補強量を変化させた AFRP シート下面接着曲げ補強 RC 梁の重錘落下衝撃実験

室蘭工業大学大学院 学生会員 〇田野 順也 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人 室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光 三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

1. はじめに

本研究では、補強量を変化させた AFRP シート下面接着 曲げ補強 RC 梁を対象に重鍾落下衝撃実験を実施し、RC 梁の耐衝撃挙動および終局時の破壊形式に及ぼす補強量 の影響等について検討を行った。

2. 実験概要

表 1 には、本実験に用いた試験体の一覧を示している. 試験体は、シート補強量および落下高さを変化させた全 14 体である。表中の試験体名のうち、第一項目の A に付随する数値はシートの目付量 (g/m^2) 、第二項目の H に付随する数値は設定重錘落下高さ (m) を示している.

図1には、シート補強試験体の概要を示している。 試験体の形状寸法(梁幅×梁高×スパン長)は、200×250×3,000mmである。 また、軸方向鉄筋 (D19) は4本、せん断補強鉄筋 (D10) は100mm間隔で配筋されている。

表 2 には、本実験で用いた AFRP シートの力学的特性を示しており、補強量を 280, 415, 830, 1660 (= 830×2) g/m² と 4 種類に変化させた実験を実施した。 AFRP シートは、梁底面にブラスト処理を施し、エポキシ系プライ

表 1 試験体一覧

試験体名	設定重錘 落下高さ <i>H</i> (m)	実測重錘 衝突速度 V' (m/s)	実測入力 エネルギー E_i (kJ)	シート の破壊 性状
A280-H1.0	1.0	4.515	3.06	-
A415-H1.0	1.0	4.447	2.97	-
A415-H2.0	2.0	6.245	5.85	-
A415-H2.5	2.5	6.988	7.33	-
A415-H3.0	3.0	7.526	8.50	破断
A830-H1.0	1.0	4.447	2.97	-
A830-H2.0	2.0	6.245	5.85	-
A830-H2.5	2.5	6.988	7.33	-
A830-H3.0	3.0	7.724	8.95	部分剥離
A830-H3.5	3.5	8.153	9.97	破断
A1660-H1.0	1.0	4.447	2.97	-
A1660-H2.0	2.0	6.245	5.85	-
A1660-H2.5	2.5	6.988	7.33	剥離
A1660-H3.0	3.0	7.724	8.95	剥離



図 1 試験体概要 (AFRP シート補強試験体)

マーを塗布した後,底面が指触乾燥状態になるまで養生し,エポキシ系含浸接着樹脂を用いて支点の 50 mm 手前まで接着した.材料試験結果より,コンクリートの圧縮強度 f'_{c} は 33.7 MPa,主鉄筋降伏強度 f_{ya} およびせん断補強筋降伏強度 f_{ys} はそれぞれ 371 MPa, 402 MPa である.

図3には、衝撃載荷実験状況を示している。衝撃載荷実験は、質量300kg、先端直径200mmの鋼製重錘を所定の高さから一度だけ自由落下させる単一載荷法に基づいて行っている。また、試験体の両支点部は、回転を許容し、浮き上がりを拘束するピン支持に近い構造となっている。なお、本実験の測定項目は、重錘衝撃力、支点反力および載荷点変位である。

3. 実験結果および考察

図2には、落下高さH = 3.0 m における A415, 830, 1660 試験体に関する各種時刻歴応答波形を示している. (a) 図 より、重錘衝撃力波形は、いずれの補強量においても同様 な性状を示していることが分かる. これは, 重錘衝撃力 が重錘衝突部近傍の剛性にのみ依存し、補強量の大小に よる影響が小さいことを示唆している。(b) 図より、支点 反力波形において, 補強量が大きいほど梁の剛性も増大 するため、主波動の継続時間は短くなる傾向にあること が分かる. (c) 図より, 載荷点変位波形において, 最大変 位は補強量の増大に対応して減少しているものの、残留 変位に着目すると、A830 試験体の場合が最も小さい。こ れは後述するように、A415, 1660 試験体の場合にはシー トが破断あるいは全面剥離に至っているものの、A830試 験体の場合にはシートが完全には剥離しておらず、除荷 時以降もシートの補強効果が発揮されているためと考え られる。すなわち、AFRPシートの補強量が比較的大きい 場合であっても、その耐衝撃性向上効果が必ずしも顕著 に示されない可能性があると考えられる.

