

建築基準整備促進事業 S46  
建設用3Dプリンターを用いた建築物  
に係る構造規定の検討

(2025年度報告)

一般財団法人 日本建築防災協会

# 調査の背景と目的、および、検討体制

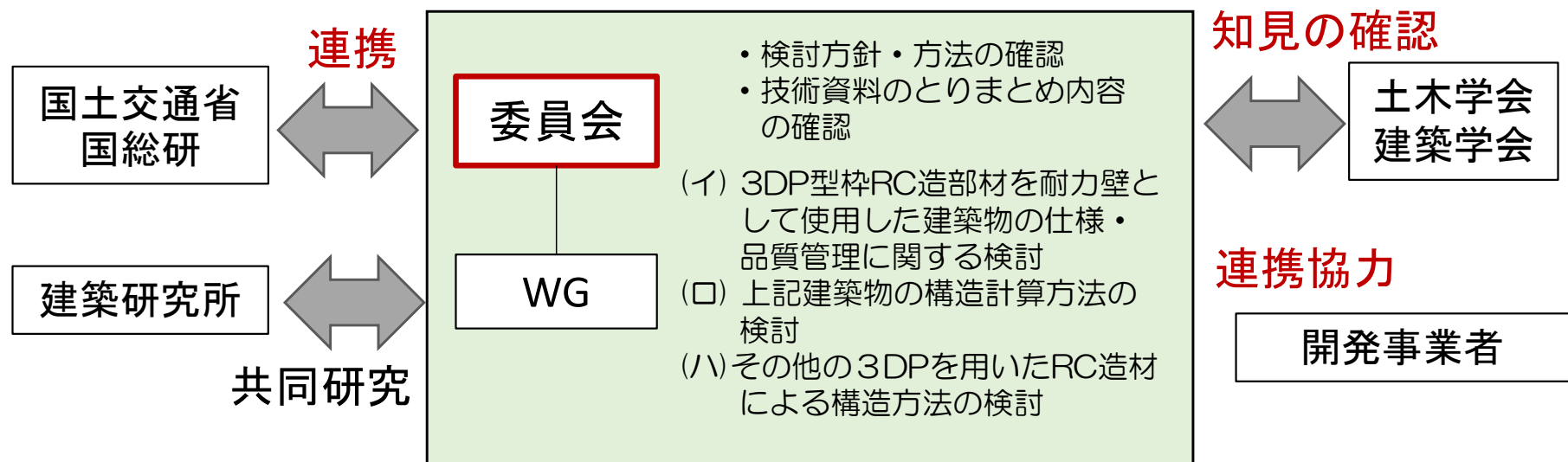
## ●調査の背景と目的

モルタル材料を用いた建設用3Dプリンターにより建築物の部材を造形する新しい技術が開発されているが、当該部材を構造耐力上主要な部分に用いた建築物を建築する場合、法第20条認定の取得が必要となり、その実現に大きな手間を要する課題がある。



建設用3DプリンターによりRC造部材の型枠部分を造形し、その型枠部分を含めた構造部材（以下「3DP型枠RC造部材」という。）を使用した建築物の仕様規定及び構造基準の整備に資する必要な技術的知見の整理を目的とする。

## ●検討体制（主体者：建防協）



# 建設用3Dプリンターを用いた建築物に係る構造規定の検討委員会 委員名簿

委員長	西田 哲也	秋田県立大学システム科学技術学部 教授
幹事	小原 拓●	国土交通省国土技術政策総合研究所
委員	黒木 正幸 寺西 浩司 濱崎 仁 壁谷澤寿一 毎田 悠承● 西脇 智哉 田中 章夫● 井上 波彦● 坂下 雅信● 中村 聡宏● 渡邊 秀和● 鹿毛 忠継● 中田 清史● 向井 智久● 三島 直生● 土屋 直子● 田中初太郎 海野 令 五條 涉●	大分大学理工学部 教授 名城大学理工学部 教授 芝浦工業大学建築学部 教授 東京都立大学大学院都市環境科学研究科 准教授 東京大学地震研究所 准教授 東北大学大学院工学研究科 准教授 日本工業大学建築学部 准教授 国立研究開発法人建築研究所 国立研究開発法人建築研究所 国立研究開発法人建築研究所 国立研究開発法人建築研究所 国立研究開発法人建築研究所 国立研究開発法人建築研究所 国土交通省国土技術政策総合研究所 国土交通省国土技術政策総合研究所 国土交通省国土技術政策総合研究所 （一社）日本建築構造技術者協会 日本建築行政会議 構造部会長 （一財）日本建築防災協会 常務理事
協力委員	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付●	
オブザーバー	東 大智● 坂上 肇● 小倉 大季● 岩本 卓也● 牛谷 和弥 堀島 健司 喜々津仁密● 河合 麦● 高田 大斗●	會澤高圧コンクリート（株） （株）大林組 清水建設（株） （株）Polyuse 前田建設工業（株） セレンディクス（株） 国土交通省国土技術政策総合研究所 国土交通省国土技術政策総合研究所 国土交通省国土技術政策総合研究所
事務局	（一財）日本建築防災協会●	

注）●印はWGメンバーを示す。

# 調査の検討内容

## (イ) 3DP型枠RC造部材を耐力壁として使用した建築物の仕様・品質管理に関する検討

2025年度

- ① モルタル型枠と内部コンクリートの品質管理方法の検討をした。

2026年度予定

- ② 適用除外項目の合理化範囲検討



## (ロ) 3DP型枠RC造部材を耐力壁として使用した建築物の構造計算方法の検討

2025年度

- ① 曲げ破壊する3DP型枠RC造耐力壁試験体に関する既往の実験結果を分析した
- ② さらに垂壁・腰壁付の耐力壁を対象とした構造実験を行い、3DP型枠部分と内部のRC耐力壁の構造性能や一体性に関する性能を確認した。  
次年度、上記のデータを用いて、構造計算に基づく計算基準の整備のための技術的資料を収集する予定。

- ③ 以下、要素実験の試験計画を行った。
  - 1) 3DP型枠による内部コンクリートの拘束効果
  - 2) 3DP型枠による内部コンクリートのすべり耐力
  - 3) 3DP型枠に打ち込まれたあと施工アンカーの付着耐力

