

高強度繊維補強モルタルを耐震補強に用いた場合の繊維配向に関する検討

東急建設株式会社 技術研究所 正会員 ○笠倉亮太 鈴木将充
公益財団法人鉄道総合技術研究所 田所敏弥
首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 宇治公隆

1. はじめに

筆者らは施工困難箇所に応用可能かつ、施工の省力化、省人化による生産性の向上を目的とした耐震補強CBパネル工法の開発を行っている^{例え1)}。CBパネル工法の概要を図1に示す。CBパネル工法は、プレキャストパネル（以下、パネル）と高強度繊維補強モルタル（以下、モルタル）を用いた耐震補強工法であり、パネルを埋設型枠として既設柱周りに配置し、既設柱との隙間にモルタルを充填するものである。補強の目的により、接続鋼材(Type-S)を用いたせん断補強仕様、接続鋼材(Type-D)を用いたじん性補強仕様を設けている。また、接続鋼材が補強材を兼ねることで、補強鉄筋の組立、型枠組立・脱型および支保工を省略でき、施工の効率化、短期施工を可能とした。

本工法で用いるモルタルは、UFC 指針²⁾に示される直接引張強度を満足する材料であり、薄肉部材としても耐荷力を期待することができ、施工スペースや躯体自重の増加等に課題がある補修・補強工事においても、有効に活用できるものと考えられる。しかしながら、これらのUFCに準じる材料は、自身の流動性や断面寸法が繊維の配向に影響を与え、引張強度にも影響を与えることが知られている^{例え3)}。

本研究では、本工法で用いるモルタルの繊維の配向と直接引張強度の関係を明らかにするため、耐震補強の実施工を模した試験体の直接引張試験を実施するとともに、X線透過撮影により配向係数 $\beta^3)$ を算出し、繊維配向と直接引張強度の関係について検討した。



図1 工法概念図

表1 モルタルの配合

水粉体比 %	鋼繊維混入率 Vol. %	単位量 (kg/m ³)		
		水	プレミックスモルタル	鋼繊維
11.0	1.75	238	2166	137

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート, 鋼繊維, 配向性, 耐震補強

連絡先 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設(株) 技術研究所 土木構造 Gr Tel:042-763-9507

2. 使用材料

本工法で用いるモルタルの配合を表1に示す。モルタルは、鋼繊維径 0.2mm, 繊維長 15mm, 繊維混入率 1.75Vol.%とした繊維補強モルタルであり、現場での練混ぜを想定した蒸気養生不要のプレミックス製品である。なお、モルタルは、既設柱との隙間（標準：35mm）への注入のため、モルタルフロー230mmを規格値とし、圧縮強度は、 $\sigma_{28}=100\text{N/mm}^2$ を規格値としている。

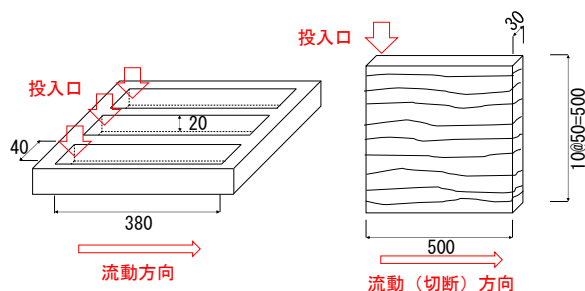
3. 実験概要

1) 直接引張試験

図2に直接引張試験体の製作概要を示す。直接引張試験の試験体は、鋼製型枠を用いた試験体と平板型枠に充填、硬化後に切断した試験体を用いた。モルタルのそれぞれの型枠への充填は、投入位置を片側1箇所とし、一方向にモルタルを流動させた。なお、平板型枠では、実施工を想定し、平板厚を30mm, 1層を50mm程度とし、流動勾配が平滑化した後に上層を打設している。直接引張試験は、鋼製型枠を用いた試験体断面は20×40mm, 平板型枠を用いた試験体断面は30×40mmの棒状試験体とし、破壊断面を限定するため、試験体中央に5mmの切欠きを設け、UFC指針を参考に載荷を実施した。なお、試験体は5本とし、直接引張強度は、最大値と最小値を除いた3本の平均値とした。

2) X線透過撮影および繊維配向

X線透過撮影は、平板型枠から採取し、直接引張試験が終了した試験体を用いた。試験体の採取位置の概要を図3に示す。直接引張試験終了後、破断面から載



a) 鋼製型枠

b) 平板型枠

図2 直接引張試験体の製作概要 (単位 mm)

