

鉄筋コンクリート耐震壁のひび割れ誘発目地に関する実験的研究

その2 ひび割れ誘発目地の形状および打設時期の影響

石川 伸介* 安部 弘康* 桜井 徹* 立山 創一* 宮野 洋一**

Experimental Study on Crack-Inducing Slit in RC Shear Walls

Part 2 Effects of crack-inducing-slit shape and season of pouring concrete

by Shinsuke ISHIKAWA, Hiroyasu ABE, Toru SAKURAI, Souichi TATEYAMA and Youichi MIYANO

Abstract

Experimental tests were carried out to clarify the effects of crack concentration of the RC shear walls. The testing parameters were as follows: the shape of the crack inducing slit, the sectional loss rate by the slit and the season of pouring concrete. Test results confirmed that the shape of the slit combined internal sectional loss material and the outer surface joint of the wall were more effective in concentrating the crack distribution. The season of pouring concrete was observed to have an effect on the crack occurring time, although this was not observed on the crack distribution.

要 旨

耐震壁に発生するひび割れを誘発目地によって制御することを目的として、誘発目地の形状や断面欠損率、コンクリート打設時期をパラメータとした実験を行った。本実験の結果、ひび割れ発生を目地部に集中させるためには、壁体内部のひび割れ誘発材と表面の欠き込みを併用する方法が望ましいことが確認された。コンクリート打設時期は、ひび割れ発生までの日数に影響を及ぼすが、1年経過後のひび割れ分布に差異は認められなかった。

キーワード：ひび割れ誘発目地／耐震壁／誘発材／打設時期

1. はじめに

当社においては、設計段階で誘発目地を積極的に採用することにより、乾燥収縮等で発生する躯体ひび割れの低減を図ることを推奨している。その中で、誘発目地の設計法については、「鉄筋コンクリート造のひび割れ対策（設計・施工）指針・同解説」（以後、学会指針と略記する）[1]などを参考に規定がなされている。学会指針によると、ひび割れの基本対策として、①設計における対策、②材料・調合における対策、③施工における対策が挙げられている。設計面では、誘発目地部にひび割れを集中させる方法が示されているが、必要な断面欠損率の推

奨値が30%と大きく、ふかしコンクリート部分に目地を設ける従来の方法では、必要断面欠損率の確保が難しい。

材料・調合面では、夏期に打設されたコンクリートは、その後の気温の低下による変形とコンクリートの乾燥収縮とが加算されて、冬期に打設されたコンクリートよりひび割れを生じやすいといわれている。季節によって異なる気温や調合の影響を考慮することも必要である。

ここでは、誘発目地に内部誘発材を使用した場合の形状・大きさによる効果、誘発目地の断面欠損率とひび割れ集中率との関係、コンクリートの打設時

* 技術研究所材料施工グループ

** 建築本部技術部門

期とひび割れ発生時期との関係などを実験的に把握し、実施可能で合理的な誘発目地の設計に有益な資料を提供することを目的として、RC造壁体の一部を取り出して実験を行ったので報告する。

2. 本実験の誘発目地の特徴

2.1 従来の目地工法との違い

学会指針では、断面欠損率が30%以上で目地間隔が3m以下であれば、ひび割れが目地部に集中する確率はほぼ100%となっている。しかし、従来の誘発目地工法では、目地は表面のふかしコンクリートに欠き込みを設けるため、ふかしコンクリートの厚さを25mmとすると、壁厚150mmの場合の断面欠損率は約14%、壁厚180mmの場合は約12%と小さい。そこで、壁コンクリートの内部に空洞等の断面欠損部を設けて大きな断面欠損率を確保する方法が提案され、なかには実施されているものもある(図1)。