## (ハ) その他の3DPのRC造部材による構造方法の検討

2026年度予定

- ① 全体を3DPで造形した部材等の構造方法の構造安全性等の課題整理等

# 調査の工程

	2025年度 上期	2025年度 下期	2026年度 上期	2026年度 下期
<p>委員会による 検討方針・内容の 確認と決定</p> <p>全体とりまとめ</p>	<p>● 第1回 ● 第2回 ●</p> <p>検討方針 内容の確認</p> <p>情報の収集整理 検討方針・内容の 検討</p>	<p>● 第3回 ●</p> <p>調査内容 の中間確認</p> <p>調査結果と 来年度方針 の確認</p> <p>検討結果・次年 度計画のとりま とめ</p>	<p>● 第4回 ● ● 第5回 ● 第6回 ●</p> <p>検討方針 内容の確認</p> <p>調査内容 の中間確認</p> <p>調査結果 の最終確認</p>	<p>とりまとめ</p>
<p>(イ) 3DP型枠RC造部材 を耐力壁として使用した 建築物の仕様・品質管理 に関する検討</p>	<p>①モルタル型枠と内部コンク リートの品質管理方法の検討</p>	<p>とり まとめ</p>	<p>品質管理方法の検討 (適用除外項目の 合理化範囲の検討含む)</p>	<p>とり まとめ</p>
<p>(ロ) 3DP型枠RC造部 材を耐力壁として使用し た建築物の構造計算方法 の検討</p>	<p>①既往実験結果の分析（曲げ破壊す る3DP型枠RC造耐力壁の検討） ②腰壁・垂れ壁を有する耐力壁の構造 実験およびその分析 (よりせん断挙動に近い3DP型枠RC造耐力壁)</p>	<p>③ 要素試験の計画</p>	<p>構造計算方法の検討結果の とりまとめ</p>	<p>とり まとめ</p>
<p>(ハ) その他の3DPの RC造部材による 構造方法の検討</p>			<p>全体を3DPで造形した 部材等の構造方法の構造 安全性等の課題の整理</p>	

# イ)モルタル型枠と内部コンクリートの品質管理方法の検討

## ◆検討方針

3Dプリンタにより成形されたモルタル型枠の製造管理・工程管理方法について検討する。基本的には平成12年建告第1446号第3に従うが、そのまま適用出来ない部分について検討を行う。すなわち、別表第2については、(い)建築材料の区分で第一第七号に掲げる建築材料(コンクリート)を準用する方針であるが、ここでは、(い)建築材料の区分で第一第七号に掲げる建築材料(コンクリート)と異なる点について検討する。

## ◆検討項目

### (1)モルタル型枠の強度管理方法について(構造体に要求される強度に対する管理) P7参照

- 既往の強度試験結果の分析を行い、管理方法を提案。
- 強度試験方法は土木学会規準(JSCE-F 711-2025)を引用。
- 構造体強度補正值を設けるか、または設計で安全率を見込むかなどを検討。

### (2)耐久性の確保について P8参照

- コンクリートと同様に要求する方針とし、試験方法および仕様基準を検討。
- 凍害、ASR、塩害以外の耐久性に関する試験等は必要かどうか検討。

### (3)モルタル型枠の出来型寸法等の確認について

- 構造上、安全側の形状・寸法となっていることを確認するための手法を検討。
- 既往の指針・仕様書における規定(参考資料)を示した。また、実験時に3DP型枠の出来形を地上型レーザスキャナとバンドヘルドスキャナを用いて計測を行い、出来形確認手法の検討を行っている。

### (4)施工時荷重(側圧について)の確認について

- 施工時に生じる荷重によって型枠が損傷しないように、あらかじめ確認するための手法を検討。

# イ)モルタル型枠と内部コンクリートの品質管理方法の検討

## (1) モルタル型枠の強度管理方法について（構造体に要求される強度に対する管理）

【背景】 シリンダー型枠に直接打ち込まれたモルタル供試体と、積層体ブロックから抜き取られた供試体には、強度の差があった。【方針】 構造体に埋設されるモルタル型枠の強度が確保されていることを確認するための品質管理手法は、昭和56年建告第1102号「設計基準強度との関係において安全上必要なコンクリート強度の基準を定める等の件」の考え方に準じて、積層体ブロックから抜き取られたコア供試体と類似の強度特性を有する供試体の圧縮強度により設定する方法を提案する。ただし、直接打ち込まれたモルタル供試体の強度による方法で管理する場合の注意点も示すこととする。

### ①管理対象とする強度

- 運搬・設置時およびコンクリート打ち込み時に係る荷重を考慮した出荷時の強度
- 設計基準強度との関係において安全上必要なモルタルの強度

### ②運搬・設置時およびコンクリート打ち込み時に係る荷重を考慮した出荷時強度

- モルタル型枠の成形を行った後、コンクリートの打ち込みまでにかかる荷重として、管理上のお荷時強度を決定する。

### ③設計基準強度との関係において安全上必要なモルタルの強度

- 下記の手順で、設計基準強度との関係において安全上必要なモルタルの強度を決定する。
  - ステップ1)：管理する強度（圧縮強度、引張強度、静弾性係数等）を選択する。
  - ステップ2)：強度発現性の把握（3点以上）し、強度管理材齢 $d_{ac}$ を定める。
  - ステップ3)：モルタル型枠の設計基準強度 $f_c$ に、モルタル型枠の強度補正值 $\Delta f_S$ 以上の数値を加えたものを設計基準強度との関係において安全上必要なモルタルの強度 $f_F$ とする。

$$f_F \geq f_c + \Delta f_S \quad \dots \text{式1)}$$

ここに、 $f_F$ ：設計基準強度との関係において安全上必要なモルタルの強度。

$f_c$ ：モルタル型枠の設計基準強度。なお、各社が各自設定する。

$\Delta f_S$ ：モルタル型枠の強度補正值。各社が各自設定する。

### ④供試体作成方法および強度試験方法

- 実型枠部材に近い製作方法とすることや、積層していないモルタル供試体によって管理する場合の注意点を示した。

### ⑤強度管理の実施方法

- 強度試験の実施者、実施頻度を設定した。

# イ)モルタル型枠と内部コンクリートの品質管理方法の検討

## (2) 3D プリントにより成形されたモルタル型枠と中心部に打ち込むコンクリートの耐久性の確保について

①モルタル型枠部分、②中心部コンクリート部分、③モルタル型枠部分および中心部コンクリート部分の界面について検討。

### ①モルタル型枠部分（モルタル型枠部分に対して考慮すべき劣化とその対応方法（品質確認方法））

劣化種類	対応方針
アルカリシリカ反応	平成12 年建告第1446 号別表第2 第一第七号 ニ コンクリートの骨材の品質基準および測定方法による。
凍結融解	平成12 年建告第1446 号別表第2 第一第七号 五 コンクリートの空気量の品質基準および測定方法による。ただし、積層の界面や列界面の影響の可能性がある場合には、これを考慮した適切な試験体を作成して試験すること。
塩化物含有量	平成12 年建告第1446 号別表第2 第一第七号 六 コンクリートの塩化物含有量の品質基準および測定方法による。
中性化	コンクリートのかぶり厚さ20mm が確保されている場合には、規定は設けないとする。ただし、型枠部分にも補強鋼材を組み込む場合には、試験が必要とする。
寸法変化による剥離	経時による変化により、コンクリート部分とモルタル型枠部分との剥離が生じない範囲であることを確認する。

