

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06647

研究課題名(和文) 繊維補強セメント複合材料により断面積層補強を施した鉄筋コンクリート版の耐爆性能

研究課題名(英文) Blast resistance of reinforced concrete slabs with clad-reinforcement of fiber reinforced cement composites

研究代表者

山口 信 (Yamaguchi, Makoto)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・助教

研究者番号：80570746

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、スポール発生が想定される裏面側のみにスラリー充填繊維コンクリート(以下、SIFCON)を適用し、爆発面側にはプレパックドコンクリート(以下、PPC)を用いた積層型耐爆構造部材の接触爆発に対する耐爆性能について実験的検討を行った。その結果、SIFCON自体のスポール低減効果よりも、PPC層で発生するスポール破壊片をSIFCON層が捕縛する効果に期待する方が、SIFCONの良好な曲げ靱性を活かした効果的な耐爆設計が可能になると考えられた。また、上記試験体において、裏面側の厚さ20mmのSIFCON層は厚さ130mm以上の普通コンクリートと等価な耐爆効果を有することが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

意図的攻撃による衝撃外乱を重要構造物の設計において考慮の対象とし、より高い安全性を確保することの必要性が生じている。本研究は、接触爆発を受ける鉄筋コンクリート(以下、RC)構造物の耐爆性能向上技術について検討することにより、安心・安全な社会の実現に向けて建築材料の視点から取り組んだものである。特に、裏面にごく薄いスラリー充填繊維コンクリートの層を設けることにより、耐爆性能を大きく向上させた積層型耐爆構造部材の開発に成功した点で、本研究成果は学術的および社会的意義を有するものであると考えている。

研究成果の概要(英文)：When designing blast-resistant reinforced concrete members that are subject to contact detonation, it is necessary to suppress spall damage due to tensile stress waves reflected from the backside of the members. The objective of this study was to develop an efficient blast-resistant member using slurry infiltrated fiber concrete (SIFCON). Therefore, experimental investigations were conducted regarding the blast resistance of a double-layered slabs composed of SIFCON on the back side and pre-packed concrete (PPC) on the detonation side. The results showed that an effective blast-resistant design can be achieved by expecting the effect of SIFCON layer to capture the spall fragments generated in the PPC layer, rather than the effect of SIFCON to resist the spall failure.

研究分野：建築構造・材料

キーワード：鉄筋コンクリート 接触爆発 耐爆補強 局部破壊 スラリー充填繊維コンクリート プレパックドコンクリート

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

意図的攻撃による構造物の被災事例が多数報告されている。特に、接触爆発を受ける鉄筋コンクリート(以下、RC と略記)部材の設計においては、コンクリート片の飛散による2次被害防止の観点から、反射引張応力波と斜めせん断ひび割れとに起因する裏面剥離(スポール)を抑止することが設計上の重要課題と位置付けられる。

従来の研究では、コンクリートに代えて全面的に繊維補強セメント複合材料(以下、FRCC と略記)を適用したRC版の接触爆発試験が行われ、FRCCの適用がスポール低減の面で有効であることが明らかにされている。しかし、FRCCを適用しても爆発面破壊(クレータ)は殆ど低減されないことも明らかにされており、より効率的な耐爆補強を実現するためには、スポール発生が想定される裏面側に限定してFRCCを用いる等の部材構成上の工夫が必要である。

2. 研究の目的

FRCCの靱性(エネルギー吸収能力)を向上させるためには、補強用繊維のアスペクト比を大きくすることや、繊維体積率を高くすることが必要である。しかし、これらの因子はフレッシュ時のコンシステンシーを著しく増大させるため、繊維体積率に関して言えば、その上限値は3%程度とされるのが一般的である。一方、予め型枠中に繊維を敷き詰め、その間にグラウト材を充填して製造するスラリー充填繊維コンクリート(以下、SIFCON と略記)であれば、繊維形状によっては10%を超える高い繊維体積率を確保できることが示されている。

