

超高強度モルタル製支圧板の開発

技術本部 開発技術部 桐川 潔
 技術本部 開発技術部 鈴木雅博
 技術本部 開発技術部 川畑智亮

概要: 圧縮強度 150N/mm^2 、割裂引張強度 9N/mm^2 を超える、高強度かつ耐腐食性を持つモルタルを開発してきた。この優れた材料を支圧板に適用すれば、かぶりの不足する薄肉部材や、かぶりで構造寸法の決定してしまう PC 床版横締め部において、より経済的な鋼材配置や構造寸法の提案を行うことが可能となる。本研究では、載荷試験により支圧板の寸法を決定し、緊張定着試験によりその支圧板の荷重保持能力を検証した。

Key Words: 耐腐食, 超高強度モルタル, 高張力鋼繊維

1. はじめに

超高強度モルタル製支圧板(以下「モルタル支圧板」)は耐腐食材料である。この支圧板が実用化できれば、以下に示す様々なメリットが挙げられる。

- ・ PC タンクのような薄肉版となる構造物において PC 鋼材までのかぶりを小さくすることができ経済的な PC 鋼材の配置が可能
- ・ 水中 PC コンファインド工法に用いる支圧板のように防錆処理が必要なものにおいて、防錆処理の省力が可能
- ・ 塩害地区の PC 床版横締め部のような支圧板のかぶり寸法が決定されていた構造物においてより経済的な構造物の提案が可能

本研究の目的は、所定の圧縮・割裂引張強度を決定するための配合決定試験、載荷試験および PC 鋼材を用いた緊張・定着試験により、この超高強度モルタルを使用し PC 鋼材(シングル)を緊張・定着するのに必要な支圧板の寸法を決定することである。

2. 超高強度モルタル

技術研究所モニュメント用に開発された超強度モルタルの配合¹⁾をベースに、支圧板用の配合を決定した。モニュメントに使用された超高強度モルタルの強度が圧縮強度 150N/mm^2 、割裂引張強度 9N/mm^2 であるため、本支圧板に使用する超高強度モルタルの規格強度も同様の値とした。ただし、モニュメント用のモルタルと本支圧板用のモルタルでは細骨材の種類を珪砂から普通砂に変更しているため、強度の低下が推測される。そこで強度の増進を図るため、水セメント比を小さくし、膨張材の適用および鋼繊維混入量について検討を行った。

(1) 使用材料

超高強度モルタルの材料を表-1、配合表を表-2 に示す。強度増進のために混入する鋼繊維の腐食が懸念されるが、既往の研究²⁾より、鋼繊維の腐食は表面のみであると示されており、耐腐食性には問題を生じないものとした。



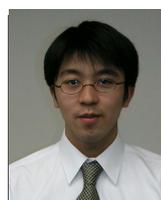
写真-1 モルタル支圧板



桐川 潔



鈴木雅博



川畑智亮

表-1 使用材料

材料名	銘柄,仕様	密度	記号
結合材	高ピーライト+シリカフェーム	3.08	SFC
スチールファイバー	ベカルト社製スチールファイバー 長さ13mm,直径0.16mm,アスペクト比81 引張強度=2,000N/mm ² 以上	7.85	SF
細骨材	浜岡産	2.62	S
混和剤	花王社製 マイティ - 3000TH2	-	SP
	花王社製 No.21(消泡剤)		MA
混和材	デンカパワーCSAタイプS 膨張材(高性能タイプ)	3.05	CSA

表-2 配合表

ケース	水結合材比 (%)	空気量 (%)	繊維混入量 (Vol.%)	単位	1m ³ あたり						
					SFC	CSA	W	SF	S	SP	MA
CASE 1	17	2.0	1.0	kg	1107	-	188	79	1107	55.4	0.044
				リットル	359	-	188	10	422	(P×5.0%)	(P×0.004%)
CASE 2			1.5	kg	1101	-	187	118	1101	55.1	0.044
				リットル	358	-	187	15	420	(P×5.0%)	(P×0.004%)
CASE 3			1.0	kg	1075	57	192	79	1075	56.6	0.043
				リットル	349	19	192	10	410	(P×5.0%)	(P×0.004%)
CASE 4			1.5	kg	1081	54	184	118	1081	56.8	0.043
				リットル	351	18	184	15	413	(P×5.5%)	(P×0.004%)

