

(133) 不静定化による落石覆工のエネルギー吸収能改善度

(株)ピー・エス 開発技術部 正会員 ○赤嶺文繁  
 同上 土木技術部 正会員 久保明英

1. まえがき

落石覆工は、落石の直撃で道路通行中の人が被災するのを防ぐための構造物で、鋼製、鉄筋コンクリート製、あるいはプレストレストコンクリート製(以下PC製と略称する。)があり、型式により洞門型、逆L型などがある。

従来よりPC製逆L型ロックシェッド(図-1)が多く採用されている。この構造は、工場で製作したプレキャスト主梁及び柱を現地で組み、PC鋼材を用い道路幅員方向の架構を構築し、次に道路方向に一体化して完成させるという工法である。道路方向に一体化する方法としては、横梁と床版にPC鋼線を通しこれを締めて束ねる方法、主梁上に鉄筋コンクリートを敷設する

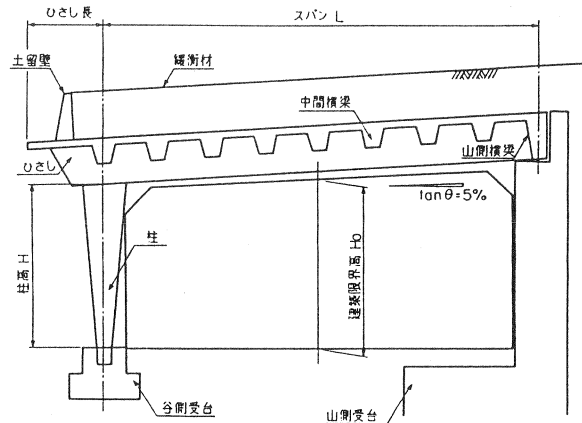


図-1 PC製逆L型ロックシェッド

方法などがある。PC製ロックシェッドは、大きい耐荷力を搬送可能な寸法で確保でき、またプレキャスト部材を用いて落石の危険下における作業の短縮が図れると言う利点がある。現在は、国内経済事情により、さらにねばり強く、倒壊しにくい構造、すなわちより洗練されたロックシェッドが求められている。

ねばり強さを増す方法として、同寸法の逆L型のままで鋼材量を増す方法、逆L型のままで主梁高を増す方法、あるいは主梁と山側受け台を結合し不静定化する方法などがある。本稿では、'ねばり強さ'の指標として、構造が終局に至るまでに吸収する塑性吸収エネルギーを用いることとする。まず山側端がヒンジの従来型逆L構造について計算を行い、次に、主梁を受台に剛結した構造について塑性吸収エネルギーを計算する。最後に、山側端がヒンジの従来型逆L構造で主梁高を10cm増した構造の塑性吸収エネルギーを計算し、これらの比較・検討を行うものとする。

2. 構造諸元

図-2に解析モデルを示す。節点1-33は主梁、節点2-44は柱で、曲げモーメントで塑性する非線形要素としてモデル化してある。実構造の主梁では上下で鋼材配置が異なっており、その履歴曲線は正負の曲げモーメントに対し非対称となるが、本検討では対称と仮定して解析を行った。柱は変断面であるが、上部(節点2-39)および下部(節点39-44)の2種類の部材に分け、