著者らは、本研究に至るまでの助成期間内の研究において、(i) 繊維間隙に充填可能な細骨材含有グラウト材の調合を開発するとともに、これを適用したSIFCONがペーストマトリックスによるものと同程度の耐爆性能を有すること、(ii) 鋼繊維5種類、合成繊維4種類の計9種類の繊維の中で、特に細径真直鋼繊維(0.2×13mm)を用いたSIFCONが良好な耐爆性能を有すること、(iii) 細径真直鋼繊維を用いたSIFCONを全面的に適用することにより、普通RC版でスポール限界となる換算コンクリート厚さ $T/W_m^{1/3}$ (T:RC版厚[mm], W_m :爆薬のトリニトロトルエン等価質量[g])を約55%低減できること等を明らかにしている。

引き続き本研究では、SIFCONを用いたより効率的な耐爆構造部材の開発を目的に、スポール発生が想定される裏面側のみにSIFCONを適用し、爆発面側にはプレパックドコンクリート(以下、PPC)を用いたシームレスな積層型耐爆構造部材の接触爆発に対する耐爆性能について実験的検討を行った。

3. 研究の方法

表1に使用材料を示す。グラウト材には、結合材として早強ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末(6000ブレン品)を用い、細骨材として珪砂8号を用いた。補強用繊維として、SIFCONの良好なスポール抑止性能を得る上で適切と判断された細径真直鋼繊維を用いた。なお、SIFCONの繊維体積率は10.0%とした。PPC用の粗骨材としては砕石6号を用いた。グラウト材の使用調合は表2に示す通り、水結合材比35%、砂結合材比40%とした。グラウト材、PPCおよびSIFCONの素材特性は表3および4に示す通りである。

図1に試験体の形状、寸法および配筋を示す。版の総厚が80mm一定の条件下で、裏面側のSIFCON層の厚さを0(無補強)、20、40、60および80(全体補強)mmの5水準で変化させた。その製造にあたっては、最初に所定の厚さになるように鋼繊維をプレパックした後、その上から型枠上端まで粗骨材を詰め、その全層に上面からの流し込みによりグラウト材を充填した。また、これら試験体では、PPC層とSIFCON層とを機械的に接合することを目的にダブル配筋とした。なお、裏面の変形性状を調べるため、裏面中央から50mm離れた位置に検長60mmのひずみゲージを貼付した。

図2に接触爆発試験方法を示す。内法スパン410mmとなるように2本の木製架台上に試験体を設置し、試験体上面中央で6号電気雷管を用いて発破器によりSEP爆薬を起爆させた。爆薬の形状は直径と高さが等しい円柱形とし、爆薬量を140(厚さ80mmのSIFCON版のスポール限界爆薬量)および170gの2水準で変化させた。ここで、森下らの研究では、普通RC版においてスポールおよび貫通限界となる $T/W_m^{1/3}$ はそ

表1 使用材料

グラウト材	セメント	早強ポルトランドセメント
	混和材料	高炉スラグ微粉末(6000ブレン品)
細骨材	珪砂8号	密度: 2.40g/cm ³ , 粒径: 0.3mm以下
	化学混和剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤 メチルセルロース系増粘剤 ポリエーテル系消泡剤
補強用繊維	細径真直鋼繊維	密度: 7.85g/cm ³ , 直径×長さ: 0.2×13mm, 引張強度: 2000MPa, 引張弾性率: 205GPa
粗骨材	砕石6号	表乾密度: 3.00g/cm ³ , 絶乾密度: 2.98g/cm ³ , 吸水率: 0.61%, 最大寸法: 15mm, 実積率: 59.4%

表2 グラウト材の使用調合

ID	W/B (%)	W/P (%)	Sg/B (%)	S/B (%)	単位量 (g/20kg 缶)			
					W	C	Sg	S
S8-0.4	35	25	50	40	5000	7150	7150	5700

注) W/B: 水結合材比, W/P: 水粉体比, Sg/B: 高炉スラグ微粉末によるセメント置換率, S/B: 砂結合材比, P(=C+Sg+S): 粉体, B(=C+Sg): 結合材, W: 水, C: セメント, Sg: 高炉スラグ微粉末, S: 細骨材。

表3 グラウト材単体の特性試験結果

T _w (°C)	T (°C)	J14 (s)	JP (s)	Flow (JASS)	Flow (JIS)	M (g/cm ³)	σ _b (MPa)
19.6	24.9	13.8	20.8	331	397	2.077	97.8

