

Fc=100N/mm²を超える高強度コンクリートの補修方法に関する実験的研究 補修方法や欠損形状が圧縮強度に及ぼす影響について

安部 弘康* 桜井 徹* 石川 伸介* 立山 創一*

Experimental Study on Repair Method of High-Strength Concrete over Fc100N/mm²

Influence of repairing method and void shape on compressive strength

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

Abstract

The repair of voids in high-strength concrete over Fc100N/mm² often uses high-strength mortar with the coarse aggregate removed from the concrete mixing. However, the strength of such mortar is not well known. We repaired a void with commercial repair materials and high-strength mortar and performed compressive strength tests and compared a repaired specimen to a specimen without voids. Consequently, the compressive strength of the repaired specimen was slightly lower than that of the specimen without the voids. In addition, it was confirmed that the repair method and repair materials had an influence on the compressive strength.

要 旨

Fc100N/mm² を超えるような高強度コンクリート部材にジャンカなどの不具合が生じた場合の補修には、コンクリートから粗骨材を抜いた配合の高強度モルタルが用いられている。しかし、こうした高強度モルタルで補修した場合の、コンクリートとの一体性、各種強度に与える影響などは、不明な点も多い。そこで、人為的に空隙欠陥を設けた供試体を作成し、市販補修材、高強度モルタルで補修して圧縮強度試験を行い、破壊形状、圧縮強度の違いを確認した。その結果、今回の実験の範囲では、圧縮強度は健全な供試体に比べ若干低く、補修方法や欠損形状が圧縮強度に大きな影響を及ぼすことが確認された。

キーワード：高強度コンクリート／補修／圧縮強度／破壊性状

1. はじめに

コンクリート部材にジャンカなどの不具合が生じた場合の補修には、プレミックスされた市販の補修材が用いられるのが一般的である。しかし、Fc100N/mm²を超えるような高強度コンクリートの場合は、市販の補修材に保証強度を満足できるものがなく、実強度を基に市販の補修材を使用するか、コンクリートから粗骨材を抜いた配合の高強度モルタルが用いられている。しかし、こうした高強度モルタル自体の性状に関するデータは少なく、補修材とコンクリートとの一体性、補修方法や材料が補修後のコンクリートの各種強度に与える影響など、不

明な点も多い。そこで、人為的に空隙欠陥を設けた供試体を作成し、市販補修材、高強度モルタルで補修して圧縮強度試験を行い、圧縮強度、破壊性状の違いを確認した。

2. 実験方法

供試体は、通常、圧縮強度試験に用いられる、100φ×200mmの円柱供試体型枠に、発泡スチロールで作成した欠損部を両面テープで貼り付けて作製した。欠損部の発泡スチロールは、脱型時に破壊してコンクリートの欠損部表面に付着、残留することを避けるため、表面にガムテープを貼り、保護した。

* 技術研究所材料施工研究室

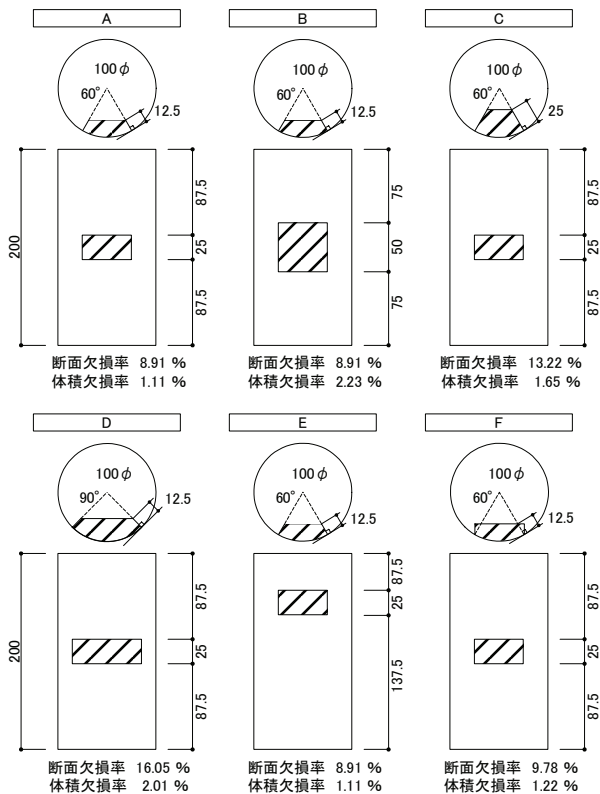


図1 供試体概要

供試体の概要を図1に示す。欠損部の形状は、断面に占める大きさ、外面からの深さ、位置などを変え、全6種類である。写真1に欠損形状と供試体Bの出来形を示す。

供試体に打ち込んだ高強度コンクリートの使用材料を表1に、調合を表2に示す。調合は、W/C = 14, 18, 25%の3水準で、コンクリートの製造、打設は当社相模原プレキャスト工場で行った。

