

吹付け施工における鉄筋背面の充填性に与える影響因子の検討

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○谷口 広樹
芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. はじめに

コンクリート構造物の断面修復工法において、補修材の吹付け施工時に、鉄筋背面あるいは打継ぎ間に生じる空隙が、補修後の耐久性や補修材と母材コンクリートとの付着などに影響を与えるとして問題となっている。空隙発生の要因は、ノズルマンの技量や経験のほか、母材条件や吹付け条件等の施工条件にもあるといわれているが、いまだ説明されておらず、母材条件を考慮した最適な吹付け方法の提案がなされていない。そこで本研究では、鉄筋背面に生じる空隙に着目し、施工条件がその空隙の発生に与える影響について検討した。

実験概要

今回の吹付け実験では、断面修復材としてプレミックス材に水を加え練り混ぜるだけで吹付け可能なポリマーセメントモルタルを使用し、フローは $175 \pm 5\text{mm}$ と一定とした。なお吹付け方法は、小断面用小型吹付け機を用い、ノズルを上向きにして吹付けた。表-1 に施工条件を示すが、鉄筋背面距離（鉄筋から型枠までの深さ）、鉄筋径、および配筋間隔を母材条件に、ノズル径および吹付け圧力を吹付け条件にした。なお、各施工条件における実験パラメータは、実際の高架橋床版の設計条件や吹付け施工条件の範囲内で、表-1 に示す条件を基準に設定した。供試体製作手順は、断面修復材を鉄筋背面へノズルを 45° に保ちながら鉄筋が隠れるまで2層に分けて吹付け、翌日残りの部分に普通モルタルを打設した。さらに供試体硬化後、鉄筋位置で供試体を切断し、その切断面の鉄筋背面に生じた空隙面積を画像解析ソフトにより計測した。なお、実験で得られた全ての結果を用いて重回帰分析による要因分析を行い、各施工条件が鉄筋背面に生じる空隙に与える影響度について検証した。

2. 実験結果

3.1 鉄筋クロス部とストレート部の比較

一例として、施工条件の測定断面における空隙面積の分布を図-3 に示す。図中の測定エリア番号に対する空隙面積は、切断方向に鉄筋径（ここでは 16mm ）間隔で ～ に領域分けされたそれぞれの部分で計測された空隙の面積である。図より、鉄筋のストレート部分に比べ、クロス部付近で計測された空隙面積が著しく大きいことが分かる。

ストレート部分はノズルを移動させながら層状に

吹付け可能であることから緻密に施工できるが、クロス部分においては、一点（クロス部直上）に集中して吹

キーワード 断面修復工法、吹付け施工、空隙面積、重回帰分析

連絡先 〒180-8548 港区芝浦3-9-14 芝浦工業大学工学部土木学科 Tel 03-5476-3050 FAX 03-5476-3166

表 - 1 施工条件

	母材条件			吹付け条件		
	鉄筋背面 距離 (mm)	鉄筋 呼び径	配筋間隔 (mm)	吹付け ノズル径 (mm)	吹付け 圧力 (MPa)	
	10	D16	200	10	0.5	
	20					
	30					
	20	D10	100	8	0.4	
		D22				
		D16	300			12
			200	100	10	
				300		0.9

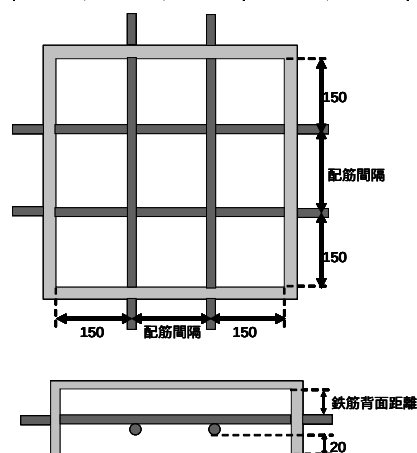


図 - 1 型枠詳細

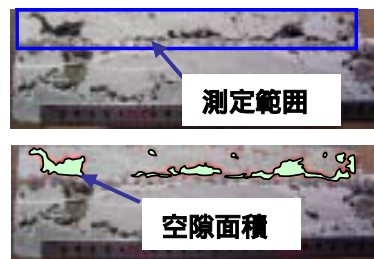


図 - 2 空隙面積測定例

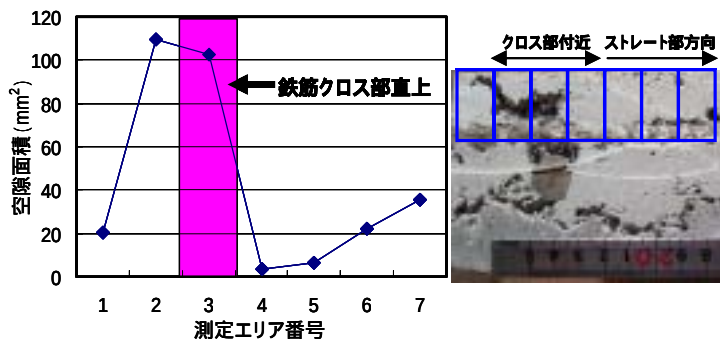


図 - 3 測定断面の空隙分布

付けるためダレを生じ易く空隙ができやすいと考えられる。

3.2 母材条件

$$A_b = \frac{A}{B} \quad (A: \text{空隙面積 } \text{mm}^2, B: \text{測定範囲の長手方向の長さ } \text{mm})$$

