

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04793

研究課題名(和文) 繊維高含有コンクリート薄肉パネルを用いた鉄筋コンクリート版の耐爆補強技術の開発

研究課題名(英文) Development of Blast-Resistant Strengthening Technology for Reinforced Concrete Slabs Using Thin Panels of High Volume Fiber Concrete

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)・准教授

研究者番号：80570746

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、スラリー充填繊維コンクリート(SIFCON)を用いた既存鉄筋コンクリート(RC)版の耐爆補強技術の構築に資するため、SIFCON薄肉パネルにより裏面接着補強したRC版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。その結果として、SIFCONパネルを適用することにより、増厚補強に必要なRC版厚を90%強低減できると考えられた。但し、比較的厚手のパネルを用いた場合には、外観上明らかなスポールは抑止されるもののパネルの剛性増加に起因してパネル剥離が顕著となるため、パネルのRC版裏面への接合方法の検討が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果によれば、ごく薄肉のSIFCONパネルをRC版裏面に貼付することにより、当該RC版の接触爆発に対する耐爆性能を飛躍的に向上させることができる。したがって、本研究結果を適用することにより既に建設済のRC構造物に対する効果的な耐爆補強を実施することができ、より安全・安心な社会の実現に貢献し得ると考えられる点で、本研究結果は学術的・社会的意義を有するものであると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, to contribute to the development of blast-resistant strengthening technology for existing reinforced concrete (RC) slabs using slurry infiltrated fiber concrete (SIFCON), experimental investigations were conducted on the blast resistance against contact detonation of RC slabs of which backsides were adhesively strengthened with SIFCON thin panels. As a result, it was shown that the RC slab thickness required for thickening reinforcement could be reduced by more than 90% by applying SIFCON panels. However, when a relatively thick panel is used, spalling that is obvious from the outside is suppressed, but panel peeling becomes conspicuous due to an increase in the rigidity of the panel. Therefore, it is necessary to examine the joining method of the panel to the backsides of the RC slabs.

研究分野：建築構造・材料

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

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

重要建築物の設計に際しては、意図的攻撃による爆発作用に対する安全性確保が求められる。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、反射引張応力波の伝播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、10%以上の体積率で短繊維を含有する繊維高含有コンクリートの接触爆発に対する耐爆性能について実験的検討が行われ、同材料が良好なスポール低減性能を有することが明らかにされている¹⁾。しかし、上記研究成果は新設構造物への耐爆性能付与を目的としたものであり、既に建設済みの重要構造物が多数存在することを考慮した場合、既設構造物を対象とした耐爆補強技術へと展開していくことが必要である。なお、既存構造物を対象とした耐爆補強技術としては、連続繊維シートを用いた裏面補強の有効性が明らかにされているが²⁾、同材料では耐候性等の面で問題が残されている。

2. 研究の目的

以上の背景に鑑み、本研究では、繊維高含有コンクリートパネルを用いた既存 RC 版の耐爆補強技術について検討することを目的とした。繊維高含有コンクリートパネルを既存 RC 版の耐爆補強材として用いるならば、その10%を超える高い繊維体積含有率に起因して、ごく薄肉のパネルを用いた場合であっても十分にスポールを抑止できる可能性が期待される。また、耐爆補強材の薄肉化は、耐爆補強に伴う建築物の自重増加による耐震性能の低下を軽減できるなどの利点を有すると考えられる。

3. 研究の方法

(1) 使用材料・調査および素材特性

表1に使用材料を、表2にグラウト材の使用調査をそれぞれ示す。普通コンクリートには呼び強度 24 のレディーミクストコンクリートを用い、SIFCON の補強用繊維としては、SIFCON 版の良好なスポール低減性能を得る上で好適と判断された細径真直鋼繊維を用いた。なお、本繊維を用いた場合の繊維体積率（繊維の実積率）は10.0%である。グラウト材には、既往の研究¹⁾において開発した高流動モルタルグラウト材を用いた。

