

## 重錘による衝撃を受けるPC梁のエネルギー吸収性能

防衛大学校 正会員 黒田一郎 学生員 下山一貴 正会員 古屋信明 (株)日本サミコン 正会員 中村佐智夫

### 1 はじめに

通常、落石覆工構造は、曲げ破壊が先行するように設計されているため、RC部材の耐衝撃性に関する研究は主に曲げに関する問題を対象として行なわれてきたが、支承近傍に落錘による衝撃を受けたPC梁部材がせん断破壊した事例および実験結果<sup>1)</sup>が報告されている。そこで筆者達は、支点付近に静的あるいは衝撃荷重を受けるPC梁のせん断挙動について研究を重ねてきた<sup>2,3)</sup>。

今回は、ある落下高さからの重錘衝撃を1回だけ受けてせん断ひび割れを生じたが、終局に至らなかったPC梁の静的載荷試験を行ったので、その結果を報告する。今回の検討では、衝撃を受けるPC梁のエネルギー吸収能について着目し、破壊限界落下高さの推定を試みた。

### 2 重錘衝撃実験および静的載荷実験

#### 2.1 供試体

図-1にプレテンションPC梁供試体の形状寸法および断面を示す。供試体の全長はPC鋼より線の定着長を十分確保するために2000mmとし、さらに梁両端に厚さ10mmの定着鋼板を設けている。PC鋼より線（導入プレストレス量:66.6kN/本）は2本ずつ2段に分けて計4本配置しており、ポンド状態としている。スターラップは、梁全長にわたってD6鉄筋を100mm間隔で配している。これは、通常設計されるPC製落石覆工部材において、せん断補強筋が少ない部類に相当する。表-1に材料の諸元を示す。

#### 2.2 実験要領

図-2、写真-1に落錘式単一衝撃載荷実験（ある落下高さからの衝撃を1回のみ与える）要領および実験状況を示す。本実験では、支点部（半円形断面）に反力計測用のロードセルを設置し、跳上がり防止用治具で梁の上面を固定している。また、載荷点部にはサンドクッション効果を想定して、厚さ25mmの鋼板（供試体軸方向の載荷幅150mmと75mmの2種類）を用意し、さらに厚さ5mmのゴムを鋼板の上に貼り付けた。鋼製重錘は質量0.3tであり、先端は半径110mmの半球状をしている。本実験では載荷スパン250mm+750mmの左右非対称支持で載荷を行ったが、載荷点に近い側の支点を左側支点、遠い側の支点を右側支点と呼ぶ（図-2）。重錘加速度は重錘に取り付けた加速度計で計測し、レーザー式変位計により載荷点直下における梁上下縁の鉛直方向変位（これは静的載荷実験でも同様）を測定した（図-2）。その後、衝撃実験によってせん断ひび割れを生じたものの終局状態に至っていない供試体を用いて、同様の支持条件で静的載荷実験を行った。

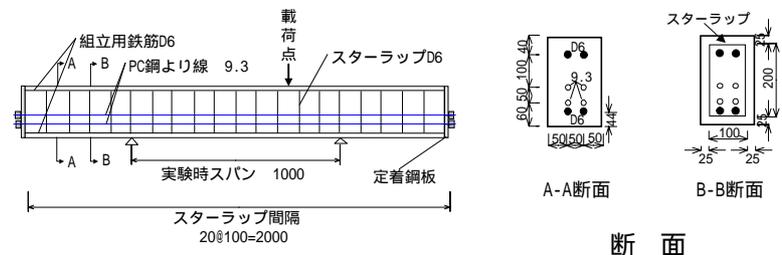


図-1 供試体

材料名	項目	数量
コンクリート	水セメント比	0.35
	セメント (kg/m <sup>3</sup> )	389
	水 (kg/m <sup>3</sup> )	136
	細骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	752
	粗骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	1178
	載荷実験時の圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	59.3
PC 鋼より線 (SWPR7AN)	0.2% 永久伸び強度 (N/mm <sup>2</sup> )	1759
スターラップ, 組立筋 (SD295A)	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	387.9

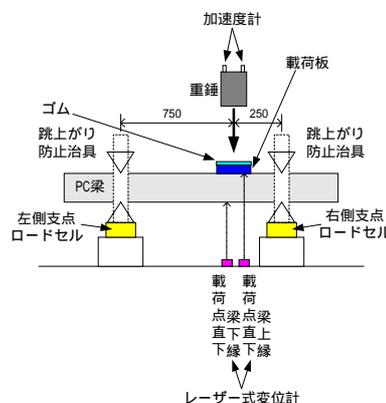


図-2 重錘落下衝撃実験概要図

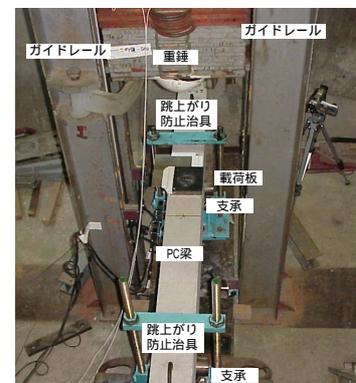


写真-1 実験状況

キーワード：PC 梁，衝撃，せん断，吸収エネルギー

連絡先：〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 TEL:0468-41-3810(内線 3517) FAX:0468-44-5913