注) T_w: 混練水の水温, T: 練り上がり温度, J14: J14漏斗流下時間, JP: JP漏斗流下時間, Flow: 0打フロー値, M: フレッシュ時における単位容積質量, σ_b: 圧縮強度。

表4 PPCおよびSIFCONの特性試験結果

種類	F _g (%)	γ (kN/m ³)	σ _b (MPa)	E (GPa)	σ _t (MPa)	σ̄ _b (MPa)
PPC	100	25.8	36.6	26.3	-	-
SIFCON	99.8	26.1	198	17.9	49.2	33.4

注) F_g: グラウト充填率, γ: 気乾単位体積重量, σ_b: 圧縮強度, E: ヤング係数, σ_t: 曲げ強度, σ̄_b: 曲げ靱性係数。

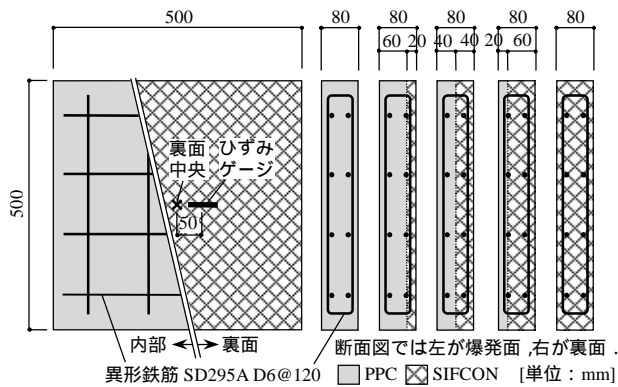


図1 試験体の形状、寸法および配筋

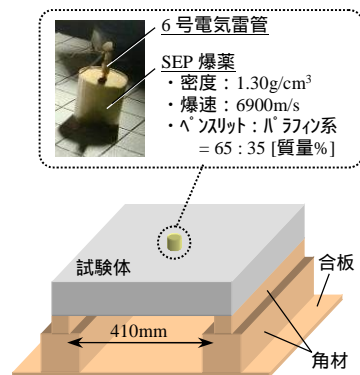


図2 接触爆発試験方法

れぞれ 3.6 および 2.0cm/g^{1/3} とされている。よって、本実験条件に対応する $T/W_m^{1/3}$ は 1.62 (爆薬量 140g) および 1.52 (爆薬量 170g) cm/g^{1/3} であることから、いずれも普通 RC 版であれば破壊モードが貫通となる条件であることが判る。

4. 研究成果

(1) 破壊性状

表 5 に試験体の破壊性状を示す。

無補強の試験体では、爆薬量 140, 170g とともに完全な貫通が生じた。また、発生したスポールは円錐台形状ではなく、その底面がややいびつな形状となっている。その理由として、スポール破壊に伴い生じた破片の飛散圧により下端筋が面外方向へとはらみ出し、これにより裏面側の一部の PPC が押出された可能性が考えられる。

SIFCON 層厚が 20mm 以上の試験体においては、それが 20mm の試験体と 40mm 以上の試験体とでスポール発生状況が以下のように異なっている。

(i) SIFCON 層厚が 40mm 以上の試験体

これら試験体の破壊モードはいわゆるスポール破壊モードであり、裏面には下端筋に沿うようにスポールが生じている。但し、爆薬量 140g であれば、全体補強試験体においては爆薬直下を中心とした円形の浮きが見られた程度で、スポールは抑止された状態にあった。

(ii) SIFCON 層厚が 20mm の試験体

これらの試験体では、いずれの爆薬量においても PPC 層で発生したスポール破砕片が直下の SIFCON 層を押圧し、SIFCON 層には曲げたわみに類似した変形が生じていることが判る。同時に、PPC 層で発生した斜めひび割れは SIFCON 層を貫通することなく、途中から接合界面に沿って幅方向に進行している。なお、PPC 層に発生したスポール破壊の規模は無補強試験体とほぼ同規模であるが、SIFCON 層が貫通を免れたために、スポール破砕片は試験体内部に停留した状態となっている。また、SIFCON 層には、爆薬直下の裏面近傍にごく僅かにスポール破壊が見られた程度である。

