

13.3 コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立(1)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：材料資源研究グループ（基礎材料）

研究担当者：渡辺博志、片平博

【要旨】コンクリートの補修材策には主に表面被覆、断面修復、およびひび割れ補修などがあるが、当研究チームではこのうちの断面修復を担当する。断面修復工法はコンクリート構造物の補修工法の一つとして古くから実施されているが、要求性能や試験方法に関して、国内において統一した基準が確立するには至っていない。そこで断面修復工法に必要な要求性能およびその検査試験方法を確立することを目的に研究を行う。23年度は初年度であり、国内外の断面修復に関する規格の動向を調査した。また、断面修復工法には多くの要求性能があるが、その中で特に重要である基盤との付着性能に関して実験を行った。この結果、基盤と補修材との乾燥収縮特性の違いが、付着強度に大きく影響することが分かった。

キーワード：コンクリート、断面補修材、品質規格、付着強度、乾燥収縮

1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化に向けて、補修工法の確立は重要である。本プロジェクト研究において、当研究チームの分担としては、補修工法の中の断面修復工法について検討する。

断面修復工法に使用する補修材料や施工方法には様々なものがあり、実績も多いが、統一した品質規格が確立しているとは言い難い。23年度は研究の初年度であり、まず、国内外の断面修復工法に関する品質規格について調査し、今後、国として整理すべき品質規格のあり方について検討した。

また、断面修復のとりわけ重要な品質として、基盤（旧コンクリート）との付着性能があげられる。そこで、基盤と補修材料の品質を数種類設定し、また、施工後の養生条件を変えて付着強度試験を実施した。これらの内容を報告する。

2. 品質規格の現状調査

2.1 国内の主な品質仕様と EN 規格の品質項目

国内外のコンクリート修復材の品質規格（仕様）について調査した。一例として、表-1は国土交通省（旧建設省）から提案された「塩害を受けた土木構造物の補修指針（案）」に述べられている断面修復用モルタルもしくはコンクリートの硬化後の性能と、ヨーロッパ規格（EN）の品質項目の違いを簡単に整理したものである。「塩害を受けた土木構造物の補修指針（案）」は、主として塩害による損傷を受けたコンクリート橋梁構造物を適

表-1 国交省の規格とEN規格との比較

		建設省総プロ 塩害補修 H1.5	ヨーロッパ規格EN1504-3 2005
要求性能	補修材 自体	圧縮強度、 硬化収縮	圧縮強度、静弾性係数、 線膨張係数、中性化抵抗 性、塩化物含有量等
	付着 性能	—	標準、乾燥、凍結融解、乾 湿繰返し等
ランク分け		—	構造物をClassR1～R4に 分類

表-2 付着強度試験を行う基盤の条件

	配合	形状	表面処理
JIS A 1171 ポリマーセメント モルタル	モルタル	70×70×20	150番 研磨紙
JSCE K 561 断面補修材	コンクリート	300×300×60	150番 研磨紙
NEXCO-432 断面修復モルタル	コンクリート	H75 or 100	ウォーター ジェット
EN 1504-3	コンクリート	300×300×100	ウォーター ジェット

用対象として想定したものであり、補修材の圧縮強度の品質規格として 200kgf/cm² 以上、硬化収縮の品質規格としてコンクリートの場合に 500μ以下、モルタルの場合に 2000μ以下との品質規格値が提案されている。旧断面のコンクリートと断面修復材料との界面付着性能については、当時日本コンクリート工学協会（現、日本コンクリート工学会）で検討が進められつつあったポリマーセメントモルタル試験規格を参考とする旨が解説に述べられるにとどまり、付着強度ならびにその耐久性に関する品質規格値の明記まではなされていなかった。

13.3 コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立

一方 EN 規格では、圧縮強度や弾性係数の他、線膨張係数、中性化抵抗性、塩化物含有量等の多岐にわたる品質項目を定めている。ただし、全ての性能項目を規定するのではなく、使用目的をおおよそ想定したうえで、適宜性能項目の選択が行われているのが特徴である。たとえば断面修復材料の性能を R4～R1 の 4 クラス (ClassR4:圧縮強度 45MPa 以上、R3:25MPa 以上、R2:15MPa 以上、R1:10MPa 以上) に分類し、ClassR4・R3 は構造性能が求められる用途、ClassR2・R1 は構造性能が求められない用途に適用することとしている。構造用と非構造用の用途の違いは補修材料の圧縮強度以外の力学性能や耐久性に関わる性能のとらえ方にも影響する。例えば、断面修復材料の中性化に対する抵抗性や、弾性係数については、構造用途に用いるクラス R4・R3 の製品では性能項目に含まれているが、構造用途を想定しないクラス R2・R1 の製品では、中性化抵抗性や弾性係数は材料の品質項目として含まれない。