各条件の影響を検討するために計測した空隙面積を測定範囲の長手方向の長さで除した値（以降 A_b 値とする）に変換して比較を行った。

母材条件についての結果を示す。図-4 に、はつり距離と A_b 値の関係を示す。鉄筋背面距離が長くなると A_b 値も大きくなるという傾向が得られた。これは、鉄筋から型枠までの距離が長くなると、1層で施工する体積が多くなり、材料が自重でダレ易くなる。そのため、型枠面および、1層と2層目の境界の鉄筋背面に空隙ができやすいと考えられる。

3.3 吹付け条件

吹付け条件についての結果を示す。図-5 にノズル径と A_b 値の関係を示す。ノズル径が大きくなれば、空隙面積も大きくなる傾向が見られ、最小径を用いると最大径に比べ A_b 値が約 3 分の 1 という結果であった。これはノズル径が小さいと材料が鋭角に吹き出て鉄筋のクロス部分のような作業性の悪い部分においても施工し易く、また吹付け面に与えるエネルギーも高いので、締め固め効果が期待できるためだと考えられる。

3.4 重回帰分析結果

付これらの結果より各施工条件が充填性に与える影響度の違いを明確にするために、重回帰分析を用いて要因分析を行った。重回帰分析によって求められた結果を表-2、3 に示す。説明変数は、鉄筋背面距離 X_1 、鉄筋径 X_2 、鉄筋間隔 X_3 、ノズル径 X_4 、吹付け圧力 X_5 、目的変数は、 A_b 値 Y と設定し重回帰分析を行った。表-3 より、 t 値の絶対値でその影響度を評価すると、 $Y(A_b \text{ 値})$ への影響度は、 $X_1(\text{鉄筋背面距離}) > X_4(\text{ノズル径}) > X_5(\text{吹付け圧力}) > X_2(\text{鉄筋径}) > X_3(\text{鉄筋間隔})$ となることがわかった。この結果より各吹付け施工条件による鉄筋背面の充填性への影響度を定性的ではあるが、評価できたと考えられる。

次に重回帰分析の結果より得られた偏回帰係数を用いて、 A_b 値の予測式を次のような一次式であらわすことができる。

$$Y(A_b \text{ 値}) = -12.715 + 0.2594 X_1 + 0.2010 X_2 + 0.0007 X_3 + 1.0229 X_4 - 5.8574 X_5$$

図-6 に予測式より得られた A_b 値と実験より得られた A_b 値との比較を示す。予測値の方が実験値よりも多少過大評価されていることがわかる。相関係数からもわかるように、予測式として使うには精度に問題があると考えられる。これは今回の設定条件以外にもノズルマンの経験条件、材料条件、環境条件などが考えられ、これらの条件を考慮することで精度は向上すると考えられる。

3. まとめ

- 1) 今回設定した条件の範囲で、各施工条件が鉄筋背面の充填性に及ぼす傾向および影響度を評価することができた。
- 2) 重回帰分析の結果より得られた偏回帰係数を用いて予測式としての可能性を示すことができた。しかし、精度に問題があるため今回設定した条件以外の条件も考慮することで精度も向上すると考えられる。このことから、事前に充填状況を予測し、対策をすることも十分に可能であることがわかった。

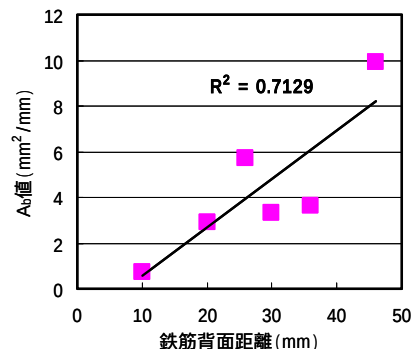


図-4 鉄筋背面距離と A_b 値の関係

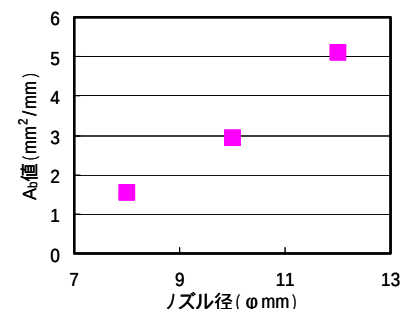


図-5 ノズル径と A_b 値の関係

表-2 重回帰統計

重相関係数 R	0.9059
決定係数 R^2	0.8206
自由度調整済み決定係数 R^2	0.7758
残差の標準誤差	1.4298
観測数	26

表-3 偏回帰係数及び t 値

	偏回帰係数	標準誤差	t 値
切片	-12.715	4.5288	-2.8076
X_1	0.2594	0.0312	8.3147
X_2	0.2010	0.1202	1.6723
X_3	0.0007	0.0071	0.1046
X_4	1.0229	0.3575	2.8614
X_5	-5.8574	2.3056	-2.5406

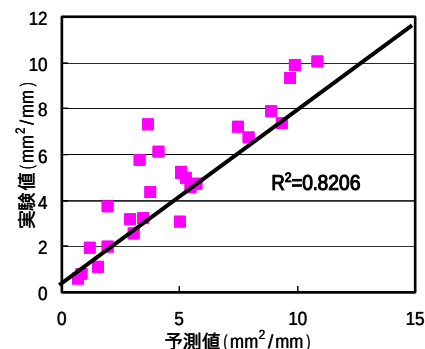


図-6 実験値と予測値の比較