表 5 試験体の破壊性状

	SIFCON 層厚 0mm		SIFCON 層厚 20mm		SIFCON 層厚 40mm		SIFCON 層厚 60mm		SIFCON 層厚 80mm	
	上: 爆発面 下: 裏面	断面	上: 爆発面 下: 裏面	断面	上: 爆発面 下: 裏面	断面	上: 爆発面 下: 裏面	断面	上: 爆発面 下: 裏面	断面
爆薬量 140g										
爆薬量 170g										

注) 切断面においては、左が爆発面、右が裏面である。支持位置は、爆発面および裏面では左右両端、切断面では上下両端である。目視で確認できた爆発面および裏面のひび割れは強調して示している。

これらのことから、裏面側の SIFCON 層を薄くすることは、SIFCON 層の破壊モードをスポール破壊モードから曲げ破壊モードへと変化させ、PPC 層で生じたスポール破壊片を捕縛する上で有効であると考えられる。

(2) 局部破壊寸法

図 3 に局部破壊寸法の測定値を示す。上述の通り、爆薬量 140g では SIFCON 層厚 40 および 60mm で、爆薬量 170g では 40mm 以上でそれぞれスポールが生じたが、その場合もスポールの規模は無補強試験体より顕著に低減されていることが判る。また、スポールが生じた SIFCON 積層補強試験体において、スポールの直径および深さに明確な差異は認められなかった。

(3) 裏面のひずみ応答

図 4 に、爆薬量 170g における試験体裏面のひずみ履歴を示す。なお、SIFCON 層厚 60mm の試験体については、データ取得に失敗したため未掲載としている。

無補強試験体に関して、0.5 および 0.9ms 前後で引張ひずみがピークを迎えていることが判る。但し、そのピーク値は 7000 μ 程度とコンクリートの引張ひずみとしては異常に大きいことから、検長区間に発生したひび割れの開口をひずみゲージが検出していたものと推察される。

SIFCON 層厚が 40 および 80mm の試験体においては、ひずみの増減が数回繰返された後、0.8 ~ 0.9ms 前後で引張ひずみがピークを迎えており、この段階でスポールが発生した可能性が考えられる。

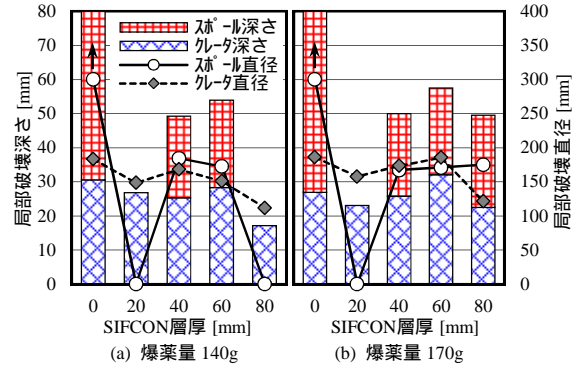
一方、SIFCON 層厚が 20mm の試験体においては、他の試験体のような引張ひずみがほとんど生じておらず、また、経時に伴うひずみの増減の程度も著しく小さくなっている。このことは、同試験体において裏面側の SIFCON 層が応力波伝播の影響をさほど強く受けていないことを示唆しているものと考えられる。

(4) SIFCON 積層によるスポール抑止メカニズムに関する考察

以上の結果より、SIFCON 層厚 20mm の試験体においては、他と異なるメカニズムによりスポールが抑止された可能性が考えられる。そこで、本問題を図 5 に示す簡易な一次元波動モデルに置き換え、先端に厚さ x の SIFCON 層を有する PPC 棒の中を、波長 λ 、強さ σ_i の圧縮応力波が伝播する場合について考察する。ある物体から別の物体へ応力波が入射する場合の物体界面における反射率 α および透過率 β は、各材料のインピーダンス $z (= \rho c = \rho \sqrt{E/\rho})$ 、 ρ : 密度、 c : 応力波速度、 E : ヤング係数) を用いて、

$$\alpha = \frac{\sigma_r}{\sigma_i} = \frac{A_2 z_2 - A_1 z_1}{A_1 z_1 + A_2 z_2} \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\sigma_t}{\sigma_i} = \frac{2 A_1 z_2}{A_1 z_1 + A_2 z_2} \quad (2)$$