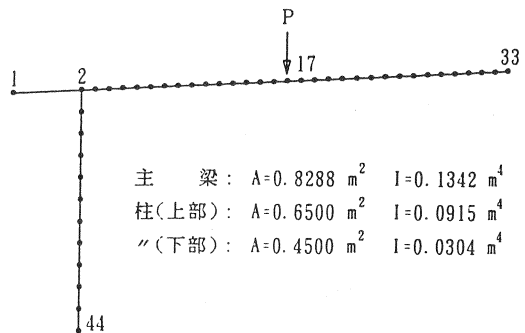


図-2 解析モデル

それぞれを一様な等断面部材でモデル化した。図-3に主梁・柱の構造断面を示す。

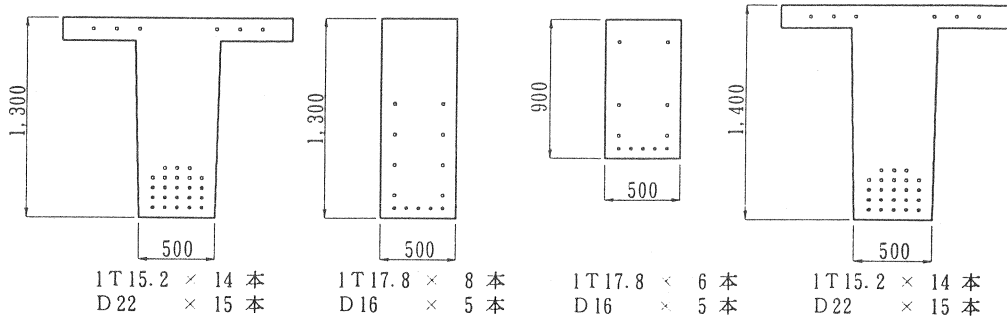


図-3 主梁・柱の構造断面

主梁・柱の非線形履歴曲線は、ひびわれモーメント ( $M_c$ )、鉄筋降伏モーメント ( $M_y$ ) の2点で折れるトリリニア曲線 (武田モデル) とした。コンクリートの圧縮歪みが0.0035に達した状態を終局と定義した。主梁・柱のコンクリートは、設計基準強度  $\sigma_{ck} = 600 \text{ kgf/cm}^2$ 、ヤング係数  $E_c = 4.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、曲げひびわれ発生応力は  $35.6 \text{ kg/cm}^2 (= 0.5 \sigma_{ck}^{2/3})$  とした。各断面の  $M-\phi$  値を表-1に示す。

表-1 各断面の  $M-\phi$  値

	ひび割れ		降 伏		終 局	
	$M_c$ [tf·m]	$\phi_c$ [1/m]	$M_y$ [tf·m]	$\phi_y$ [1/m]	$M_u$ [tf·m]	$\phi_u$ [1/m]
主 梁	121	$0.18 \times 10^{-3}$	308	$1.52 \times 10^{-3}$	362	$8.99 \times 10^{-3}$
柱 (上部)	123	$0.21 \times 10^{-3}$	180	$1.56 \times 10^{-3}$	255	$9.58 \times 10^{-3}$
(下部)	48	$0.32 \times 10^{-3}$	85	$2.63 \times 10^{-3}$	114	$14.23 \times 10^{-3}$
主梁(+10cm)	136	$0.16 \times 10^{-3}$	338	$1.38 \times 10^{-3}$	397	$8.28 \times 10^{-3}$

### 3. 塑性吸収エネルギー

解析モデルの節点17に集中荷重を載荷する。構造物が終局に至るまで荷重を漸増させ、各要素に対し荷重が行った仕事量、蓄積された弾性エネルギーを計算する。要素が塑性すると両者に差が出るが、前者より後者を差し引いた量を塑性吸収エネルギーとした。実際の計算では、図-4に示すように部材が降伏した後除荷されると直線  $b_0$  と平行に戻ると仮定し、その直線と  $X$  軸とで出来る面積  $0abcd$  を塑性吸収エネルギー  $U_p$ 、また  $\triangle cde$  を弾性エネルギー  $U_e$  とした。

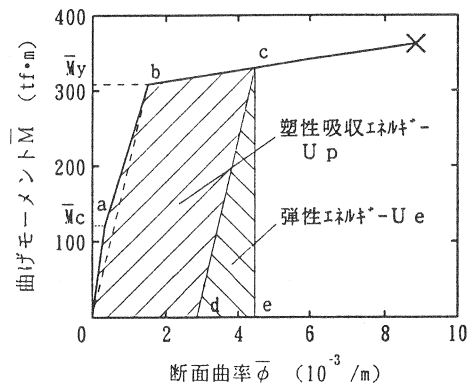


図-4 塑性吸収エネルギーの模式図

4. 解析結果

塑性吸収エネルギー及び弾性エネルギーの解析結果を図-5に示す。

主梁端ヒンジの従来型逆L構造モデルでは、荷重208tfで主梁中央部の要素17-18が終局に至り、それまでに構造全体で消費された塑性吸収エネルギーは $U_p=2.94\text{tf}\cdot\text{m}$ となった。一方、主梁端剛結のモデルでは、荷重292tfで主梁端部の要素32-33と主梁中央部の要素16-17がほぼ同時に終局に至り、それまでに構造全体で消費された塑性吸収エネルギーは $U_p=3.29\text{tf}\cdot\text{m}$ となった。主梁を受け台に結合することによる塑性吸収エネルギー増加率は11.9%であった。