### ②中央部コンクリート部分

・ 建基法第37 条の指定建築材料を適用。

### ③モルタル型枠部分および中心部コンクリート部分の界面

・ モルタル型枠部分および中心部コンクリート部分の界面は、両者の変形性状の違い等によって剥離する可能性がある。剥離が生じないことを確認する試験については現在十分な知見はなく検討中であるが、知見の蓄積に長時間を要する。そのため、モニタリングを実施することが考えられる。

# 口)① 既往の実験結果の分析(曲げ破壊型の3DP型枠RC造耐震壁の実験的検討)

## ◆実験内容と結果

曲げ破壊型を想定した既往の3DP型枠RC造耐震壁の実験は、基準となる「RC壁」試験体と、異なる型枠製作手法および材料特性を有する3種の試験体(A-2, A-3, A-4)に対して曲げせん断実験を実施した。

図1 試験体の配筋図

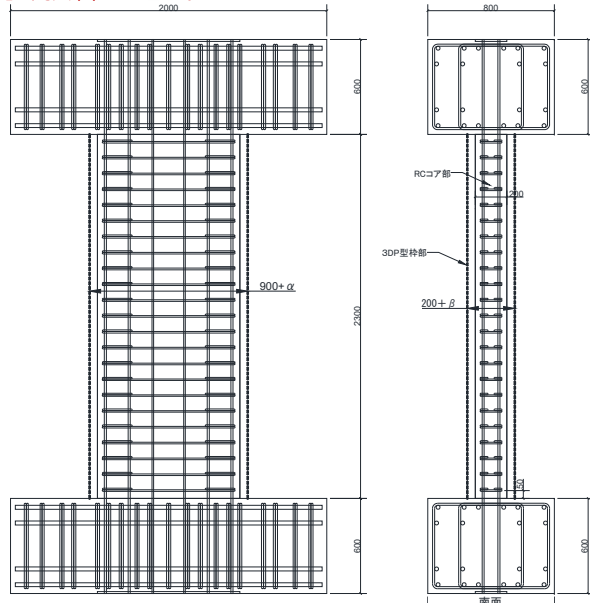
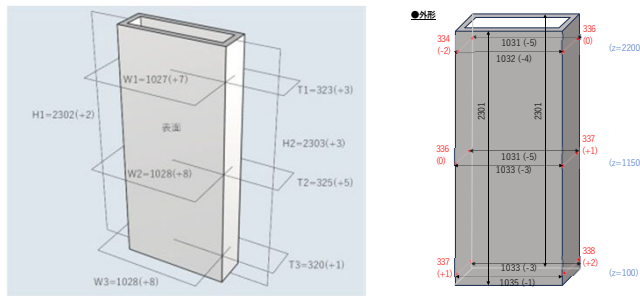


表1 試験体諸元

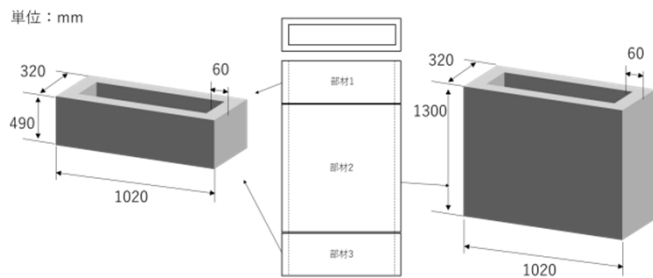
		RC壁	A-2	A-3	A-4	
RC部	幅	(mm)	200			
	せい	(mm)	900			
	高さ	(mm)	2300			
	せん断スパン	(mm)	1150			
	せん断スパン比	(-)	1.28			
	コンクリート強度	(MPa)	24			
	拘束域主筋径・鋼種		D13,SD345			
	縦筋径・鋼種		D10,SD295			
	拘束域補強筋径・鋼種		D10,SD295			
	拘束域補強筋間隔		@100			
	横筋径・鋼種		D10,SD295			
	横筋間隔		@100			
軸力比	(-)	0.2				
3DP型枠部	幅	(mm)	-	320	336	320
	せい	(mm)	-	1020	1036	1020
	高さ	(mm)	-	2300		
	モルタル強度(設計)	(MPa)	-	60 (繊維有り)	80 (繊維有り)	60 (繊維あり)
備考		-	-	-	高さ分割型枠	

図2 3DP型枠の違い



[A-2試験体の型枠]

[A-3試験体の型枠]

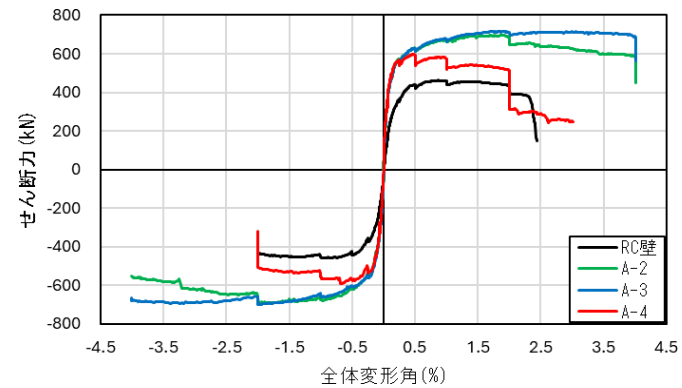


[A-4試験体の型枠]

A-2及びA-3試験体の型枠は1つの部材で構成している。

A-4試験体の型枠は3つの部材で構成しており、型枠相互の隙間寸法は10mmあり、隙間には高さ調整用の緩衝材を配置している。

図3 実験結果(せん断-全体変形角関係)



