

耐火 Q-04

無被覆耐火構造床

火災後再使用

デッキ合成スラブは、無被覆で耐火構造の大臣認定を受けていますが、被災後にそのまま再使用できますか？

耐火 A-04

デッキ合成スラブは無被覆で1時間、2時間の耐火構造床としての大臣認定を受けています。この耐火構造の考え方は、コンクリート裏面温度、火災時の撓みに制限をもうけ、火災時の避難路を確保することであり、火災後の再使用を保証したものではありません。

火災後の再使用ということになると当然、床スラブに変形がないこと、設計荷重に対して構造耐力が確保されていることなどが前提と考えられますが、種々の熱履歴下でのデッキ合成スラブの挙動ということになると系統的な研究はありませんが、再加熱試験下での耐力については確かめられています。「参考資料1 合成スラブの耐火実験の概要」

以上述べたように本格的な火災後の再使用は不可ですが、小規模火災により部分的に被災することもあります。短時間で低温の被災とみなされる場合は、明確になっている事項のみに限定して、下記の事項を調査し、デッキ合成スラブの再使用を判断するのがよいと考えられます。

1) デッキプレートに変形が生じていないこと。

・局所的な変形がデッキ合成スラブ全体の構造耐力にどの程度影響を及ぼすか明確ではありませんが、ハンマーの打撃試験でコンクリートからの剥離を調査するなど目視と併せてデッキプレートの変形を確認します。

2) 被災温度は200℃以下、火災継続時間は30分以内であること。

・参考資料1「合成スラブの耐火実験の概要 14-2 再載荷加熱実験」によれば、所定の最高温度1000℃、2時間の載荷加熱試験後に、再び同じ載荷加熱試験を施しても、裏面温度、撓みとも安定した耐火性状を示したことより、この条件下では少なくともデッキ合成スラブの全体耐力は保持されていた。

・デッキプレートの降伏応力度、引張強さ、ヤング係数とも200℃以下では、ほぼ常温時の値を保持しています。参考資料2「建築鉄骨構造耐火設計施工指針 鋼材の高温での力学的性質」

・裏面塗装のデッキプレートでは、裏面の変色で被災温度はほぼ判断できます。また塗膜の密着性も確保されています。参考資料3「QLプライマー耐熱試験報告書（川鉄建材工業（株）編）参照」

・コンクリートの圧縮強度はこの条件下では低下しない。参考資料4「小火災時のコンクリート強度」川鉄建材工業（株）技術資料

参考資料1 鋼材倶楽部編「合成スラブの耐火実験の概要」

参考資料2 鋼材倶楽部編「建築鉄骨構造耐火設計施工指針」

参考資料3 「QLプライマー耐熱試験報告書」川鉄建材工業（株）技術資料

参考資料4 「小火災時のコンクリート強度」川鉄建材工業（株）技術資料

「参考資料 1」 鋼材倶楽部編「耐火被覆のない合成スラブの耐火構造」設計施工マニュアル

－「1.4 合成スラブの耐火実験の概要 14-2 ②再載荷加熱実験」－

14-1 通則的耐火指定の試験

① 試験概要

部位・耐火性能： 床 2 時間耐火及び床 1 時間耐火

品目名： 連続支持合成スラブ

申請者： 社団法人 鋼材倶楽部

試験機関名： 建設省建築研究所、(株)日本建築総合試験所

(2 スパン連続支持…… 3 頁参照)

