緩衝材を介して衝撃を受けた PC 梁の静的残存耐力に関する考察

防衛大学校 学生員〇畑野真吾 正会員 黒田一郎 正会員 古屋信明 日本サミコン(株) 正会員 中村佐智夫

1 はじめに

近年,落石覆工は PC 製のものが多く 建設されている.その理由として大きな 耐荷力,工期短縮性などが挙げられる. しかし,曲げ破壊がせん断破壊に先行す るように設計されている PC 製落石覆工



でも、衝撃荷重の作用位置と支承位置によっては、脆性的にせん断破壊する危険性がある.また、落石覆工上面には衝撃荷重をある程度まで緩和もしくは分散させるための処置として、敷砂等を敷いているが、落石覆工の耐衝撃性に関する研究は、主として曲げ破壊に関する問題が対象である.筆者らは、緩衝材を介して衝撃を受ける PC 梁のせん断破壊に関する問題に注目した.

2 実験要領

2.1 実験使用器材

図-1にPC梁の形状および断面寸法を,表-1に材料の諸元を示す.PC鋼より線(導入プレストレス量:66.6kN/本)の定着を十分確保するために,供 試体の全長は2000mmで,梁両端に厚さ10mmの定着鋼板を設けている.また, PC鋼より線は2本・2段の計4本を配置し,ボンド状態(コンクリートとの付 着有り)としている.スターラップは,梁全長にわたってD6鉄筋を100mm間 隔で19本配置している.これは,通常設計されるPC製落石覆工部材におい てせん断補強筋が一番少ない部類に相当する.

緩衝材は、PC 梁の上に鋼製の砂箱を設置し、中には、珪砂7号または砕石 を約240mm あるいは120mm の厚さまで入れた.また、緩衝材の効果の衝撃緩

和のみを抽出することを意図して、ロードセル下端と PC 梁の 間には幅 150mm・厚さ 25mm・長さ 75mm または 150mm の鋼 板 (SS400) (以降,載荷板と呼ぶ)を挟んだ.

2.2 単一重錘落下衝撃実験後の静的載荷実験

まず図-2に示す要領で,質量0.3tの重錘を所定の高さから 1回だけ落下させる単一重錘落下実験を行った.載荷スパンは, 確実にせん断破壊させるために250mm+750mmの左右非対称

(せん断スパン比: a/d≒1.3) とした.載荷点荷重は供試体と 砂箱の間に設置したロードセルにより,載荷点下縁の鉛直方 向変位はレーザー式変位計により計測した.

次に、単一重錘落下実験により損傷を受けた PC 梁供試体 (衝撃載荷後の残留変位が 10mm 以下の梁と衝撃載荷を行っ

キーワード:衝撃, PC 梁, せん断破壊, 砂緩衝材, 残存耐力 連絡先:〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL:046-841-3810 (内線 3517) FAX:046-844-5913

	7 7 0	*** /** ^**
材料名	具 目	<u> </u>
コンクリート	水セメント比(%)	35
	セメント(kg/m ³)	389
	水(kg/m ³)	136
	細骨材(kg/m ³)	752
	粗骨材(kg/m ³)	1178
	載荷実験時の	00.0
	圧縮強度(N/mm ²)	60.Z
PC鋼より線	0.2%永久伸び強度	1759
(SWPR7AN)	(N/mm ²)	
スターラップ,組立筋	降伏強度	000
D6鉄筋(SD295A)	(N/mm ²)	388
緩衝砂	名 称	珪砂7号
	平均粒径(D ₅₀)(mm)	0.22
	均等係数(D60/D10)	1.5
	曲率係数	0.84
	$(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$	
	単位体積質量(kg/m ³)	2.6
	產地	岐阜県土岐
緩衝砂利	平均粒径(D ₅₀)(mm)	10.5
	均等係数(D ₆₀ /D ₁₀)	17.3
(砕石)	曲率係数	0.74
	$(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$	0.74
	出估估挂厨具(ka/m3)	2.5



図-2 重錘落下衝撃実験の要領

表 - 2 実験ケースおよび結果の一覧



 ていない新品の梁)の衝撃後の残存耐力を把握するために、アムスラーを用いて静的載荷実験を行った.ここで、制限変位を10mmとした理由は、これを越えた PC 梁は全て、載荷点と支承を結ぶ面に沿ったコンクリートがある幅で 完全に破壊し、その分離面でのずれ量はおおよそ10mm/sin45°≒14mm以上に達していて、すでにせん断破壊の終局 状態に至っていると認めたからである.実験の支承条件や載荷板は単一重錘落下実験と同様であるが、載荷点には砂 箱は設置せず、荷重計測用のロードセル、さらにその下に載荷板を敷いて、直接 PC 梁に荷重を加えた.