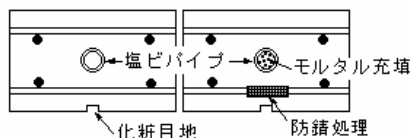


図1 既往の誘発目地工法

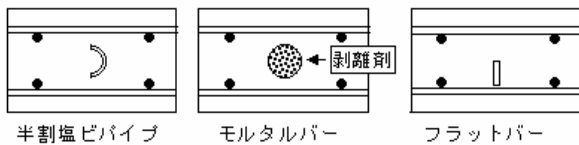


図2 実験対象とした誘発目地工法

2.2 誘発目地の構造

壁コンクリートの内部に断面欠損部を設ける誘発目地の構造として、図1に示す他、以下に示す構造を取り上げて実験の対象とした(図2)。半割塩ビパイプのタイプ、フラットバータイプ、周囲に剥離剤を塗ったモルタルバータイプである。これらは壁が水平方向に引張力を受けたときには断面欠損部として作用するが、圧縮力を受けたときにはこの部分で圧壊しないように配慮したものである。

3. 実験概要

3.1 試験体概要

図3に拘束試験体の外観図を示す。試験体は、実建物の壁体の一部を想定して、壁厚180mmとしており、端部はハンチを付けた形状とした。上下面は、

コンクリート打設後の水分蒸発を避けるためビニールシートを貼り付けた。拘束方法は後述するが、完全拘束状態に近いように工夫している。試験体長さは、誘発目地のない場合のひび割れ分散と誘発目地によるひび割れ集中の効果を調べるためにはできるだけ長い方が望ましいが、実験室スペースの都合で内寸法2500mmとした。季節による影響を調べるため、冬期、夏期および標準期(秋期)にコンクリートを打設して試験体を製作した。なお、試験体の養生は特に行わず、室内放置とした。

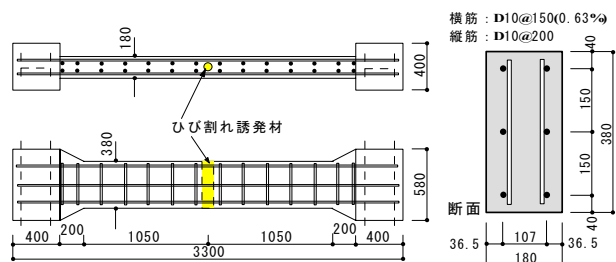


図3 試験体概要

試験体は計15体で、表1にその内訳を、図4にディテールを示す。No.1~7は冬期コンクリート、No.8~11は夏期コンクリート、No.12~15は標準期(秋期)コンクリートである。No.1は誘発目地のない標準試験体である。No.2~4, 6, 7は断面欠損率を一定(30%)として、誘発目地ディテールの違いによるひび割れ集中の効果を調べた。目地ディテールは、表面両側を切り欠いたもの(No.2)、空洞塩ビパイプと片側表面を切り欠いたもの(No.3)、空洞塩ビパイプ(No.4)、半割塩ビパイプ(No.6)および剥離剤を塗布したモルタルバー(No.7)の5種類である。No.5は、No.4と同じ空洞塩ビパイプのディテールで断面欠損率を40%と大きくしたものである。No.8~11(夏期コンクリート)およびNo.12~15(標準期コンクリート)は、壁厚さ180mmにふかしコンクリート20mmを加えて全厚を200mmとし、ふかし部を切り欠いて目地を設けた。No.8~10およびNo.12~14は、塩ビのフラットバーと片側表面を切り欠いて断面欠損率を20%, 30%, 40%と変化させてひび割れ集中の効果を調べた。No.11, 15の目地ディテールはNo.3と同じく空洞塩ビパイプと片側表面を切り欠いて断面欠損率を30%としたものであり、コンクリート打設の季節による違いを調べた。

なお、配筋量は各試験体0.63%(鉄筋断面積/全断面積)で一定とした。別途、ダミーのコンクリー

表 1 試験体仕様

試験体 No.	誘発目地	断面欠損率 (%)	コンクリート打設 時期	コンクリート強度 (N/mm ²)	鉄筋量 (%)
1	無し	0	冬期	33	0.63
2	欠き込み	30			
3	塩ビパイプ				
4					
5					
6					
7					
8	夏期	20			
9		30			
10		40			
11		30			
12	標準期	20	30		
13		30			
14		40			
15		30			

