

山留め切梁解体の解析手法に関する研究 — 躯体の回転拘束バネを考慮した場合 —

渡辺 高朗*

要 約： 本研究は、山留めの切梁解体における設計や予測を行う際の解析手法について記述している。切梁解体時における山留め壁への影響因子は、①外力としての側圧、②構築される本体躯体（スラブ・梁）の水平バネ、③同回転拘束バネ、④山留め壁背面の地盤反力が挙げられる。根切り工事完了後の基礎地中梁の構築は、これより上部の躯体に比較して形状も大きい。このことより本論では、基礎地中梁の天端において山留め壁が固定端となるとして解析を行う。側圧は固定端以浅を考慮する。本体躯体の水平バネは、通常根切り時の水平切梁と同様に解析に導入する。また、この躯体が山留め壁と一体化・固定されるとし、回転拘束バネを導入する。切梁解体に伴い山留め壁が背面に押し戻される場合があるため、これに伴う地盤反力を導入する。以上の手法による解析結果を検討、その性状を把握できた。

キーワード： 山留め、切梁解体、地盤反力、回転拘束

- 目 次：**
- 1. はじめに
 - 2. 切梁解体の施工手順と影響因子
 - 3. 解析結果およびまとめ

1. はじめに

地下構造物を構築する際の山留め工事では、その設計および施工管理は極めて重要な事項となる。また施工の合理化に伴い、山留め壁と本体躯体との合成構造が採用されるに伴い、根切り工事終了後の切梁解体時の設計と予測の手法が、力学的に明快に提案されることが求められている。

本研究では、実務に用いることができるよう、かつ力学的に単純化した切梁解体時の山留め壁の解析手法を考察し、より実現象に近い解析方法を検討することを目的とする。

2. 切梁解体の施工手順と影響因子

図1に切梁解体の施工手順を示す。

最終根切り完了後基礎・地中梁が構築される。その後1回目の切梁解体が行われる。その際、山留め壁の変形および応力状態に変化が生ずる。次に最下階の躯体が構築される。

続いて2回目の切梁解体が行われる。このとき山留め壁の挙動において、前回構築されたスラブ・梁は、切梁として作用することになる。

以上の繰り返しにより最上段の切梁解体時には、山留め壁が片持ち梁と同様の状態となる。

図2に、切梁解体時に山留め壁に作用する影響因子について模式的に示す。

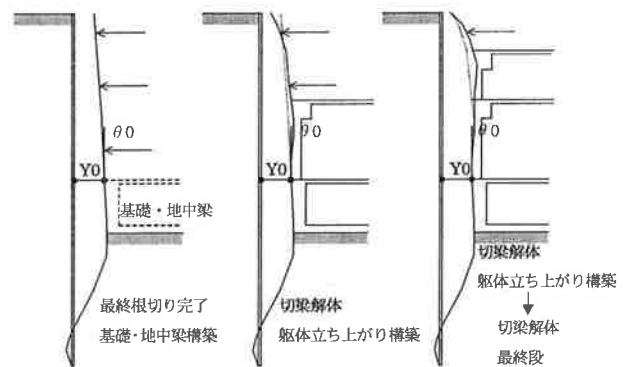


図1 施工手順

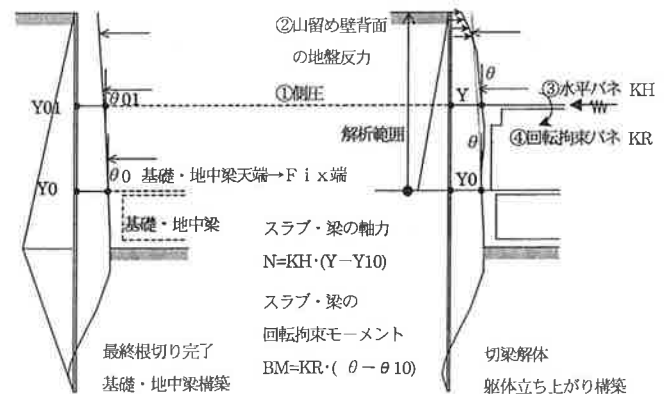


図2 影響因子

*建築エンジニアリング部

本論では基礎・地中梁の構築後、これらと山留め壁が一体化すると仮定し、この位置において固定端と仮定した。切梁解体時の解析は、地中梁天端以浅について行うこととする。

本解析での影響因子は、側圧、山留め壁背面の地盤反力、躯体(スラブ・梁)の水平バネと回転拘束バネの4項目である。

以下に、各々の要因について詳述する。

① 側圧 前述の仮定の通り、基礎・地中梁天端において山留め壁は固定端とすることから、側圧は、これ以浅について最終根切りの状態を保ち最終切梁解体まで作用するものとする。また本論では、その作用形状を三角形分布とする。