欧州においては、EN 規格として定められた材料の性能評価試験方法に基づいて対象材料の評価を行い、その結果を性能に関するクラスを明示した CE マークとして明示し、CE マークをうけたものが市場に流通している。

2.2 コンクリート構造物の補修補強に関する ISO 規格の整備状況

コンクリート分野では、近年 ISO 規格の整備が急速に進められてきており、コンクリートの試験方法にとどまらず、例えばコンクリートの材料規格 (ISO22965)、コンクリートの施工規格 (ISO22966) がここ数年で制定された。コンクリート分野の ISO 規格制定の動きは、コンクリート材料の品質・試験方法・設計・施工方法といった新設構造物を対象とした規格類だけではなく、維持管理に関わる ISO 規格の準備も進行してきている。特に補修に関連する国内統一規格としては、土木分野では土木学会コンクリート標準示方書維持管理編が存在するものの、点検や診断に関する概説をまとめたものであり、補修工法の設計や使用材料の要求性能の明確化と検証方法の一連の流れを定めたものとはなっていない。このような国内状況において、ISO 規格の成立が先行してしまうと、今後の補修関連技術の標準化や研究方針にも多大な影響が生じるとともに、今後海外でも増加が予想される補修工事の仕様も左右するものと思われる。このような背景から、本研究課題では補修関連の ISO 規格の分析も検討項目の一つとしている。

コンクリート構造物の維持管理、補修補強にかかる ISO 規格作成は、現在 ISO/TC71 の SC7 で行われており、ISO 16311 Maintenance and repair of concrete

表-3 現在策定中のコンクリート補修関連ISO規格

パート	タイトル
1	General principles (一般原則)
2	Assessment of existing concrete structures (既設コンクリート構造物の評価)
3	Design of repairs and prevention (補修設計)
4	Execution of repairs and prevention (補修の施工)

structures (コンクリート構造物の維持管理と補修) のタイトルが付されている。構成は、表-3 に示すとおりであり、特にコンクリート構造物の補修材料や工法に関連があるのは Part3 と 4 である。これらの ISO 規格案の整備状況は 40.60、すなわちドラフト案の賛否に対する投票が締め切られた段階である。

現時点での案によると、補修材料の性能評価方法に関してはこれを行う現地で適用されている規格もしくは工事プロジェクトで定められる方法に従うとの一般論が示されている。ただし、参考情報として規格案の附属書には、補修材料の評価方法や施工管理方法が述べられており、その内容は前述の欧州規格 EN1504 を強く意識したものとなっている。

2.3 平成 23 年度の試験検討項目

このように、コンクリート構造物の断面修復技術の分野においては、補修システムに求められる性能の特定や検証試験方法が曖昧な状況におかれていて、規格や規準類が混乱した状況にある。

従って、コンクリート構造物の断面修復工法による補修の効果を確実なものとするためには、下記の項目についての検討が必要と考えられる。

- ①適用箇所の使用条件や力学的な要求事項を踏まえ、補修材料に求められる性能項目を明確にする
- ②上記の性能項目を評価しうる試験手法を確立する
- ③得られた性能試験結果を用いた設計手法を確立するか、もしくは、照査を簡略化を目的として、補修材料の有すべき性能水準を設定する

ここで、検討すべき補修材料の性能評価項目は非常に多岐にわたるが、平成 23 年度はこれらのうちとりわけ問題となりやすい、基盤 (旧断面コンクリート) と補修材料の付着強度・一体性評価を実験的検討項目に取り上げることとした。

基盤との付着性能に関する試験方法としては、表-2 に示すように国内でもいくつかの試験方法が提案されているが、基盤の物性や大きさ、表面処理方法等が様々で、統一された規格とはなっていない状況にある。