② 試験結果

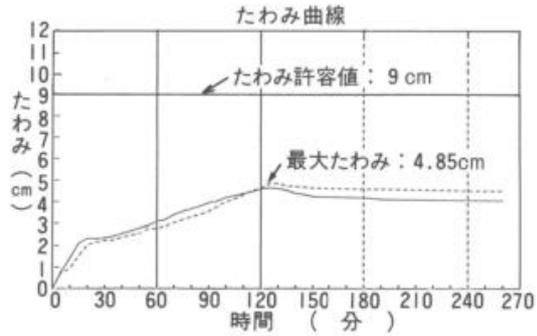
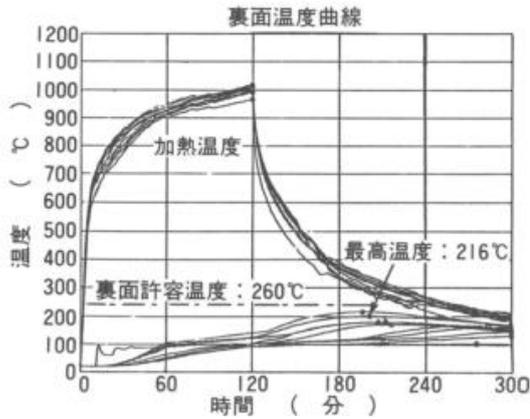
試験体は全部で 4 4 体で、表 1 4 - 1 に試験体の構成、試験条件、及び試験結果を示します。試験結果は図に 1 例を示すように裏面温度曲線及びたわみ曲線ともに安定した耐火性状を示しており、十分な耐火性能があることが確認されました。

表 1 4 - 1 試験体、試験条件及び試験結果

支持条件	加熱時間	コンクリートの種類	試験体の構成				試験条件		試験結果 ※			
			デッキプレート		コンクリートの厚さ (mm)	溶接金網	スパン (m)	載荷荷重 (kgf/m ²)	裏面温度		たわみ	
			溝幅	丈 (m)					最高温度 (°C)	最高温度許容温度 (260°C)	最大たわみ (cm)	最大たわみ許容たわみ
連続支持	2 時間	普通	溝広	50	95	φ6×100	2.7	360 × 1.2	227	0.87	5.03	0.69
				75	90	φ6×150	3.0		241	0.93	7.53	0.84
			溝狭	75	90	φ6×100	3.4	550 × 1.2	173	0.67	4.80	0.42
				50	100	φ6×100	2.7	360 × 1.2	222	0.85	4.45	0.61
		75	100	φ6×100	3.0	228	0.88		5.43	0.60		
		軽量	溝広	50	85	φ6×150	2.7	360 × 1.2	245	0.94	5.73	0.79
				75	85	φ6×150	3.0		218	0.84	6.70	0.75
			溝狭	75	85	φ6×100	3.4	550 × 1.2	195	0.75	8.10	0.70
	50			90	φ6×150	2.7	360 × 1.2	198	0.76	4.18	0.57	
	75	90	φ6×150	3.0	218	0.81		4.48	0.50			
	1 時間	普通	溝広	50	80	φ6×150	3.0	400 × 1.2	163	0.63	6.25	0.69
				550 × 1.2	152	0.58	5.00	0.56				
		溝狭	50	80	φ6×150	2.7	400 × 1.2	205	0.79	6.22	0.85	
			50	70	φ6×150	3.0		184	0.71	7.10	0.79	
軽量	溝狭	50	70	φ6×150	2.7	400 × 1.2	221	0.85	5.90	0.81		
		50	70	φ6×150	2.7		221	0.85	5.90	0.81		

注) ※試験は同じ条件で複数体実施し、一番不利な試験結果を示した。

さらに載荷加熱試験終了後、常温で再載荷試験を行いました。最大荷重 2,360kgf/m²以上と十分な残存耐力のあることが確認されました。



2 時間耐火試験結果の例
(スパン 3 m 溝広タイプ75)



写真 (載荷加熱試験中)

14-2 耐火実験研究

火災をうけた合成スラブの性質をさらに詳しく調べるため、通則的耐火指定の試験と合わせて次の耐火実験を行いました。

① 加熱時終局耐力実験

1. 実験目的： 連続支持された合成スラブの加熱時の終局耐力を確認する。
2. 実験方法： 通則的耐火指定の試験と同じ方法とし、加熱終了 7 分前より載荷荷重を単純増加させて終局に至らしめた。
3. 実験結果：

表 1 4 - 2 に試験体、実験条件及び実験結果を示します。1 時間耐火実験では載荷荷重が $1,550\text{kgf}/\text{m}^2$ に達した時、中央梁上の溶接金網が破断し破壊に至った。2 時間耐火実験では載荷荷重が $1,126\sim 1,860\text{kgf}/\text{m}^2$ に達した時、中央梁上の溶接金網が降伏した。

