

載荷方法の異なる緩衝ゴムを設置した静的曲げ圧壊型 AFRP シート接着 RC 梁の耐衝撃性状

(株)構研エンジニアリング 正会員 ○鈴木 健太郎 室蘭工業大学 正会員 小室 雅人
 室蘭工業大学 正会員 瓦井 智貴 室蘭工業大学 名誉会員 岸 徳光

1. はじめに

著者らは、AFRP シート接着曲げ補強(以後、単にシート補強)を施した RC 梁を対象に、シート補強による耐衝撃性向上効果に関して実験的な研究を継続して行っている。本研究では、静的に曲げ圧壊型で終局に至るシート補強 RC 梁を対象に、衝撃荷重載荷点部に緩衝ゴムを設置した場合に関して重錘落下衝撃荷重載荷実験を実施した。なお、載荷方法は3種類に変化させることとした。

2. 実験概要

図1には、試験体の形状寸法、配筋およびシートの接着位置等を示している。本研究では、RC 梁試験体を対象に、緩衝ゴムを設置しない条件下において静的に曲げ圧壊型、すなわち衝撃荷重載荷時にシート破断で終局に至る目付量が415 g/m² のアラミド繊維(AFRP)シート一層を用いて接着補強を行うこととした。表1には、本実験に用いた試験体一覧を示している。実験ケース名は、第1項目に載荷方法(S:単一載荷、G:漸増繰り返し載荷、C:一定繰り返し載荷)を、第2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。なお、AFRP シートは公称の弾性係数が $E_f = 118 \text{ GPa}$ 、破断ひずみが $\epsilon_{fu} = 1.75 \%$ である。

写真1には、載荷装置と試験体の設置状況を示している。本研究では、300 kg の鋼製重錘を自由落下させるこ

とで実験を実施した。なお、載荷位置はスパン中央部に限定した。また、載荷方法は一度だけ重錘を落下させる単一載荷、落下高を徐々に大きくしていく漸増繰り返し載荷、落下高を一定とした一定繰り返し載荷の3種類である。緩衝ゴムの形状寸法は、重錘先端部の円柱状の形状寸法が直径 200 mm であることより 200 mm 四方とし、厚さを 50 mm とした。

図2には、緩衝ゴムに関する静荷重載荷実験から得られた荷重－変位関係を示している。荷重は 500 kN まで単調載荷させることとし、100 kN 毎に除荷・載荷を繰り返した場合についても比較して示している。図より、最大変位が 25 mm 程度において荷重は 500 kN 程度を示している。また、荷重レベルの増加に対応して除荷勾配が増加傾向にあることも見て取れる。

3. 衝撃荷重載荷実験結果および考察

図3には、全4試験体に関する各種時刻歴応答波形を示している。なお、(b),(c)図に示す変位およびひずみに関しては載荷毎の残留変位あるいはひずみ値を考慮した結果である。(a)図に示す衝撃力波形に着目すると、いずれの落下高あるいは載荷回数においても、載荷初期の 5 ms 程度において最大衝撃力を示しており、その後除荷するものの再載荷に至る性状が確認できる。また、繰り返し載荷で落下高さが同一の場合には、最大衝撃力および波動継続時間は載荷回数にかかわらず類似していることが分かる。これは、緩衝ゴムの緩衝効果によって、載荷点部の局所的な損傷が抑制されたことと、シート接着部の損傷が顕在

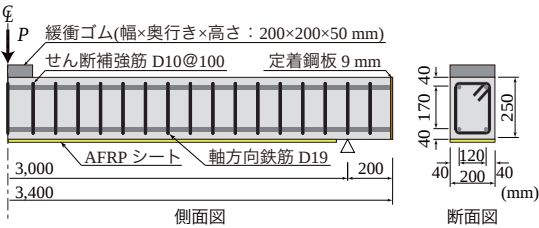


図1 試験体の形状寸法と配筋

表1 試験体一覧

試験体名	載荷方法	載荷回数(回)	設定落下高(m)	実測衝突速度 V (m/s)	コンクリート圧縮強度 f'_c (MPa)	主鉄筋降伏強度 f_y (MPa)	シート破断の有無
S-H3.5	単一	1	3.5	8.29	29.5	397	有
G-H1/2/2.5	漸増 繰返	1	1	4.52	32.4	379	無
		2	2	6.24			無
		3	2.5	6.99			有
C-H1	一定	10	1	4.51*	32.4	379	無
C-H0.5	繰返	10	0.5	3.13*			無