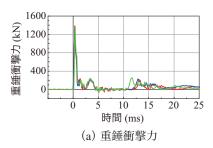
図4には、落下高さH = 3.0 mの A415,830,1660 試験体に関する最大変位到達時刻のひび割れおよびシートの破壊状況を示している。 (a) 図に示す A415 試験体では載

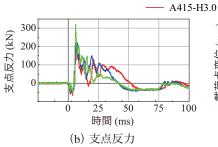
表 2 AFRP シートの力学的特性値(公称値)

秋~ 八川 ノ 「の刀子的特性性(五物性)							
目付量 (g/m ²)	保証 耐力 (kN/m)	設計厚 (mm)	引張 強度 (GPa)	弾性 係数 (GPa)	破断 ひずみ (%)		
280	392	0.193					
415	588	0.286	2.06	118	1.75		
830	1,176	0.572					

キーワード:RC 梁, AFRP シート, 目付量, 衝撃荷重載荷実験, 耐衝撃挙動, 破壊形式

連絡先:〒050-8585 室蘭工業大学大学院 くらし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX 0143-46-5228





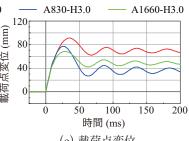
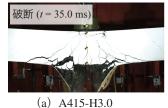
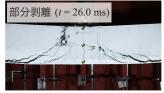


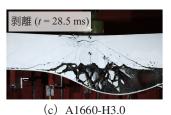
図 2 各種時刻歴応答波形(落下高さ H=3.0 m)

点変位 (載荷原 (c) 載荷点変位

鋼製重錘 4







衝擊載荷実験状況

図 4 最大変位時のシートの破壊状況(落下高さ H=3.0 m)

(b) A830-H3.0

荷点部近傍のひび割れ領域が狭く、上縁載荷点部の圧壊が 顕在化し、梁が角折れの傾向を示してシート破断に至った と推察される. また, (b) 図の A830 試験体の場合には, 支点の手前付近まで剥離領域が進展したものの、シートの 全面剥離には至らなかった。(c) 図の A1660 試験体は補 強量が大きいことより, 主鉄筋降伏領域も広くなり, 斜 めひび割れの分布角度がより小さくなるため、斜めひび 割れ先端部のシートを剥がすピーリング作用が顕著に現 れ,全面剥離に至ったと考えられる.

図5には、A415,830,1660試験体に関する実測入力エ ネルギー E_i と最大および残留変位の関係を示している. (a) 図より、最大変位はいずれの補強量においても入力エ ネルギーとほぼ線形関係にあることが分かる。また、シー ト補強量が大きいほど、傾き α_m が小さくなることから梁 の変形が抑制される傾向が確認される。(b) 図より、残留 変位はシートが破断あるいは剥離した場合を除き、最大 変位の場合と同様に入力エネルギーとほぼ線形関係にあ ることが分かる.

図6には、静的耐力 P_{usc} と最大および残留変位係数 α_i の関係を示している. なお,静的耐力 P_{usc} は別途実施した 静載荷実験の結果、変位係数 α_i は $\mathbf{図5}$ におけるシートが 破断あるいは剥離したケースを除いた入力エネルギーと各 変位の関係より算出した近似曲線の傾きである。また、既 往の研究より提案されている無補強 RC 梁に関する耐衝撃 設計式 $^{1)}$ (最大変位を用いる場合は $\alpha_m = 0.63/P_{usc}$, 残留変 位を用いる場合は $\alpha_r = 0.42/P_{usc}$) も合わせて示している.

図より、最大あるいは残留変位係数 α; は、補強量(静 的耐力 P_{usc}) が大きくなるほど小さくなる傾向を示してい る. この傾向は,無補強 RC 梁に関する著者等の研究成果 1)と類似した特性を有していることより、最大変位あるい は残留変位を規定することによって、シート補強後のRC

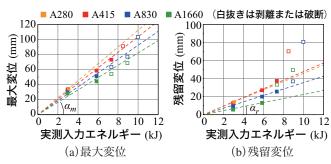


図 5 実測入力エネルギーと各種応答変位の関係

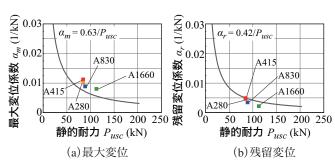


図 6 静的耐力と各種変位係数の関係

梁の静的耐力を用いた耐衝撃設計法の定式化の可能性を 示唆している.

4. まとめ

- (1) AFRP シート補強 RC 梁の衝撃荷重下における破壊形 式はシート補強量によって異なる.
- (2) シート補強量にかかわらず、実測入力エネルギーは 最大変位あるいはシート破断または剥離した場合を 除いた残留変位とほぼ線形関係にある.

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP17K06527 の助成を受けたも のである. ここに記して感謝の意を表する.

参考文献

1) Kishi, N., and Mikami, H.: Empirical formulas for designing reinforced concrete beams under impact loading, ACI Struct. J., 109(4), 509-519. 2012.