

## 吹付けノズルマンの技能評価試験

谷倉 泉・設楽 和久・三浦 康治

### 1. はじめに

近年、我が国の橋の多くは過酷な交通や自然条件等の供用環境の影響によって様々な損傷や劣化が顕在化してきている。我が国におけるスパン2m以上の橋は全国に約70万橋が存在するが、今後20年を経過すると全橋梁の約半数が建設後50年を経過することから、急に橋の高齢化が進み補修費用が急増することが懸念されている。

一方で、我が国は少子高齢化が進んでいるだけでなく労働者の建設業離れも深刻であり、震災後の復興事業と相まって、点検や補修に必要な人や物、資金も不足しているのが現状である。このような社会環境においては、必然的に構造物の建設時だけでなく、維持補修においても耐久性のある対策が求められる。

コンクリート構造物に着目すると、最近塩害をはじめとして中性化、凍害、ASR、施工不良など、変状の種類も多岐に渡っており、その範囲も桁、床版、橋脚などあらゆる部位に及んでいる。

特に飛来塩分や凍結防止剤による塩害では、コンクリートの表面だけではなく、腐食した鉄筋の背後にまで塩分が浸透しているケースが多く見られる。このような構造物を断面修復工法によって補修する場合には、再損傷を防ぐために塩分濃度の高い鉄筋背面までコンクリートをはつり取る必要があり、その背面を吹付けモルタル等によって十分に充填させることが重要となる。

また、近年多発している各地での中小地震だけでなく、今後の発生が懸念されている大規模地震に対しても、橋脚のコンクリート巻立て等による耐震補強対策のニーズは増加している。これらの巻立て補強においても、工期短縮や巻立て厚の低減等の面で、吹付け工法は合理的、かつ有効な手段となってきた。

NEXCOでは、構造物施工管理要領（平成28年8月）<sup>1)</sup>において、コンクリート構造物の断面修復に用いる材料の鉄筋背面への充填性を確認する手段として、試験法432を定めている。また、土木学会においても、吹付けコンクリート指針（案）（平成17年7月）<sup>2)</sup>を発

行し、吹付け材料の耐久性や既設コンクリートとの付着性状など、各種の性能を評価するようにしている。

しかしながら、材料の性能は良くても施工を行うノズルマンの技量が不十分な場合や、施工監理技術者が吹付けの要点を十分把握できていない場合には、良好な施工品質が保証できないことが懸念される。現状を鑑みると、コンクリート構造物は今後も高齢化に伴う経年劣化が進むことは明らかであり、さらに多くの劣化因子の影響によって構造物の変状も増大していくことが予測される。断面修復工法や巻き立て工法等の適用により、これらの社会資本を健全な状態で維持管理していくためには、良質な材料と確実な施工方法を用いて、専門的知識の豊富な技術者や高度な技術を有する技能工らが一体となり、正しく補修・補強対策を行っていくことが重要と言える。

本報告ではその一翼を担うノズルマンの技能証明に関し、施工技術総合研究所が2009年から実施している「吹付けノズルマンの技能評価試験」（NEXCO試験法432に準拠）について紹介する。

### 2. 断面修復材の要求性能と性能評価方法<sup>3),4)</sup>

断面修復材の要求性能は、

- ①力学的性能（圧縮強度、弾性係数など）
- ②断面の修復に特有な性能  
（付着強度、ひび割れ抵抗性、鉄筋背面への充填性など）
- ③耐久性能  
（遮塩性、中性化抵抗性、凍結融解抵抗性など）

の3つに分類できる。力学的性能や耐久性能は、通常のコンクリート構造物と同様の性能として断面修復材に要求されるが、断面修復に特有な性能は次の理由により規定している。

付着強度は、断面修復材と既設コンクリートとを確実に一体化するために必要である。また、断面修復材は既設部材との材齢差が大きいことから、乾燥収縮、自己収縮等の影響で有害なひび割れやはく離を生じる可能性があり、ひび割れ抵抗性が要求される。さらに、