SIFCON の製造にあたっては、あらかじめ所定量の繊維を型枠に詰め、その間隙に自重のみによりグラウト材を充填した。なお、グラウト材の混練には高速ハンドミキサ（回転数 1100rpm）を用い、全材料を4分間練り混ぜた後5分間練り置きした上で繊維間隙に充填した。

表3にグラウト材のフレッシュ性状および圧縮強度を、表4に普通コンクリートおよびSIFCONの各種力学特性をそれぞれ示す。本繊維の間隙に充填可能なグラウト材の0打フロー値（JIS コーン使用）は380以上であることが確認されているが¹⁾、両シリーズともにそれを満足する良好な流動性が得られた。また、SIFCON の曲げ強度は、シリーズ間で若干のばらつきはあるものの、いずれも50MPaを超える高い値が確認された。

(2) 試験体

図2に試験体の形状、寸法および配筋を示す。試験体は500mm四方の平板であり、RC版の版厚中央には割れ防止程度の目的で縦横のピッチ120mmの格子状鉄筋を配した。SIFCON パネルのRC版裏面への接着にあたっては、接着面を

表1 使用材料

普通コンクリート	レディーミクストコンクリート（普通-24-18-20-N） 実測スランプ値：19.5cm，実測空気量：4.0%
グラウト材	結合材 早強ボルトランドセメント 高炉スラグ微粉末（6000 プレーン品）
	細骨材 珪砂 8号 表乾密度：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：φ0.2×13mm， 引張強度：2000MPa，引張弾性率：205GPa

表2 グラウト材の使用調査

W/B [%]	W/P [%]	Sg/B [%]	S/B [%]	単位量 [g/20kg 缶]		
				W	C	S
35	25	50	40	5000	7150	5700

注) W:水, C:セメント, Sg:高炉スラグ微粉末, S:細骨材, B(=C+Sg):結合材, P(=C+Sg+S):粉体

表3 グラウト材のフレッシュ性状および圧縮強度

Series	T [°C]	Flow		J漏斗 [s]		M [g/cm ³]	F _g [%]	σ _B [MPa]
		JASS	JIS	J14	JP			
①	25.1	340	415	8.2	13.1	2.069	99.8	125
②	25.5	336	404	9.4	14.5	2.054	100	131

注1) T:スラリー温度, Flow:0打フロー値, J14:J14漏斗流下時間, JP:JP漏斗流下時間, M:単位容積質量, F_g:繊維間隙へのグラウト充填率, σ_B:圧縮強度
注2) フレッシュ性状試験は、全て20°C恒温室内で実施した
注3) F_gは、繊維間隙に充填されるグラウト材の理論密度に対する実測密度の比として算出した
注4) σ_Bは、φ50×100mm円柱供試体を3体作製し、材齢28日目まで標準養生後、気中養生を経て測定した

表4 普通コンクリートおよびSIFCONの素材特性

	Series	γ [kN/m ³]	σ _B [MPa]	E [GPa]	σ _r [MPa]	σ _b [MPa]
普通コンクリート	標準28日	—	27.3	—	—	—
	①	23.7	33.8	26.9	—	—
	②	23.4	35.6	28.7	—	—
SIFCON	①	26.5	167	21.9	50.7	35.1
	②	26.5	177	18.9	57.5	37.8

注1) γ:気乾単位体積重量, σ_B:圧縮強度, E:ヤング係数, σ_b:曲げ靱性係数
注2) 圧縮特性はφ100×200mm円柱供試体を、曲げ特性は100×100×400mm角柱供試体を各3体作製し、材齢28日目まで標準養生後、気中養生を経て測定した
注3) 曲げ試験は、スパン長300mmの中央3点曲げ荷重により実施し、σ_bは、基準変位4mmに至るまでの平均耐力を曲げ強度に換算したものとした

#80 のディスクグラインダで研磨した後、RC 版裏面に接着剤を塗布して SIFCON パネルを接着した。なお、接着剤には PCa コンクリート用接着剤の土木学会品質規格に適合するものを用いた。また、裏面の変形性状を把握するため、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。