P=SFC+CSA

(2) 練混ぜ方法

高強度モルタルの練混ぜを図-1 に示す通り実施した。使用したミキサは強制 2 軸ミキサである。鋼繊維はミキサを回転させながら、10mm ふるいを通して混入した。練混ぜ の時間は鋼繊維を混入した後の時間である。

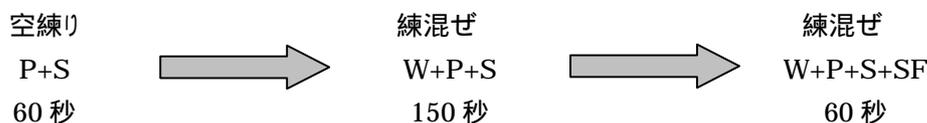


図-1 モルタルの練混ぜ方法

(3) 養生方法

圧縮強度および割裂引張強度の試験体の養生方法は、成形した試験体を 20 にて 24 時間封緘養生を行った後、プログラム制御型恒温恒湿槽を用い、蒸気養生を模擬して湿度 95%、最高温度 60 にて 48 時間封緘養生を行った。その後、載荷試験材齢まで、湿度 95%、温度 20 にて養生した。養生パターンを図-2 に示す。

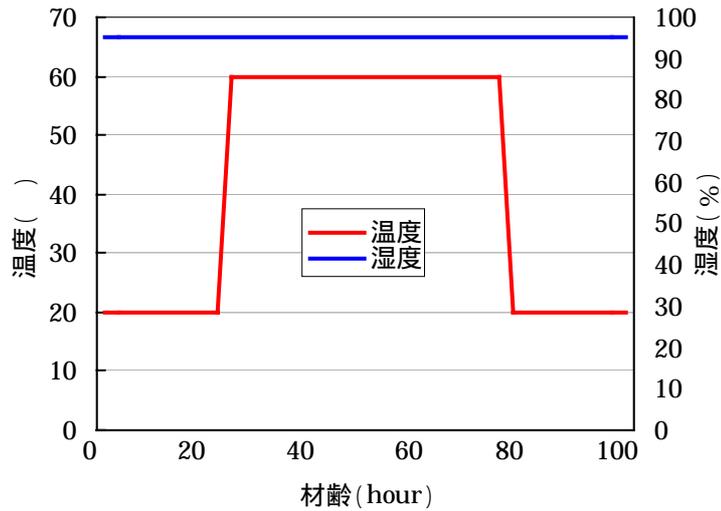


図-2 養生温度および湿度パターン

(4) 試験結果

テストピース(50×100mm)による圧縮強度および割裂引張強度試験結果を表-3 に示す。試験結果より、最も圧縮強度の高い配合は CASE1、最も割裂引張強度の高い配合は CASE2 となった。支圧板により強く要求されるのは割裂引張強度であるが、今回の供試体を使用したモルタルの要求割裂引張強度が 9N/mm² であること、CASE2 は繊維混入量を CASE1 の 1.5 倍とすることにより割裂引張強度の増加は認められるものの、施工性が悪くなることから、今後のモルタル支圧板製作には CASE1 の配合を適用することとした。

表-3 モルタル練上がり状態および強度試験結果

	外気温 ()	モルタル温度 ()	フロー (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)		割裂引張強度 (N/mm ²)
				平均		
CASE 1	22.6	23.7	200 × 200	173	172	10.4
				167		
				174		
CASE 2	22.4	24.5	170 × 180	167	167	12.6
				157		
				177		
CASE 3	22.0	23.0	190 × 200	159	163	11.3
				165		
				166		
CASE 4	20.7	26.0	120 × 130	166	165	9.40
				160		
				169		

