

V-250

横拘束した RC 柱の衝撃荷重載荷実験

北海道開発コンサルタンツ

三井建設

室蘭工業大学

開発土木研究所

正員 亀石 暁

正員 三上 浩

正員 岸 徳光

正員 佐藤 昌志

1. 研究目的

各種巻き付け材料による軸衝撃力を受ける RC 柱の補強効果を主として重錘衝撃力および破壊するまでの累積運動エネルギーを基に検討した。用いた補強材料は鋼板とアラミドおよび炭素テープの 3 種類で、補強間隔や補強材厚などを変化させて実験を行った。

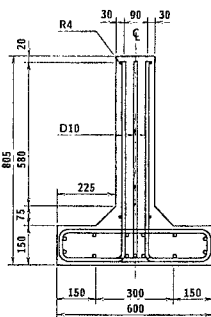
2. 実験概要

実験に用いた試験体は表-1 に示す 15 体である。試験体名のうち、A,S,C は補強材料を示し、各々アラミドテープ、鋼板、炭素テープを用いたことを示す。第 2 項の - 3 および - 7 は巻き付け段数を示し、末尾の - 1, 2, 3 は巻き付け層数または厚さを示している。なお、RC 柱への衝撃荷重の載荷は重錘 (200kgf) の自由落下衝撃によって行った。

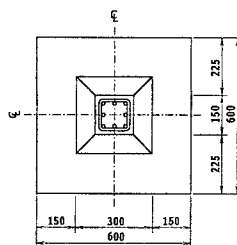
図-1 に試験体の形状寸法および配筋と補強の概要を示す。補強筋は軸方向筋が D10 (8 本) で補強筋比は約 2.5 %、帯鉄筋は柱頭部と下部の 2 ヶ所のみに配筋し、巻き付け材料の補強効果を検討できるようにしている。表-2 に巻き付け補強材の力学的特性を示す。また、実験に用いたコンクリートはポアソン比 0.19、弾性係数 2.15×10^5 kgf/cm²、圧縮強度 296 kgf/cm² である。

3. 実験結果および考察

最大重錘衝撃力と破断に至るまでの重錘の累積運動エネルギーを耐衝撃性を示す因子と考え、これらと補強材の体積補強割合の関係を検討した。図-2 に巻き付け補強材の体積補強割合と最大重錘衝撃力の関係を示す。本論文では体積補強割合として、①補強材の量に基づく実体積補強割合 ρ_a 、②実体積補強割合に FRP テープと鋼板との弾性係数比を乗じた補正体積補強割合 ρ_b の 2 つの場合について検討を行った。



(a) 試験体の形状寸法と配筋



(b) 補強の概要

図-1 試験体の概要

表-1 試験体の一覧

試験体名	補強材料	巻き付け段数 (段)	巻き付け層数または厚さ	載荷速度 (m/sec)	体積補強割合 (%)
A-3-1	アラミド	3	1 層	1 ~ 6	0.15
A-7-1		7		1 ~ 6.5	0.35
A-3-2		3	2 層	1 ~ 6	0.30
A-7-2		7		1 ~ 6.5 × 3	0.71
A-3-3		3	3 層	1 ~ 6.5	0.45
A-7-3		7		1 ~ 6.5 × 10	1.06
S-3-1	鋼板	3	1.2 mm	1 ~ 6.5	0.62
S-7-1		7		1 ~ 6.5	1.45
S-3-2		3	2.3 mm	1 ~ 6.5	1.19
S-7-2		7		1 ~ 6.5 × 3	2.78
S-3-3		3	3.2 mm	1 ~ 6	1.66
S-7-3		7		1 ~ 6.5 × 5	3.86
C-3-1	カーボン	3	1 層	1 ~ 5	0.09
C-7-1		7		1 ~ 6	0.20
N	無補強	-	-	1 ~ 5	-

表-2 巻き付け補強材の力学的特性

補強材	目付け量 (g/m ²)	幅 (mm)	厚さ (mm)	弾性係数 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
アラミドテープ	425	37.5	0.293	1.29×10^6	25,300
カーボンテープ	300		0.167	2.35×10^6	41,500
鋼板 (SS400)	-		1.2 2.3 3.2	2.10×10^6	4,080 ~ 5,200