表 - 2に実験ケースおよび結果の一覧を示す.供試体の呼び名は頭から,載荷板長さ(mm)-緩衝材厚(mm)・種類 (S は Sand, G は Gravel)-落下高さ(m)-重錘質量(t)を示す.以降,初期損傷を与えていない新品の梁を 75S(Static) シリーズ,直接衝突を NC シリーズ,緩衝砂厚 240mm を 240S シリーズ,緩衝砂厚 120mm を 120S シリーズおよび 緩衝砂利厚 240mm を 240G シリーズと呼ぶことにする.

3 実験結果

3.1 残存耐力~落下高さの関係

図 - 3.1 に残存耐力 (P_R) ~落下高さ関係を示す. ここで P_R とは, 衝撃載荷によっ て損傷を受けた PC 梁の静的載荷時の最大荷重を指す. 図 - 3 以降の記号の意味は 次のとおりである. ■:75S シリーズ. □, ■, ■:NC シリーズ. ◇, ◆, ◆: 240S シリーズ. △, ▲, ▲:120S シリーズ. ○, ●, ●:240G シリーズ. -, -, -:150T シリーズ. また, すべてのシリーズにおいて, 白抜き:無傷, 灰網掛け: 曲げもしくはせん断ひび割れ, 黒塗り:完全にせん断破壊, を示している.

各シリーズともばらつきはあるものの,落下高さが上がるほど初期損傷は激しくなるため, P_R が小さくなることが確認できる. せん断破壊をした PC 梁は曲げ破壊に至った PC 梁に比べ,落下高さが大きくなった場合の P_R の減少が急激であることも読み取れる. また,新品の梁の静的耐力の約 360kN に比べて,衝撃載荷時に軽度の損傷を受けただけの PC 梁では, P_R はほとんど減少していない.

3.2 緩衝材の効果

(1) 重錘運動量~残存耐力の関係

図 - 3.2 に重錘運動量 (M_0) ~残存耐力 (P_R) の関係を示す. M_0 が大きくなるにつ れて P_R が低下する傾向があることがわかる. これは, M_0 が増加するほど PC 梁の 受ける衝撃荷重が大きくなるからであるが,緩衝材が厚くなると,大きな M_0 に対 しても P_R の減少度合は低下するようになる. グラフの分布より緩衝材の効果が出 ているといえる.

(2) 重錘運動エネルギー~残存耐力の関係

図 - 3.3 に重錘運動エネルギー(E_0) ~残存耐力(P_R)の関係を示す. E_0 が 20kN・m を超えた梁は,静的載荷時に素直にせん断破壊しており,曲げ破壊には移行していない. つまり,最終的にせん断破壊に至らしめるためには,衝撃載荷時にある一定 値以上のエネルギーを入力しないといけない可能性がある.











図-3.3 E₀~P_Rの関係

4 結論

本研究は,緩衝材を介する衝撃力を受けて損傷を受けた PC 梁の残存耐力についての実験的研究を行い,その結果から緩衝材の緩衝効果に関する考察を行った.本研究において得られた知見は以下の通りである.

- (1) せん断破壊した PC 梁は曲げ破壊に至った PC 梁に比べ,落下高さが大きくなった場合の残存耐力の減少が急激である.衝撃載荷時に軽度の損傷を受けただけの PC 梁の残存耐力は、ほとんど減少していなかった.
- (2) 緩衝材が厚くなると、大きな重錘運動量に対しても残存耐力の減少度合は低下するようになる.
- (3) PC 梁を最終的にせん断破壊させるには、衝撃載荷時に一定以上のエネルギーを加えなければならない.