# **論文** RILEM CDF と ASTM C 672 の供試体形状がスケーリングに及ぼす影響

#### 高橋 幹雄\*1·宮里 心一\*2

要旨: 凍害のスケーリングに関する試験規格は、日本に存在しない。そこで、既存の海外におけるスケーリング測定方法を参考にして、最終的には日本に適したスケーリング試験規格の構築に向けた一提案を図っている。特に本稿では、RILEM CDF と ASTM C 672 の供試体形状などを比較・検討し、RILEM CDF の温度条件下におけるスケーリング劣化を評価した。そのため、供試体の形状、W/C、試験前の吸水時間および試験面をパラメータとした実験的検討を行った。その結果、スケーリング量、スケーリング深さおよび目視によるすべての結果で、RILEM CDF の供試体形状において、ASTM C 672 の供試体と比較して、大きな劣化を示した。

**キーワード**: スケーリング,供試体形状,吸水時間,試験面,RILEM CDF,ASTM C 672

#### 1 序論

凍害には内部劣化と表層部劣化がある。ここで,後者 は、スケーリングと呼ばれ、諸外国では、RILEM CDF や SS 13 72 44、ASTM C 672 のように、様々なものが試 験方法として、規格化されている。しかしながら、それ ぞれの試験方法で供試体の形状や温度条件、試験期間が 異なる。そのため、劣化のレベルも異なる。このことか らヨーロッパでは、規格の国際統一化を図るため、各国 の機関において共通試験(Round Robin 試験など)が実施 された<sup>1)2)</sup>。

一方,日本において,凍害の内部劣化を評価するため には,ASTM C 666 を参考に提案された,JIS A 1148 が活 用されている。しかしながら,凍害の表層部における劣 化であるスケーリングに関する試験規格は、日本に存在 しない。

以上の背景を踏まえ,既存の海外におけるスケーリン グ測定方法や既往の文献<sup>3)4)5)</sup>などを参考にして,それぞ れの利点を生かし,また短時間で高信頼な結果を得られ るような,日本におけるスケーリング試験規格の構築に 向けた一提案を図りたいと考えている。

特に本稿では, Round Robin 試験の対象となっている, RILEM CDF(以下 RILEM と表記)と ASTM C 672(以 下 ASTM と表記)の供試体形状を比較の対象とし,実験 的検討を行った。なお,何れの供試体を用いる際にも, 図-1に示す RILEM の温度条件を適用した。

## 2 実験手順

#### 2.1 実験ケース

コンクリートの配合を**表-1**に示す。なお,空気量 を 4±1.5%に調整するため,混和剤として AE 剤を使用 した。 本実験で用いた供試体と実験方法の水準は表-2に示 した通り,供試体の形状,コンクリートのW/C,測定前 の吸水時間,および試験面である。

## 2.2 供試体概要

## (1)供試体の形状および W/C による比較

使用した供試体の形状を図-2(1)と(2)に示す。なお、いずれの供試体も試験面以外からの劣化を防ぐために、供試体側面をエポキシ樹脂やシリコン樹脂で被覆した。また、試験水には、3%のNaCl水溶液を使用した。

ここで, RILEMの形状としては150×150×75mm(打 設後1日で脱型し,6日間の水中養生後,21日間の気中 養生)の供試体を用い,側面を試験面とし毛管浸透法に より吸水させた。また,試験開始日の7日前から試験水 を吸水させ,供試体の質量増大を毎日測定した。



図ー1 RILEMの温度条件

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
		W	С	S	G	Ad
35	38.5	164	469	628	1016	0.047
50	41.5	168	336	717	1023	0.017
65	44.5	173	266	833	1051	0.027

\*1金沢工業大学大学院 環境土木工学専攻 博士前期課程 (正会員)

\*2金沢工業大学 環境・建築学部環境土木工学科准教授 博(工) (正会員)