注) 矢印は、測定不能となったため仮に 300mm としたことを表す。

図 3 局部破壊寸法の測定値

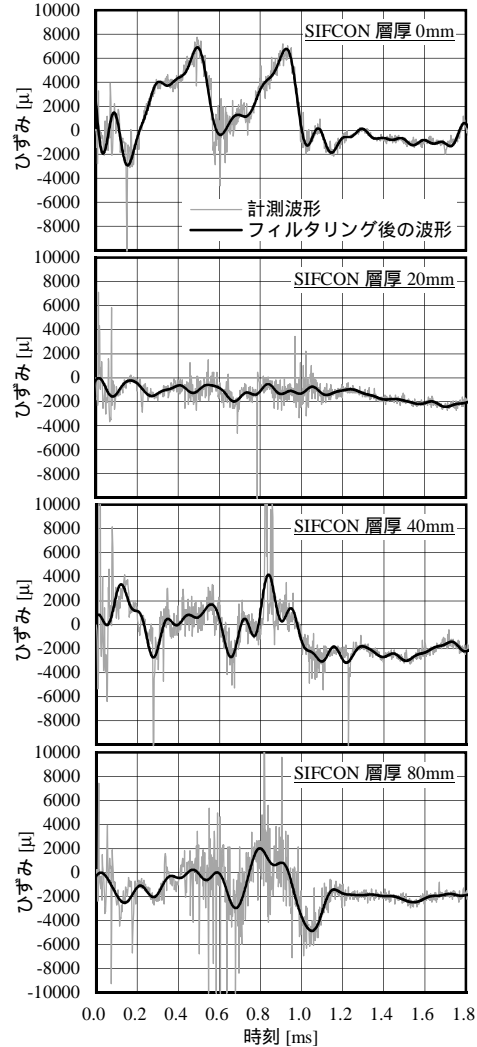


図 4 裏面のひずみ履歴 (爆薬量 170g)

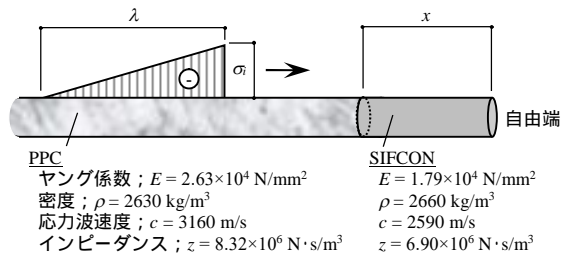


図 5 一次元波動モデル

表 6 界面における応力波の反射率・透過率

応力波の入射方向	反射率; α [%]	透過率; β [%]
PPC \rightarrow SIFCON	-9	91
SIFCON \rightarrow PPC	9	109

ここに、 σ_i : 入射応力、 σ_r : 反射応力、 σ_t : 透過応力、 A_1, A_2 : 物体 1, 2 の断面積、 z_1, z_2 : 物体 1, 2 のインピーダンスである。本問題では $A_1=A_2$ であることを考慮した上で、PPC-SIFCON 界面における α および β を算出した結果を表 6 に示す。応力波が PPC から SIFCON へ入射する場合の透過率は 91%，その逆の場合は 109% となり、完全透過に近い問題であることが判る。従って、材料界面における応力波の増減により上述のような破壊モードの変化が生じたとは考えにくい。

一方、表 7 に一次元波動モデルにおける応力波伝播挙動を示す。なお、同表中では、考察を容易にするため、材料界面における透過率を 100% と見做し、PPC および SIFCON の応力波速度は等しいものと仮定している。PPC 層から SIFCON 層へと入射した圧縮応力波は、自由端において逆位相の引張応力波となって反射するが、自由端近傍では圧縮応力波と引張応力波とが干渉し合うために、合成波の引張応力は自由端よりもやや内側で最大となる。従って、図 6 に示すように、 x が λ の 1/2 以下であれば、SIFCON 層に発生する引張応力は x の減少に伴って低減されることになる。

