

I - 664

PC落石覆工の限界吸収エネルギー量の算定法に関する一考察

防衛大学校	土木工学教室	学生員○奥田将樹
同	上	学生員 小林直行
同	上	正 員 園田佳巨
同	上	正 員 石川信隆

1. 緒 言

現在、落石覆工の安全性をエネルギー的観点から照査することを目的として研究が行われているが^{1), 2)}、エネルギー基準による安全性照査を行うためには落石覆工自身のもつ限界吸収エネルギーがどれ位あるかを知る必要がある。そこで本研究は、PC落石覆工を対象に、限界吸収エネルギー量の解析的考察を試みたものである。

2. PC部材の曲げモーメント～曲率関係

(1) 断面分割法の適用

PC落石覆工の限界吸収エネルギーを求めるためには、まず、はりおよび柱部材の曲げ変形性能について断面レベル³⁾から調べておく必要がある。そこで、ここではPC落石覆工の破壊実験⁴⁾の試験体に用いられたT型断面はりおよび矩形断面柱部材を対象に、鉄筋コンクリート理論で用いられる断面分割法を用いて、各断面のM～ ϕ 関係を求めた⁵⁾。なお、各材料（コンクリート、鉄筋およびPC鋼線）の応力～ひずみ曲線は、それぞれ文献（3）の関係を用了。また柱部材については、死荷重の影響を初期圧縮ひずみとして考慮したうえで計算を行った。

(2) PC部材の降伏および破壊の定義

上記のPC部材のM～ ϕ 関係を図-1に示すようにモデル化することにより応答曲率が設定された降伏曲率 ϕ_y を上回ったときに降伏と見なして曲げ剛性の修正を行い、さらに終局曲率 ϕ_u に達したときPC落石覆工が破壊したものとみなした。

3. 静的弾塑性解析によるPC落石覆工の限界吸収エネルギーの算定法

PC落石覆工が破壊に至るまでの限界吸収エネルギー量を求めるために、PC落石覆工をはり・柱要素に分割したうえで、各節点において次式による軸力ばね k_N および曲げばねを k_M 与えて弾塑性増分解析を行うこととした。

$$k_N = EA / l \quad (1)$$

$$k_M = EI / l \quad (2)$$

なお、式（1）中のEAは、部材の断面諸元により決定し、EIについては図-1のM～ ϕ 関係の傾きにより決定した。また、PC落石覆工の限界吸収エネルギー量については、載荷点における荷重～変位曲線の面積を計算することにより求めた。ところで、実際のPC落石覆工は、図-2に示すように、一般に複数の主桁（通常5本程度）をPC鋼線により横締めして一体化することで荷重を直接受けない隣接桁も抵抗しうるような構造形式になっている。したがって、簡易的に横締め効果を考慮するため、次式のような横締めパラメータ β を用いて主桁の剛性を割り増すこととした。

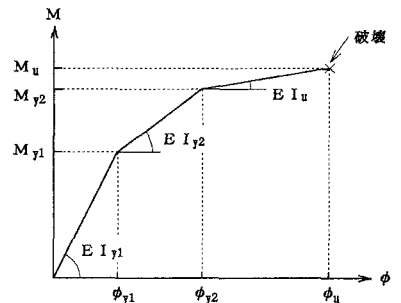


図-1 PC部材のM～ ϕ 関係

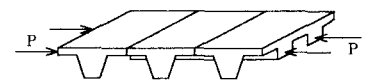


図-2 PC鋼線による横締めの効果

$$K_N = \beta k_N \quad (3)$$

$$K_M = \beta k_M \quad (4)$$

ただし、 β は横締めパラメータで、 $\beta \geq 1$ とする。

4. 数値計算例および考察

ここでは、実物大PC落石覆工⁴⁾のはり中央に集中荷重を作用させて静的弾塑性解析を行うことにより、限界吸収エネルギー量について算定を行った。図-3は、横締めパラメータ $\beta = 1, 2, 3$ としたときの載荷点における荷重～変位関係を示したものである。これより、 β が増大するにしたがい、落石覆工の耐力が増大するが、変形性能はあまり変わらないことが認められる。次に、図-4は同じく β をパラメータとしたときのPC落石覆工の変形状況を示したものである。 β の値に如何に拘らず、まず柱とはり接合部において降伏し、最終的に、載荷点において破壊する結果が得られた。表-1は、 β をパラメータとした限界吸収エネルギーの値を示したものである。実際のPC落石覆工の破壊実験結果によると、横締めパラメータとしては、 $\beta = 3.0$ 程度であると考えられる⁴⁾ので本解析結果からPC落石覆工の変形による吸収エネルギーとしては、 $12.6 \text{ tf} \cdot \text{m}$ 程度が期待できるものと思われる。