比較内容	(1)供試体形状およ	び W/C による比較	(2)供試体の寸法による比較		
W/C(%)	35 · 5	0 · 65	65		
養生	打設後1日脱型 水中養生6日間 気中養生21日間	打設後1日脱型 水中養生13日間 気中養生14日間	打設後1日脱型 水中養生6日間 気中養生21日間	打設後1日脱型 水中養生13日間 気中養生14日間	
供試体の寸法	150×150×75mm	270×270×85mm	150×150×75mm 75×75×37.5mm	$\begin{array}{c} 270 \times 270 \times 85 \text{mm} \\ 150 \times 150 \times 75 \text{mm} \end{array}$	
試験面	側面	底面	側面	底面	
吸水時間	7日間	6 時間	7日間	6時間	
比較内容	(3)試験前の吸水	<時間による比較	(4)試験面による比較		
W/C(%)	5	0	50		
養生	打設後1日脱型 水中養生6日間 気中養生21日間		打設後1日脱型 水中養生6日間 気中養生21日間		
供試体の寸法	100×100	0×50mm	$100 \times 100 \times 50$ mm		
試験面	側	面	打設面	側面	
吸水時間	<ul><li>0時間・6時間</li><li>4日間・7日間</li></ul>	0時間・6時間 4日間	4日間		

表-2 供試体と実験方法の水準

次にASTMの形状としては270×270×85mm(打設後 1日で脱型し,13日間の水中養生後,14日間の気中養 生)の供試体を用い,底面を試験面として湛水法により吸 水させた。また,試験開始の6時間前から試験水を吸水 させた。

## (2)供試体の寸法による比較

W/C は 65%に統一して実験を行った。RILEM の形状 としては, 図-2(1)に示す 150×150×75mm の供試 体と, 75×75×37.5mm に縮小した供試体を比較した。一 方, ASTM の形状としては, 図-2(2)に示す 270×270 ×85mm の供試体と, 150×150×75mm に縮小した供試体 を比較した。なお, 試験面および試験前の吸水時間は(1) と同様にした。

#### (3)試験前の吸水時間による比較

W/Cは50%に統一して実験を行った。また,供試体の 形状に拘らず,図-2(3)に示す100×100×50mmの角 柱を用い,打設後1日で脱型し,6日間の水中養生の後, 21日間の気中養生を行った。さらに,試験前の吸水時間 は,0時間,6時間,4日間および7日間の4水準とし た。なお,試験面は側面とした。

## (4)試験面による比較

使用した供試体の形状を図-2(3)に示す。試験面は, 打設面と側面の2水準とした。なお,W/Cは50%,供試 体の寸法は100×100×50 mm,および試験前の吸水時間は 4日間に統一した。

#### 2.3 測定項目

いずれの実験においても、スケーリング量・スケーリ

ング深さ・目視による観察を行った。なお,スケーリン グ深さは,測点を 25 点設け,1.5cm 間隔にて測定した。 また,測定日数は40日間とし,8サイクル(4日)毎に測 定した。



#### 3. 実験結果

### 3.1 供試体の形状およびW/Cによる比較

図-3,図-4および図-5にて、供試体の形状およ び水セメント比がスケーリングに及ぼす影響を比較する。 図-3によれば、ASTMの供試体に比べ、RILEMの供試 体では、スケーリング量が多くなることを確認できた。 また、図-4によれば、ASTMの供試体に比べ、RILEM の供試体では、スケーリング深さが深くなることを確認 できた。さらに、図-5によれば、RILEMの供試体が ASTMの供試体よりも激しく劣化していることが確認で きた。なお、何れの図においても、W/Cが高いほどスケ ーリングが進むことも確認できた。

### 3.2 供試体の寸法による比較

図-6,図-7および図-8にて,供試体の寸法がス ケーリングに及ぼす影響を比較する。図-6によれば, 供試体の大小で,スケーリング量に差は無いことが確認 できた。また、図-7によれば,スケーリング量の結果 と同様に,供試体の大小で,スケーリング深さに差は無 いことが確認できた。さらに、図-8によれば,スケー リング量やスケーリング深さの結果と同様に,供試体の 大小で,差は見られなかった。したがって,本実験の結 果では,供試体の寸法がスケーリング劣化に及ぼす影響 は小さいと判断できる。

RILEM ASTM

図-5 供試体の形状および W/C による比較



## 図-3 供試体形状および W/C と スケーリング量の関係



## 図-4 供試体形状および W/C と スケーリング深さの関係



図-6 供試体の寸法とスケーリング量の関係



図-7 供試体の寸法とスケーリング深さの関係

#### 3.3 試験前の吸水時間による比較

図-9,図-10および図-11にて,試験前の吸水時間がスケーリングに及ぼす影響を比較する。図-9に よれば,吸水時間が長いほどスケーリング量は増すこ とが確認できた。また,図-10によれば,スケーリン グ量の結果と同様に,吸水時間が長いほどスケーリン グ深さは増すことが確認できた。さらに,図-11によ れば,スケーリング量やスケーリング深さの結果と同 様に,吸水時間が長いほど,大きなスケーリングが認 められた。

