

高機能セラミックを使用した橋梁の補修方法

阪神高速技術株式会社*1	正会員	山上 哲示
阪神高速技術株式会社*1	正会員	塚本 成昭
阪神高速道路株式会社	正会員	杉山 裕樹
株式会社イーグル・ヴィジョン*2	○正会員	小出 博
株式会社デーロス	正会員	松田 展也
株式会社補修技術設計		中馬 勝己

1. はじめに

阪神高速道路のインフラ構造物は建設後時間経過と共に高齢化が進んでいる。その間、重交通荷重により構造物の各部の損傷が拡大している。特に鋼製構造物の疲労損傷や腐食の損傷対策は緊急の課題であり、そのために合理的な保全・維持補修が求められている。補修現場は厳しい環境下（水・錆・塩分）にあり、対応できる新工法・新材料が必要となる。本研究で厳しい環境条件にも対応できる補修材料としてセラミック新材料に着目し橋梁の補修に対して、その有効性と適用範囲について検討した。

2. 高機能セラミック材料について

高機能セラミック新材料は特徴として①硬化が早い、②高い強度、③硬化収縮しない、④中性、⑤優れた密着性、⑥緻密、⑦高い耐火・耐熱性、⑧高い断熱性、⑨耐薬品性、⑩低温施工が可能、⑪無害、⑫環境に優しい、⑬耐摩耗性、などがあげられる。今回はセラミック新材料として、以下材料の各種試験を実施した。セラミックモルタルQ：セラミック素材のみのモルタル材料(以下「Q」)。セラミックモルタルP：モルタルQに珪砂を加えたモルタル材料（以下「P」）。セラミックコンクリートC：Qに粗骨材及び珪砂を加えて、コンクリートに近いモルタルコンクリート（以下「C」）で実施した。

表-1 混合重量比

	「Q」 (%)	珪砂 (%)	骨材 (%)
「Q」	100	-	-
「P」	70	30	-
「C」	25	15	60

3. 力学特性試験

力学特性試験は圧縮強度、圧縮弾性係数、曲げ強度について報告する。

表3 圧縮強度

3.1 圧縮強度

モルタル「Q」「P」の圧縮強度を計測した。圧縮強度に与えるパラメータとして、補修施工条件を考慮して下記を選定した。さらにコンクリート「C」の圧縮強度はパラメータとしては、①、②、⑤とした

- ① 練り混ぜ水分量の影響
- ② 施工時水温の影響
- ③ 施工時外気温の影響
- ④ 材齢による強度変化

各パラメータに対する圧縮強度を表2に記す。結果として①練り混ぜ水分量は強度に対し影響している。Pは18%、「C」は22%の水分量が最も高強度であった。②施工時の水温は強度に対しては影響がなかった。③施工時外気温は養生温度として影響され、温度が高い方が高い圧縮強度になった。④材齢については6時間後と7日後を計測し、その間に高強度化になっている

パラメータ	モルタル/コンクリート	水分量 (%)	施工時水温 (°C)	施工時外気温 (°C)	材令	圧縮強度 (N/mm ²)
水分量	「P」	18~21				34.2~24.2
	「C」	22~37				68.6~17.5
施工時水温	「P」	18	6~26			(34.7~45.3)~(41.7~46.4)
			5~25			(47.3~65.2)~(48.8~62.2)
	「C」	31	氷水~水道水			(48.2~51.1)~(53.7~60.2)
			氷水~水道水			(29.8~32.9)~(30.1~31.5)
施工時外気温	「P」	18		10		30.0~34.2
				23		43.4~54.3
材令	「Q」	22			6H	26.7~32.3
						7日
	「P」	18			6H	24.3~29.4
						7日
	「C」	31			6H	16.8~23.0
						8日

3.2 圧縮弾性係数

モルタル「Q」「P」およびコンクリート「C」弾性係数が重要となり、ここでは圧縮強度における応力から、弾性係数を計測した。圧縮強度評価と同じように、圧縮弾性係数に影響を与えるパラメータを以下とした。

キーワード：新材料、セラミック、床版、道路橋、

*1〒541-0054 大阪市中央区南本町4丁目5番7号東亜ビル

TEL06-6120-2498 FAX 06-6120-2681

*2〒105-6112 東京都港区浜松町2-4-1世界貿易センタービル

TEL 03-6804-1160 FAX 03-3432-0848

練り混ぜ水分量の影響、②施工時水温の影響

表3に結果を記す、「C」は水分量 22~37%で圧縮強度と同様に変化している。施工時水温の影響はなかった。

3.3 曲げ強度

モルタル「Q」「P」コンクリート「C」の曲げ強度を測定した。曲げ強度試験は4点または3点曲げ試験で下記のパラメータで実施した。

- ① 練り混ぜ水分量の影響
- ② 施工時水温の影響
- ③ 施工時外気温の影響

表4に結果を記す、水分量については曲

げ強度に影響を与え、水分量 25%が最も高い強度(5.7~5.8 N/mm²)を示した。水温については圧縮強度と同様に影響はなく、外気温についてはモルタル「P」水分量 18%、外気温 5~25 度の場合、圧縮強度と同じく大きく変化している。モルタル「Q」水分量 22%、外気温 23 度の場合、曲げ強度は 12.9~13.6N/mm²を示した。