3. 載荷試験

(1) 試験方法

2000kN 万能載荷試験機を用い、モルタル支圧板にスリーブ相当の鋼製円柱を用いて荷重を載荷した。載荷試験状況を図-3 に示す。

2000kN 万能載荷試験機

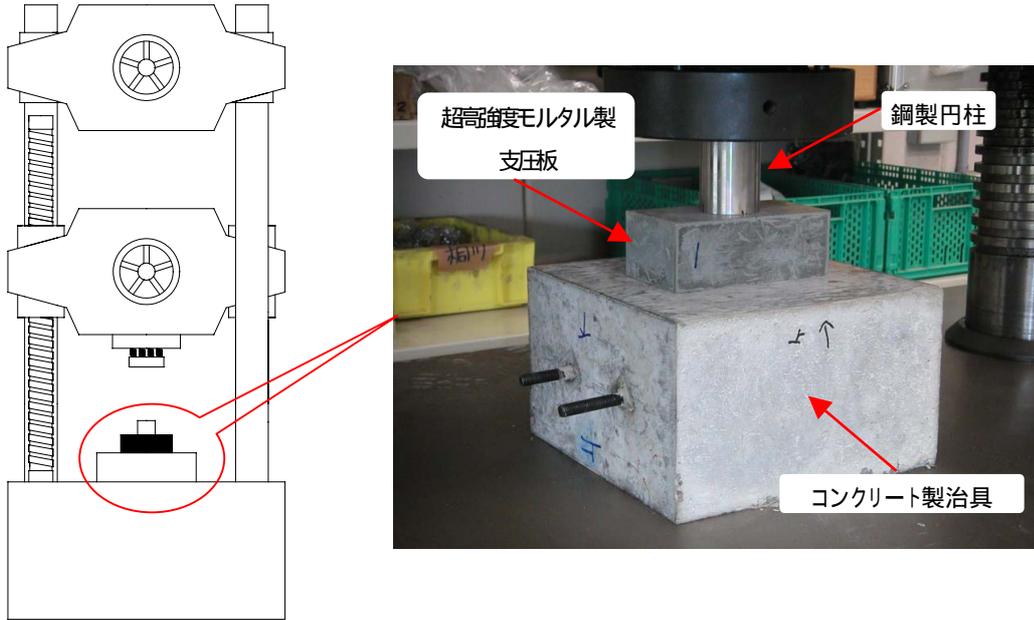


図-3 載荷試験状況

(2) 性能規定

支圧板の性能試験には確立した方法がないため、ここでは「PC工法の定着具および接続具の性能試験方法(案)」³⁾および「プレストレスコンクリート造の緊張材の定着装置及び接合具の有効性の確認について」⁴⁾に準拠することとし、上記の方法を、モルタル支圧板の性能試験方法とした。

参考文献 4)では、「緊張材の許容引張荷重(建築学会基準)の1.1倍、緊張材の規格降伏荷重、緊張材の規格引張荷重の95%」の3段階の荷重を載荷し、定着具のめり込み量、定着具下面のコンクリートブロックに発生するひび割れ幅で照査を行う。今回は、建築と土木の違いを考慮し、「緊張材の許容引張荷重(土木学会基準)、緊張材の規格降伏荷重、緊張材の規格引張荷重の95%」の3段階の荷重を載荷し、表-4の条件で支圧板を照査するものとした。ここで、参考文献 4)における荷重条件での照査基準は「コンクリートブロックに0.1mmを越えるひび割れを生じない」であるが、支圧板の重要性を考え、ひび割れ幅をマイクロクラック程度以下と変更した。

表-4 照査基準

荷重条件	照査基準
	・モルタル支圧板にマイクロクラックを越えるひび割れを生じないこと。またひび割れが生じた場合には5分以上安全に当該荷重を支持し得ること
	・モルタル支圧板表面に0.2mmを越えるひび割れを生じないこと ・定着具に有害な変形、損傷、めり込み等を生じないこと
	・モルタル支圧板が5分以上安全に当該荷重を支持し得ること ・定着具に有害な変形、損傷、めり込み等を生じないこと