### 3 実験結果

#### 3.1 衝撃荷重による残留変位

図 - 3 に、衝撃実験の各落下高さにおける残留変位を示す。図 - 3 から、各実験ケースとも最大落下高さ（載荷幅150mm：350cm，載荷幅75mm：230cm）で急激に残留変位が増加していることが分かる。載荷幅が異なるケースを比較すると、載荷幅が2倍になると同量の残留変位が生じる落下高さが5～7割大きくなることが分かる。

#### 3.2 PC梁が持つ吸収エネルギー

重錘が最初に有していた位置エネルギーから、落下してPC梁に衝突して跳ね返ることで回復した位置エネルギーを差し引いたエネルギーを、 $E$ とする<sup>3)</sup>。この $E$ （衝撃によって失われた重錘のエネルギー）は、PC梁を支える下部構造（支承・床等）の変形、音・コンクリート片の飛散等にも費やされているものの、その大部分はPC梁の塑性変形と破壊に費やされるエネルギーであると考えられる。図 - 4 に、各落下高さにおける $E$ 、衝撃実験後の静的載荷実験時の荷重 - 変位曲線（変位は約15mmまで）から得られる吸収エネルギー $E_s$ 、および $E$ と $E_s$ との合計、とそれぞれの落下高さとの関係を示す。図から次のように結論できる。

- 重錘の失ったエネルギー $E$ は載荷幅によらず、落下高さが上がるにつれて増加している。
- $E$ と $E_s$ との合計値は、各載荷幅において重錘の落下高さによらずほぼ一定（載荷幅150mm：10.4～11.7kN・m，載荷幅75mm：5.2～7.1kN・m）である。
- この合計値をせん断耐荷性能と評価すれば、本実験で供したPC梁部材は載荷幅150mmで10.4～11.7kN・m，載荷幅75mmで5.2～7.1kN・mの吸収能があり、載荷幅が2倍になることで吸収能に約1.9倍弱になった。

#### 3.3 破壊限界落下高さの推定

衝撃載荷時の $E$ 値とその後の静的載荷時の吸収エネルギー $E_s$ の合計値がほぼ一定となることを前節で示した。ここで、この合計値を用い、単一の重錘落下による衝撃のみによってせん断破壊に至るPC梁の破壊限界落下高さ $H$ を以下の式で求める。

$$H = (E + E_s) / mg$$

ここに、 $m$ は重錘質量、 $g$ は重力加速度である。この式を用いて重錘質量0.3tの条件でPC梁の破壊限界落下高さを推定すれば、載荷幅150mmで3.5～4.0m，載荷幅75mmで1.8～2.4mが得られる。本実験とは別個に行なった単一の重錘落下のみで破壊に至らしめる衝撃載荷実験によって得られた破壊落下高さは、ほぼこの計算値に等しい値であった。このことから、PC梁のエネルギー吸収能を基にして、衝撃によってせん断破壊に至る際の破壊限界落下高さの推定が可能であることが明らかである。

### 4 結論

本研究では、PC梁部材のせん断耐荷性能を把握するため、初期損傷を与えたPC梁部材に対して、静的載荷実験を実施し、得られた荷重 - 変位曲線から吸収エネルギーを算出して、衝撃実験の結果と併せて評価した。本実験から得られた知見は以下の通りである。

- 衝撃実験において重錘の失ったエネルギー（PC梁に吸収されたエネルギー）と、衝撃実験後の静的載荷から得られた吸収エネルギーの和は、各載荷幅において重錘の落下高さによらずほぼ等しくなる。
- 上記2)の和をPC梁のせん断耐荷性能と評価すると、本実験の範囲では、載荷幅が2倍になることでせん断耐荷性能は約2倍になる。
- PC梁のエネルギー吸収能を基にして、（せん断破壊時の）破壊限界落下高さの推定が可能である。

#### 参考文献

- 建設省土木研究所構造研究室，(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PRC製ロックシェッドの設計法に関する共同研究報告書，建設省土木研究所共同研究報告書，整理番号第148号，1996
- 黒田,下山,古屋,中村：PC梁部材の静的および高速せん断載荷実験，構造工学論文集，Vol.47A，pp1299～1308，2001
- 下山,黒田,古屋,中村：重錘落下実験によるPC梁のせん断破壊挙動，コンクリート工学論文集，Vol.13 No1(Issue28)，pp109～118，2002

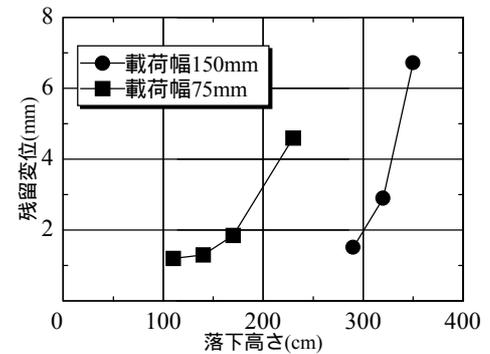


図 - 3 残留変位 - 衝撃実験落下高さ関係

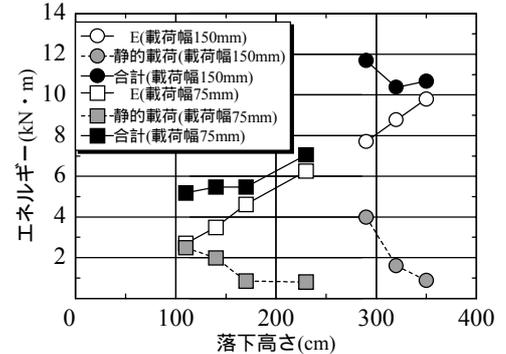


図 - 4 吸収エネルギー合計値 - 衝撃実験落下高さ関係