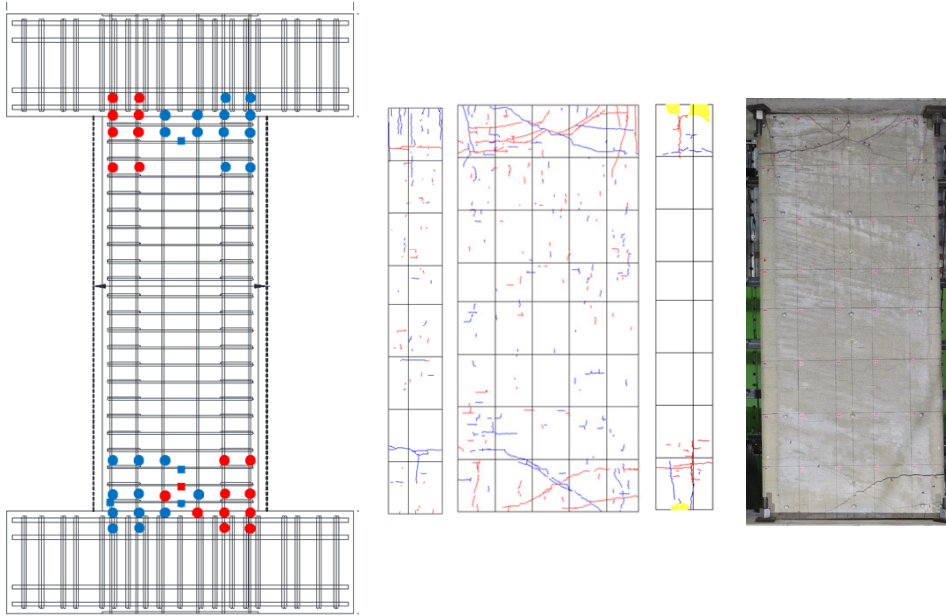
[せん断-全体変形角関係]

A-2及びA-3試験体では、荷重-変形角関係において、いずれも同程度の終局耐力および靱性を示した。これらの試験体では、型枠部とRCコア部が一体で挙動することでコア部の拘束効果が高まり、3DP型枠が構造性能の向上に寄与していることが確認された。

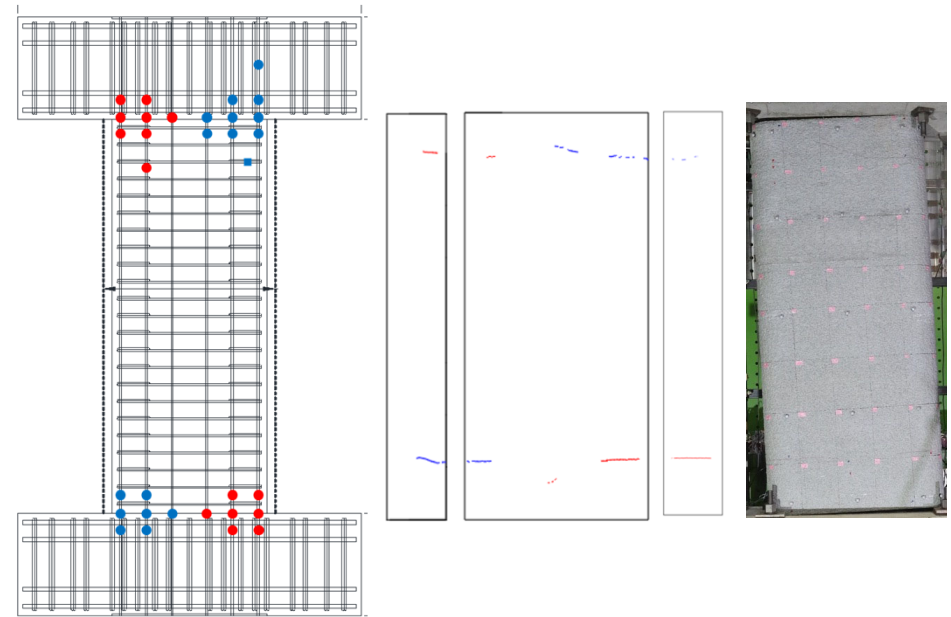
# 口)① 既往の実験結果の分析(曲げ破壊型の3DP型枠RC造耐震壁の実験的検討)

## ◆鉄筋降伏図・ひび割れ図・損傷状況写真(図4)

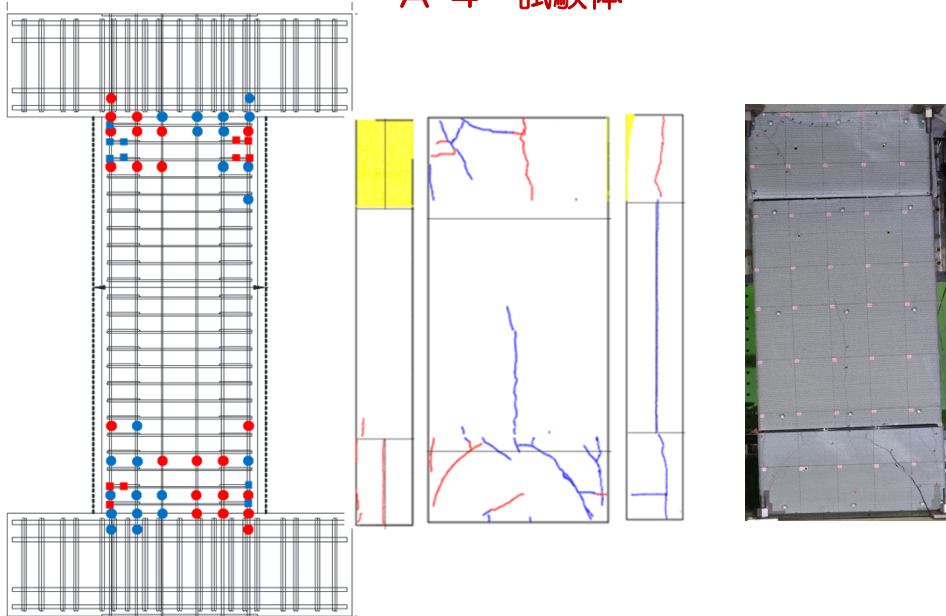
A-2 試験体



A-3 試験体



A-4 試験体



すべての試験体の同一タイミングの状況を示す。

• 配筋状況：-1/50@サイクル後

- 凡例
- 正載荷サイクルでの主筋,縦筋の降伏
  - 負載荷サイクルでの主筋,縦筋の降伏
  - 正載荷サイクルでの補強筋,横筋の降伏
  - 負載荷サイクルでの補強筋,横筋の降伏