*同一試験体全ケースの平均値



写真1 実験装置と試験体および緩衝ゴム設置状況

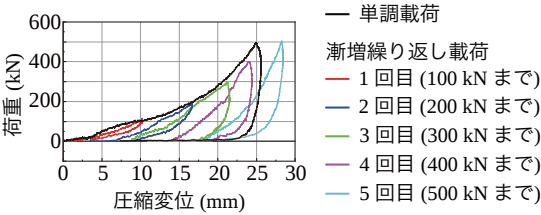


図2 静的荷重下における緩衝ゴムの荷重－変位関係

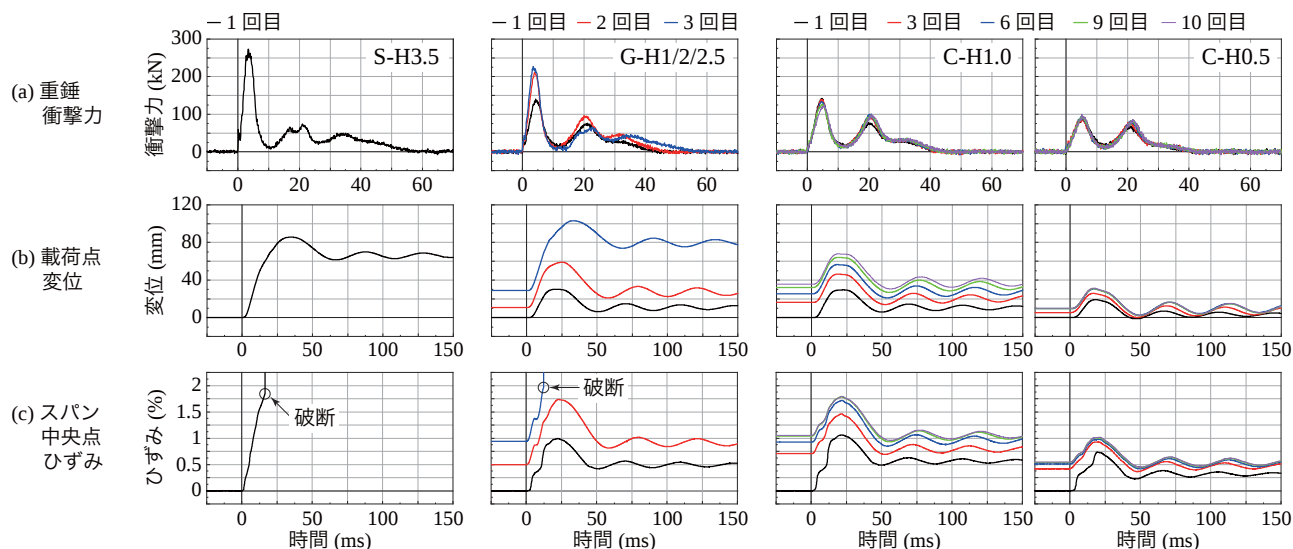


図3 各試験体に関する各種時刻歴応答波形

化していないことによるものと推察される。

(b),(c)図には変位およびひずみ波形を示している。図より、S試験体の場合には、約15ms時点でひずみが急激に増大しシート破断に至ったことで、2%程度以上の値を示していることが分かる。残留変位は65mm程度を示し、純スパン長の2%以上に至っている。G試験体に着目すると、1,2回目载荷時には、変位およびひずみともに最大値を示した後にFRPシートの補強効果によって大きく復元している様子が窺える。一方で、3回目载荷時には12ms時点でシート破断に至っている。シート破断後の残留変位はS試験体よりも10mm程度大きい。これは、1,2回目载荷時の損傷が累積したことによるものと推察される。C試験体に着目すると、いずれの試験体に関しても载荷回数の増加に対応して徐々に損傷が蓄積されている様子が分かる。但し、損傷の程度は载荷回数の増加に対応して減少傾向にあり、载荷回数をさらに増加させることによって一定値に漸近し、両試験体はシート破断あるいは剥離に至らないものと推察される。その傾向は、入力エネルギーのより小さいC-H0.5試験体の場合が、C-H1試験体の場合よりも大きい。

図4には、実験終了後における梁側面のひび割れ分布を示している。ひび割れ図中、斜線部は圧壊を示している。S試験体のひび割れ分布を見ると、1载荷あたりの入力エネルギーが最も大きいことにより、他の試験体と比較して载荷点部近傍にひび割れが集中している傾向が窺える。なお、梁全スパンに渡って上縁からもひび割れが進展していることが確認できる。これは、重錘衝突直後に曲げ波が両端固定梁に類似した状態で支点に向かって伝播していくことを暗示している。G試験体の場合には、梁全体に等間隔に曲げひび割れが生じており、曲げ変形の傾向が見て取れる。また、梁が角折れに至り、シートが破

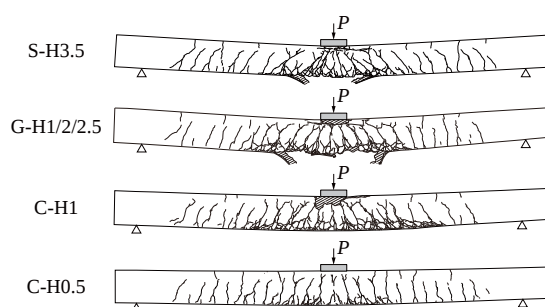


図4 実験終了後におけるひび割れ分布

断したことから、载荷点部が大きく圧壊しているものと推察される。C-H1試験体のひび割れ分布に着目すると、G試験体と同様に曲げひび割れが等間隔に生じているものの、载荷回数が多いことにより梁下縁のシート近傍に短く密な曲げひび割れが多数発生していることが分かる。一方で、C-H0.5試験体の場合には、曲げひび割れがスパン全体にわたって等間隔に生じているものの、C-H1試験体のような密な曲げひび割れは载荷点近傍に限定しており、損傷は4試験体中最も軽微であることが分かる。

4. まとめ

単一载荷時に終局に至る以上の入力エネルギーが作用する場合には、ひび割れが载荷点部に集中しシート破断に至る。また、漸増繰り返し载荷の場合には、シートの最大ひずみも増加傾向を示し、同様にシート破断に至る。一方で、一载荷の入力エネルギーが小さい一定繰り返し载荷の場合には、シートひずみも一定値に漸近する傾向を示し、载荷回数が増加してもシート破断には至らない。

謝辞

本研究で用いたAFRPシートはファイベックス(株)、接着剤等は住友ゴム工業(株)、緩衝ゴムはシバタ工業(株)からご提供頂いた。また、本論文の作成にあたり元三井住友建設(株)三上浩氏に多大なるご支援を頂いた。ここに記して、感謝する次第である。