既設コンクリートの劣化状態に応じて鉄筋の裏側まではつきり取って断面修復する必要があるため、断面修復材が鉄筋背面まで確実に充填される性能が要求される。さらに、現場では上向きや横向きなどの施工方法や供用下での振動の影響など、実際の施工条件も考慮する必要がある。

これらの成果は、現在、試験方法や施工方法をとりとまとめた設計・施工指針として、「NEXCOの構造物施工管理要領、試験法432:断面修復用吹付けモルタルの試験方法、2006」として、運用されている。

断面修復材がポーラスで水密性が低い場合や有害なひび割れを有している場合には、劣化因子が断面修復部に浸入しやすいことは明白であり、特に鉄筋背面に大きな空隙が存在すると、鉄筋の付着が確保されないだけでなく、中性化や塩害等に伴う鉄筋の腐食が一段と増幅されることが懸念される。また、鉄筋背面以外でも空隙の少ない密実な断面修復材が施工されなければならない。

このようなことから、吹付け施工の際には、耐久性を確保するうえで、特に鉄筋背面などに隙間なく密実に充填し、かつ有害なひび割れを生じないようにすることが重要である。このようなことから、吹付けノズルマンの技能評価試験では、試験法432に準じて鉄筋背面への充填性とひび割れ抵抗性に着目して、試験を行うこととしている。

なお、実際の構造物の施工にあたり、個々の施工現場における配筋状態や鉄筋裏のあきは、技能確認用の試験体とは異なることが予想されるため、必要に応じて実構造物を模した配筋条件の試験施工を実施して評価すればよいと思われる。

### 3. 試験の実施要領

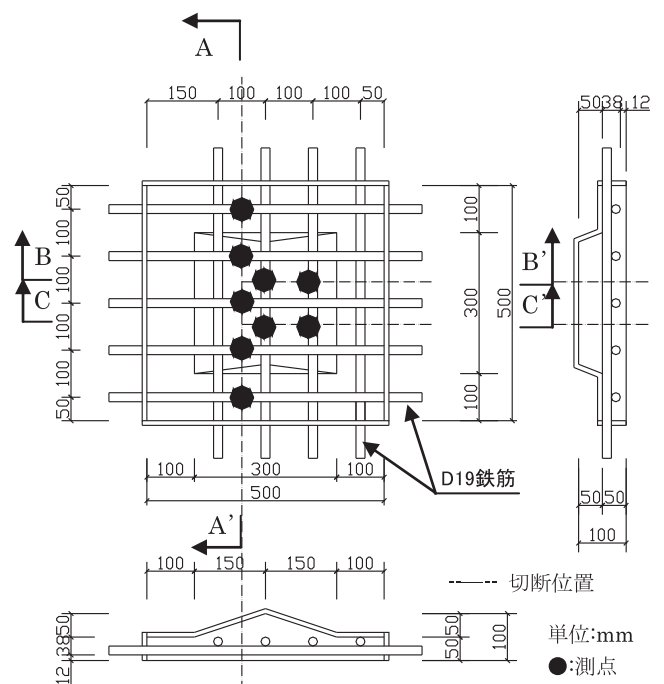
技能評価試験では、床版下面等への吹付け施工を想定し、写真一1と図一1に示す鉄筋と型枠の間隔を数段階変化させた試験体を天井面に取り付け、この試験体に上向きで吹付けを行う。鉄筋仕様は、NEXCOにおける床版の標準設計から、代表的なものとして鉄筋径D19mm、ピッチ100mmのクロスとしている。

吹付け厚さは、鉄筋背面まで塩分が浸透しているコンクリート構造物を鉄筋背面まではつきり、断面を修復する場合を想定し10cmとしている。吹付けは、試験体の10cmの厚さに対して、通常の1回あたりの吹付け厚さ3cm程度を考慮し、3層以内で表面まで施工する。