補修の方法は、欠損部に補修を施さないもの、市販の補修材で補修したもの、各調合のコンクリートから粗骨材を抜いた調合の高強度モルタルで補修したもの、の3種類である。当実験では、高強度モルタルの細骨材にはグラウトで使用される珪砂を用いた。表3に使用した珪砂の仕様を、表4に市販の補修材の仕様を示す。各補修材の練混ぜには、ペール缶とハンドミキサーを使用し、1バッチ5.0リットルで実施した。供試体はコンクリート打設後2日で脱型し、3日目に補修を行った。補修に際しては、吸水調整材で下地調整を行った。吸水調整材の仕様を表5に示す。補修後は、散水養生を施して温度20±2℃の室内で補修部分の硬化を待ち、その後は標準水中養生として、材齢28日で圧縮強度試験を行った。表6に供試体の種類と試験数を示す。



写真1 欠損形状と試験体出来形

表1 コンクリートの使用材料

材料	種類	産地又は製造会社	密度 (g/cm ³)	備考	記号
セメント	シリカフュームセメント	太平洋セメント	3.21	-	C
細骨材	砕砂	甲州産	2.67	-	S
粗骨材	砕石	甲州産	2.60	-	G
化学混和剤	高性能減水剤	BASFポリリス糊	-	レオヒル SP8HU	Ad
繊維	ポリプロピレン繊維	ダイワポリテック糊	-	Pz 2.2dtex×2mm	-
練混ぜ水	地下水	工場内	1.00	-	W

表2 コンクリートの調合

W/C (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					Ad C × (%)
		W	C	G	S	繊維	
14	2	155	1108	850	366	3	0.925
18	2	155	862	850	577	3	0.900
25	2	155	620	850	784	3	0.925

表3 高強度モルタルの細骨材

使用材名	物理的性質
東北珪砂 5号	密度:2.63g/cm ³ 、粒度範囲:0.85~0.075mm、吸水率:0.25%

表4 市販補修材

使用材名	練混ぜ水 (kg)	練り上がりモルタルの量 (%)	圧縮強度の参考値 (N/mm ²)
プレタコン TYPE-U	3.7	12.0	103 (養生温度:20℃)

表5 吸水調整材

使用材名	希釈割合	m ³ 当たりの使用量(kg)
NSハイフレックス HF-1000	1:3 (NSハイフレックス:水)	150

表6 供試体の種類と試験数

欠損種類	補修方法と試験数量								
	W/C=14%			W/C=18%			W/C=25%		
	補修なし	市販品	高強度M	補修なし	市販品	高強度M	補修なし	市販品	高強度M
A	3	3	3	3	3	3	3	3	3
B	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C	3	3	3	3	3	3	3	3	3
D	3	3	3	-	-	-	-	-	-
E	3	3	3	-	-	-	-	-	-
F	3	3	3	-	-	-	-	-	-

3. 試験結果と考察

3.1 コンクリートと補修材の圧縮強度

コンクリートと補修材のフレッシュ性状および材齢28日圧縮強度試験結果をそれぞれ表7、表8に示す。また、図2にコンクリートと高強度モルタルの圧縮強度とC/Wの関係を示す。

コンクリートは、C/Wが大きくなるに連れ、圧縮強度の伸びが鈍化しているが、高強度モルタルの強度の伸びは変わらず、コンクリートと高強度モルタルの強度比は、W/C=25%で1.13、18%で1.17、14%で1.32と強度が大きくなるに連れ、大きくなっている。また、市販品であるプレタスコンTYPE-Uの圧縮強度は118.9N/mm²と、W/C=25%の高強度モルタルの強度を上回る結果で、コンクリートとの強度比は、W/C=25%で1.23、18%で0.91、14%で0.81であった。

表7 コンクリートのフレッシュ性状と圧縮強度

W/C (%)	空気量 (%)	スランブフロー (cm)	28日圧縮強度 (N/mm ²)
14	2.1	68.5×66.0	146.5
18	1.8	73.0×71.5	129.4
25	2.2	56.5×56.0	96.3