• ひび割れ図：1/50サイクル後

- 凡例
- 黒:軸力導入後ひび割れ
  - 青:正載荷
  - 赤:負載荷
  - 黄:浮き
  - 緑:剥落

• 損傷状況写真：-1/50@ピーク時

# 口)① 既往の実験結果の分析(曲げ破壊型の3DP型枠RC造耐震壁の実験的検討)

## ◆骨格曲線

図5 実験値と解析値の骨格曲線

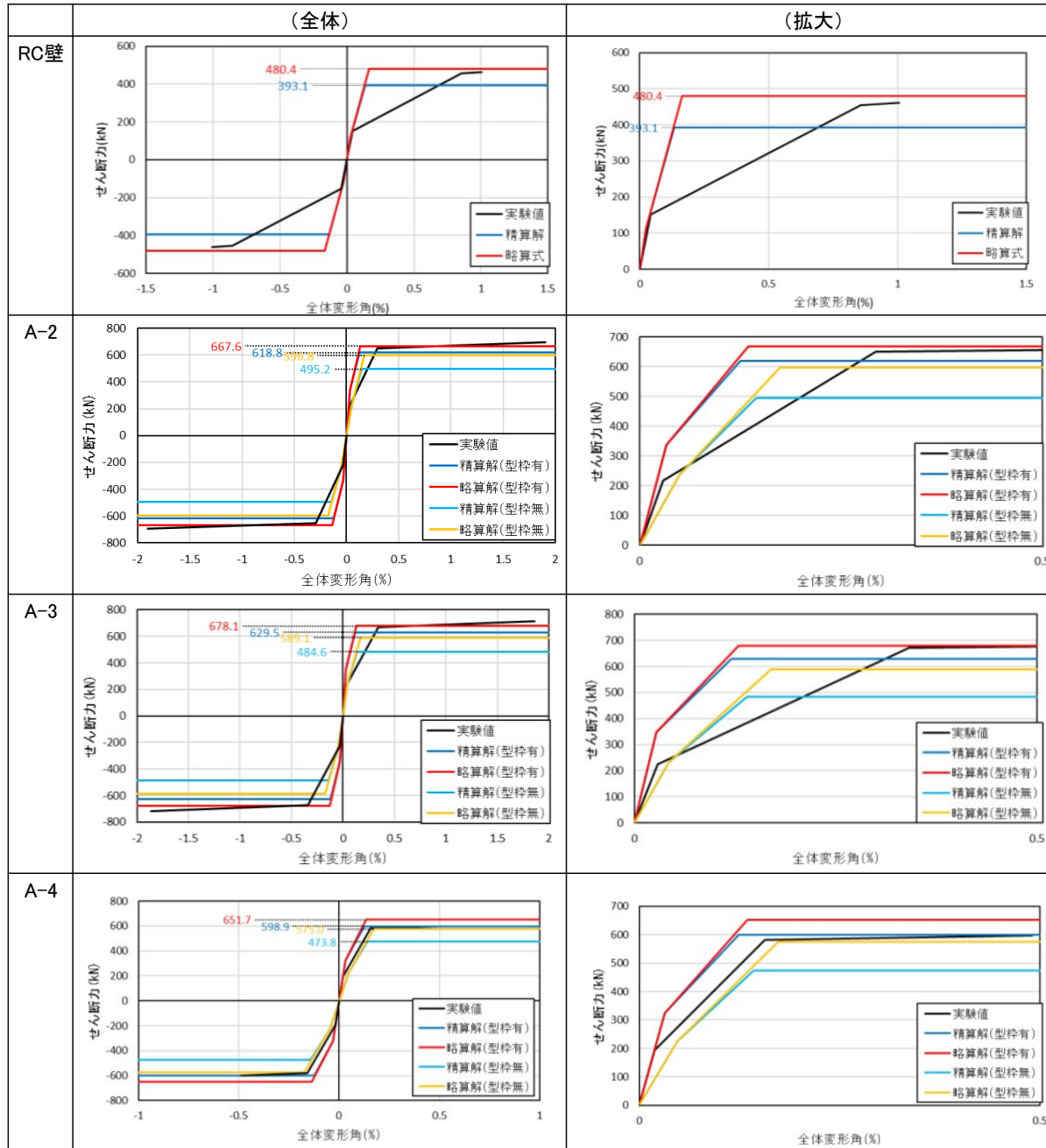


表2 骨格曲線の諸元

		RC壁	A-2	A-3	A-4
幅(型枠含む)	w (mm)	200	320	336	320
せい(型枠含む)	d (mm)	900	1020	1036	1020
高さ(型枠含む)	h (mm)	2300			
せん断スパン	(mm)	1150			
コアコンクリート圧縮強度	$\sigma_c$ (MPa)	25.1	35.3	33.6	32.8
コアコンクリートヤング係数	$E_c$ (MPa)	25.5	24.8	28.1	24.9
$E_c/\sigma_c$	(-)	1.02	0.70	0.84	0.76
コアコンクリート割裂引張強度	$\sigma_{sc}$ (MPa)	2.27	2.48	2.52	2.43
$\sigma_{sc}/\sigma_c$	(-)	0.090	0.070	0.075	0.074
型枠モルタル圧縮強度	$\sigma_m$ (MPa)	-	60.8	107	76.4
型枠モルタルヤング係数	$E_m$ (MPa)	-	18.4	30.8	25.7
$E_m/\sigma_m$	(-)	-	0.30	0.29	0.34
圧縮強度時ひずみ	$\epsilon_c$ (%)	-	0.55	0.50	0.40
型枠モルタル割裂引張強度	$\sigma_{sc}$ (MPa)	-	4.49	10.5	3.44
$\sigma_{sc}/\sigma_m$	(-)	-	0.074	0.081	0.045
ポアソン比	(-)	-	0.247	0.203	0.207

## ◆まとめ

曲げ破壊型の3DP型枠RC造耐震壁の実験においては、

- 試験体の耐力算定においては3DP型枠部とコア部が同様のコンクリート強度と仮定し、3DP型枠部の圧縮域を含めた断面を有効断面として曲げ略算解を求めた。その結果、型枠部とコア部が一体的に働いていたA-2 およびA-3では、略算値と実験値が概ね一致した。
- 一方、A-4 では両者の一体性が見られなかったため、略算値は実験値を過大に評価する結果となった。

# 口)② 耐震壁の実験的検討(よりせん断強度に近い3DP型枠RC造耐震壁の実験的検討)

## ◆実験内容と結果速報

3DP 型枠のせん断強度等を確認することを目的として、垂れ壁・腰壁を有するせん断挙動が支配的となる3DP 壁の構造実験を行い、基準となる「RC壁」試験体と、異なる型枠製作手法および材料特性を有する2種の3DP 型枠を用いた試験体 (B-1、B-2) に対して曲げせん断実験を実施した。

図6 試験体の配筋図 (RC壁図)

