

## SFRC 舗装接着剤接合部の引張試験における試験体形状の影響に関する基礎的検討

東京都立大学大学院 学生会員 ○宍戸 洸希  
 施工技術総合研究所 正会員 小野 秀一

東京都立大学 正会員 村越 潤  
 施工技術総合研究所 正会員 佐々木 良輔  
 鹿島道路株式会社 正会員 千葉 浩幸

## 1. はじめに

鋼床版の疲労対策として、鋼繊維補強コンクリート(以下、SFRC)舗装による補強工法が適用されている<sup>1)</sup>。本工法におけるデッキプレートと接着剤接合部の強度特性を確認するための試験方法としては、建研式引張試験装置を用いたコア抜き引張試験が考えられるが、被着体である鋼板表面まで切り込みを導入する場合、コア周辺の接合部には応力集中が生じることから<sup>2)</sup>、コア径等の試験条件が引張強度に与える影響については整理しておく必要があると考えられる。本文では、コア抜き引張試験としての基礎データを得るために、接合部を模擬した小型試験体を用いて、コア径、鋼板厚が接合部の応力性状及び引張強度に与える影響について実験・解析的に検討した結果を報告する。

## 2. 試験体と試験方法

表1にコア径と鋼板厚を変えた試験ケースと試験体数を、図1に試験方法の概要を示す。試験体は、デッキ面を模した厚さ12mm、25mmの鋼板(300mm 四方)表面に素地調整(ブラスト工法、投射密度150kg/m<sup>2</sup>)を行った後に接着剤を塗布し、その上にSFRC舗装を実施工に合わせて厚さ75mmで敷設している<sup>1)</sup>。接着剤の塗布量は標準的な使用量1l/m<sup>2</sup>(平均塗布厚1mm相当、比重1.4)とした。SFRCには急速施工を想定し超速硬セメントを使用し、配合条件は過年度実施のコア抜き引張試験<sup>3)</sup>と同様とした。SFRCの圧縮強度、割裂引張強度はそれぞれ66.1N/mm<sup>2</sup>、6.28N/mm<sup>2</sup>(材齢71日)であった。接着剤には、エポキシ樹脂系接着剤(KSボンド)を使用した。製作後28日間気中養生してから、コアカッターを用いてデッキ上面に達するまで所定コア径の切り込みを設けて、舗装表面に載荷治具を設置し、常温(20℃)下で、毎秒0.1N/mm<sup>2</sup>程度の載荷速度で載荷した。破壊時の荷重値を計測し、この荷重値をコア断面積で除した値を引張強度とした。なお、切込み時には接合面を極力傷めないように配慮して施工を行った。また、載荷時には曲げ等が作用しないように治具の設置に配慮した。

## 3. 解析方法

表2に解析に用いた材料特性を、図2にモデルの概要(T-D100T12の場合)を示す。汎用有限要素解析ソフトMSC.Marc Mentat 2018.1.0を用い弾性解析を行い、載荷時(弾性挙動時)の接合部の応力性状を分析した。解析ケースは試験ケースと同様である。着目部であるコアの接着剤接合部周辺の要素寸法は、高さ方向には1mm、コア断面内には2.5mm～5mm四方とした。境界条件は、試験装置の脚の位置を模擬し、コア中心から60mm位置に90°ごとに4節点を変位固定とした。治具上部中心に集中荷重を接着面積に対する公称応

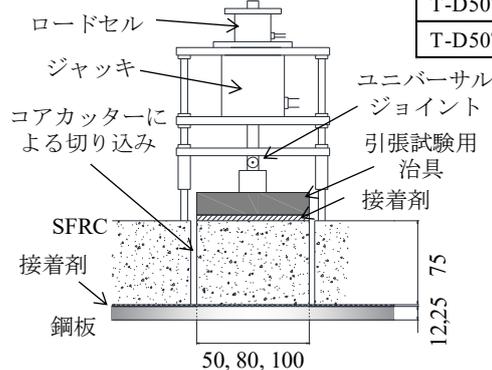


図1 コア抜き引張試験の概要

表1 試験・解析ケースと結果

試験・解析ケース	コア径 (mm)	鋼板厚 (mm)	試験体数	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	応力集中係数 $\sigma_{max}/\sigma_{nom}$
T-D100T12	100	12	3体	1.78	3.08
T-D100T25		25	6体	3.01	1.83
T-D80T12	80	12	6体	2.44	2.39
T-D80T25		25	6体	3.34	1.39
T-D50T12	50	12	6体	2.73	1.40
T-D50T25		25	6体	2.49	1.11

表2 解析に用いた材料特性

要素	厚さ (mm)	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
治具	20	200,000	0.3
SFRC	75	40,000 <sup>※1</sup>	0.2 <sup>※1</sup>
接着剤	1	3,500 <sup>※2</sup>	0.2
鋼板	12, 25	200,000	0.3

※1 文献2)参照 ※2 別途接着剤単体試験で計測

キーワード 鋼床版, 疲労対策, SFRC, 接着剤, 引張試験

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 TEL : 042-677-2782

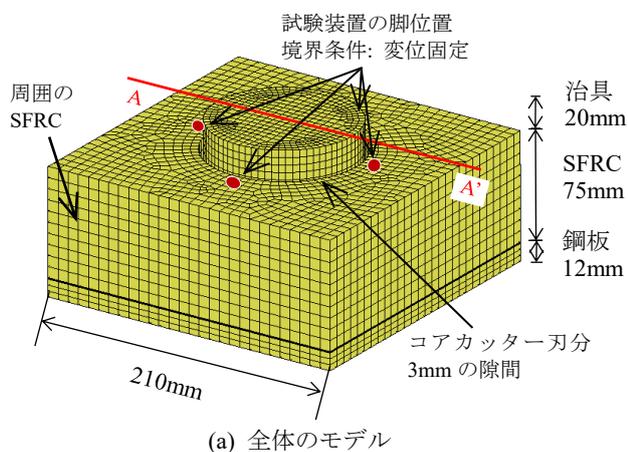


図2 解析モデルの概要 (T-D100T12)