(*)コンクリート強度はF_q(N/mm²)を示す。

F_q = F_c + ΔF + T ここで、F_c = 24、ΔF = 3、T = 6(冬期)、0(夏期)、3(標準期)

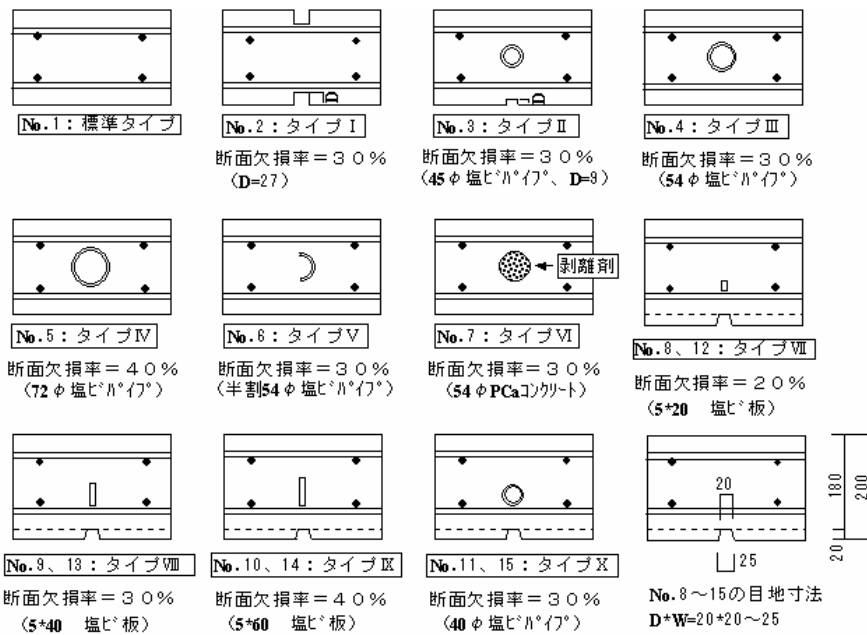


図 4 内部断面欠損部分詳細 (上面を A 面, 下面を B 面とする)

トブロックを製作し、冬期、夏期および標準期打設コンクリートの自由収縮量を調べた。

3.2 拘束および測定方法

試験体の拘束には図5に示す3層の鉄骨フレーム (柱および梁 : H-250×250×9×14) を使用し、層間に2体の試験体をセットした。試験体の端部は400×400mmの柱型とし、柱型の周囲を鋼板で囲んでいる。鉄筋 (D10) は、柱鉄骨のフランジ貫通孔を通して定着させた (定着長さ40d, d:鉄筋径)。試験体断面に対する鋼材比は約20%であり、相当剛な拘束としている。