表8 補修材のフレッシュ性状と圧縮強度

補修材	Ad C× (%)	0打フロー値* (mm)	28日圧縮強度 (N/mm ²)
W/C=14%	1.000	230×230	194.6
W/C=18%	0.600	175×170	152.4
W/C=25%	0.400	106×106	109.7
市販品	-	185×185	118.9

*セメントの物理試験方法(JIS R 5201)に規定されるフローコーンによる0打フロー値

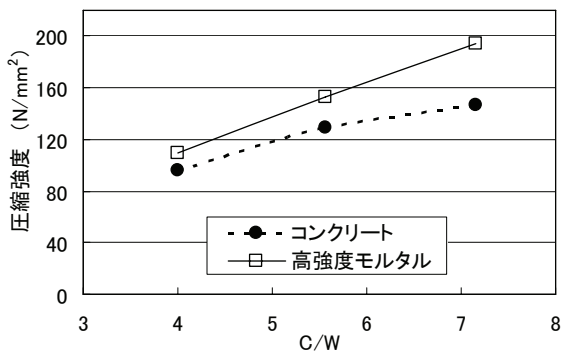


図2 コンクリートと高強度Mの圧縮強度とC/W

3.2 補修した供試体の圧縮強度

表9に補修した供試体の材齢28日圧縮強度試験結果を示す。また、図3に調合の異なる供試体において、欠損の存在による圧縮強度への影響を比較するための指標として、欠損を持たない健全な供試体の

圧縮強度 (Fc₀) と、欠損をもつ供試体の圧縮強度 (Fc) との圧縮強度比 (Fc/Fc₀) を示す。補修を施した供試体の圧縮強度は、補修材の種類、W/Cの別に関わらず、全数において、健全な供試体の圧縮強度を下回る結果であった。

表9 補修した供試体の28日圧縮強度

W/C (%)	欠損パターン	断面欠損率 (%)	体積損損率 (%)	補修方法	圧縮強度 (N/mm ²)				圧縮強度比
					1	2	3	平均	
14	A	8.91	1.11	補修なし	118	105	110	111	0.76
				市販品	88.9	125	131	128	0.88
				高強度M	130	127	135	131	0.89
	B	8.91	2.23	補修なし	115	117	117	116	0.79
				市販品	123	136	126	128	0.88
				高強度M	124	131	136	130	0.89
	C	13.22	1.65	補修なし	110	108	107	109	0.74
				市販品	127	127	117	124	0.85
				高強度M	121	104	132	123	0.84
	D	16.05	2.01	補修なし	106	109	109	108	0.74
				市販品	125	126	125	125	0.85
				高強度M	130	130	126	129	0.88
	E	8.91	1.11	補修なし	107	118	119	115	0.78
				市販品	113	129	120	125	0.85
				高強度M	136	124	132	131	0.89
	F	9.78	1.22	補修なし	115	117	111	114	0.78
				市販品	129	127	130	129	0.88
				高強度M	131	139	132	134	0.92
18	A	8.91	1.11	補修なし	101	101	102	101	0.78
				市販品	119	109	117	115	0.89
				高強度M	122	120	122	121	0.94
	B	8.91	2.23	補修なし	104	103	105	104	0.80
				市販品	117	113	116	116	0.89
				高強度M	117	115	124	119	0.92
	C	13.22	1.65	補修なし	99.6	94.7	98.5	97.6	0.75
				市販品	97.8	120	108	109	0.84
				高強度M	115	112	119	115	0.89
25	A	8.91	1.11	補修なし	78.6	80.3	81.5	80.1	0.83
				市販品	88.2	90.5	89.6	89.5	0.93
				高強度M	83.9	89.5	92.1	88.5	0.92
	B	8.91	2.23	補修なし	82.3	83.5	81.2	82.3	0.85
				市販品	92.6	93.7	92.4	92.9	0.96
				高強度M	96.5	91.7	89.3	92.5	0.96
	C	13.22	1.65	補修なし	73.2	75.1	77.0	75.1	0.78
				市販品	86.7	82.8	85.1	84.8	0.88
				高強度M	82.6	84.9	85.4	84.3	0.88