13.3 コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立

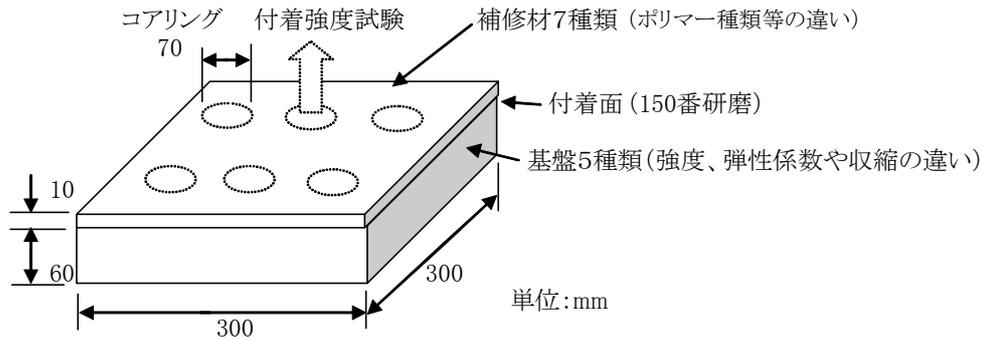


図-1 付着強度試験の概要

3. 付着性能に関する実験

補修材の重要な性能として挙げられる付着性能に関する実験を実施した。試験方法は表-2に示す試験法のうち、土木学会規準 JSCE K 561 に準拠した。

実験概要を図-1に示す。基盤は 300×300×60mm の平板とし、コンクリートまたはモルタルで計5種類の配合を設定した。付着面は 150 番研磨紙により平滑に磨き、表面を湿潤状態として補修材を厚さ 1cm で打ち継いだ。補修材はセメントモルタルまたはポリマーセメントモルタルとし、ポリマーの種類や添加量等を変えて7配合とした。

打設後の養生条件として湿潤養生としたケースと気乾状態としたケースを設定し、材齢 28 日後の付着強度を比較した。この結果を図-2に示す。湿潤養生を行った試験体に比較して、気乾状態とした試験体の付着強度は大きく低下する結果となった。なお、図中の補修材Cはポリマーの添加量の大きいもの、Gは収縮低減剤を添加したものであり、これらは付着強度の低下が小さかった。

気乾状態とした試験体の中には補修材が基盤から剥離するものも見られた。基盤の5種類の配合ごとに、剥離の割合を調査した結果を図-3に示す。この図では基盤の乾燥収縮率の値を横軸に示したが、基盤の乾燥収縮率が小さいものほど剥離の割合が大きくなった。試験に用いた補修材の乾燥収縮率が概ね 800×10^{-6} であったため、補修材と基盤との乾燥収縮率の違いが大きいのほど、剥離しやすい結果となった。

4. まとめと今後の課題

断面修復工法に関する国内外の規準を整理し、それをもとに国として整理すべき品質項目と、管理レベルに応じた品質規格のあるべき姿について検討した。

また、重要な品質項目として基盤との付着性能に関する実験を行った結果、施工後の乾燥条件の影響を大きく

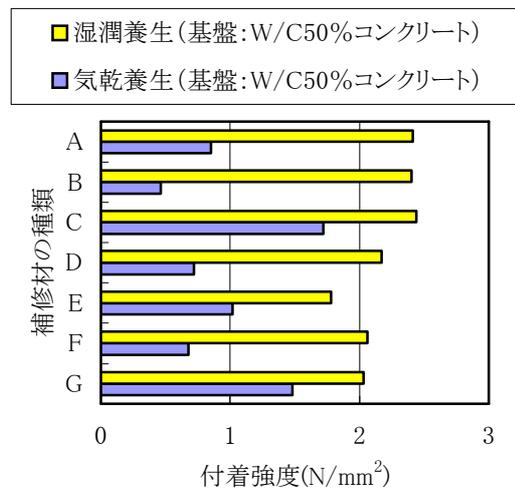


図-2 付着強度試験結果

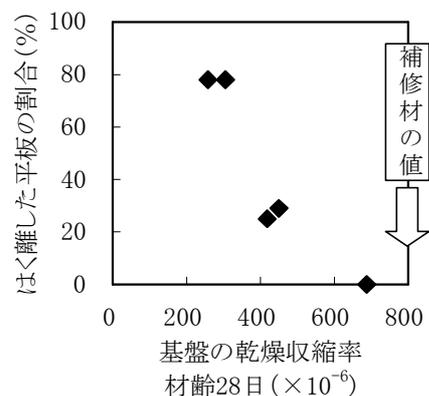


図-3 基盤の乾燥収縮率とはく離の関係

受けることが分かった。今後は、基盤の付着面の性状や補修材の収縮特性と付着性能との関連について調査し、適切な付着性能の品質規格を整備していく必要がある。

ESTABLISHMENT OF REPAIR TECHNOLOGIES TO PROLONG THE SERVICE LIFE OF CONCRETE STRUCTURES (1)

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Materials and Resources Research
Group(Concrete and Materials)

Author : Hiroshi WATANABE

Hiroshi KATAHIRA

Abstract : Concrete restoration with cementitious material is one of the conventional and common repair method for existing concrete structures. However, performance requirements as well as performance testing methods for the repair materials have not been established as the national technical standards in Japan. One of the purposes of this research project is to develop performance test methods and to identify performance requirements for repair materials and systems of the concrete restoration. There are many performances to be tested for repair material, we select bond strength between concrete and repair material among them as bond strength is one of the most important properties to prevent delamination and to achieve enough durability for repaired concrete structures. From the test results conducted in this fiscal year, difference between the drying shrinkage properties of mother concrete and repair materials affect the bond strength.

Key words : Concrete, Repair materials, Quality standards, Bond strength, Drying shrinkage