

(I-18)プレストレスコンクリートはり部材の衝撃限界吸収エネルギーに関する一考察

防衛大学校土木工学教室 学生員○小林直行 正会員 園田佳巨 正会員 石川信隆

1. 緒言： 近年、落石防護施設である落石覆工に対する安全性の見直しが行われ始め、数多くの研究が活発に進められている^{1), 2)}。本研究は、落石覆工のエネルギー基準による安全性照査を行うための基礎的段階として、プレストレストコンクリート(PC)はり部材さらにPC落石覆工を対象として、

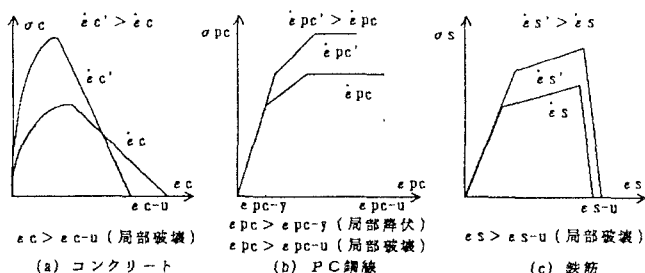


図-1 PC部材を構成する材料の準静的 $\sigma \sim \epsilon$ 関係(ひずみ速度効果を考慮)

ひずみ速度効果を考慮した曲げモーメント～曲率関係を用いて、準静的弾塑性解析(ひずみ速度を考慮した静的弾塑性解析)により衝撃限界吸収エネルギー量を計算したものである。

2. T型断面をもつPCはり部材のひずみ速度効果を考慮したM～ ϕ 関係： まず、図-1(a)～(c)に示すようなPC部材を構成する各材料の応力～ひずみ関係を用い、図-2に示すような断面分割法による計算フローチャートを用いて、ひずみ速度効果を考慮したPCはりおよび柱部材のM～ ϕ 関係を求めた。なお、部材断面内の各位置によりひずみ速度がそれぞれ異なるので、ひずみ速度の代わりに曲率速度を基準とした。

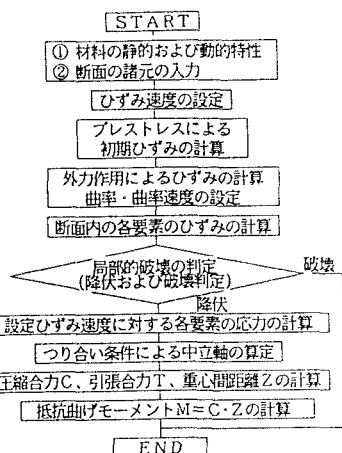


図-2 断面分割法による準静的M～ ϕ 関係の算定手順

3. 準静的弾塑性解析によるPCはり部材および落石覆工の限界吸収エネルギー： PCはり部材ひいては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準静的弾塑性解析を行った。そのために、2.で求めたはり部材と柱部材のM～ ϕ 関係を、それぞれ図-3に示すようなBi-Linear形に簡易化したうえで、曲げ剛性の修正および破壊の判定を行った。すなわち、図-3において部材の曲率が ϕ_y に達したときに弾性限界に至ることから、剛性を修正することとし、応答曲率が ϕ_u (部材断面が最大抵抗曲げモーメントを示すときの曲率)に達したときにPC部材断面の破壊ひいては落石覆工の破壊が起こると判定した。準静的弾塑性解析法は通常の静的弾塑性解析にしたがうが、図-3のひずみ速度を考慮した準静的M～ ϕ 関係を用いる点異なるのみである。また、落石覆工の限界吸収エネルギー量は、载荷点の荷重～変位曲線の面積を計算することで求めた。

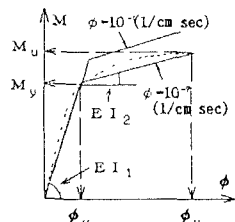


図-3 準静的M～ ϕ 関係のモデル化

4. 数値計算例および考察： ここでは、図-4に示す実物大PC落石覆工を対象とした。

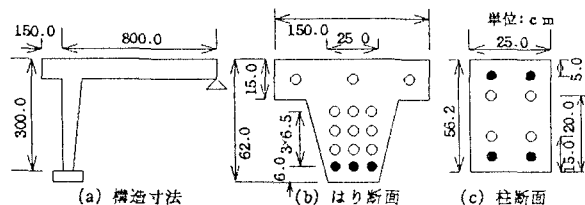


図-4 実物大PC落石覆工の各諸元

(1) ひずみ速度効果を考慮した準静的M～ ϕ 関係： 図-5は、図-4の実物大PC落石覆工のはり

および柱部材を2.の手法で計算した準静的M～ ϕ 関係である。この図より、はりおよび柱部材とも曲率速度の影響が認められ、それぞれ約27%、約28%の曲げ耐力の上昇がみられる。また、本計算例においては、破