いずれも加熱時の終局耐力は設計荷重の 2 ~ 3 倍あり、火災に対する十分な安全性があることが確認されました。

表 1 4 - 2 - 1 試験体、実験条件

試験体 NO.	加熱 時間	コンクリートの種 類	試験体の構成				載荷荷重 (kgf/m^2)	スパン (m)
			デッキプレート		コンクリートの厚さ (mm)	溶接金網		
			溝幅	丈(mm)				
1	1	軽量	溝狭	75	90	$\phi 6 \times 150$	550×1.2	3.0
2	2	普通	溝広	50	80	$\phi 6 \times 150$	360×1.2	3.0
3				75	90	$\phi 6 \times 100$	550×1.2	3.4
4				軽量	75	85	$\phi 6 \times 100$	550×1.2

表 1 4 - 2 - 2 実験結果

試験体 NO.	加熱 時間	コンクリ ートの 種類	載荷荷重増加直前の実験結果				加熱終了直前から 載荷荷重をました時の結果		
			裏面温度		たわみ		終局荷重 (kgf/m ²)	終局荷重時 たわみ (cm)	終局状況
			最高温度 (°C)	最高温度 許容温度 (260°C)	最大 たわみ (cm)	最大たわみ 許容たわみ			
1	1	軽量	150	0.58	6.3	0.70	1,550	15.9	溶接金網破断
2	2	普通	120	0.46	3.5	0.39	1,860	15.1	溶接金網降伏
3			120	0.46	6.0	0.52	1,453	13.4	同上
4		軽量	120	0.46	9.0	0.78	1,226	12.6	同上

② 再載荷加熱実験

1. 実験目的： 連続支持された合成スラブの火災後の耐火性能を把握する。
2. 実験方法： 一度載荷加熱した試験体を数日後、再度同じ方法で載荷加熱した。
3. 実験結果：

表 1 4 - 3 に試験体、実験条件及び実験結果を示します。2 度目の載荷加熱でも裏面温度、たわみとも安定した耐火性能を示した。

表 1 4 - 3 - 1 試験体、実験条件

試験体 NO.	加熱 時間	コンクリートの種 類	試験体の構成				載荷荷重 (kgf/m ²)	スパン (m)
			デッキプレート		コンクリートの厚さ (mm)	溶接金網		
			溝幅	丈(mm)				
1	1	普通	溝広	50	80	φ6 x 150	400 x 1.2	3.0
2		普通	溝広	50	80	φ6 x 150	550 x 1.2	3.0
3	2	普通	溝広	75	90	φ6 x 100	550 x 1.2	3.4
4		軽量	溝広	75	85	φ6 x 100	550 x 1.2	3.4

表 1 4 - 3 - 2 実験結果

試験体 NO.	1 回目実験結果				2 回目実験結果				実験 1 日後 再載荷 (kgf/m ²)
	裏面温度		たわみ		裏面温度		たわみ		
	最高 温度 (°C)	最高温度 許容温度 (260°C)	最大 たわみ (cm)	最大たわみ 許容たわみ	最高 温度 (°C)	最高温度 許容温度 (260°C)	最大 たわみ (cm)	最大たわみ 許容たわみ	
1	150	0.58	4.5	0.50	238	0.92	4.9※	0.51	2,360(ジャッキ 能力)
2	183	0.70	5.7	0.63	256	0.98	5.6※	0.62	
3	173	0.67	4.8	0.42	260	1.00	9.70	0.84	——
4	195	0.75	8.1	0.70	258	0.99	10.80	0.93	——