この場合、引張応力のピークは PPC 層で生じるため、PPC 層内で甚大なスポール破壊が生じることになる。しかし、SIFCON 層の曲げ靱性が高いために、PPC 層で発生したスポール破壊片の運動エネルギーは SIFCON 層のたわみ変形により吸収されると考えられる。さらに、SIFCON 層のせん断抵抗が PPC のそれに比して大きいため、PPC 層でスポール破壊に伴い生じた斜めひび割れは SIFCON 層を貫通せず、途中から材料界面に沿って進行すると考えられる。すなわち、図 7 に示すメカニズムによりスポールが抑止された可能性が推察される。

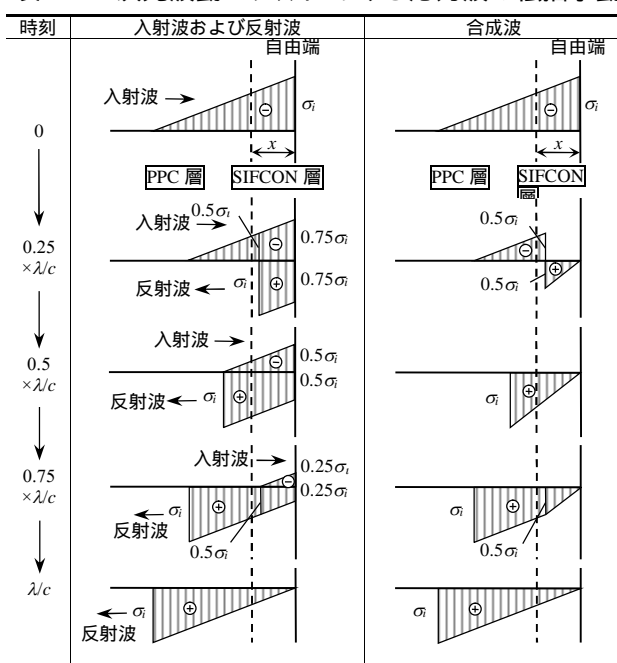
ここで、爆薬量 140g のケースでは、SIFCON 層厚が 20 および 80mm の試験体でスポールが抑止されたが、このことは、良好な耐爆性能を得る上で (i) SIFCON 自体のスポール破壊低減効果 (SIFCON 層厚 80mm) と、(ii) SIFCON 層が PPC 層で発生したスポール破壊片を捕縛する効果 (SIFCON 層厚 20mm) のいずれかに期待した設計が可能であることを示唆している。しかし、爆薬量 170g になると、SIFCON 層厚 20mm の試験体では依然としてスポールが抑止されているのに対し、80mm ではスポールが生じていることから、上記(ii)の効果に期待する方が SIFCON の良好な曲げ靱性を活かした効果的な耐爆設計が可能になるものと思われる。

なお、普通 RC 版でスポール限界となる換算コンクリート厚さは $3.6\text{cm}/g^{1/3}$ であるから、爆薬量 170g に対する普通 RC 版のスポール限界版厚は 190mm となる。従って、厚さ 20mm の SIFCON 層は厚さ 130 (= 190 - (80 - 2)) mm 以上の普通コンクリートと等価な耐爆効果を有しており、この時の版厚の低減効率は 85% 以上となる。一方、第 3 章の(3)で述べた通り、SIFCON 全体補強によるスポール限界版厚低減効率は約 55% であるから、SIFCON 層にスポール破壊片を捕縛させる効果に期待する方が、効率的に耐爆性能を向上させる上でも有用であると考えられる。

引用文献

森下政浩, 田中秀明, 伊藤孝, 山口弘: 接触爆発を受ける鉄筋コンクリート版の損傷, 構造工学論文集, 第 46 巻 A, 2000, 1787-1797

表 7 一次元波動モデルにおける応力波の伝播挙動



注) 引張を正, 圧縮を負でそれぞれ表示している。

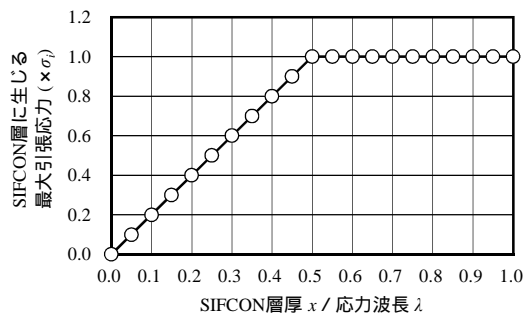
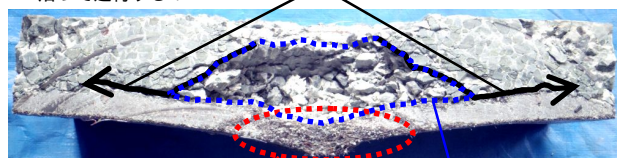