ひび割れ幅の測定は、誘発目地部は表裏両面に貼り付けたパイゲージと鉄筋に貼り付けた歪みゲージ

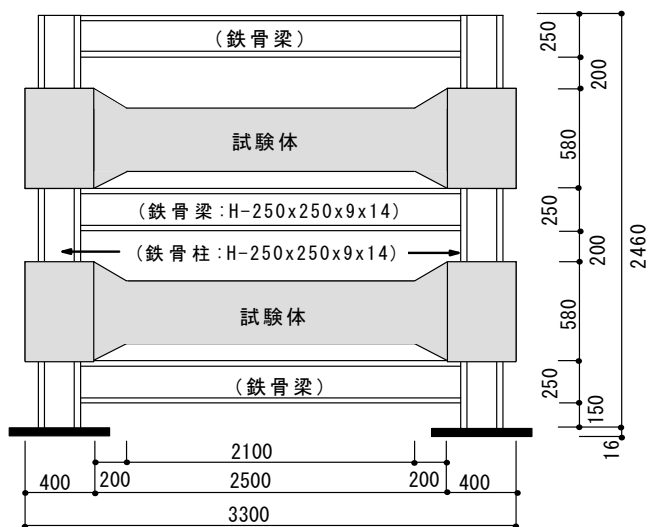


図 5 試験体拘束状況

によりコンクリート打設直後から継続的に行い、その他の部分はクラックスケールを用いた。フレーム全体の挙動は、鉄骨梁に貼り付けた歪みゲージと両側の鉄骨柱に取り付けた変位計で測定した。ダミーのコンクリートブロックの自由収縮量は、中に埋め込んだコンクリートゲージにより測定した。

3.3 コンクリートの種類

①打設時期と調査

コンクリートは、設計基準強度を使用量が一番多いと考えられる24N/mm²とし、 $\Delta F=3\text{N/mm}^2$ を加え、品質基準強度27N/mm²とした。冬期は、温度補正值 $T=6\text{N/mm}^2$ とし、呼び強度を33N/mm²、標準期は温

度補正值 $T=3\text{N/mm}^2$ 、呼び強度30N/mm²、夏期は $T=0\text{N/mm}^2$ 、呼び強度27N/mm²とした。表2に調査を示す。

②コンクリート圧縮強度およびヤング係数

コンクリートの圧縮強度および、ヤング係数を表3に示す。

4. 実験結果

4.1 自由収縮ひずみ

打設時期ごとの自由収縮ひずみを図6に示す。自由収縮ひずみには、打設時期による明確な差は見られなかった。

表2 コンクリートの調査

打設時期	呼び強度	スランブ	空気量	調査 (kg/m ³)				
				セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
冬期	33	18cm	4.5%	347	170	843	949	3.47
夏期	27			337	185	796	965	4.38
標準期	30			361	184	778	965	4.69

表3 コンクリート圧縮強度およびヤング係数

圧縮強度 (N/mm²)

打設時期	養生種類	1日	2日(脱型)	7日	28日	56日	91日	182日	364日
冬期	標準水中	—	9.8	36.9	48.0	52.8	55.8	59.0	62.3
	現場水中	—	—	31.0	44.2	—	—	—	—
	現場封緘	—	—	—	—	47.8	50.7	56.9	61.9
夏期	標準水中	13	—	26.7	34.2	36.5	—	42.2	43.1
	現場水中	—	19.3	26.9	34.6	—	—	—	—
	現場封緘	—	—	—	—	34.7	—	41.3	39.8
標準期	標準水中	4.9	—	28.6	35.4	38.3	39.2	39.3	38.6
	現場水中	—	12.6	26.5	33.1	—	—	—	—
	現場封緘	—	—	—	—	35.3	36.1	37.9	41.7

静弾性係数 (×10⁴N/mm²)

打設時期	養生種類	1日	2日(脱型)	7日	28日	56日	91日	182日	364日
冬期	標準水中	—	—	2.98	3.24	3.34	3.49	3.57	3.67
	現場水中	—	—	2.73	3.08	—	—	—	—
	現場封緘	—	—	—	—	3.32	3.39	3.57	3.65
夏期	標準水中	—	—	—	2.88	3.01	—	3.27	3.21
	現場水中	—	—	—	2.88	—	—	—	—
	現場封緘	—	—	—	—	3.03	—	3.02	3.14
標準期	標準水中	—	—	2.67	2.96	3.01	3.13	3.16	3.28
	現場水中	—	—	2.50	2.75	—	—	—	—
	現場封緘	—	—	—	—	2.72	2.82	2.83	2.94

