

鋼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
支圧強度特性に関する研究

正会員 ○小川 大貴*1
同 関 俊力*2
同 瀨古 繁喜*3
同 山田 和夫*4

モルタル 支圧強度 鋼管
鋼繊維 外的拘束 内的拘束

1. はじめに

前報¹⁾では、帯筋による離散的な外的拘束と、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特性の相互作用の影響について一連の実験的検討を行った。本報では、鋼管による一様な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を取り上げ、支圧強度に及ぼす鋼管、鋼繊維およびそれらの相乗効果の影響について検討を行った。

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、鋼管(肉厚T: 1.0および2.3mmの2種類)、鋼繊維(体積混入率Vf: 0.0および3.0%で、長さLf: 30および60mmの4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、支圧強度に及ぼす鋼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 (%)	鋼管詳細		鋼繊維詳細			支圧径 B (mm)
		肉厚 T (mm)	横補強比 Pw (%)	寸法 <径×長さ> (mm)	体積混入率 Vf (%)	等価横補強比 eq Pw*1 (%)	
PL50	—	—	—	—	—	—	145, 100, 75, 50
TU50-T10	—	1.0	1.33	—	—	—	
TU50-T23	—	2.3	3.07	—	—	—	
SF50-S3	—	—	—	φ0.62×30	3.0	0.03	
SF50-L3	—	—	—	φ0.75×60	3.0	0.50	
HY50-T10-S3	—	1.0	1.33	φ0.62×30	3.0	0.03	
HY50-T10-L3	—	1.0	1.33	φ0.75×60	3.0	0.50	
HY50-T23-S3	—	2.3	3.07	φ0.62×30	3.0	0.03	
HY50-T23-L3	—	2.3	3.07	φ0.75×60	3.0	0.50	

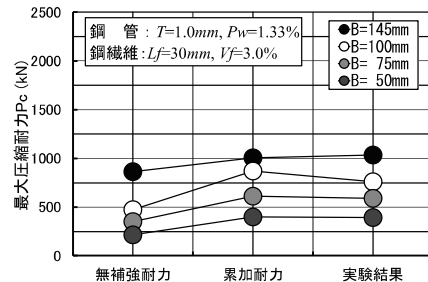
2.2 加力および測定方法

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の載荷スピードとなるように手動で単調漸増1軸支圧載荷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。

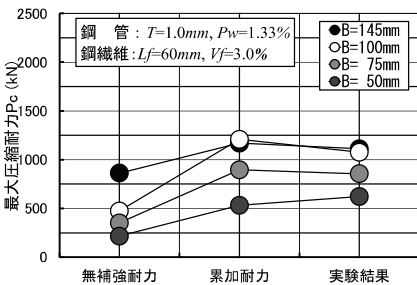
3. 実験結果と考察

3.1 圧縮耐力

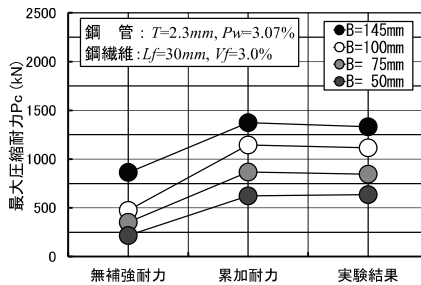
図-1(a)~(d)は、鋼管と鋼繊維で横拘束されたハイブリッド型横拘束モルタルの最大圧縮耐力の実験結果と算定した累加最大圧縮耐力の計算結果(「無拘束モルタルの支圧強度」+「鋼管と鋼繊維の横拘束によって生じる支圧強度の増分」に支圧面積を乗じることにより算定した)との比較を試験体種類別に示したものである。なお、図中には無拘束モルタルの最大圧縮耐力に関する実験結果も併示してある。これらの図によれば、鋼繊維の長さLfが60mm(図-1(b)、(d))の試験体で、支圧径が50mmの場合の最大圧縮耐力の実験結果は、鋼管の肉厚Tに関わらず累加最大耐力より大きい結果が認められるものの、支圧径がそれ以上の支圧加力および全面加力を行った場合の実験結果は、累加最大圧縮耐力と大差のない結果とな



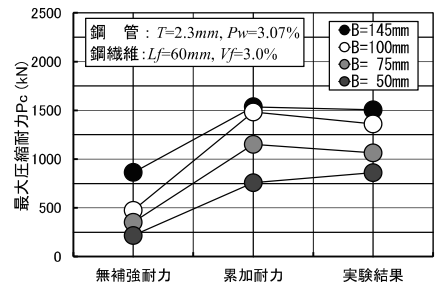
(a) HY-50-T10-S3 試験体



(b) HY-50-T10-L3 試験体



(c) HY-50-T23-S3 試験体



(d) HY-50-T23-L3 試験体

図-1 鋼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

っている。このことから、鋼管により拘束されたハイブリッド型横拘束モルタルの支圧耐力は、累加支圧耐力と良く一致するが、支圧径が小さくなるに従って鋼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といえる。