表 5 に試験体一覧を示す。本実験は 2 つのシリーズから成っており、シリーズ①では、RC 版厚が 60mm 一定の条件下で SIFCON パネル厚を 10 および 20mm の 2 水準で変化させた。また、シリーズ②では、SIFCON パネル厚が 10mm 一定の条件下で、RC 版厚を 60、70 および 80mm の 3 水準で変化させた。なお、シリーズ①、②ともに爆薬量は 20g 刻みで適宜変化させた。

ここで、普通 RC 版におけるスポール限界は $T/W_m^{1/3}=3.6$ [cm/g^{1/3}] (ここに、T: RC 版厚 [cm]、W_m: 爆薬の TNT 等価質量 [g]) で³⁾、SIFCON 版におけるスポール限界は $T/W_m^{1/3}=1.62$ [cm/g^{1/3}] で¹⁾それぞれ表せることが知られている。従って、表 5 より、本実験条件は普通 RC 版のスポール限界を大きく下回る過酷な条件であることが判る。

(3) 接触爆発試験方法

試験体は、図 3 に示すように内法スパンが 410mm となるように 2 本の木製架台上に設置し、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。装薬の形状は直径と高さが等しい円柱形とし、図 2 に示す箇所のひずみ応答をオシロスコープにより計測した。

4. 研究成果

(1) 破壊性状

表 6 にシリーズ①における試験体の破壊性状を示す。以下、外観上明らかなスポールを detached spall、内部に生じて飛散に至っていないスポールを attached spall と称して区別することとする。

T_{RC}=60mm かつ T_{SIF}=10mm の場合、爆薬量 100 および 120g では爆発点直下で SIFCON パネルが面外方向へとはらみ出し、裏面には中央を起点とする放射状ひび割れの発生が見られたが、detached spall の発生は抑止されていた。しかし、爆薬量が 140g 以上になると SIFCON パネルに貫通が生じることで detached spall の発生が認められた。

ここで、本試験体の detached spall 発生限界に近いと考えられる T_{io}=70mm かつ W=120g に対

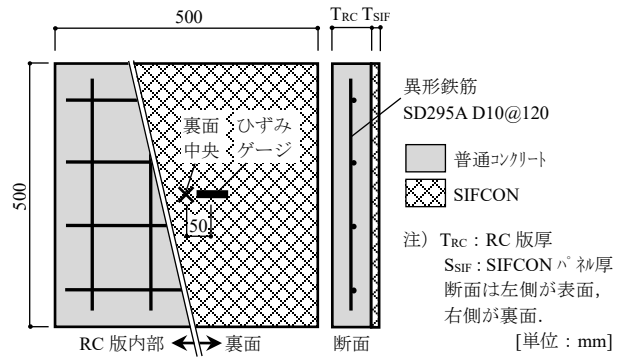


図 2 試験体の形状、寸法および配筋

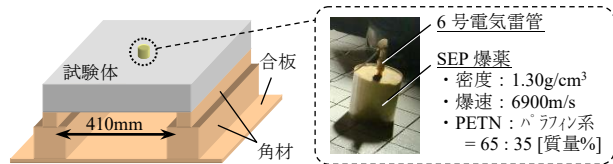


図 3 接触爆発試験方法

表 5 試験体一覧

Series	ID	版厚 [mm]			W [g]	T _{io} /W _m ^{1/3} [cm/g ^{1/3}]
		T _{RC}	T _{SIF}	T _{io}		
①	①-60-10-100	60	10	70	100	1.58
	①-60-10-120	60	10	70	120	1.49
	①-60-10-140	60	10	70	140	1.41
	①-60-10-160	60	10	70	160	1.35
	①-60-20-140	60	20	80	140	1.62
	①-60-20-160	60	20	80	160	1.55
	①-60-20-180	60	20	80	180	1.49
	①-60-20-200	60	20	80	200	1.44
②	②-60-10-80	60	10	70	80	1.71
	②-60-10-100	60	10	70	100	1.58
	②-60-10-120	60	10	70	120	1.49
	②-70-10-120	70	10	80	120	1.70
	②-70-10-140	70	10	80	140	1.62
	②-70-10-160	70	10	80	160	1.55
	②-80-10-140	80	10	90	140	1.82
	②-80-10-160	80	10	90	160	1.74
②-80-10-180	80	10	90	180	1.67	