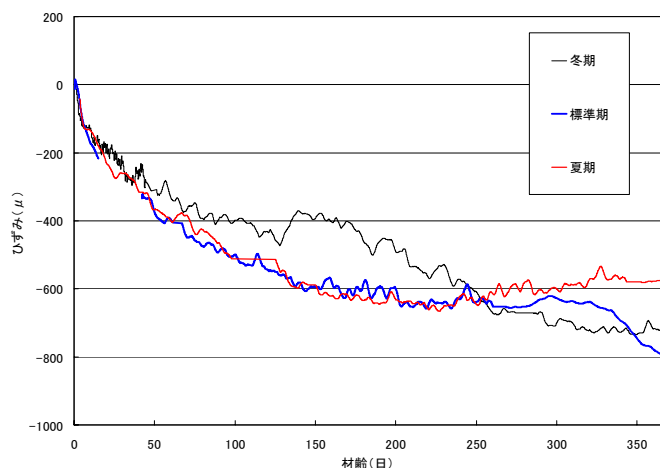


図6 自由収縮ひずみ

4.2 ひび割れ発生状況

表4に各試験体のひび割れ発生までの日数、表5にπゲージによるひび割れ幅計測結果、図7に冬期、図8に夏期、標準期のひび割れ分布状況を示す。

冬期に製作した8体の試験体のうち、表面切り欠き及び内部断面欠損を設けていない無垢の試験体No.1では、梁中央から100mm程ずれた位置に貫通ひび割れが発生した。ひび割れ幅は両面平均で0.125mm程度と他の試験体に比べ小さかった。また全体としては、他の試験体に比べ0.05mm程度の細かなひび割れが多数認められた。

表4 ひび割れ発生までの日数およびひび割れ状況

試験体 No.	誘発目地	断面欠損率 (%)	コンクリート打設時期	コンクリート強度 (N/mm ²)	ひび割れ発生までの日数	ひび割れ本数		ひび割れ分布状況
						A面	B面	
1	無し	0	冬期	33	—	5	1	全長にわたって均等に分布
2	欠き込み(A面とB面)	30			58	1	1	欠き込み目地に発生
3	塩ビパイプ+欠き込み				22	1	2	同上、B面はその他1箇所発生
4	塩ビパイプ				105	4	2	中央部付近と端部付近に発生
5	塩ビパイプ	40			17	2	3	中央部付近と端部付近に発生
6	半割塩ビパイプ	30			54	2	2	中央部と端部に発生
7	モルタルバー	30			20	2	1	中央部付近と端部から1/4付近に発生
8		20	夏期	27	9	1	1	欠き込み目地に発生
9	塩ビフラットバー+欠き込み	30			6	1	1	欠き込み目地に発生
10		40			7	1	1	欠き込み目地に発生
11	塩ビパイプ+欠き込み	30			3	1	1	欠き込み目地に発生
12		20	標準期	30	85	1	1	欠き込み目地に発生
13	塩ビフラットバー+欠き込み	30			13	2	2	欠き込み目地と端部に発生
14		40			13	1	1	欠き込み目地に発生
15	塩ビパイプ+欠き込み	30			8	1	1	欠き込み目地に発生

表5 πゲージによるひび割れ幅計測結果 (μm)

試験体 No.	誘発目地	断面欠損率 (%)	コンクリート打設時期	A面		B裏面	
				ひび割れ直後	ひび割れ1ヶ月後	ひび割れ直後	ひび割れ1ヶ月後
1	無し	0	冬期	—	—	—	—
2	欠き込み	30	冬期	495.2	701.8	395.5	482.0
3	塩ビパイプ	30	冬期	271.3	421.9	495.7	926.9
4	塩ビパイプ	30	冬期	395.3	434.0	—	—
5	塩ビパイプ	40	冬期	385.4	744.8	175.7	384.0
6	半割塩ビパイプ	30	冬期	556.2	776.6	594.1	1100.9
7	モルタルバー	30	冬期	466.5	789.1	300.4	540.0
8	塩ビフラットバー+欠き込み	20	夏期	284.6	511.9	131.6	263.2
9	塩ビフラットバー+欠き込み	30	夏期	438.2	838.2	230.0	373.2
10	塩ビフラットバー+欠き込み	40	夏期	400.9	651.7	353.2	474.8
11	塩ビパイプ+欠き込み	30	夏期	525.5	760.4	323.4	450.5
12	塩ビフラットバー+欠き込み	20	標準期	421.6	693.0	397.4	577.9
13	塩ビフラットバー+欠き込み	30	標準期	381.2	685.3	—	—
14	塩ビフラットバー+欠き込み	40	標準期	173.4	529.9	59.0	364.1
15	塩ビパイプ+欠き込み	30	標準期	204.2	600.6	—	—

