

# 帯筋と鋼繊維を併用したハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度に及ぼす外的拘束と内的拘束の相互作用の影響

正会員 ○ 高橋 拓也\*1  
同 関 俊力\*2  
同 瀬古 繁喜\*3  
同 山田 和夫\*4

モルタル 支圧強度 帯筋  
鋼繊維 外的拘束 内的拘束

## 1. はじめに

前報<sup>1)~4)</sup>では、鋼繊維によって内的拘束を受ける鋼繊維補強コンクリートの支圧強度推定式について、一連の実験的検討を行った。本研究では、引き続き、帯筋（本研究では、鋼管を所定の幅に輪切りしたものを帯筋モデルとして使用した。本論文では、これを帯管と表記することにする）による外的拘束と鋼繊維による内的拘束を同時に受けるハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度に及ぼす帯管、鋼繊維およびそれらの相乗効果の影響を明らかにすることを目的として、実験的検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 試験体

本実験では、表-1に示すように、何れも外形(D)×高さ(H)がφ150×300mmの円柱体を使用し、実験要因として、帯管（肉厚T: 1.0mm）の幅(W: 15および30mmの2種類）と設置間隔(S: 40および90mmの2種類）、鋼繊維の体積混入率(Vf: 0.0および4.0%の2種類）と長さ(Lf: 30および60mmの2種類）、並びに支圧径(B: 50, 75, 100および145mmの4種類）を取り上げ、支圧強度に及ぼす帯管と鋼繊維の相互作用の影響について検討を行った。

表-1 実験の概要

シリーズ名	W/C (%)	帯管(鋼管を加工)詳細			鋼繊維詳細		試験体寸法		支圧径 B (mm)
		肉厚 T (mm)	幅 W (mm)	間隔 S (mm)	寸法 <径×長さ> (mm)	体積混入率 Vf (%)	直径 D (mm)	高さ H (mm)	
PL50-V00	50	—	—	—	—	—	φ150	300	145, 100, 75, 50
ST50-S40	50	1.0	15	40.7	—	—			
ST50-L90	50	1.0	30	90.0	—	—			
SF50-S4	50	—	—	—	φ0.62×30	4.0			
SF50-L4	50	—	—	—	φ0.75×60	4.0			
H50-S4-S40	50	1.0	15	40.7	φ0.62×30	4.0			
H50-S4-L90	50	1.0	30	90.0	φ0.62×30	4.0			
H50-L4-S40	50	1.0	15	40.7	φ0.75×60	4.0			
H50-L4-L90	50	1.0	30	90.0	φ0.75×60	4.0			

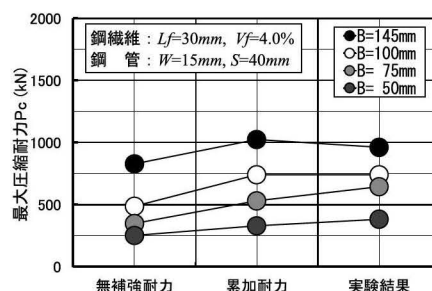
## 2.2 加力および測定方法

本実験では、各種モルタルの1軸支圧加力に容量2,000kNの油圧式耐圧試験機を使用し、毎分約1.0mmの载荷スピードになるように手動で単調漸増1軸支圧荷重を行って最大耐力および荷重-軸変位関係の測定、並びにデジタルカメラによる破壊状況の撮影および記録を行った。

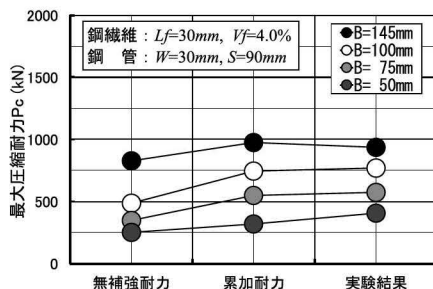
## 3. 実験結果とその考察

### 3.1 圧縮耐力

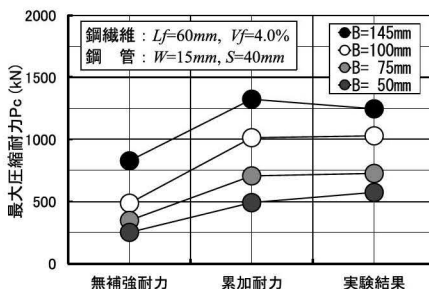
図-1(a)~(d)は、帯管と鋼繊維で横拘束されたハイブリッド型横拘束モルタルの最大圧縮耐力の実験結果と後述する方法で算定した累加最大圧縮耐力の計算結果（「無拘束モルタルの支圧強度」+「帯管と鋼繊維の横拘束によって生じる支圧強度の増分」に支圧面積を乗じることにより算定した）との比較を試験体種類別に示したものである。なお、図中には無拘束モルタルの最大圧縮耐力に関する実験結果も併示してある。これらの図によれば、支圧径が145mmの全面加力および100mmの支圧加力を行った場合の最大圧縮耐力の実験結果は、累加最大圧縮耐力とほぼ一致する結果が得られているが、支圧径をそれ以下で支圧加力を行った場合の実験結果は、累加最大圧縮耐力よりも大きくなり、その差は支圧径が小さくなるほど増大する傾向を示しているのがわかる。このことか