注) T_{io}: 総厚, W: 爆薬量, W_m: 爆薬のトリニトロトルエン等価質量。

表 6 シリーズ①における試験体の破壊性状

	W=100g	W=120g	W=140g	W=160g
T _{RC} =60mm T _{SIF} =10mm				
T _{RC} =60mm T _{SIF} =20mm				

注) 左に切断面、右に裏面をそれぞれ示す

応する換算コンクリート厚さは $T_{to}/W_m^{1/3}=1.49\text{cm/g}^{1/3}$ であり、SIFCON 単体（スポール限界は $T/W_m^{1/3}=1.62\text{cm/g}^{1/3}$ ）よりも detached spall 抑止効果に優れる結果となった。これは、接触爆発に起因する圧縮および引張応力波が裏面近傍で干渉作用を起こすために、裏面表層の SIFCON パネル内で甚大なスポール破壊が生じないためであると推察される。

$T_{RC}=60\text{mm}$ かつ $T_{SIF}=20\text{mm}$ の試験体では、いずれの爆薬量においても detached spall の発生は認められなかった。しかし、SIFCON パネルに顕著な剥離が見られ、爆薬量 180g 以上では、試験終了時点で剥離した SIFCON パネルが架台を支点として「く」の字に折れ曲がった様相が確認された。

表 7 にシリーズ②における試験体の破壊性状を示す。 $T_{RC}=60\text{mm}$ かつ $T_{SIF}=10\text{mm}$ では爆薬量 120g で、 $T_{RC}=70\text{mm}$ かつ $T_{SIF}=10\text{mm}$ では爆薬量 160g で、 $T_{RC}=80\text{mm}$ かつ $T_{SIF}=10\text{mm}$ では爆薬量 180g でそれぞれ SIFCON パネル貫通により detached spall が生じた。但し、SIFCON パネルに貫通が生じなかった上記以外の試験体においても、RC 版内部に attached spall が発生している様相が確認される。

(2) 裏面のひずみ応答

図 4 に RC 版厚、SIFCON パネル厚およびそれらの比率が裏面のひずみ応答に及ぼす影響について示す。なお、本実験では起爆から 10~20 μs の間に引張ひずみが一旦ピークを迎え、その後圧縮に転じて再び引張ひずみが生じるといった複雑なひずみ応答を呈した。これは、RC 版内部にスポール破壊が発生した後、それに伴い生じた普通コンクリート片が SIFCON パネル上面を押圧し、これにより SIFCON パネルに再び衝撃応答が生じるといった一連の挙動を表しているものと推察される。

図 4 (a) より、SIFCON パネル厚および爆薬量が一定であれば、RC 版厚が大きいものほど裏面のひずみが小さく抑えられる傾向にある。これは、RC 版厚を増すほどそこを伝播する過程で応力波が減衰されていることを示唆しているものと推察される。

次に図 4 (b) より、爆薬量 160g では傾向がやや不明瞭であるが、爆薬量 140g では、RC 版厚

表 7 シリーズ②における試験体の破壊性状

	W=80g	W=100g	W=120g
$T_{RC}=60\text{mm}$ $T_{SIF}=10\text{mm}$			
$T_{RC}=70\text{mm}$ $T_{SIF}=10\text{mm}$			
$T_{RC}=80\text{mm}$ $T_{SIF}=10\text{mm}$			