表面切り欠きを両面に施したNo.2, 空洞塩ビパイプと表面切り欠きを併用したNo.3は, とともに最小コンクリート断面である内部ひび割れ誘発材の最小被り部分近傍にのみ, 顕著なひび割れが認められた。これに対し空洞塩ビパイプのみを内部ひび割れ誘発材としたNo.4, 5では, 片面の試験体中央付近に同

程度の2本のひび割れが発生した。このうち, 断面欠損率40%のNo.5では塩ビパイプの最小被り部分でひびが発生したが, 欠損率30%のNo.4では試験体中央から100mm程離れたところに貫通ひび割れが発生し, 最小被り部分にはひび割れは認められなかった。No.6, 7では中央部のひび割れは1本であったが,

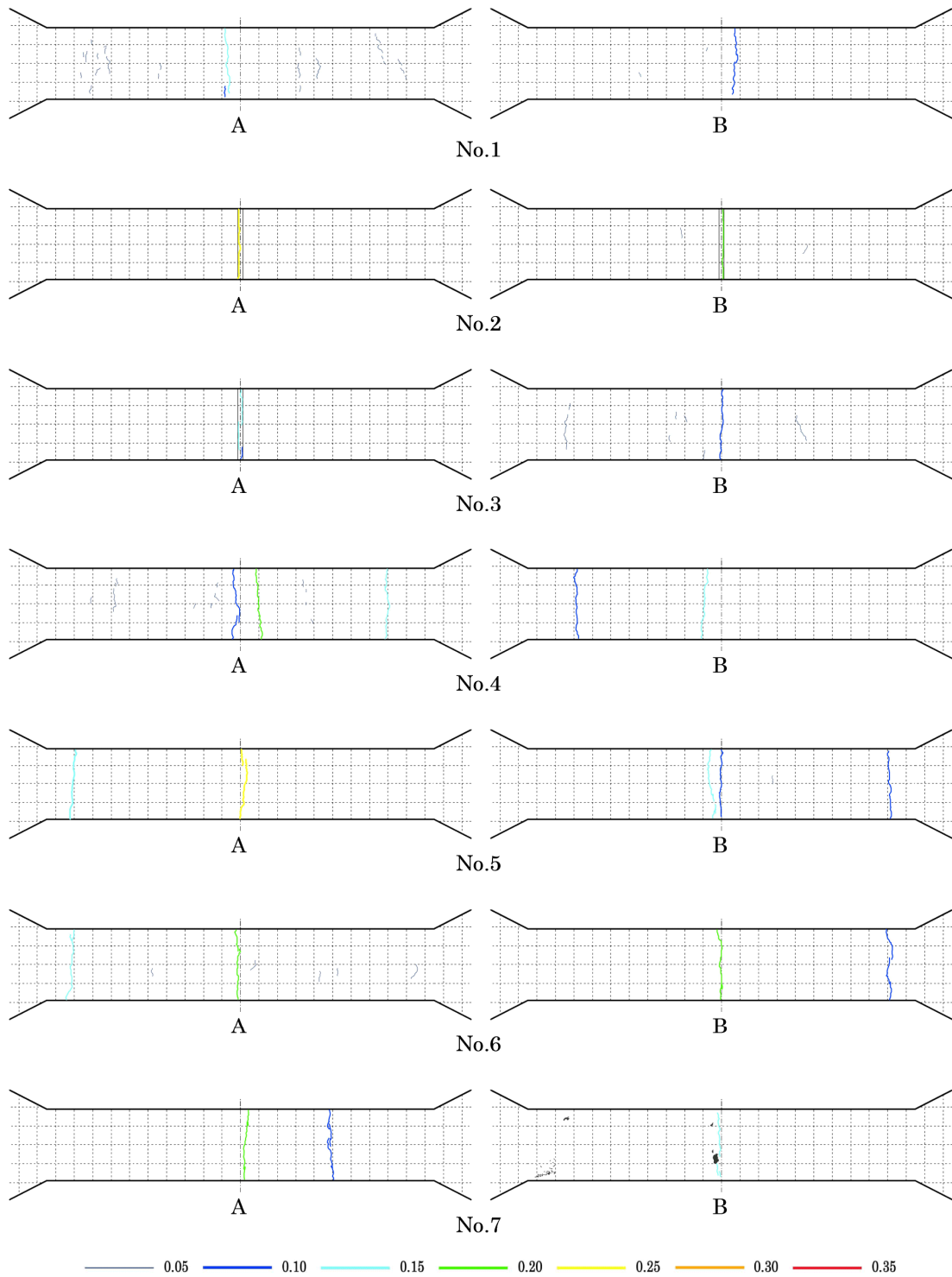


図7 冬期試験体ひび割れ分布

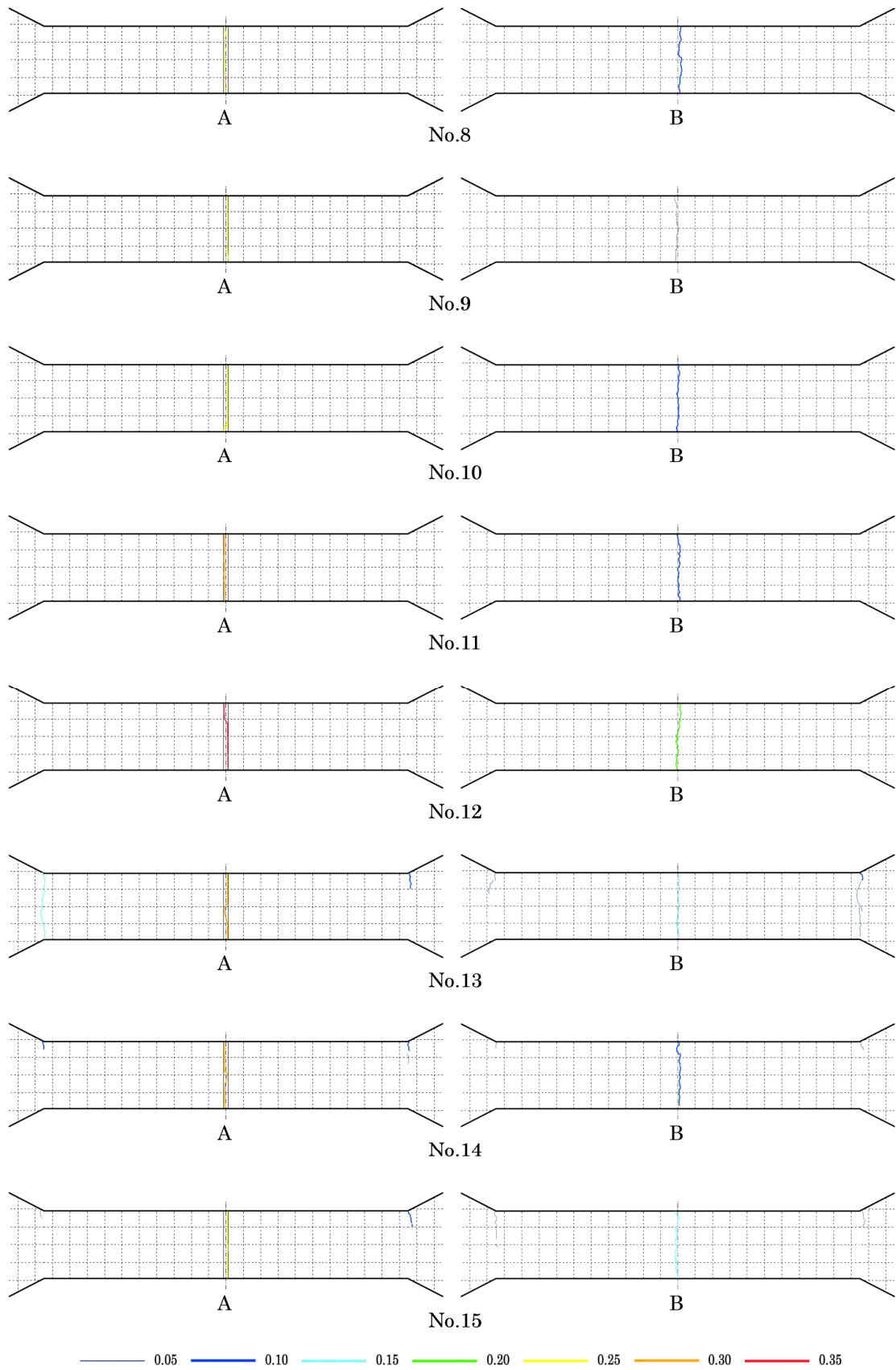


図8 夏期，標準期試験体ひび割れ分布