4. 構造物補修・補強への取り組み

4.1 鋼付着引張強度

セラミックモルタルと鋼部材との新たな合成構造、複合構造部材としての基礎特性として、セラミックモルタルと鋼材との付着引張強度を計測した。鋼付着引張強度に影響あると考えられるパラメータを以下とした。

- ① セラミックモルタルの厚さ
- ② セラミックモルタル「Q」「P」の付着強度差
- ③ 材齢の影響

厚さと付着強度の結果はモルタル「P」「Q」とも、厚い(30mm程度)と、鋼付着強度が期待できなかった。原因としては、硬化反応熱から熱膨張による熱応力の影響と思われる。「Q」を下地材として鋼材面に薄く塗付し、間にはさむ「P」も含めた総厚みが 30mm程度で、付着引張強度 1.0~3.0 Mpa を確保できた。「Q」水分量 22%、試験温度 23℃、厚み 2~25mm、材令 14 日の鋼材付着引張強度として、2Mpa 以上 5Mpa を確保できた。

4.2 その他の試験

その他の試験として鋼付着せん断強度、合成鋼板曲げ耐力、コンクリート付着強度試験を実施した。付着せん断強度では 0.4~0.8Mpa 以上、コンクリート付着強度は 2.8Mpa 以上の結果であった。

5. まとめ

高性能セラミック材料の特徴を生かして、高速道路構造物の補修・補強材料として、実適用を計画している。

- (1) 高い付着性、早い硬化などの特徴を生かして、ポットホール補修材料としての適用
- (2) 高い緻密(ちみつ)性、防食性を生かして、鋼製構造物の腐食補修・補強材料としての適用
- (3) 高い強度と付着性を利用して、鋼部材との合成化を図り、鋼部材・補強材料としての適用

高性能セラミック材料の、実構造物への適用に際しての検討すべき課題を以下に記す。

- (1) 防食性、耐候性の確認と、耐久性の把握
- (2) 繰り返し荷重載荷状態での挙動確認と、疲労の観点からの検討
- (3) 硬化時発熱が、鋼構造物との付着強度に与える影響の低減方法
- (4) 硬化するまでの使用可能時間(可使時間)の拡大と、施工品質との整合性
- (5) 標準的施工条件の設定と、品質の安定性
- (6) 大型機械導入による、機械化施工の検討

表3 圧縮弾性係数

パラメータ	モルタル/コンクリート	水分量 (%)	施工時水温 (°C)	圧縮弾性係数 (N/mm ²)
水分量	「P」	22~37		34.9~36.2×10 ³ ~ 8.7~20.6×10 ³
施工時水温	「Q」		(5~6)~ (24~25)	(10.4~16.5×10 ³)~ (14.8~16.4×10 ³)
	「P」		6~26	(18.4~21.6×10 ³)~ (18.6~21.3×10 ³)
	「C」		6~26	(25.7~33.1×10 ³)~ (25.2~38.7×10 ³)

表4 曲げ強度

パラメータ	モルタル/コンクリート	水分量 (%)	施工時水温 (°C)	施工時外気温 (°C)	曲げ強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)
水分量	「C」	25~31			(5.7~5.8)~ (4.4~4.6)	
施工時水温	「C」	25	氷水~ 水道水		5.7~5.8	
		31	氷水~ 水道水		4.6~4.4	
施工時外気温	「P」	18		5~25	(3.2~4.7)~ (1.9~13.8)	
	「Q」	22		23	12.9~13.6	21.2~23.1
	「P」	18		23		23.2~24.4

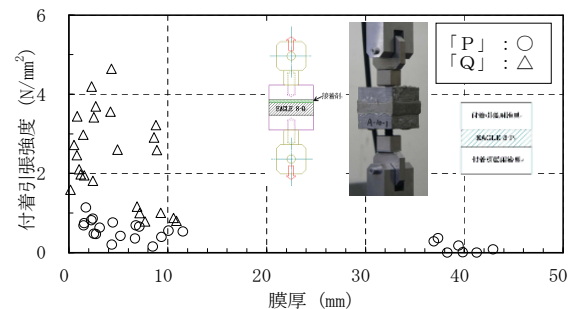


図1 付着引張強度と膜厚の関

図1 付着引張強度と膜厚の関