力(引張応力平均値)が  $1\text{N}/\text{mm}^2$  となるように鉛直方向に载荷し、接合部周辺の鉛直方向の応力性状を求めた。なお、弾性挙動内では、試験時に鋼板裏面で計測(コア中心と中心から  $40\text{mm}$  位置で計測)したコア径方向の荷重-ひずみ関係と解析結果が概ね対応することを確認している(図3)。応力着

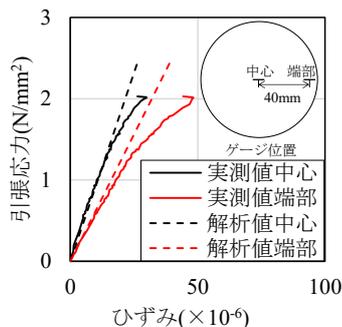


図3 応力-ひずみ関係例 (T-D100T12)

目部は、破壊位置を参考に接着剤の境界面から高さ方向に  $1\text{mm}$  だけ SFRC 側のコア断面の A-A' 方向とした。

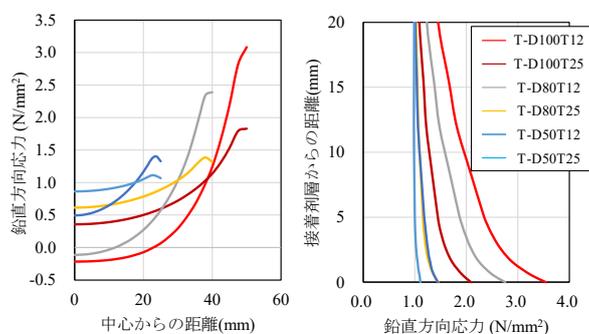
#### 4. 試験結果と考察

表1にケースごとの引張強度の平均値と解析による応力集中係数(着目部の応力  $\sigma_{max}$  から公称応力で除した値)を、図3に T-D100T12 での引張応力(=载荷荷重/コア断面積)と鋼板裏面ひずみの関係を、図4に接合部周辺の直径方向と高さ方向(コア側面)の鉛直応力分布を示す。図3よりコア中心、円周側のいずれも载荷中に非線形な応力ひずみ関係となっており、コア円周側の方が低い荷重時から非線形性がみられている。図4より全ケースで端部近傍に最大応力(全ケースの最小値  $1.11\text{N}/\text{mm}^2$ 、最大値  $3.1\text{N}/\text{mm}^2$ )が生じており、コア抜き引張試験では接合部の端部から破壊が生じる可能性が高いと考えられる。

図5に各試験体の引張強度と応力集中係数の関係を示す。鋼板境界面近くの SFRC と接着剤の接合部ではない部位で破壊した試験体の場合には母材破壊として区別している。また、図中には、引張強度に応力集中係数を乗じた値が一定値になると仮定した場合の回帰式を示している。各データのばらつきは大きい、応力集中係数が大きくなるにつれて引張強度が低下する傾向がみられ、本試験法は応力集中の影響が含まれる試験である点に留意する必要がある。一方、応力集中係数が1程度になると、母材破壊となる場合が多くなり、接合部としての引張強度を適切に計測することは難しくなる。限定された試験条件でのデータであるが、本試験体に対するコア抜き引張試験では、コア径、鋼板厚による接合部周辺の端部への応力集中が引張強度に影響を与えていることが示唆された。すなわち、試験に際してはデッキ厚やデッキ下面側のリブ等による拘束条件やコア径等の試験条件に留意する必要があると考えられる。

本研究の一部は JSPS 科研費 JP18K04326 の助成を受けて実施した。

**参考文献** 1) (独)土木研究所他：鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究(その2・3・4)報告書—SFRC 舗装による既設鋼床版の補強に関する設計・施工マニュアル(案)—、共同研究報告書 No.395, 2009.10., 2) (独)土木研究所他：鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究(その4)報告書—SFRC の基本物性と接着剤接合部における強度特性に関する検討—、共同研究報告書 No.413, 2011.2., 3) 大戸他：鋼床版 SFRC 舗装接着剤接合部の劣化特性に関する実験的検討、鋼構造年次論文報告集, Vol.28, pp.167-176, 2020.11.



(a) 着目部(A-A'断面) (b) 高さ方向(コア側面)

図4 接合部周辺の鉛直応力分布

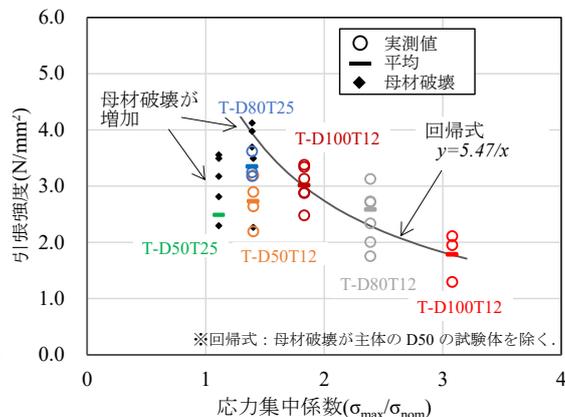


図5 引張強度と応力集中係数の関係