壊の形態はいずれも圧縮域コ

ンクリートの圧壊であるが、
終局曲率は曲率速度の増加に
ともない、かなり大きくなる
ことが認められた。なお、こ

表-1 モデル化M~φの各値

	$\dot{\phi} : (1/\text{cm} \cdot \text{sec})$	$\phi_v : (1/\text{cm})$	$\phi_u : (1/\text{cm})$	$M_v : (\text{kg} \cdot \text{cm})$	$M_u : (\text{kg} \cdot \text{cm})$
はり	10^{-7}	0.00006	0.00020	91.0×10^5	95.0×10^5
	10^{-1}	0.00009	0.00075	101.0×10^5	124.0×10^5
柱	10^{-7}	0.00008	0.00020	30.5×10^5	33.0×10^5
	10^{-1}	0.00010	0.00060	36.5×10^5	42.5×10^5

の準静的M~φ関係を以後の準静的弾塑性解析に使用するため、図-3に示すようなモデル化を行った。モデル化の各値は表-1に示す通りである。

(2) 限界吸収エネルギー： 図-6は準静的弾塑性解析で得られた実物大PC落石覆工のひずみ速度効果による破壊過程の推移を示したものである。この図より、準静的弾塑性解析において今回のひずみ速度の2ケースは、共にはりと柱の接合部から破壊し、その後、載荷点が破壊するという形態となっている。次に、図-7は実物大PC落石覆工の破壊に至るまでの荷重～変位関係を示したものであるが、この図より曲率速度の増加にともない、耐力および変形性能とも増大することが認められた。また、図-8は限界吸収エネルギー～変位関係を示したもので、曲率速度効果により $\dot{\phi} = 10^{-7}$ に比べ $\dot{\phi} = 10^{-1}$ は同変位における吸収エネルギーの方が約17%の上昇がみられる。また、限界吸収エネルギー量は準静的M~φの終局曲率の影響を受け、 $\dot{\phi} = 10^{-7}$ に比べ、 $\dot{\phi} = 10^{-1}$ の方が約2.0倍大きくなっていることがわかる。したがって、ひずみ速度の影響を考慮するとPC落石覆工の限界吸収エネルギーをより合理的に算定することができる。

5. 結言： 本研究で得られた成果を要約すると以下ようになる。

(1) 本解析手法により、T型はり断面をもつPCはり部材についてはPC落石覆工の限界吸収エネルギー量の定量的な把握が可能となった。

(2) 本解析結果により、ひずみ速度効果の影響を考慮した限界吸収エネルギーは、静的解析の場合の約2倍大きくなることが認められた。

参考文献：1) 横山功一、大塚久哲、金子学：衝撃荷重を受けるPC・RC桁の破壊時挙動と変位照査法について、構造工学論文集, Vol.138A, pp.1543~1551, 1992年3月 2) 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.138A, pp.1455~1465, 1992年3月

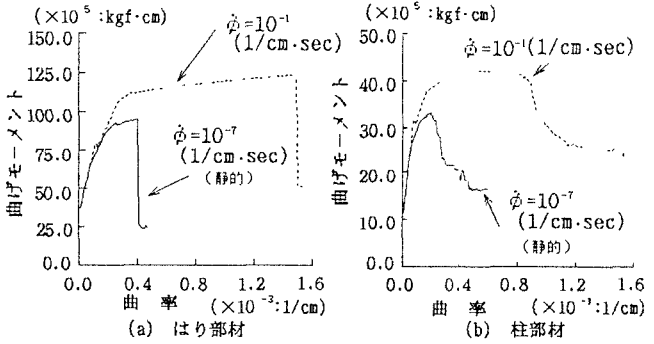


図-5 はりおよび柱部材の準静的M~φ関係

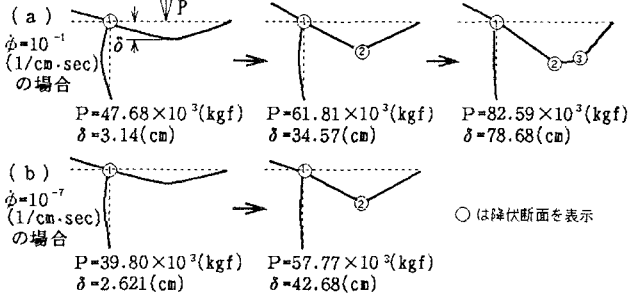


図-6 ひずみ速度効果の相違による破壊形態の違い

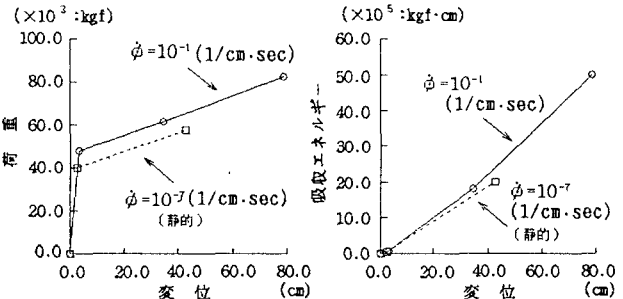


図-7 荷重～変位関係

図-8 吸収エネルギー～変位関係