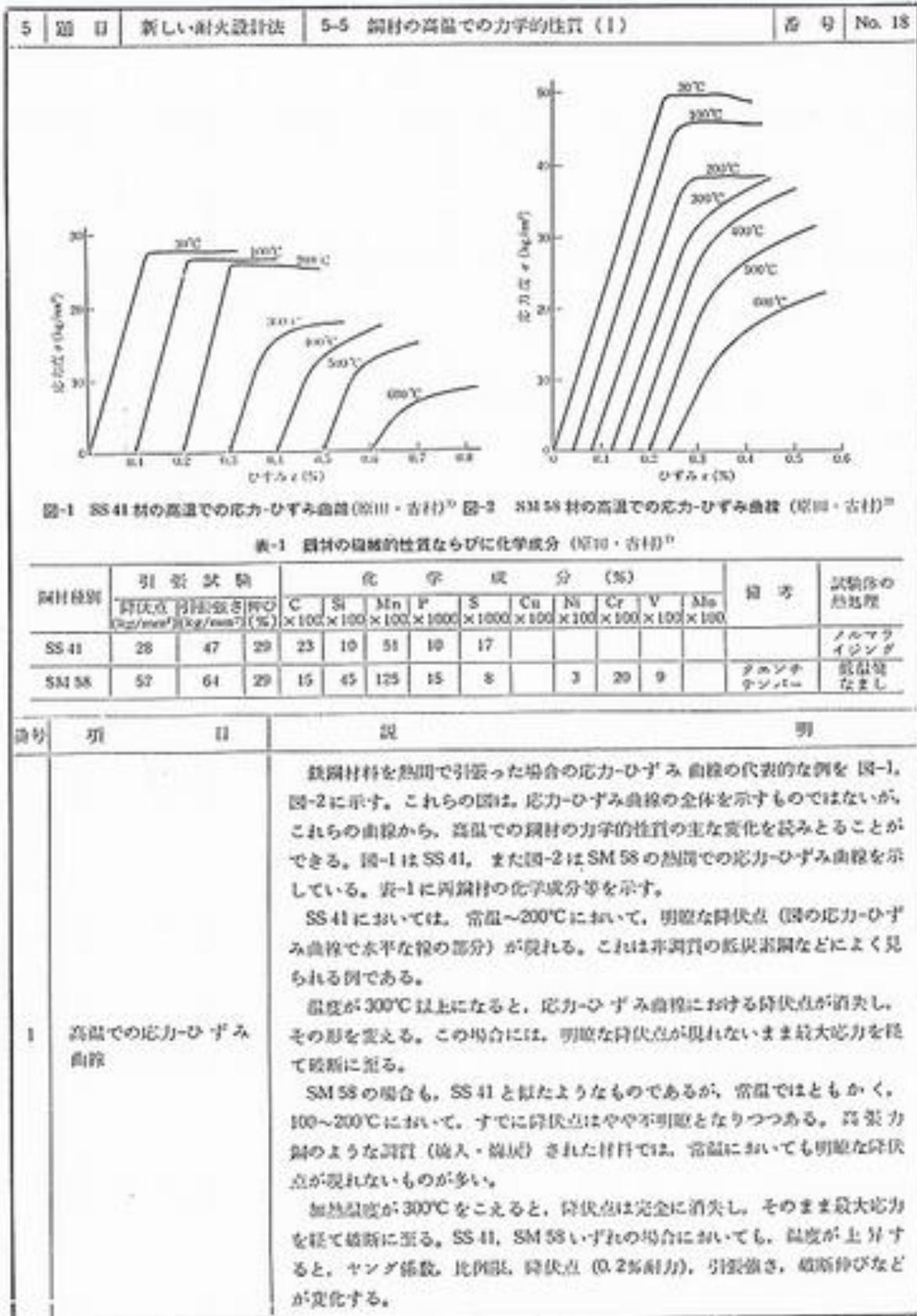
注) ※ 2 回目の実験開始時をゼロとした数値

(参考)

合成スラブの耐火性能試験の詳細については、昭和 6 2 年度、日本建築学会大会（近畿）に発表していますので参考にしてください。

論文 3008～3010：耐火被覆のない合成スラブの耐火性能試験（その 1）試験体及び試験方法／（その 2）均等スパンの試験結果／（その 3）再加熱試験等の試験結果