② 背面の地盤反力 図3に山留め壁の背面に地盤反力が発生した場合について模式的に示す。背面に地盤反力が発生する場合とは、壁の変形において、以前に経験した最大履歴最大値 y_{max} 以下になる場合である。このとき y_{max} から戻された変形量を Δy とする。背面の地盤反力係数 Es' は、下式に示す Δy の関数で表すことが出来る。

$$Es' = \frac{Es1}{\sqrt{0.35 \cdot (\Delta y / 2)^2 + 0.6 \cdot \Delta y + 0.05}}$$

ここで、

$$Es', Es1: (\times 10^4 \text{ kN} / \text{m} / \text{m})$$

$$\Delta y = y - y_{max}(\text{m})$$

③ 躯体の水平バネ 躯体の水平バネ K_H は、通常の根切りにおける水平バネと同じく、下式により示される。ただし、躯体のコンクリートのみを考慮した。

$$K_H = \frac{A \cdot E}{L / 2}$$

K_H : 水平バネ係数(kN/m)
 A : 断面積(cm²)
 E : ヤング係数(kN/m²)
 L : 切梁のスパン(m)

④ 躯体の回転拘束バネ 図4に回転拘束バネの模式図を示す。バネは、山留め壁他端の支持条件により、固定端で最大値を自由端で最小値を得る。稜角法により回転拘束バネ係数 K_R は、下式で示さる。固定端