図 6 SIFCON 層厚と SIFCON 層に生じる最大引張応力との関係

SIFCON 層のせん断抵抗が PPC 層のそれよりも大きいため、PPC 層で発生した斜めひび割れが SIFCON 層を貫通せず、途中から接合界面に沿って進行する。



応力波の干渉作用により、SIFCON 層で生じる引張応力が小さくなるため、同箇所でも大きなスポール破壊が生じない。

SIFCON 層のたわみ変形により、PPC 層で発生したスポール破壊片の運動エネルギーが吸収され、スポール破壊片が捕縛される。

図 7 SIFCON 層厚によるスポール抑止メカニズム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Danny Triputra SETIAMANAH, Makoto YAMAGUCHI, Priyo SUPROBO, Shintaro MORISHIMA, Zhicheng ZHANG, Atsuhisa OGAWA and Takashi KATAYAMA	4. 巻 13
2. 論文標題 Influence of Fiber Shape and Water-Binder Ratio on Blast Resistance of PVA Fiber Reinforced Mortar	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Research Proceedings	6. 最初と最後の頁 103-108
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.21741/9781644900338-18	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 森島慎太郎、山口信、張志成、兼安真司	4. 巻 72
2. 論文標題 モルタル調合による高流動グラウト材を用いたスラリー充填繊維コンクリートの基礎的力学特性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 セメント・コンクリート論文集	6. 最初と最後の頁 293-299
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.14250/cement.72.293	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 森島慎太郎、山口信、張志成、兼安真司	4. 巻 40
2. 論文標題 モルタル調合による高流動グラウト材を用いたSIFCONの接触爆発に対する耐爆性能	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 733-738
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shintaro MORISHIMA, Makoto YAMAGUCHI, Soshiro SHIBUYA, Shinji KANEYASU and Teppei SUEISHI	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects of Fiber Type on Blast Resistance of Slurry-Infiltrated Fiber Concrete under Contact Detonation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 157-167
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.3151/jact.18.157	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 森島慎太郎, 山口 信, 渋谷颯志郎, 小川敦久, 片山 隆	4. 巻 85(771)
2. 論文標題 接触爆発を受けるPVA繊維補強モルタル版の局部破壊に及ぼす材料因子の影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 779-789
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3130/aijs.85.779	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 山口 信, 森島慎太郎, 渋谷颯志郎, 兼安真司, 居石鉄兵, 倉重 聡
2. 発表標題 スラリー充填繊維コンクリートの接触爆発に対する耐爆性能とそれを用いた積層型耐爆構造部材の開発
3. 学会等名 日本材料学会 第69期学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤澤礼至, 森島慎太郎, 山口 信, 渋谷颯志郎
2. 発表標題 スラリー充填繊維コンクリートの耐爆性能とそれを用いた積層型耐爆構造部材の開発 (その2 積層型耐爆構造部材の開発)
3. 学会等名 日本建築学会研究報告 九州支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森島慎太郎, 山口 信, 渋谷颯志郎, 藤澤礼至
2. 発表標題 スラリー充填繊維コンクリートの耐爆性能とそれを用いた積層型耐爆構造部材の開発 (その1 スポール限界低減効率の検討)
3. 学会等名 日本建築学会研究報告 九州支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森島慎太郎, 山口 信, 渋谷颯志郎, 藤澤礼至, 小川敦久, 片山 隆
2. 発表標題 PVA繊維補強モルタルの接触爆発に対する耐爆性能に及ぼす繊維体積率の影響
3. 学会等名 日本建築学会研究報告 九州支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森島慎太郎, 山口 信, 渋谷颯志郎, 兼安真司, 居石鉄兵, 倉重 聡
2. 発表標題 SIFCONの接触爆発に対する耐爆性能とそれを用いた積層型耐爆構造部材の開発
3. 学会等名 一般社団法人防衛施設学会 令和元年度年次研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Danny Triputra SETIAMANAH, Makoto YAMAGUCHI, Shintaro MORISHIMA, So-shiro SHIBUYA, Atsuhisa OGAWA and Takashi KATAYAMA