：偏心によると思われる、明らかに他と異なる縦破壊をしたもので、データから除外

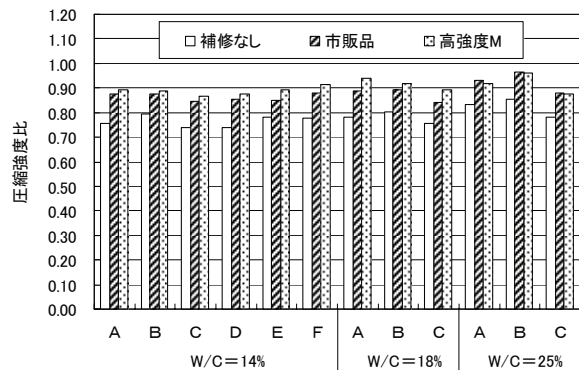


図3 圧縮強度比

図4にW/C=14%における，欠損を補修していない供試体の圧縮強度 (F_{c_v}) と健全な供試体，補修供試体との圧縮強度差から求めた補修回復率 ($(F_{c_0} - F_c) / (F_{c_0} - F_{c_v})$) を示す。補修後の供試体圧縮強度は，補修していない供試体の圧縮強度に対し10%程度，強度が増加しており，補修回復率としては30~60%程度となった。図より，補修効果は補修材や欠損形状などの各種条件により，大きく異なることがわかる。

3.3 各種条件が圧縮強度に及ぼす影響について

① W/Cの影響

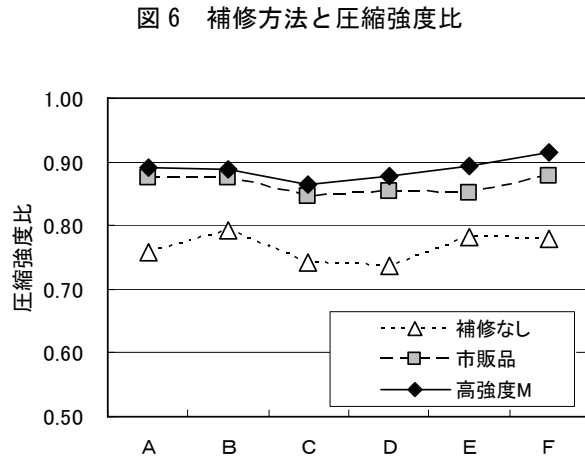
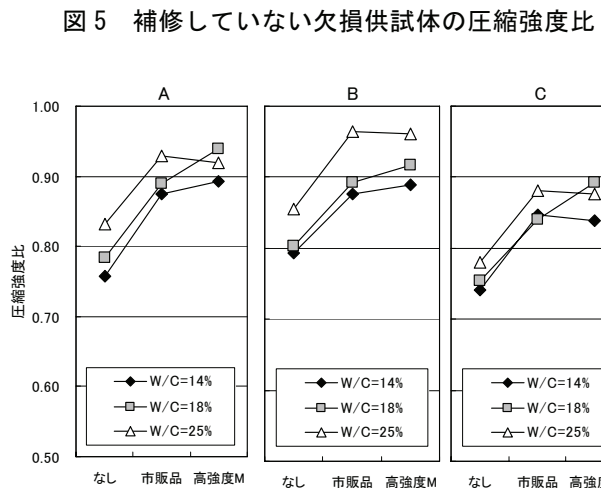
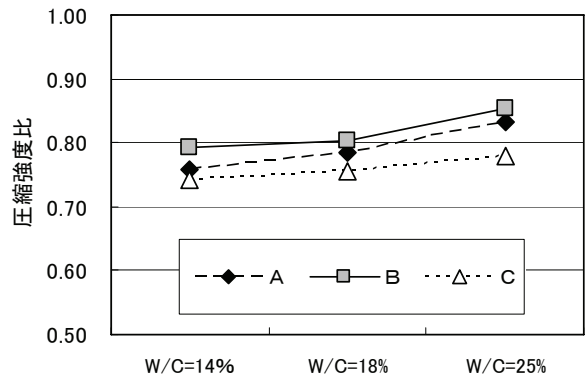
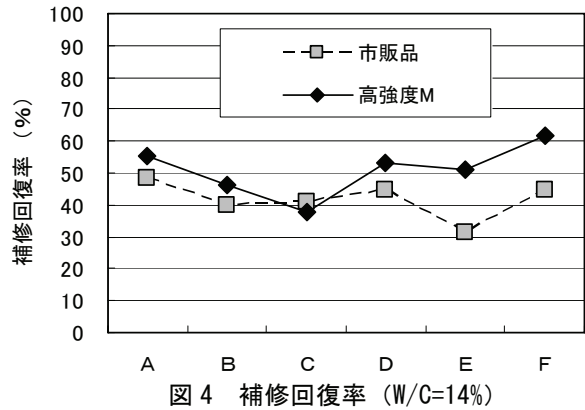
図5に補修を施していない欠損供試体のW/Cと圧縮強度比の関係を示す。圧縮強度比は，比較対象としたA, B, Cの全てのケースで，W/Cが小さい供試体の方が小さくなっており，同じ欠損パターンでも，強度の大きい方が，全体の圧縮強度に及ぼす影響が大きい結果となった。