《参考資料 2》 鋼材倶楽部編「建築鉄骨構造耐火設計施工指針」—鋼材の高温での力学的性質



5	題 目	新しい耐火設計法	5-5 鋼材の高温での力学的性質 (I)	番 号	No. 19
---	-----	----------	----------------------	-----	--------

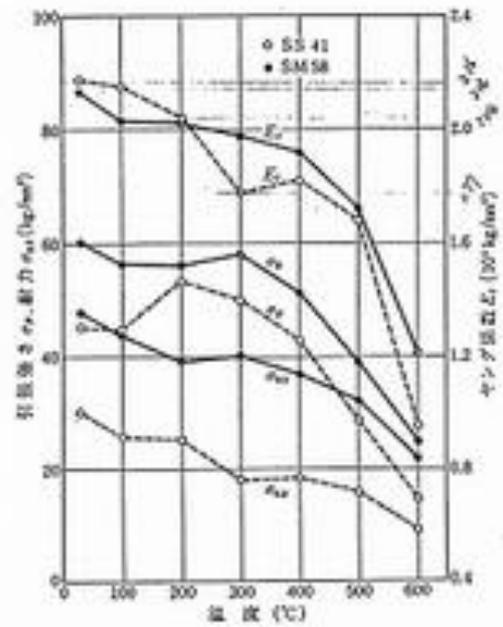


図-3 SS 41 および SM 58 の高温での引張強さ、耐力およびヤング係数 (原田・吉村)¹⁾

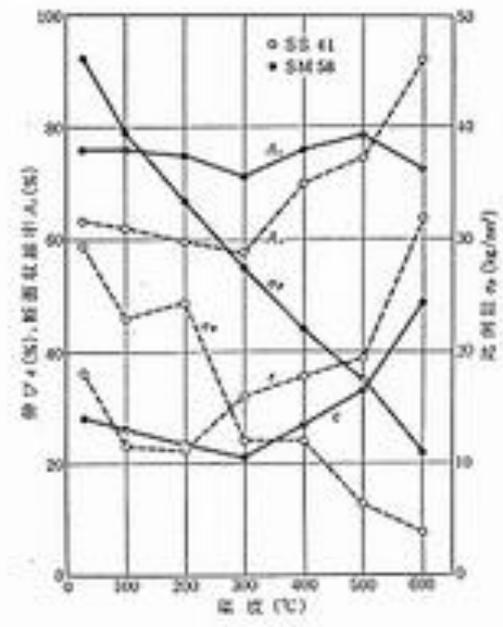


図-4 SS 41 および SM 58 の高温での比例引伸びおよび断面収縮率 (原田・吉村)²⁾

番号	項 目	説 明
2	引張強度、ヤング係数、耐力等	<p>加熱温度と引張強さ、ヤング係数、耐力 (残留ひずみ、0.2%)、比例引伸びおよび断面収縮率の関係を、代表的な建築用鋼材である SS 41 および SM 58 について図-3、図-4 に示す。</p> <p>〔引張強さ〕 SS 41 の場合、100°C でわずかに強度低下したのち、200~300°C にかけて顕著な青熱脆性による強さの上昇が見られ、以後加熱温度の上昇とともに急激に強さは低下し、600°C では常温強さの約 1/3 となる。 SM 58 の場合は、100~200°C でやや強さが低下し、300°C 付近で青熱脆性による強さの上昇が見られるが、SS 41 に比べればかなり微小であり、焼入・焼戻処理をしたバナジウム (V) 添加鋼の特徴がでている。</p> <p>〔ヤング係数〕 ヤング係数は、SS 41、SM 58 両鋼種とも加熱温度の上昇とともに低下し、500°C をこえてからの低下はとくに顕著である。また、SS 41 と SM 58 のヤング係数の低下率を比べた場合、全加熱温度範囲にわたって SM 58 の方が多少低下率が小さい。</p> <p>〔耐力・降伏点〕 耐力 (残留ひずみ、0.2%) は、SS 41、SM 58 両鋼種とも加熱温度の上昇に従って低下していく傾向にあり、500°C をこえてからの低下はいちじるしい。図-1、図-2 からわかるように、SS 41 においては 200°C までは明確な降伏点を示しているが、SM 58 においては 100~200°C あたりから降伏点がやや不明瞭になってくる。SS 41 と SM 58 を比較した場合、全般的に SS 41 の耐力低下率の方が SM 58 のそれよりも大きい。</p>