内部ひび割れ誘発材の最小被り部分からは20～50mm程外れる形となった。No5, 6, 7では側面に表出したひび割れが内部ひび割れ誘発材の断面である円弧に沿った形で貫通ひび割れとなっていた(写真1参照)。No.4～7ではこのほかに、端部、または1/4部分に全面を縦断したひび割れが認められた。



写真1 ひび割れ発生状況 (No. 7試験体)

夏期、標準期に打設したNo.8～11, 12～15では片面に表面切り欠きを施しており、試験体中央部のひび割れは、全て表面切り欠き部及び内部ひび割れ誘発材の最小被り部分近傍に発生した。また、標準期においては試験体端部のハンチ部分に0.05～0.15mmのひび割れが認められた。

ひび割れ幅は、夏期のNo.9,10,11が表面切り欠き部で3体とも0.25mm程度、標準期のNo.12, 13,14は0.30～0.35mm程度となっており、断面欠損率の違いによるひび割れ発生状況に顕著な差違は認められなかった。

夏期では、同一形状のものは、ひび割れ発生までの日数が標準期に比較して短かった。冬期に関しては同一形状のものはないが、全体的にひび割れ発生は遅かった。また、同じ断面欠損率のものでは、外部に欠き込みを設けたものは、中心部のみの内部ひび割れ誘発材を設けたものに比較して、ひび割れの発生は早くなっていた。

断面欠損率では、20%のものが、30%、40%のものに比べ、ひび割れ発生が遅くなっていた。

πゲージで測定したひび割れ幅については、発生時期との関連は見られなかった。

5. まとめ

本実験により以下のことが明らかとなった。

- 1)今回実験したひび割れ誘発目地では、目地近傍にひび割れを発生させる効果が見られた。
- 2)ひび割れを目地部に集中させるためには、壁体内部に設置した内部ひび割れ誘発材と、壁表面の欠き込みを併用する方法がより効果的であることが分かった。
- 3)壁体内部の内部ひび割れ誘発材の形状(丸パイプ型、フラットバー型)によるひび割れ集中の効果に特に差異は見られなかった。
- 4)断面欠損率の大きい方がひび割れの発生は早いですが、ひび割れの集中率に大きな差はなかった。
- 5)コンクリート打設時期による影響は、ひび割れ発生までの日数が夏期、標準期、冬期の順で遅くなる傾向が見られたが、最終的なひび割れの分布に差異は見られなかった。

参考文献

- [1]日本建築学会:鉄筋コンクリート造のひび割れ対策(設計・施工)指針・同解説, 2002.12