試験に用いる吹付けシステムおよび使用材料は、受



写真一 鉄筋背面への充填性試験状況



図一 鉄筋背面への充填性試験体

験するノズルマンが持参し準備する。受験者は、各自で使い慣れたノズルを持参し、実技試験に使用してよい。材料については、所定の性能が確保されているものを使用することが前提であり、そのため、性能評価試験（試験法432）に合格した材料を用いることとしている。

### 4. 吹付け施工時の留意点

吹付け施工では、良質の材料を用いて断面修復を確実にを行うため、鉄筋背面への充填性やひび割れ抵抗性を確保する必要がある。そのためには、使用する材料や施工設備の特性を適切に考慮して施工を行わなければならない。ノズルマンの技量が未熟であったり、材料の性能が悪いと鉄筋背面に有害な空隙やひび割れが

生じる場合がある。これを防ぐために必要な施工時の主な留意点は次のとおりである。

- ①当日の気温や湿度等の気象条件の違いにより、吹付け材料の物性は微妙に変わるため、適切な吹付けが行えるように加水量や材料の練り上がり温度等の調整を行う。
- ②吹付け材料を鉄筋背面へ回り込ませて有害な未充填箇所が生じることを防ぐため、適切な吐出量と空気圧に調整する。
- ③上記①、②の施工に向け、直前の試し吹きによりこれを確認しておく。
- ④吹付け材料を鉄筋背面へ確実に充填させるためには、鉄筋の直径や配置および背面のあきを考慮し、吹付けノズル位置（距離）と角度を変化させて施工を行うことが重要である。さらに施工中は、鉄筋背面へ吹付け材料が充填されていることを目視により確認しながら施工する必要がある。
- ⑤材料が有している1層あたりの最大吹付け厚さを越えた吹付けや、所定の養生時間をおかずに次の層の吹付けを行うと、自重により吹付け後の材料が落下することがあるので注意が必要である。そのため、所定の厚さを越えないように、目視で確認することや吹付け後の材料の硬化状態を目視や触診により確認することが重要である。
- ⑥吹付け後の凝結が終了した状態でコテ仕上げを行うと、材料の内部や表面にひび割れを生じさせることがある。そのため、コテ仕上げは適切な施工時間・施工方法を遵守する。
- ⑦吹付け終了後、乾燥収縮ひび割れを防ぐため、膜養生剤の散布や養生シートの設置を行い、外気や風から断面修復面を保護するように配慮する。

## 5. 評価基準・判定

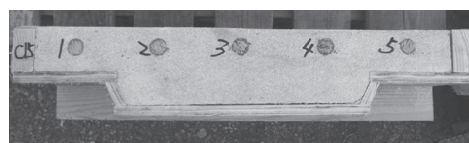
本試験を終えた試験体は、1週間以上経過し十分に硬化した後、図一1のA～C断面の3箇所で切断し、試験体切断面の鉄筋背面への充填性ならびに表面のひび割れ発生状態を目視で確認することにより可否を判定する。可否の判定基準は以下のとおりである。

- 鉄筋の周囲に次に示すような有害な空隙がないこと
  - ① D19 鉄筋径の 1/2 (約 10 mm) の空隙
  - ② 骨材の最大寸法 (D) 以上の空隙の合計長が 10・D mm 以上
- 吹付け表面に有害なひび割れが発生していないこと
  - ① 幅 0.05 mm 以上のひび割れが発生しないこと
 この試験体の3つの切断面には、D19 鉄筋が9本配

置されており、空隙の合計長は、それぞれの鉄筋位置における空隙の長さを合計して求める。試験に合格した試験体の断面の一例を写真一2に示す。

最後に、これらの試験体の切断調査および表面目視観察結果をとりまとめ、受験者宛に試験結果証明書を発行している。表一1に吹付けノズルマンの技能評価試験の合格者数を示すが、この7年間で108名となっている。