2. 発表標題 Effect of Fiber Shape and Water-Binder Ratio on Blast Resistance of PVA Fiber Reinforced Mortar (Part 1 Experimental Method and Results)
3. 学会等名 AIJ Annual Meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森島慎太郎, 山口信, Danny Triputra SETIAMANAH, 渋谷颯志郎, 小川敦久, 片山隆
2. 発表標題 PVA繊維補強モルタルの耐爆性能に及ぼす繊維形状と水結合材比の影響 (その2 実験結果の考察)
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Danny Triputra SETIAMANAH, Makoto YAMAGUCHI, Priyo SUPROBO, Shintaro MORISHIMA, Zhicheng ZHANG, Atsuhisa OGAWA and Takashi KATAYAMA
2. 発表標題 Influence of Fiber Shape and Water-Binder Ratio on Blast Resistance of PVA Fiber Reinforced Mortar
3. 学会等名 Sixth International Symposium on Explosion, Shock wave and High-strain-rate Phenonena (ESHP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro MORISHIMA, Makoto YAMAGUCHI, Danny Triputra SETIAMANAH, Zhicheng ZHANG and Shinji KANEYASU
2. 発表標題 Influence of Fiber Types on Blast Resistance of Slurry Infiltrated Fiber Concrete under Contact Detonation
3. 学会等名 Sixth International Symposium on Explosion, Shock wave and High-strain-rate Phenonena (ESHP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口信、森島慎太郎、Danny Triputra SETIAMANAH、渋谷颯志郎、張志成
2. 発表標題 スラリー充填繊維コンクリートの基礎的力学特性と耐爆性能に及ぼす繊維種類の影響(その1 基礎的力学特性)
3. 学会等名 日本建築学会研究報告 九州支部
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森島慎太郎、山口信、Danny Triputra SETIAMANAH、渋谷颯志郎、張志成
2. 発表標題 スラリー充填繊維コンクリートの基礎的力学特性と耐爆性能に及ぼす繊維種類の影響(その2 耐爆性能)
3. 学会等名 日本建築学会研究報告 九州支部
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Danny Triputra SETIAMANAH, Makoto YAMAGUCHI, Shintaro MORISHIMA, So-shiro SHIBUYA and Zhicheng ZHANG
2. 発表標題 Influence of Fiber Shape and Water-Binder Ratio on Blast Resistance of PVA Fiber Reinforced Mortar
3. 学会等名 AIJ Kyushu Chapter Architectural Research Meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口信、森島慎太郎、兼安真司、居石鉄兵
2. 発表標題 接触爆発を受けるスラリー充填繊維コンクリートの耐爆性能に及ぼす繊維種類の影響
3. 学会等名 一般社団法人防衛施設学会 年次フォーラム2019（平成30年度年次研究発表会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro MORISHIMA and Makoto YAMAGUCHI
2. 発表標題 Blast Resistance of SIFCON Using High-Fluidity Grout of Mortar Mix against Contact Detonation
3. 学会等名 2018 Engineering Workshop（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口信
2. 発表標題 鉄筋コンクリート部材のスポール破壊低減技術
3. 学会等名 公益社団法人日本材料学会 衝撃部門委員会および講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口信、森島慎太郎、張志成
2. 発表標題 モルタル調合による高流動グラウト材を用いたSIFCONの基礎的力学特性および耐爆性能（その1 基礎的力学特性）
3. 学会等名 第57回日本建築学会九州支部研究報告会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森島慎太郎、山口信、張志成
2. 発表標題 モルタル調合による高流動グラウト材を用いたSIFCONの基礎的力学特性および耐爆性能（その2 耐爆性能）
3. 学会等名 第57回日本建築学会九州支部研究報告会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森島慎太郎、山口信、張志成
2. 発表標題 モルタル調合による高流動グラウト材を用いたSIFCONの耐爆性能に関する実験的研究
3. 学会等名 2018年度日本建築学会大会（東北）学術講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

熊本大学 山口研究室（建築材料・施工）
<https://yama-lab.jimdofree.com>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----