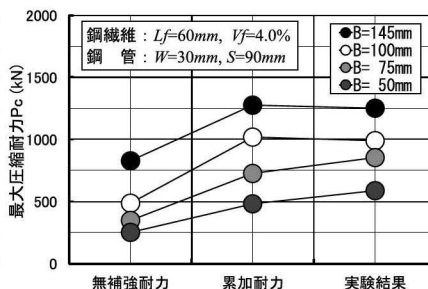
(a) H50-S4-S40試験体



(b) H50-S4-L90試験体



(c) H50-L4-S40試験体



(d) H50-L4-L90試験体

図-1 帯管と鋼繊維を併用したハイブリッド型横拘束モルタルの最大耐力の相乗効果

Effect of Interaction between Internal and External Confinement on Bearing Strength of Mortar having Hybrid Confinement by Hoop and Steel Fiber

TAKAHASHI Takuya, SEKI Toshikatsu, SEKO Shigeki, YAMADA Kazuo

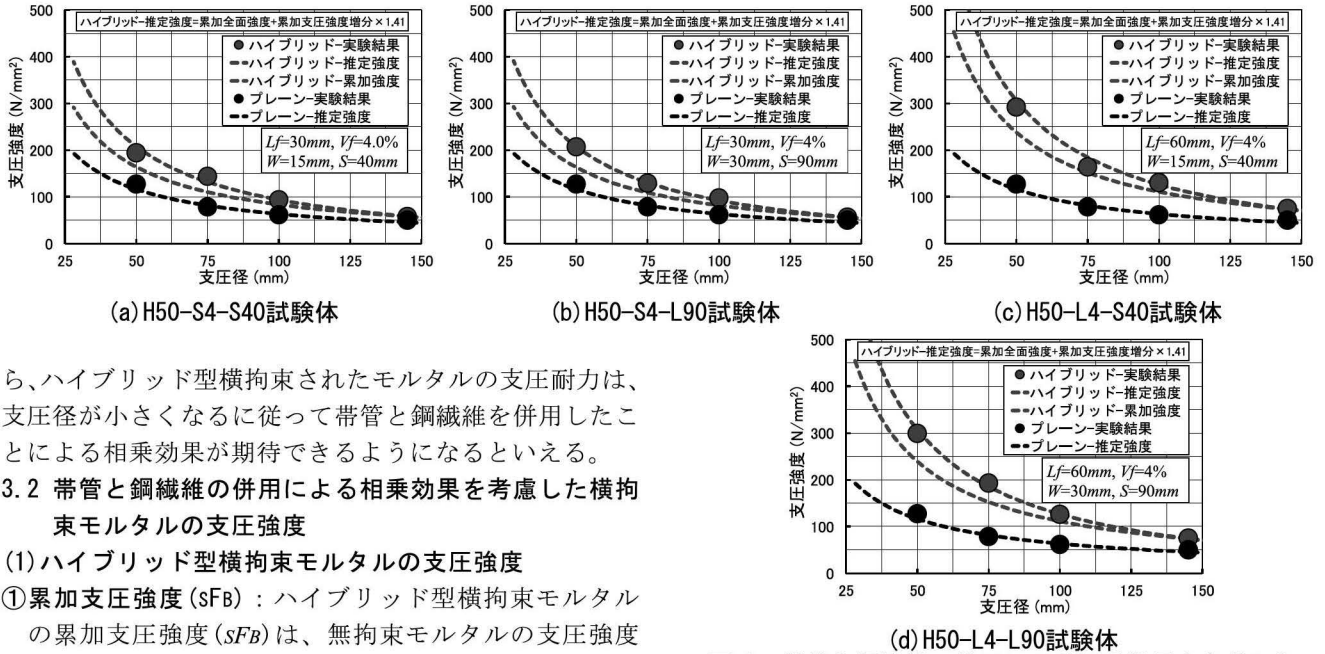


図-2 帯管と鋼繊維の併用による相乗効果を考慮した  
 支圧強度と支圧径との関係の推定結果

ら、ハイブリッド型横拘束されたモルタルの支圧耐力は、支圧径が小さくなるに従って帯管と鋼繊維を併用したことによる相乗効果が期待できるようになるといえる。

### 3.2 帯管と鋼繊維の併用による相乗効果を考慮した横拘束モルタルの支圧強度

#### (1) ハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度

① 累加支圧強度 (sFB) : ハイブリッド型横拘束モルタルの累加支圧強度 (sFB) は、無拘束モルタルの支圧強度と帯管または鋼繊維を単独で横拘束に使用したモルタルの支圧強度との和として、次の式で評価した。