5. 結 言

(1) 本解析手法により、PC落石覆工の限界吸収エネルギー量をある程度定量的に把握できることが認められた。

(2) 本解析結果によると、PC落石覆工の破壊形態として、柱とはりの接合部がまず塑性化し、最終的には、載荷点において破壊することが明らかになった。

(3) 本計算例では、 $\beta = 3.0$ 程度とすれば、PC落石覆工の限界吸収エネルギーとして $U_0 = 12.6 \text{ tf} \cdot \text{m}$ 程度であることが認められた。

参考文献：1) 園田恵一郎：落石覆工の設計法に関する一提案、構造工学論文集，Vol.39A, pp1563～1572, 1993年3月 2) 園田佳巨、佐藤紘志、石川信隆・榎谷浩：落石覆工のエネルギー伝達率に関する基礎的研究、土木学会論文集，No.446, pp147～155 3) 園田佳巨、小林直行、石川信隆、佐藤紘志：ひずみ速度効果を考慮したPCはり部材の動的曲げ耐力と変形性能、構造工学論文集，Vol. 38A, pp. 1455～1465, 1992年3月 4) 松葉美晴、後藤吉晴、佐藤彰、音田奨、岡畑博子、井上理恵：実物大PC製シェッドの落石による破壊実験について、第10回土木学会，新潟会研究調査発表会論文集，pp. 14～25, 1992年11月 5) 園田佳巨、佐藤紘志、石川信隆：PC落石覆工の破壊シミュレーション解析，土木学会第48回年次学術講演会，平成5年9月

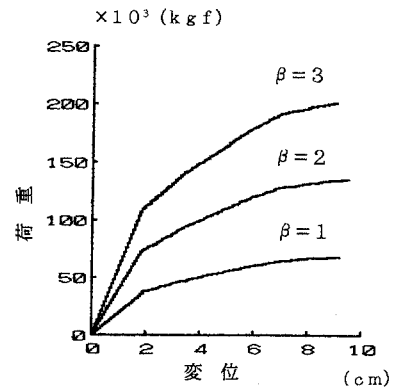


図-3 荷重～変位関係

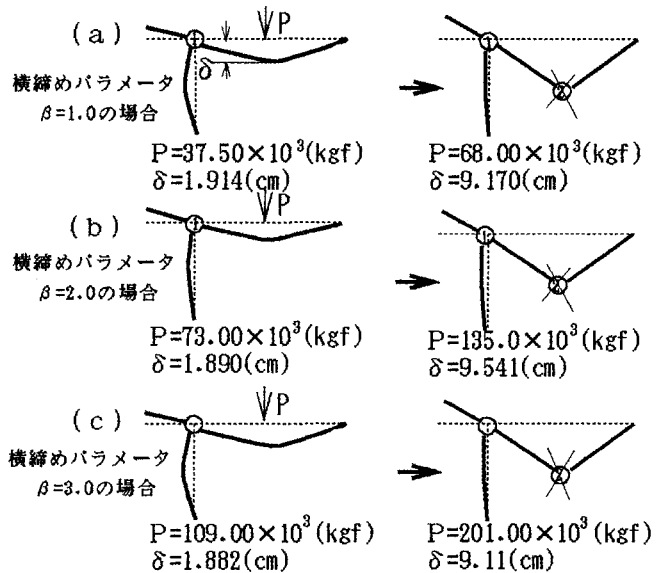


図-4 PC落石覆工の変形状況

表-1 β に対する限界吸収エネルギー量

β	1.0	2.0	3.0
$U_0 \text{ (tf} \cdot \text{m)}$	4.192	8.377	12.574