② 補修材の種類

図6に供試体A, B, Cにおける，補修方法と圧縮強度比の関係を示す。市販品と高強度モルタルでは，市販品の強度が上回るW/C=25%では，市販品の方で補修した供試体の方が強度が大きく，高強度モルタルの方が強度の大きい，W/C=14%, 18%では高強度モルタルで補修した供試体の方が大きくなり，補修した供試体の圧縮強度は，補修材の強度に依存する結果となった。すなわち，最終的な強度の是非は別として，市販の補修材が有効なのは，設定した部材の強度が補修材の強度を下回る場合であり，部材強度が，市販の補修材の強度より大きい場合は，コンクリートから粗骨材を抜いた調合の高強度モルタルの使用が有効と考えられる。

③ 欠損部の大きさや位置

図7にW/C=14%の供試体における，欠損パターンと圧縮強度比の関係を示す。欠損AとBでは，W/C=14, 18, 25%のいずれも補修した供試体の圧縮強度に大きな差は見られなかった。また，Bに比べ体積欠損率が小さく，断面欠損率が大きいC, Dの方が圧縮強度が小さいことから，少なくとも今回試験を行った部材高さ方向中心部の欠損においては，表層部の欠損の大きさより，深さ方向の欠損の大きさ，断面欠損率が圧縮強度に与える影響が大きいことが確認された。高さ方向に欠損位置を変えたEでは，今回の試験では，Aとの大きな差異を確認することはできなかった。また，断面形状を変えたFで



は、Aに比べ断面欠損率が大きくなっているにもかかわらず、圧縮強度は同等以上となっており、破壊性状なども異なることから、欠損の断面形状は少なからず、強度に影響すると考えられた。

④破壊性状

今回試験した供試体の半数以上が、供試体の破壊時に、補修部の形がそのまま残るような破壊性状であった。欠損部の作成に使用した発泡スチロールがは型枠脱型時に欠損部に残らないこと、また界面の条件を統一する目的で、今回の試験では発泡スチロールの表面を布製ガムテープで被服したが、界面としては平滑に過ぎ、コンクリートと補修材の接着力は通常の補修に比べ、小さかったと思われる。前述した欠損Fは、他に比べ形状的に補修部が断面外に多少抜け出しにくいものであり、大半が補修材もコンクリートと共に破壊し、圧縮強度も大きかった。これらより、コンクリート破壊時に補修部を断面内に留めおき、コンクリートと共に破壊させる欠損形状と接着力を持たせることで、強度の高い高強度モルタルの性能をより引き出せると考えられた。

4. まとめ

本実験により、以下のような知見が得られた。

- 1) 今回設定したような欠損形状、界面条件においては、補修材の種類に関わらず、補修後のコンクリートの圧縮強度は健全な母材コンクリートの圧縮強度より小さくなる。
- 2) 同じ欠損パターンでも、強度の大きい方が、全体の圧縮強度に及ぼす影響が大きい。
- 3) 市販の補修材が有効なのは、設定した部材の強度が補修材の強度を下回る場合であり、部材強度が市販の補修材の強度より大きい場合は、コンクリートから粗骨材を抜いた調合の高強度モルタルの使用が有効である。
- 4) 部材高さ方向中心部の欠損においては、表層部の欠損の大きさより、深さ方向の欠損の大きさ、断面欠損率が圧縮強度に与える影響が大きい。
- 5) 欠損の断面形状、補修部の接着力は圧縮強度に大きく影響する。コンクリート破壊時に補修部も共に破壊するような補修方法が望ましい。

今後は、各種強度におよぼす欠損形状の影響、補修材とコンクリートの接着力の影響をさらに検討し、設定強度に適した補修方法を確立したいと考えている。