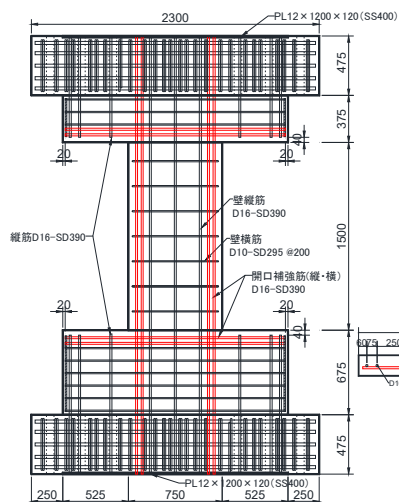


図7 3DP型枠のイメージ

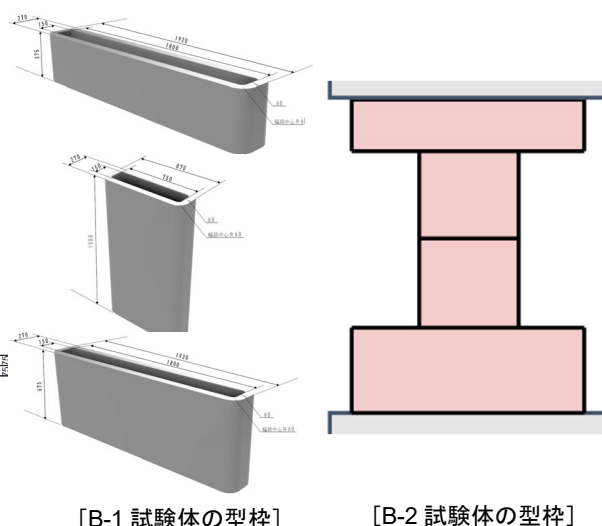


図8 実験結果 (荷重一部材変形角関係)

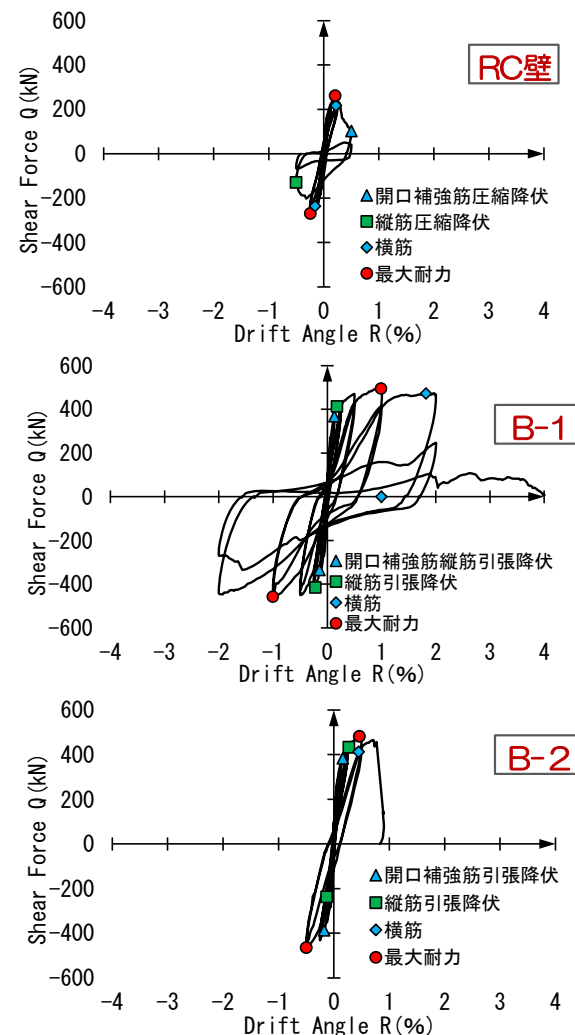


表3 試験体諸元

		RC壁	B-1	B-2
RC部	幅	(mm)	150	
	せい	(mm)	750	
	高さ	(mm)	1500	
	垂れ壁・腰壁長さ		1800	
	腰壁高さ・垂れ壁高さ		675・375	
	コンクリート強度	(MPa)	30	
	拘束域主筋径・鋼種		2-D16,SD390	
	縦筋径・鋼種		3-D16 (@200),SD390	
	横筋径・間隔・鋼種		D10@200,SD295	
	垂れ壁・腰壁の拘束域筋径・鋼種		2-D16,SD390	
	垂れ壁・腰壁の縦横筋径・鋼種		D10,SD295	
	横筋間隔		@200	
	軸力比	(-)	0.1	
3DP型枠部	幅	(mm)	-	270
	せい	(mm)	-	870
	高さ	(mm)	-	1500
	モルタル強度 (設計)	(MPa)	-	80 (繊維有り)

RC壁の最大耐力 (+262kN、-269kN) と比較すると、

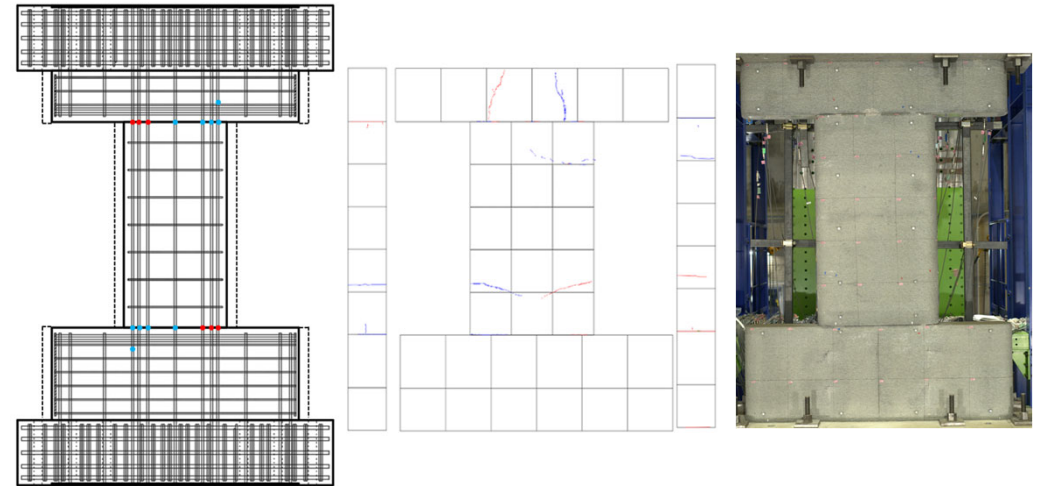
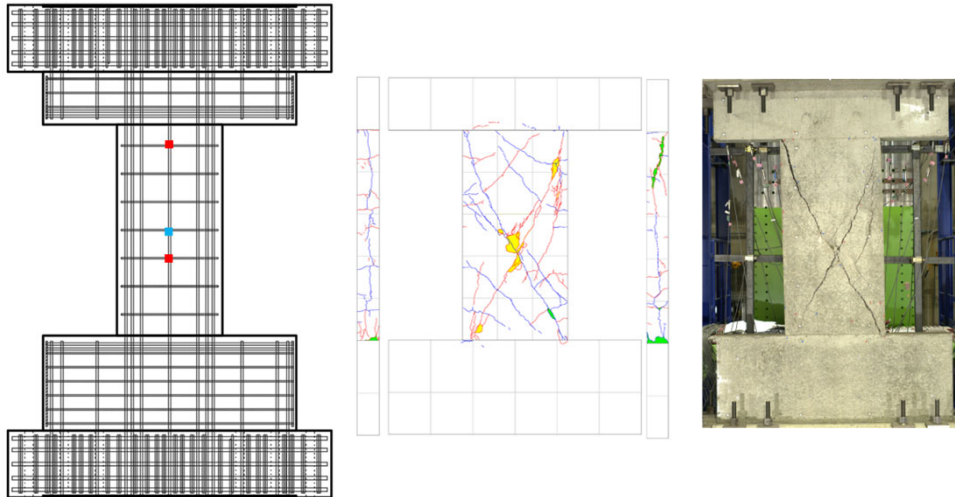
- B-1は (+495kN、-458kN) で、正側で1.89倍、負側で1.70倍であった。
- B-2は (+482kN、-464kN) で、正側で1.84倍、負側で1.72倍であった。

