昭, 片桐太一, 上田洋一, 有木克良: 低強度コンクリートに接着した接着系あと施工アンカーの挙動に関する実験的研究 その 4・その 5, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.403-406, 2000.9.
- 4) 広沢雅也, 松崎育弘: あと施工アンカー設計・施工読本—初歩から応用まで—, 建築技術, 1991 年
- 5) (社)日本建築あと施工アンカー協会: あと施工アンカー技術講習テキスト, 第 10 版, 2008 年.
- 6) (社)日本建築防災協会: 既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説 2009 年改訂版.

**Summary** When using post-installed anchors in the seismic retrofit of a steel reinforced concrete (SRC) structure while in service, methods are required that produce low levels of vibration and sound from a viewpoint of living environment for occupants. In SRC structures, anchor bars can be embedded for a limited length because of internal steel, frequently causing structural and construction difficulties. In this study, various performance tests were conducted to establish a method of applying post-installed anchors by drilling holes using wet core drills and injecting adhesion. The results are described in this paper.

**Key Words**: Seismic Retrofit, Low-vibration and Low-noise, Post-installed Anchor, Bonded Anchor, Wet Core Drill, Thin Rebar, Injection Type