$$sFB = mFB + st-mFB + sf-mFB = \sum iF + \sum \Delta iFB \quad (1)$$

ここに、 $mFB$ 、 $st-mFB$ 、 $sf-mFB$  : 無拘束モルタルの支圧強度、帯管または鋼繊維の横拘束によって生じる支圧強度の増分 (N/mm<sup>2</sup>)。

② ハイブリッド支圧強度 (hFB) : 前掲の図-1から明らかなように、全面加力時の最大圧縮耐力は、累加最大圧縮耐力とほぼ一致するが、支圧加力時の最大圧縮耐力は、累加最大圧縮耐力と比べて大きく、かつ支圧径が小さくなるほど、その差は増大する傾向を示す。そのため、本研究では、上の式(1)中の帯管および鋼繊維で横拘束したことによって生じる支圧強度の増分 ( $\sum \Delta iFB$ ) の項のみに係数  $\alpha$  を乗じた次の式(2)を用いることによって、帯管と鋼繊維の併用による支圧強度に対する相乗効果を考慮することとした。

$$hFB = \sum iF + \alpha \cdot (\sum \Delta iFB) \quad (2)$$

本実験では、式(2)中の係数  $\alpha$  として1.41が得られた。

#### (2) 相乗効果を考慮した支圧強度推定式の適用性

図-2(a)~(d)は、ハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度と支圧径との関係に関する実験結果と推定結果の比較を試験体種類別に比較したものである。なお、図中には無拘束モルタルの支圧強度および累加支圧強度と支圧径との関係も併示してある。これらの図によれば、帯管と鋼繊維で横拘束されたハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度の実験値 (図中の●印) は、帯管の幅・間隔および鋼繊維の長さに関わらず累加支圧強度 (図中の青の破線) よりも大きく、かつ支圧径が小さくなるに従ってその差は増大する傾向を示している。これに対して、帯管と鋼繊維の併用による相乗効果を考慮した式(2)中

の係数  $\alpha$  を1.41に設定すると、ハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度の推定値 (図中の赤の破線) は、支圧径に関わらず実験値と良く一致しているのがわかる。

### 4. むすび

本研究の結果、各種横拘束モルタルの全面圧縮強度の実験結果は、横拘束の種類およびその組合せに関わらず「無拘束モルタルの支圧強度」+「帯管と鋼繊維の横拘束による支圧強度の増分」として算定される累加圧縮強度の計算値とほぼ一致すること、ハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度は、支圧径が小さくなるほど帯管と鋼繊維の併用による相乗効果が期待できるようになり、その効果は帯管と鋼繊維による累加支圧強度に対して約40%増であること、などが明らかとなった。

#### 【参考文献】

- 1) 関俊力他：鋼繊維によって内的拘束を受けるモルタルの支圧強度に関する基礎的検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)、pp.307-308、2016.8
- 2) 山田和夫他：鋼繊維によって内的拘束を受けるコンクリートの支圧強度に及ぼす骨材寸法の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、pp.153-154、2017.9
- 3) 高橋拓也他：鋼繊維によって内的拘束を受けるコンクリートの支圧強度に及ぼす鋼繊維長さ寸法の相互作用の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、pp.741-742、2018.9
- 4) 高橋拓也他：鋼繊維によって内的拘束を受けるコンクリートの支圧強度に及ぼす多軸効果成分とせん断抵抗成分の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)、pp.317-318、2019.9

\*1 愛知工業大学大学院 博士前期課程  
 \*2 愛知工業大学大学院 研究生・修士(工学)  
 \*3 愛知工業大学工学部 教授・博士(工学)  
 \*4 愛知工業大学工学部 教授・工博

\*1 Master Course, Aichi Institute of Technology  
 \*2 Research Student, Aichi Institute of Technology, M.Eng.  
 \*3 Prof., Faculty of Eng., Aichi Institute of Technology, Dr.Eng.  
 \*4 Prof., Faculty of Eng., Aichi Institute of Technology, Dr.Eng.