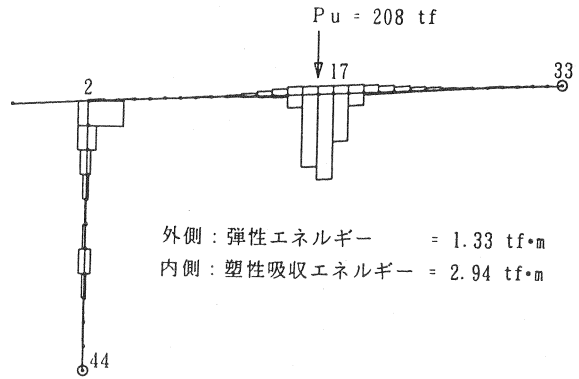
主梁端ヒンジの従来型逆L構造で、鋼材量はそのまま主梁高さを10cm大きくしたモデルでは、荷重224tfで主梁中央部の要素17-18が終局に至り、それまでに構造全体で消費された塑性吸収エネルギーは $U_p=3.26\text{tf}\cdot\text{m}$ となった。主梁高さを10cm大きくすることによる塑性吸収エネルギー増加率は10.9%であった。

5. まとめ

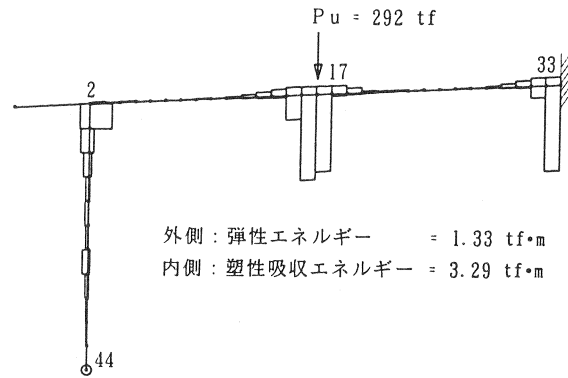
本解析で、標準的なPC逆L型ロックシェッドのエネルギー吸収能改善として次の結果が得られた。

- ・主梁端を剛結にすることで塑性吸収エネルギーが11.9%増加した。
- ・主梁高さを10cm大きくすることで塑性吸収エネルギーが10.9%増加した。

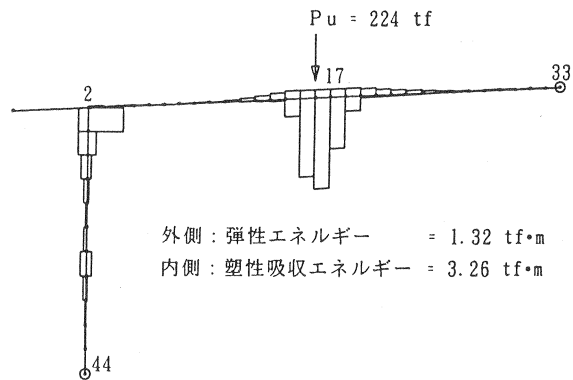
主梁端ヒンジのまま鋼材量を調整する方法、あるいは主梁高を調整する方法をとる場合の工費増と、主梁を受け台に結合する場合の工費増を比べ、経済性を評価することができる。ただし、実際の落石荷重は衝撃荷重であり、本稿の様な静的な解析による結果を実PCロックシェッド構造に適用できるかどうかは今後の研究に負うところである。



(a)主梁端ヒンジ



(b)主梁端剛結



(c)主梁端ヒンジ (主梁+10cm)

図-5 塑性吸収エネルギー

## 6. おわりに

建設省土木研究所(構造研究室)、防衛大学(石川教授)、(社)プレストレストコンクリート建設業協会で「ねばり強いPCロックシェッド」の開発を目的とする共同研究を実施中である。本研究は、共同研究で抽出された課題に対し著者達が検討を行ったものである。

## 参考文献

- 1) 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・(社)プレストレストコンクリート建設業協会, 1996年3月
- 2) 久保・久野・赤嶺: 不静定化による落石覆工のエネルギー吸収能改善度, 土木学会第52回年次学術講演概要集第5部, 1997