注) 左に切断面、右に裏面をそれぞれ示す

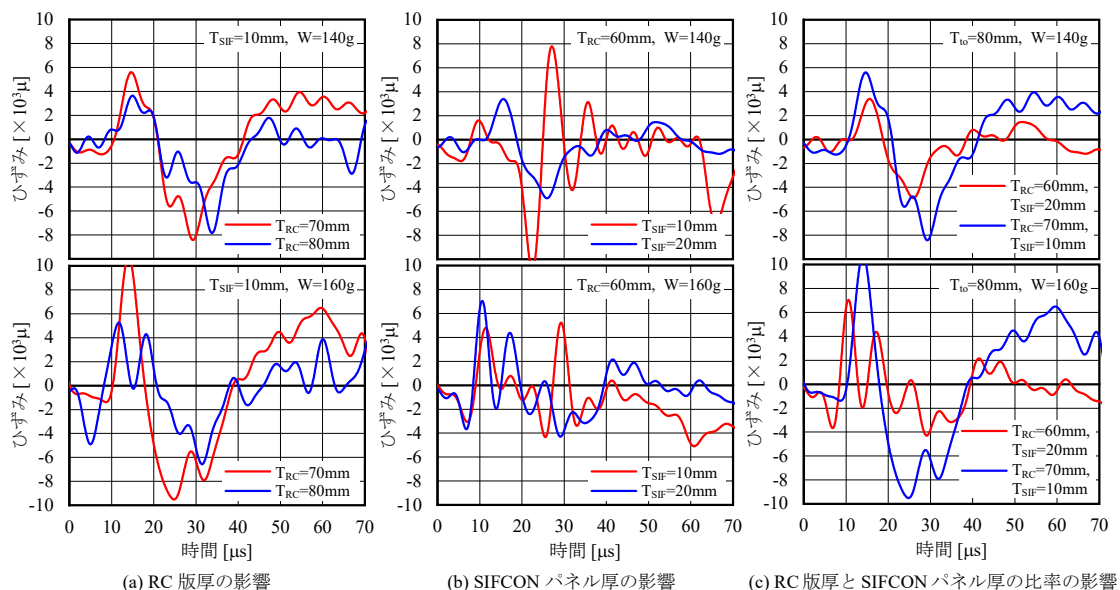


図 4 RC 版厚、SIFCON パネル厚およびそれらの比率が裏面のひずみ応答に及ぼす影響

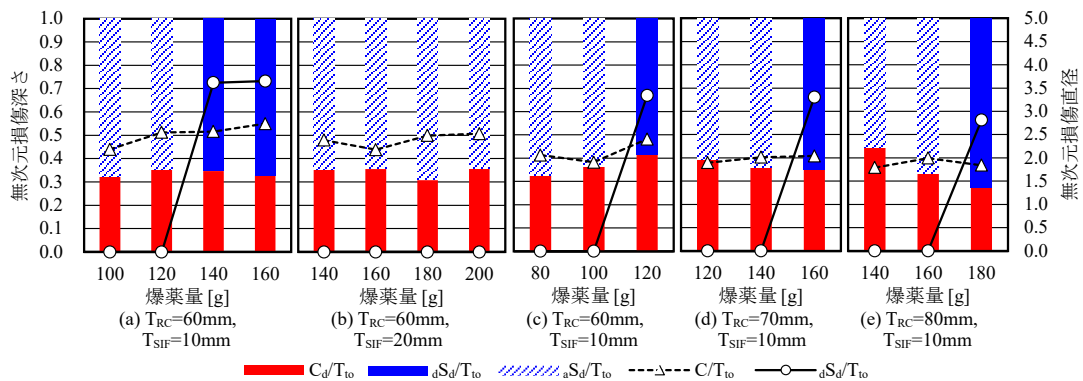


図5 局部破壊寸法の測定結果

が一定であれば SIFCON パネル厚が薄い場合にひずみが大きくなる傾向にある。すなわち、薄いパネルほどスポール破壊箇所直下で局所的に変形しやすいことが推察され、逆に厚手のパネルでは剛性が高くなるために局所的な変形が抑えられた結果、全面的なパネル剥離が生じる傾向にあったものと推察される。

また、図 4 (c) には、総厚が一定の条件下で RC 版厚と SIFCON パネル厚の比率を変化させた場合のひずみ応答の差異を示している。いずれの爆薬量においても SIFCON パネルが薄いものほどひずみが大きくなる傾向が認められ、裏面の変形性状に及ぼす影響因子としては RC 版厚よりも SIFCON パネル厚の方が支配的であることが判る。