「参考資料3」 「QLプライマー耐熱試験報告書」川鉄建材工業（株）技術資料

[1] QLプライマー耐熱試験

1) 目的

QLデッキが無被覆で1時間、2時間の耐火試験で想定される熱履歴を受けた場合、デッキプレートそのものが変形し再使用は不可能である。他方、デッキプレートに耐火被覆が施されている場合や工事中に無被覆の状況で小規模の短時間被災の場合は、清掃後には外観上QLプライマーは健全に見える場合がある。このような場合の再塗装の必要性を判断するためQLプライマーの耐熱試験を計画した。

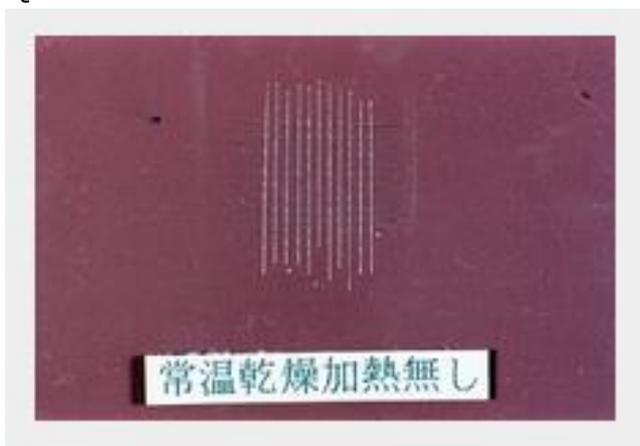
2) 試験方法

QLデッキを一定温度で30分加熱し、室温に冷却後、JIS-KS4008.5.2「碁盤目テープ法（1mm）」を行い、100/100で異常がなければ合格とし、再塗装が必要ないものと判断する。

3) 試験結果

加熱温度（℃）	碁盤目試験	変色	裏面鋼板変色	再塗装の必要性
100	○	なし	なし	不要
150	○	なし	なし	不要
200	○	なし	あり	不要
250	△	わずかあり	あり	必要
300	×	あり	あり	必要
350	×	あり	あり	必要

QLプライマーの常温時表面状態





[2] 亜鉛めっき鋼板の変色



«参考資料4» 「小火災時のコンクリート強度」川鉄建材工業（株）技術資料

川健 Q L 技術資料
QL99-構-009(1992-10-01)
小火災時のコンクリート強度
資料作成： 加美宏樹

小火災時のコンクリート強度

Q L デッキの施工現場において、コンクリート打設後に工事中の小規模な火災によって合成スラブが被災し、コンクリートが加熱されることが考えられる。火災が小規模で、短時間であるとの条件下で、合成スラブの再使用の可能性を検討するためコンクリート供試体を電気炉で30分加熱し、室温に冷却後、強度試験を行った。

テストピース圧縮試験結果（試験日：1992年9月18日）

加熱温度（℃）	Pmax (ton)	Fc (kgf/cm ²)	Ave. Fc (kgf/cm ²)
常温	18.25	232.4	227.1
	17.20	219.0	
	18.05	229.8	
100	17.65	224.7	218.1
	18.00	229.2	
	15.75	200.5	
150	16.50	210.1	215.4
	16.90	215.2	
	17.35	220.9	
200	17.95	228.5	223.0
	17.45	222.2	
	17.15	218.4	
250	16.70	212.6	206.0
	15.70	199.9	
	16.15	205.6	
300	15.65	199.3	200.1
	17.00	216.5	
	14.50	184.6	
350	16.35	208.2	208.8
	16.55	210.7	
	16.30	207.5	

※加熱時間：30分／普通コンクリート円柱供試体（φ100、ℓ=200）

- 試験結果：試験範囲内では、特にコンクリートの強度低下は認められない。
- 関連資料：「QL99-表-003 QLプライマー耐熱試験」