#### 3.4 試験面による比較

図-12,図-13 および図-14 にて,試験面がスケー リングに及ぼす影響を比較する。図-12 によれば,試験 面が側面の場合に比べ,試験面が打設面の供試体におい て,劣化が激しいことが確認できた。また,図-13 によ ると,試験面が側面の供試体と打設面の供試体のスケー リング深さを比較すると,スケーリング量と同様に,試 験面が打設面の供試体における劣化が激しいことが確認 できた。しかしながら,図-14 によれば,骨材の露出等 で比較すると,試験面が打設面の場合に比べ,試験面が 側面の供試体において,劣化が激しいように見られた。

ここで、試験面が側面の供試体と打設面の供試体を比較した際、試験面が打設面の供試体の劣化が激しかった理由として、ブリーディングの影響が考えられる。すなわち、図-15に示す各サイクルのスケーリング量におい



て、8サイクル目(測定1回目)が最もスケーリング 量が多くなることが認められる。これは、ブリーディ ング層が初期にはく離したためであると考えられる。 また、目視による観察が、スケーリング量やスケーリ ング深さの結果とは異なり、試験面を側面とした場合 の供試体が激しく劣化しているように見られたこと からも、ブリーディングの影響が大きいと考えられ る。すなわち、試験面が打設面の供試体ではブリーデ ィングの影響により、粗骨材が打設底面方向に沈み、 ー方ブリーディング層が浮上したため、目視による観 察では判断し難くなってしまったと考えられる。さら に、図-13に示したスケーリング深さの結果からも、 表面からの劣化深さは、試験面が打設面の供試体にお いて深い結果となっている。







## 4 評価と課題

3.3 に示した試験前の吸水時間による比較では、スケ ーリング量およびスケーリング深さ、目視による観察の 結果から、吸水量はスケーリングに影響を及ぼすと考え られる。また、図-16に示す吸水量とスケーリング量の 関係からも、吸水量はスケーリング劣化に大きく影響す ると考えられる。

このことを踏まえて、**3.1**の結果を考察すると、ASTM の供試体に比べ、RILEMの供試体において、劣化が激し くなった要因として、試験水の吸水方法が考えられる。 ただし、試験水の吸水方法に関して、網羅的に研究され た文献は無い。そのため今後、吸水開始時におけるコン クリートの含水状態等をパラメータとする追加実験を行 う必要があると考えられる。

#### 5 結論

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1.同一の温度条件下では、RILEMの吸水方法において、 ASTMと比較して、スケーリング劣化は激しい。
- 2. W/C が高いほどスケーリング劣化は激しくなる。
- 3. 供試体の寸法は,スケーリング劣化に影響を及ぼさ ない。
- 試験前の吸水時間が長いほど、スケーリング劣化は 激しくなる。
- 5. スケーリング量、スケーリング深さ共に、試験面を 側面とした供試体と比べ、試験面を打設面とした供 試体において大きな劣化を示す。特に、スケーリン グ量を各サイクルで比較した際、試験開始直後(本 研究では8サイクル目)において最も多くなる。



図-14 試験面による比較



図-12 試験面とスケーリング量の関係



図-13 試験面とスケーリング深さの関係



図-15 試験面と各サイクルのスケーリング量の関係



図-16 試験前の吸水量とスケーリング量の関係

## 参考文献

- Kukko, H. & Paroll, H.: Round robin tests on concrete frost resistance. Freeze-Thaw durability of Concrete. RILEM Proceedings 30. pp.223-230, 1997.
- Siebel, E. & Reschke, T.: Three different methods for testing the freeze-thaw resistance of concrete with and without deicing salt. Freeze-Thaw durability of Concrete. RILEM Proceedings 30. pp.231-246. 1997.
- 3) Gondai, Y. Tsukinaga, Y. Shoya, M. & Sakoi, Y.

: Study on the test method for scaling resistance of concrete exposed to deicing chemicals, Shrinkage and Durability Mechanics of Concrete Structures, pp.987-992, 2009

- 遠藤裕丈,田口史雄,名和豊春:スケーリング進行 評価に関する研究, Vol.31, No.1, 1129-1134, 2009
- 5) 中村拓郎, 服部健作, 石野朝哉, 堀口敬: CIF 試験及 び CDF 試験によるコンクリートの凍結融解抵抗性 の評価, コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法 に関する研究委員会報告書, pp.305-310, 2008.8