(3) 局部破壊寸法

図 5 に局部破壊寸法の測定結果を一括して示す。なお、図中では測定値を総厚で除すことで無次元化して示している。detached spall が生じなかった試験体であっても、RC 版内部には甚大な attached spall が生じており、全試験体で RC 版に貫通が生じていることが判る。ここで、普通 RC 版の貫通限界は $T/W_m^{1/3}=2.0\text{cm/g}^{1/3}$ で表されるが³⁾、T (版厚) を T_{10} (パネル補強試験体の総厚) に置き換えた場合、本実験で検討対象とした試験体の $T_{10}/W_m^{1/3}$ は全て $2.0\text{cm/g}^{1/3}$ を下回る (表 5 参照)。すなわち、本補強方法は、detached spall を完全に抑止できるか、或いは SIFCON パネルに貫通が生じることで損傷程度が無補強の場合と大差無くなるかの二者択一の補強方法であると考えられる。従って、補強設計に際しては SIFCON パネルの貫通条件を明らかにすることが重要な課題である。

(4) SIFCON パネル適用による版厚低減率

以上の考察に基づき、ここでは SIFCON パネルの貫通条件を、SIFCON パネル適用による版厚低減率 R_{red} [%] に基づき考察することとした。普通 RC 版におけるスポール限界が $T/W_m^{1/3}=3.6 [\text{cm/g}^{1/3}]$ で表されること³⁾を考慮して R_{red} を求め、それを補強前の RC 版の換算コンクリート厚さ $T_{RC}/W_m^{1/3}$ で整理した結果を図 6 に示す。同図より、 $T_{SIF}=10\text{mm}$ であれば、SIFCON パネル適用による版厚低減率は $T_{RC}/W_m^{1/3}$ に関わらず一律で約 90.7% となり、高い耐爆効果を有していることが判る。また、これを基準として見ると、 $T_{SIF}=20\text{mm}$ の SIFCON パネルは、本実験条件であれば detached spall を抑止する上で十分な余力を有していたものと推察される。しかし、SIFCON パネルが厚くなるとパネルの剥離が顕著になると考えられるため、パネルの RC 版裏面への接合方法の検討が必要である。また、SIFCON パネルが過度に厚くなった場合には、SIFCON パネル内でスポール破壊が発生する危険性も想定されるため、今後検討を進めていく必要がある。

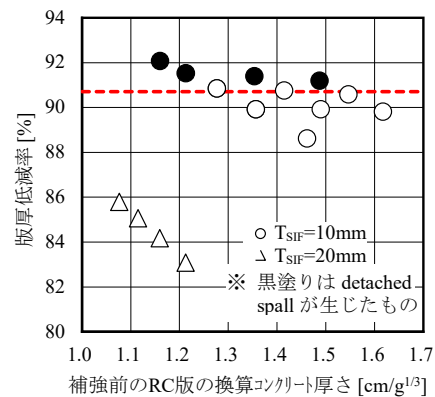


図6 補強前の RC 版の換算コンクリート厚さで整理した版厚低減率

引用文献

- 1) 森島慎太郎: 繊維補強セメント複合材料の適用による鉄筋コンクリート版の接触爆発に対する耐爆性能向上技術に関する実験的研究、熊本大学学位論文、2021
- 2) 山口信ほか: 連続繊維補強材を用いた鉄筋コンクリート版の耐爆補強に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、Vol. 77、No. 674、pp. 637-646、2012
- 3) 森下政浩ほか: 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、Vol. 46A、pp. 1787-1797、2000