3.2 鋼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 (sF_B) : ハイブリッド型横拘束モルタルの累加支圧強度 (sF_B) は、無拘束モルタルの支圧強度と鋼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。

$$sF_B = mF_B + s_{t-m}F_B + s_{f-m}F_B = \sum_i F + \sum \Delta_i F_B \quad (1)$$

ここに、 mF_B 、 $s_{t-m}F_B$ 、 $s_{f-m}F_B$: 無拘束モルタルの支圧強度、鋼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/mm²)。

②ハイブリッド支圧強度 (HFB) : 全面加力時の最大圧耐力は、累加最大圧縮耐力とほぼ一致するが、支圧加力時の最大耐力は、支圧径が50mmの場合、累加最大圧縮耐力と比べて大きくなる傾向を示す。そのため、式(1)中の鋼管または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 ($\sum \Delta_i F_B$) の項のみに係数 α を乗じた次の式(2)を用いることによって、鋼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。

$$HFB = \sum_i F + \alpha \cdot (\sum \Delta_i F_B) \quad (2)$$

本実験では、式(2)中の係数 α として1.16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示したものである。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、並びに前報¹⁾で提案した式(2)中の係数 α を1.41とした場合の推定値も合わせて併示してある。これらの図によれば、鋼管と鋼繊維によるハイブリッド型横拘束モルタル支圧強度の実験値 (図中の赤●印) は、鋼管の

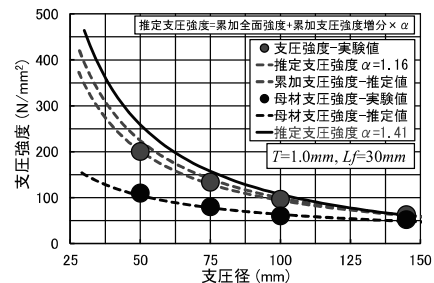
肉厚および鋼繊維の長さにかかわらず累加支圧強度 (図中の青の波線) の1.03～1.18倍 (平均1.07倍) を示しており、その差は支圧径が小さくなるに従って増大する傾向を示している。これに対して、鋼管と鋼繊維の併用による相乗効果を考慮した式(2)中の係数 α を1.16にすると、支圧強度の実験値と推定値 (図中の赤の波線) との差は小さくなり、累加支圧強度の推定値と比較して支圧径に関わらず実験値とよく一致していることがわかる。なお、前報¹⁾で示した離散的な拘束を受ける場合には係数 α として1.41 (図中の黒の実線) が得られており、帯筋と鋼繊維の併用による相乗効果が顕著に認められたが、本研究では相乗効果は小さく、累加強度との差が僅かであった。

4. 結論

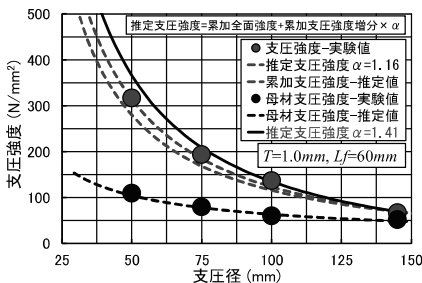
鋼管と鋼繊維を併用したハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度は支圧径が小さくなると、鋼管と鋼繊維との併用による相乗効果が若干期待できるが、前報¹⁾で示した離散的に横拘束する帯筋と鋼繊維を併用した場合ほどの相乗効果は期待できず、その効果は累加支圧強度に対して約16%増程度である。

【参考文献】

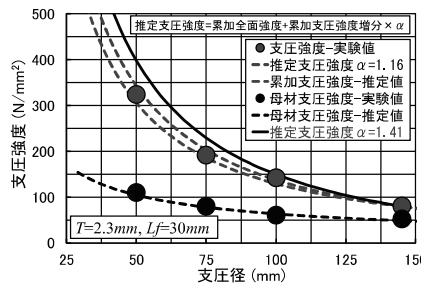
- 1) 高橋拓也他：帯筋と鋼繊維を併用したハイブリッド型横拘束モルタルの支圧強度に及ぼす外的拘束と内的拘束の相互作用の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp.79-80、2020.9



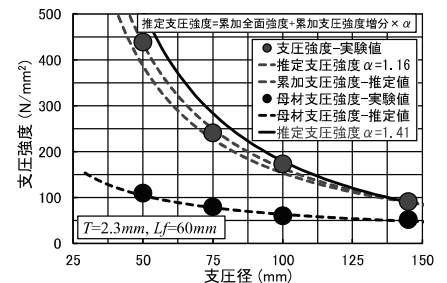
(a) HY-50-T10-S3



(b) HY-50-T10-L3 試験体



(c) HY-50-T23-S3 試験体



(d) HY-50-T23-L3 試験体

図-2 鋼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

*1 愛知工業大学工学部 研究生
 *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 Research Student, 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.