また、当研究所が毎年実施している吹付け工事の施工監理技術者講習会の受講者は、合計約670名に達している。



< A - A' 断面 >



< B - B' 断面 >



< C - C' 断面 >

写真一2 切断後の試験体の断面（合格例）

表一1 技能評価試験の合格者数

実施時期	合格者数
平成 21 年度 (2009 年度)	25 名
平成 22 年度 (2010 年度)	20 名
平成 23 年度 (2011 年度)	10 名
平成 24 年度 (2012 年度)	-
平成 25 年度 (2013 年度)	36 名
平成 26 年度 (2014 年度)	15 名
平成 27 年度 (2015 年度)	2 名
合計	108 名

## 6. おわりに

コンクリート構造物の補修・補強のニーズは今後ますます増加すると思われるが、これからの点検データの充実と合わせ、本格的な補修・補強対策はまだその緒に付いた段階だと思われる。

欧米においても、湿式あるいは乾式の吹付けモルタルによる断面修復工法はコンクリート構造物の代表的な補修工法の一つとして用いられてきている。例えば、ドイツにおいては、第二次世界大戦後から吹付けコンクリートによる補修が行われており、吹付けマイスターはノズルマンとして施工に当たっている<sup>5), 6)</sup>。最近ではEU統合に伴い、2008年よりEU規格として

のノズルマン認定制度を発足するに至っており、その認定者数は毎年数十名程度となっているようである。また、米国においても、アメリカコンクリート協会 (aci) とアメリカショットクリート協会 (ASA) が共同で吹付けノズルマン資格制度を設けており、aci のプログラムとして2001年から資格試験を実施している<sup>7), 8)</sup>。米国におけるノズルマンの認定者数は、毎年100名程度のものである。

当研究所が実施しているノズルマンの技能評価試験の合格者数は、表一に示したようにこの7年間で108名(平成28年7月時点)に達しているが、昨今の構造物の変状の増加や技能工の高齢化等を考えると、必ずしも十分とは言えないように思われる。このような点も踏まえ、今後も断面修復工法が確実な補修工法として活用されるように、ノズルマンの技能評価試験を通して安全で耐久性の高い構造物の維持管理に貢献していきたいと考えている。

J C M A

## 《参考文献》

- 1) 東・中・西日本高速道路(株)編著：構造物施工管理要領，(株)高速道路総合技術研究所発行，平成28年8月
- 2) 土木学会コンクリート委員会吹付けコンクリート研究小委員会編集：吹付けコンクリート指針(案)〔補修・補強編〕(コンクリートライブラリー123)，(株)土木学会発行，平成17年9月
- 3) Muroi, Shito, Yokoyama, Tanikura, Takuwa, Izumo: Study on required performance and its verification of repair materials for concrete structures, ICPIC'04, 11<sup>th</sup> International Congress on

- 4) Shito, Kamihigashi, Yokoyama, Shidara, Miura, Uchida: Experimental study on test condition of performance test for sprayed mortar, ICPIC'04, 11<sup>th</sup> International Congress on Polymers in Concrete 2<sup>nd</sup>-4<sup>th</sup> June, 2004 at BAM, Berlin, Germany
- 5) 2000, 2001 欧州土木構造物補修・補強調査 報告書，社団法人日本建設機械化協会 建設機械化研究所，2001.3, 2002.3
- 6) 2004, 欧州土木構造物補修・補強調査 報告書，社団法人日本建設機械化協会 施工技術総合研究所，2004.10
- 7) 2002, 米国土木構造物補修・補強調査 報告書，社団法人日本建設機械化協会 施工技術総合研究所，2003.3
- 8) American Concrete Institute: ACI506R Guide to Shot-Cretem, January, 2001

## 【筆者紹介】

谷倉 泉(たにくら いずみ)

(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所  
研究第二部  
部長

設楽 和久(しだら かずひさ)

(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所  
研究第二部  
課長

三浦 康治(みうら こうじ)

(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所  
研究第二部  
首席研究員