# 口)② 耐震壁の実験的検討 (よりせん断強度に近い3DP型枠RC造耐震壁の実験的検討)

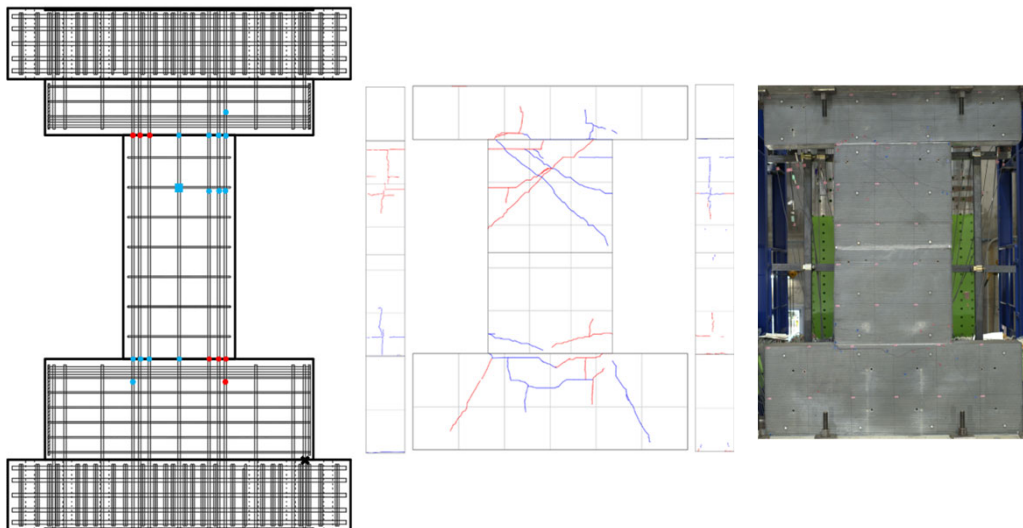
## ◆鉄筋降伏図・ひび割れ図・損傷状況写真 (図9)

RC壁

B-1 試験体



B-2 試験体



すべての試験体の同一タイミングの状況を示す。

- 配筋状況：-1/200②サイクル後

(RC壁のみ-1/200①サイクル後を示す。)

- 凡例
- 正載荷サイクルでの主筋,縦筋の降伏
  - 負載荷サイクルでの主筋,縦筋の降伏
  - 正載荷サイクルでの補強筋,横筋の降伏
  - 負載荷サイクルでの補強筋,横筋の降伏

- ひび割れ図：1/200 サイクル後

- 凡例
- 黒:軸力導入後ひび割れ
  - 青:正載荷
  - 赤:負載荷
  - 黄:浮き

- 損傷状況写真：-1/200② ピーク時

(RC壁のみ-1/200①ピーク時を示す。)

# ロ)③ 要素実験の計画

3DP型枠と内部コンクリートとが終局耐力時まで一体として挙動することを前提として検討を実施してきた。

3DP型枠の効果や一体化の資料とするため、以下3つの要素実験の計画を行った。

- 1) 3DP型枠の内部コンクリートへの拘束効果の確認、
- 2) 3DP型枠モルタルと内部コンクリートのすべり耐力の確認、
- 3) 一体性を保つために用いる3DP型枠に打ち込まれたあと施工アンカーの付着耐力の確認

## 1) 軸圧縮拘束の要素実験計画

曲げ破壊型試験体の構造実験において、内部コンクリートを拘束する程度が型枠の仕様によって異なることが判明した。これより、内部コンクリートの軸圧縮試験を行い、外殻モルタル（3DP型枠）が拘束に寄与する程度を明らかにすることを目的とする。