(3) 試験結果

支圧板寸法および載荷試験結果を表-5に示す。ただし表-5では、FEM解析結果より求めた寸法を基準に、厚さおよび寸法をパラメータとして実施した載荷試験のうち、照査基準を満足したのみを示している。また、モルタルの品質変動および試験時の諸条件を考慮し、ケース毎に3供試体の試験を行うものとした。

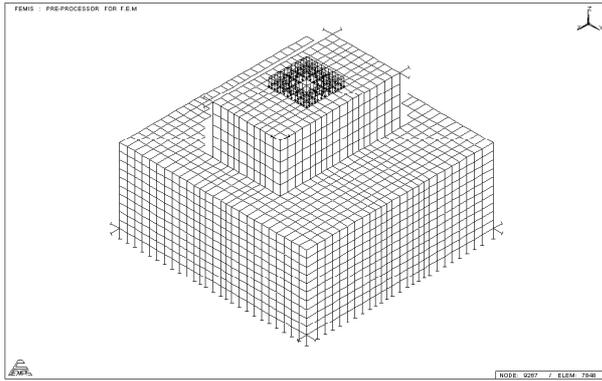


図-4 19.3用解析モデル(例)

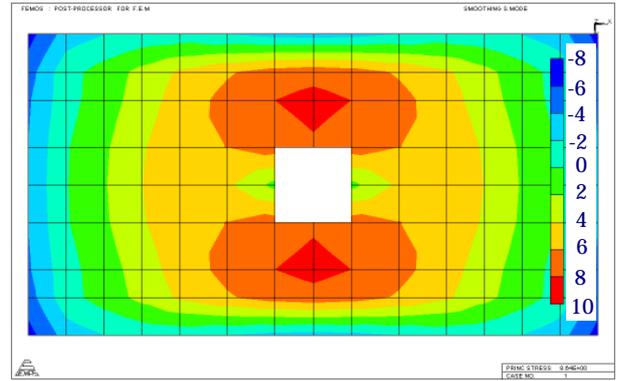


図-5 支圧板下面主応力濃淡図(例)

表-5 載荷試験結果

対象鋼材	支圧板寸法 (mm)	厚さ (mm)	容引張荷重 (kN)	降伏荷重 (kN)	引張荷重 × 95% (kN)
1S15.2	120 × 70 (120 × 70)	40 (19)	マイクロクラック発生	0.04mm のひび割れ	0.06mm のひび割れ
			マイクロクラック発生	マイクロクラック発生	マイクロクラック発生
			マイクロクラック発生	マイクロクラック発生	0.04mm のひび割れ
1S17.8	150 × 80 (150 × 80)	50 (25)	ひび割れ無	ひび割れ無	ひび割れ無
			ひび割れ無	ひび割れ無	ひび割れ無
			マイクロクラック発生	マイクロクラック発生	マイクロクラック発生
1S19.3	160 × 90 (160 × 90)	55 (25)	ひび割れ無	ひび割れ無	ひび割れ無
			ひび割れ無	ひび割れ無	ひび割れ無
			マイクロクラック発生	マイクロクラック発生	マイクロクラック発生
1S21.8	180 × 100 (180 × 100)	65 (28)	マイクロクラック発生	マイクロクラック発生	マイクロクラック発生
			マイクロクラック発生	マイクロクラック発生	マイクロクラック発生
			ひび割れ無	ひび割れ無	ひび割れ無

参考値として()内は鋼製支圧板の寸法

4. 荷重保持性能試験

(1) 試験方法

モルタル支圧板の静的耐力は載荷試験により確認されたため、PC 鋼材を実際に緊張・定着し、モルタル支圧板(1S19.3 対象)の荷重保持能力を検証した。約 3 週間の間、緊張荷重をロードセルにより計測し、荷重の減少量を求めた。また、本試験は実施工を想定しているため、初期緊張力としては有効緊張力を導入した。試験方法を図-6、試験状況を写真-1 に示す。