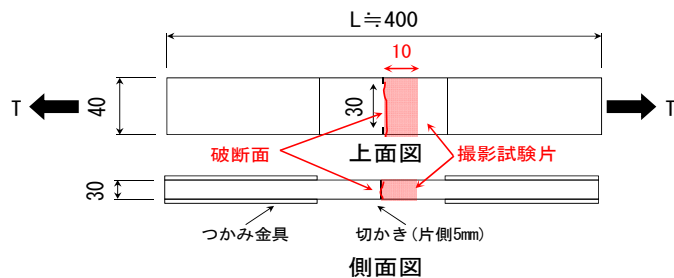


図3 X線透過撮影用試験片の採取

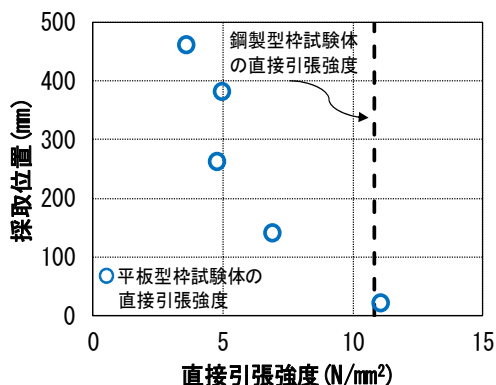


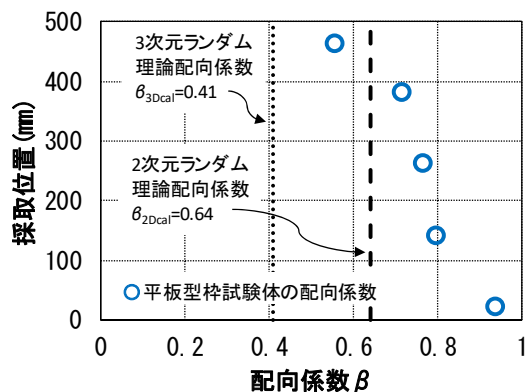
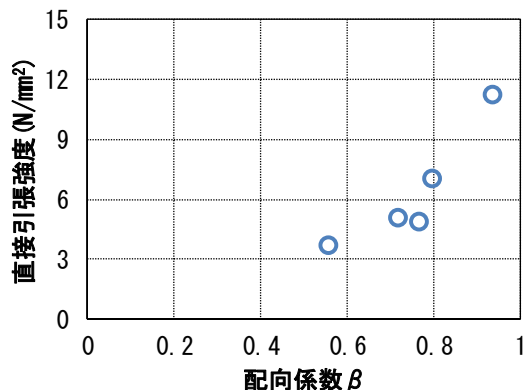
図4 採取位置と直接引張応力の関係

荷軸方向に 10mm 程度の試験片を採取し、引張軸方向（流動方向）の繊維投影面積および繊維本数を測定し、次式により配向係数 β^3 を算出した。 $\beta = \cos(\tan^{-1}(A/nDt))$ ，ここに、 A ：繊維の投影面積， n ：繊維本数， D ：繊維直径(=0.21mm)， t ：試験片厚(=10mm)である。

4. 実験結果

平板からの採取位置と直接引張強度 f_t の関係を図 4、採取位置と配向係数 β の関係を図 5、直接引張強度 f_t と配向係数 β の関係を図 6 に示す。なお、図 4 中には、鋼製型枠を用いた試験体の直接引張強度を破線にて示し、図 5 中には、3 次元および 2 次元ランダム配向の理論配向係数 β を併せて示す。

平板から採取した試験体の直接引張強度 f_t は、最下段では、鋼製枠を用いた試験体と同等となっているものの、それ以外の採取位置では小さくなっている。また、配向係数 β は、最下段では $\beta=0.94$ となり、繊維が流動方向に対してほぼ平行であることを示しているが、直接引張強度と同様に採取位置が高くなると、 β が低下し、2 次元ランダム配向に漸近している。これは、平板の最下層では、底枠と側枠の 3 面による繊維の回転拘束により、繊維が様な方向となるのに対して、それ以外では、下層のモルタルの繊維回転拘束効果が底枠より小さく、側枠の影響が支配的になるため、2 次元ランダム配向の理論配向係数に漸近したものと考えられる。なお、平板の最上段では、自重による充填が困難であったことから、モルタルを流動させず、投入口を移動

図5 採取位置と配向係数 β の関係図6 直接引張応力と配向係数の配向係数 β の関係

させながら充填している。このため、 β が小さくなり、 f_t も低下したものと考えられる。以上より、本工法で使用するモルタルは、最上下段は施工上の特異点であり、実施工では、2 次元ランダム配向状態にあるものと考えられる。また、図 6 に示す直接引張強度 f_t と配向係数 β の関係は、ほぼ比例関係が認められる。

5. おわりに

本稿では、本工法で用いるモルタルの繊維の配向と直接引張強度の関係を明らかにするため、耐震補強の実施工を模した試験体の直接引張試験、配向係数 β の算出を行った。この結果、本モルタルは、耐震補強に用いることで、配合される鋼繊維が 2 次元ランダム配向に近い配向となり、配向係数と直接引張強度には概ね比例関係があることが確認された。これらの関係から、繊維の配向を考慮した部材性能の評価が可能であるものと考えられ、今後は、繊維の配向を考慮した性能照査方法について検討を実施する予定である。

参考文献

- 1) 笠倉亮太他：プレキャストパネルと高強度繊維補強モルタルを用いた耐震補強工法のせん断耐荷特性に関する実験的検討，コンクリート工学論文集，Vol.29，pp.55-62，2018。
- 2) (社)土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），コンクリートライブラリー 113，2004。
- 3) 小林一輔他：鋼繊維補強コンクリート - 一般的性質・強化機構・繊維の配向と分散 -，コンクリート工学，Vol.15，No.3，pp.7-21，1977。

謝辞

本実験の実施にあたり、(株)ホクコンにご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。