材料強度、型枠の厚み、積層方法等を変数とする。

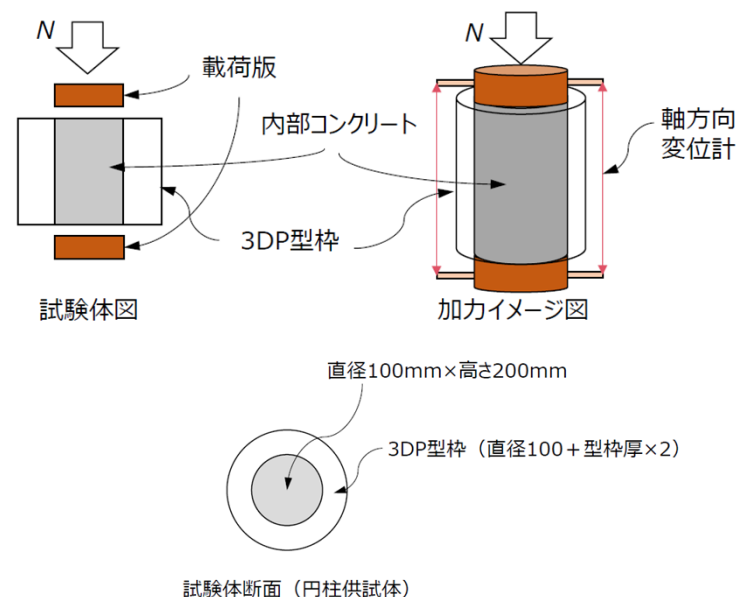


図11 軸圧縮拘束の要素実験説明図

## 2) 界面のすべり実験計画

内部コンクリートとモルタルが終局強度時まで一体性を確保できるかどうかについての検討のため、モルタル-コンクリート界面の滑り耐力実験を実施する。

試験体の高さを変数としパイロット試験を実施する。

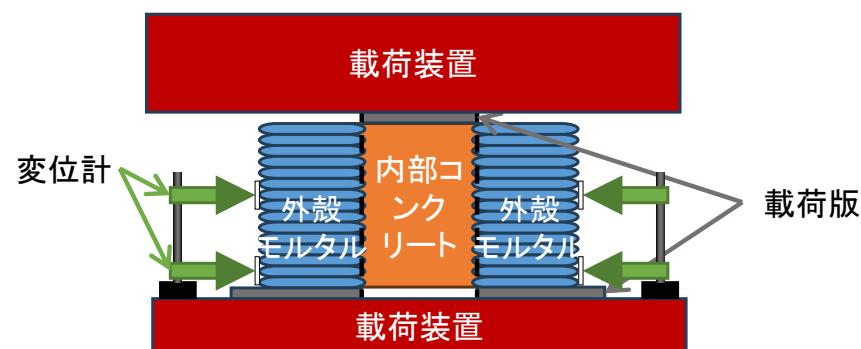


図12 界面のすべり実験説明図

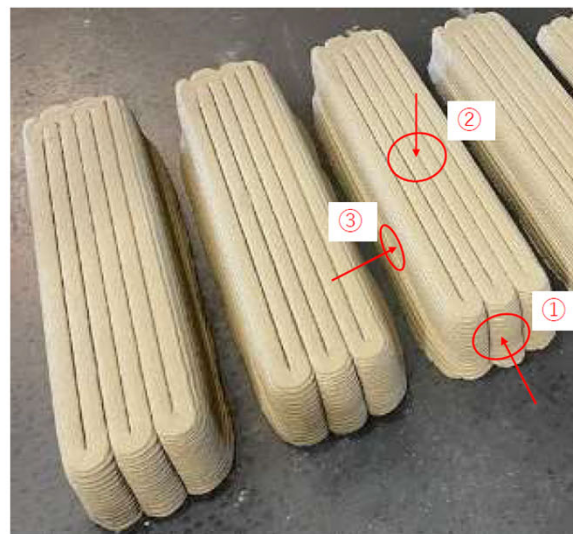
# 口)③ 要素実験の計画

## 3) 一体性を保つために用いる3DP型枠に打ち込まれた、あと施工アンカーの付着耐力確認のための実験計画

3DP型枠に打ち込まれた、あと施工アンカーの付着耐力の確認のため、以下のような試験体を製作する。  
材料強度、3DPの積層方法とあと施工アンカーの場所を変数とする。

### 試験体の作製手順

- (1) ブロック製作
- (2) 穿孔作業(アンカー一定着用)
- (3) コア抜き
- (4) アルミ鋼管で覆い、モルタル充填
- (5) アンカー筋定着

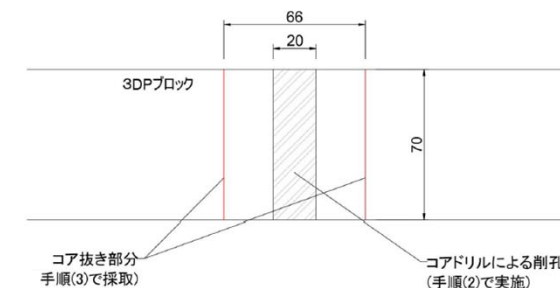


イ) コア抜きする位置を決定&マーキング  
この時①~③の3方向で行う

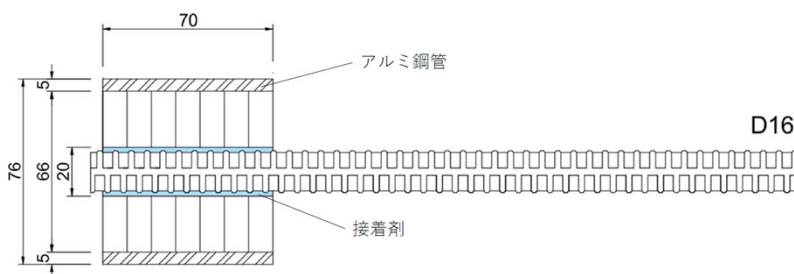
ロ) マーキングした円の中心部をコアドリル等で削孔  
(下図の削孔イメージは削孔はφ20の予定)

ハ) マーキングに従い、コア供試体を採取する

コア供試体採取用のブロックイメージ  
(フィラメントの列数等は別途決定する必要あり)



手順(2) コアドリルによる削孔イメージ



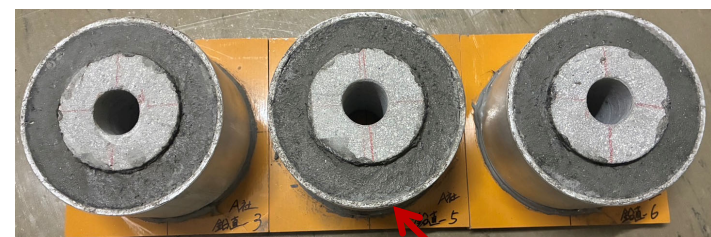
コア供試体を用いた付着試験体の完成イメージ (例: 方向③)

### 【A社の事例】

手順(3) コア抜きされた状態



手順(4) アルミ鋼管で覆い、モルタル充填した状態



鉛直方向試験片

図13 あと施工アンカーの付着耐力確認の実験の説明図

## (イ) 3DP型枠RC造部材を耐力壁として使用した建築物の仕様・品質管理に関する検討

- モルタル型枠と内部コンクリートの品質管理方法の検討した。次年度も引き続き検討を行う予定。

## (ロ) 3DP 型枠壁式RC 造建築物の構造計算方法に関する検討

- ① 既往の実験結果（曲げ破壊型の3DP型枠RC造耐力壁の検討）の分析を行い、3DP型枠部分による構造性能向上の効果を確認した。
- ② それに加え、垂壁・腰壁付の耐力壁を対象とすることで、よりせん断挙動が卓越する3DP型枠RC造耐力壁の実験を行い、3DP型枠部分による構造性能向上の効果を確認した。次年度これらの分析を行い、構造計算方法提案のための技術資料を整備する。
- ③ 3DP 型枠壁式RC 造建築物は、3DP型枠と内部コンクリートとが終局耐力時まで一体として挙動することを前提として検討を実施してきたが、ここでは3DP型枠部分の構造性能に寄与する効果や一体化挙動を判断する情報収集のための要素実験を計画した。次年度これらの試験を行う。

## (ハ) 3DP 型枠壁式RC 造建築物以外の建設用3D プリンターにより造形した建築物の部材に係る構造方法の構造安全性等に関する検討について

- 次年度上記に関する実験検討等を実施してその実現可能性を検討する予定である。