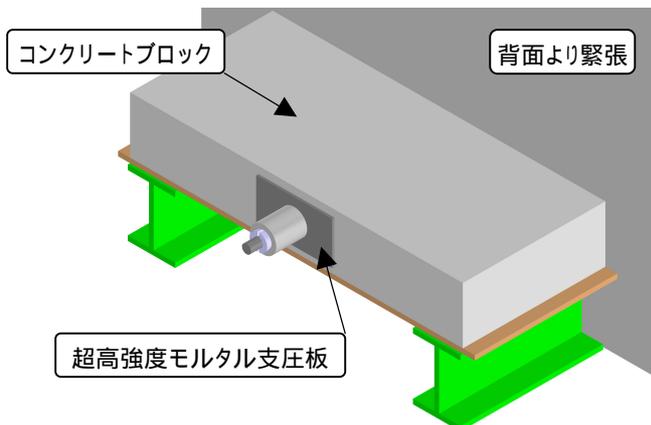


図-6 緊張試験方法



写真-2 緊張試験状況

モルタル支圧板は、支圧板背面の凸凹により応力集中が発生し、支圧板背面にひび割れの発生する恐れがある。そこで今回はモルタル支圧板をコンクリートブロックに埋込み、埋込み型支圧板として緊張定着試験を行った。また、コンクリートブロックに関しては、モルタル支圧板を使用予定であるPCコンファインド工法のプレキャストパネルを想定し、寸法および鋼材配置を決定した。

(2) 試験結果

試験結果を図-7に示す。緊張定着直後の荷重が319.7kNであるのに対し、3週間後の荷重は307.6kNであった。これは定着直後の約96%の荷重に相当し、十分荷重を保持していると考えられる。また、除荷後コンクリートブロックよりモルタル支圧板をはつりだし、支圧板背面の外観調査を行ったが、ひび割れおよび損傷等は確認されなかった。モルタル支圧板の外観状態を写真-3に示す。



写真-3 試験終了後の支圧板背面

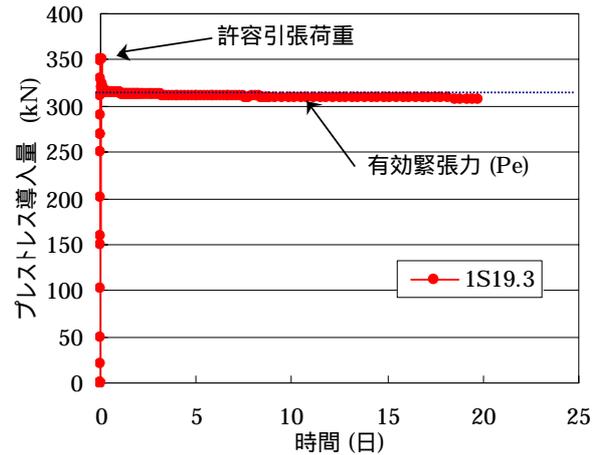


図-7 緊張荷重 - 時間曲線

5. まとめ

以上の試験結果より、1S15.2から1S21.8におけるモルタル支圧板の静的性能試験は終了した。しかし、支圧板を設置するコンクリートブロックに凸凹が存在すると、支圧板にひび割れが発生し、十分な性能を発揮できない場合が考えられる。現状では埋込み型支圧板として使用するのが望ましい。また、今後については大口径鋼材への適用および実構造物への適用について検討を実施する予定である。

表-6 支圧板標準寸法

対応鋼材	モルタル製支圧板 寸法(mm)	鋼製支圧板 寸法(mm)
1S15.2	120 × 70 × 40	120 × 70 × 19
1S17.8	150 × 80 × 50	150 × 80 × 25
1S19.3	160 × 90 × 55	160 × 90 × 25
1S21.8	180 × 100 × 65	180 × 100 × 28

1S28.6については試験中

謝辞

宇部三菱セメント株式会社、花王株式会社およびベカルト株式会社からの材料提供に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 桜田道博・雨宮美子・渡辺浩良・大浦 隆: 超高強度・高じん性材料およびそれを用いた低桁高PC橋の開発, 技報第1号, 2003.4
- 2) 土木学会: 鋼繊維補強コンクリート設計施工指針(案), 1983.3
- 3) 日本建築学会: プレストレスコンクリート設計施工規準・同解説, 1998
- 4) 土木学会: プレストレスコンクリート工法設計施工指針, 1991.3