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 石津成人, 山口信, 樋口洸太郎, 森島慎太郎	4. 巻 61
2. 論文標題 SIFCONパネルにより裏面補強したRC版の耐爆性能に及ぼすパネル接合方法の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会研究報告 九州支部	6. 最初と最後の頁 61-64
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 無
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 樋口洸太郎, 山口信, 石津成人, 森島慎太郎	4. 巻 61
2. 論文標題 SIFCON パネルと緩衝材とを併用した RC 版への爆発緩衝工法の開発 (その1 実験方法および結果)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会研究報告 九州支部	6. 最初と最後の頁 65-68
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 無
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 石津成人, 山口信, 樋口洸太郎, 森島慎太郎	4. 巻 61
2. 論文標題 SIFCON パネルと緩衝材とを併用した RC 版への爆発緩衝工法の開発 (その2 実験結果の考察)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会研究報告 九州支部	6. 最初と最後の頁 69-72
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 無
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 山口 信, 藤澤礼至, 段原一仁	4. 巻 なし
2. 論文標題 SIFCON薄肉パネルを用いて裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する耐爆性能 (その1 実験方法)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 337-338
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 無
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 段原一仁, 山口 信, 藤澤礼至	4. 巻 なし
2. 論文標題 SIFCON薄肉パネルを用いて裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する耐爆性能 (その2 実験結果)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 339-340
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 無
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 藤澤礼至, 山口 信, 段原一仁	4. 巻 なし
2. 論文標題 SIFCON薄肉パネルを用いて裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する耐爆性能 (その3 実験結果の考察)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 341-342
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 無
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 段原一仁, 山口 信, 森島慎太郎, 藤澤礼至, 渋谷颯志郎	4. 巻 60
2. 論文標題 SIFCON薄肉パネルにより裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する耐爆性能 (その1 実験方法および結果)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会研究報告 九州支部	6. 最初と最後の頁 73-76
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 無
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 藤澤礼至, 山口 信, 森島慎太郎, 段原一仁, 渋谷颯志郎	4. 巻 60
2. 論文標題 SIFCON薄肉パネルにより裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する対爆性能 (その2 実験結果の考察)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会研究報告 九州支部	6. 最初と最後の頁 77-80
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 無
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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石津成人, 山口信, 樋口洸太郎, 森島慎太郎
2. 発表標題 SIFCONパネルにより裏面補強したRC版の耐爆性能に及ぼすパネル接合方法の影響
3. 学会等名 第61回日本建築学会九州支部研究報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 樋口洸太郎, 山口信, 石津成人, 森島慎太郎
2. 発表標題 SIFCON パネルと緩衝材とを併用した RC 版への爆発緩衝工法の開発（その1 実験方法および結果）
3. 学会等名 第61回日本建築学会九州支部研究報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石津成人, 山口信, 樋口洸太郎, 森島慎太郎
2. 発表標題 SIFCON パネルと緩衝材とを併用した RC 版への爆発緩衝工法の開発（その2 実験結果の考察）
3. 学会等名 第61回日本建築学会九州支部研究報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 段原一仁, 山口 信, 森島慎太郎, 藤澤礼至, 渋谷颯志郎
2. 発表標題 SIFCON薄肉パネルにより裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する耐爆性能（その1 実験方法および結果）
3. 学会等名 第60回 日本建築学会研究報告 九州支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤澤礼至, 山口 信, 森島慎太郎, 段原一仁, 渋谷颯志郎
2. 発表標題 SIFCON薄肉パネルにより裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する対爆性能 (その2 実験結果の考察)
3. 学会等名 第60回 日本建築学会研究報告 九州支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 信, 藤澤礼至, 段原一仁
2. 発表標題 SIFCON薄肉パネルを用いて裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する耐爆性能 (その1 実験方法)
3. 学会等名 2021年度 日本建築学会大会 学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 段原一仁, 山口 信, 藤澤礼至
2. 発表標題 SIFCON薄肉パネルを用いて裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する耐爆性能 (その2 実験結果)
3. 学会等名 2021年度 日本建築学会大会 学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤澤礼至, 山口 信, 段原一仁
2. 発表標題 SIFCON薄肉パネルを用いて裏面接着補強したRC版の接触爆発に対する耐爆性能 (その3 実験結果の考察)
3. 学会等名 2021年度 日本建築学会大会 学術講演会
4. 発表年 2021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 ホームページ
<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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------