キーワード：RC 柱、補強工法、アラミドテープ、炭素テープ、軸方向衝撃載荷

連絡先：〒050 北海道室蘭市水元町 27-1、室蘭工業大学、Tel 0143-47-3168、Fax 0143-47-3169

図-2 (a) より、FRP テープ補強の場合には少ない体積補強割合で鋼板と同等以上の最大重錘衝撃力が励起され、巻き付け補強材の特性が補強効果に大きく影響していることが分かる。鋼板補強の場合には、いずれの段数でも体積補強割合の増加による最大重錘衝撃力の増加はさほど顕著ではない。鋼板補強による最大重錘衝撃力の増加と補強割合の関係は図中①で表わされ、これを定式化すると、

$$\frac{f_{sc}}{f_{nc}} = \begin{cases} 0.3 \rho_a + 1.0 & (0 < \rho_a \leq 1.45 \%) \\ 0.045 \rho_a + 1.37 & (1.45 < \rho_a \leq 3.86 \%) \end{cases} \quad \dots (1)$$

f_{sc} : 鋼板補強試験体の軸圧縮耐力
 f_{nc} : 無補強試験体の軸圧縮耐力
 ρ_a : 実体積補強割合 (%)

図中A - および S - において、体積補強割合が増加しているにも関わらず衝撃力が減少しているのは、補強段数が衝撃力に大きな影響を与えることを示している。すなわち、補強材を密な間隔で配置する方が最大重錘衝撃力を大きくし、耐衝撃性を効率的に向上できると考えられる。なお、図中の $P = 66.74$ tf はコンクリートの平均圧縮強度から求めた計算耐力である。図-2 (b) で鋼板との弾性係数比を各 FRP テープの実体積補強割合に乗じて補強効果を検討した。図中の③、④の線は以下のように定式化できる。

$$\frac{f_{fc}}{f_{nc}} = \begin{cases} 2.0 \rho_b + 1.0 \text{ (上限値)} & (0 < \rho_b \leq 0.23 \%) \\ 0.8 \rho_b + 1.0 \text{ (下限値)} & (0 < \rho_b \leq 0.65 \%) \end{cases} \quad \dots (2)$$

f_{fc} : FRP 補強試験体の軸圧縮耐力
 ρ_b : 補正体積補強割合 (%)

図-3 に体積補強割合と破壊に至るまでの重錘の累積運動エネルギーの関係を示す。図-3 (a) より、鋼板で補強した場合の累積エネルギーの増大は⑤の関係となり、以下のように定式化できる。

$$\frac{E_S}{E_N} = 1.09 \rho_a + 1.0 \quad (0 < \rho_a < 3.86 \%) \quad \dots (3)$$

E_S : 鋼板補強試験体の累積エネルギー
 E_N : 無補強試験体の累積エネルギー

一方、FRP テープ補強の場合は鋼板との弾性係数比を乗じて検討すると、図-3 (b) より⑥の関係となる。これを定式化すると、以下になる。

$$\frac{E_F}{E_N} = 19.48 \rho_b^2 + 1.0 \quad (0 < \rho_b < 0.65 \%) \quad \dots (4)$$

E_F : FRP 補強試験体の累積エネルギー

4. まとめ

RC 柱を各種巻き付け材料で補強し、その補強効果を軸衝撃載荷実験によって検討した。本実験結果を基に、鋼板接着と FRP テープ補強の効果（軸圧縮耐力の向上および累積運動エネルギーの増大）を算定する式を提案した。

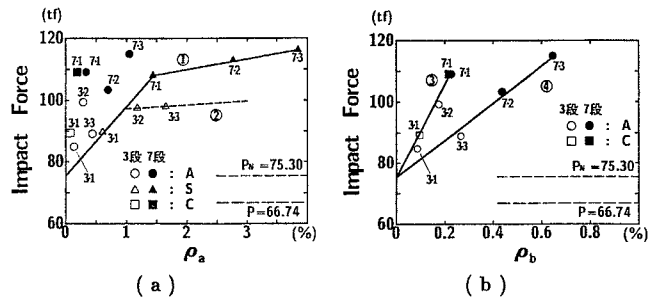


図-2 体積補強割合と最大重錘衝撃力の関係

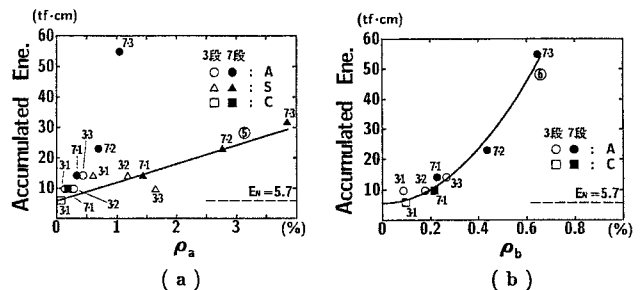


図-3 体積補強割合と累積運動エネルギーの関係