$$K_R = 4 \cdot EI / LL$$

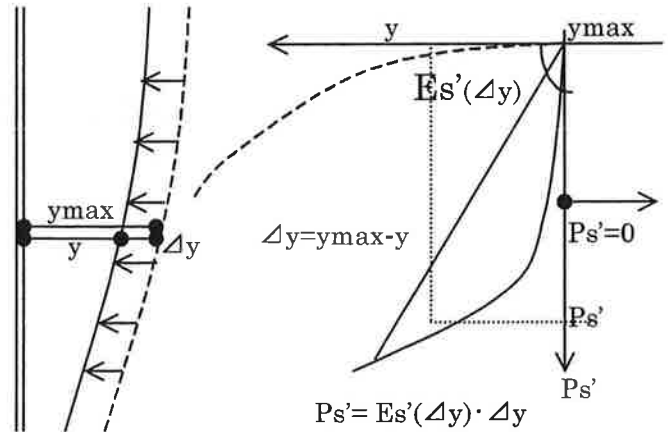


図3 背面の地盤反力係数

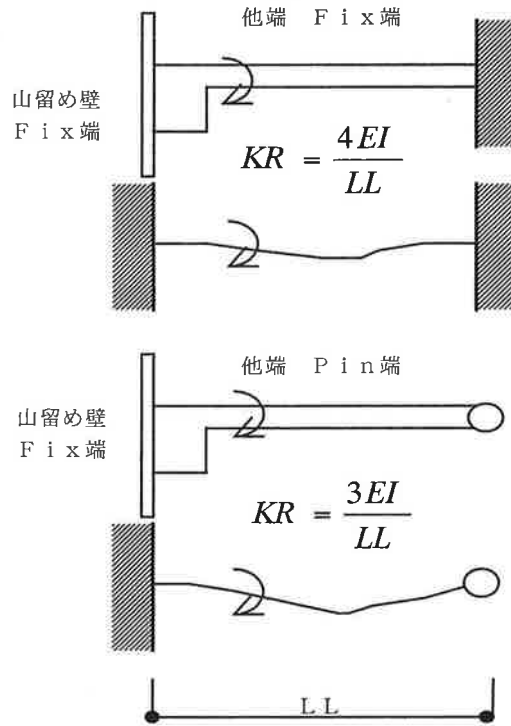


図4 回転拘束バネの模式図

自由端

$$K_R = 3 \cdot EI / LL$$

ここで、

$$K_R: \text{回転拘束バネ}(kN \cdot m / \text{rad})$$

$$I: \text{断面2次モーメント}(m^4)$$

$$LL: \text{他端までのスパン}(m)$$

他端の支持条件による最大最小の差は、4 : 3と小さく、回転拘束バネの違いによる解析結果の影響は少ないと考えられる。

以上の因子を考慮し、弾塑性 $Es - y$ 法により解析を行った。次節に、解析結果と検討を述べる。

3. 解析結果およびまとめ

本節では、前述の解析手法を用いた解析例を示す。

最終根切りの後の切梁解体次数は3次とし、切梁段数は4段である。1次解体時に下段2段を、その後1段ずつ解体を行った。山留め壁の全長は25mとし、最終根切り深さは15mである。躯体の水平バネはスラブを考慮し、 K_H は 2.86×10^5 (kN/m/m)、 K_R は 3.42×10^4 (kNm/rad/m)である。これらを用い回転拘束バネの有無による比較を行う。

図5に変形曲線を示す。図中太線は、躯体スラブの回転拘束を考慮した場合を、細線は考慮しない場合を示す。両者を比較すると、変形性状に大きな違いは認められない。

但し、 K_R を考慮した場合が、しない場合に比して最終解体時に壁頭付近において小さい値を示している。これにより、 K_R を考慮した場合において、背面の地盤反力が大きく作用していることが推察される。

図6に曲げモーメント分布を示す。図中の線種は、図5と同じである。

第1回解体時では、地階の立ち上がり躯体は構築されておらず、両者の違いはない。これに比して第2回解体以降では、スラブ位置において両者に明確な相違が認められる。

K_R を考慮した場合において、曲げモーメント分布に不連続性が見られる。この不連続の差分は、躯体であるスラブが負担する曲げモーメントとなる。

実現象では、山留め壁と本体躯体が固定若しくはピンの間にあると考えられる。回転拘束バネを解析に導入することで、躯体の負担する応力状態を把握することが出来ると判断される。

これにより、本体壁を山留め架構に考慮した場合の応力状態を把握し、設計に用いることができると思われる。

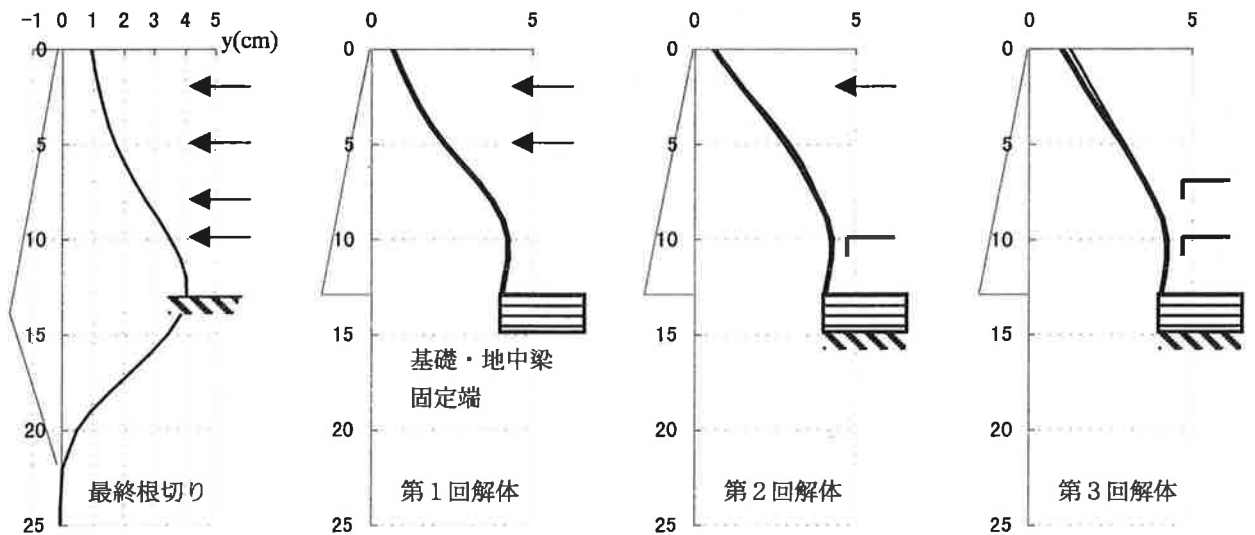


図5 変形曲線 (太線：回転拘束バネ考慮有、細線：考慮無)



図6 曲げモーメント分布 (太線：回転拘束バネ考慮有、細線：考慮無)

謝辞

本研究を進めるにあたり、早稲田大学理工学研究センター・風間了教授にご指導を頂きました。ここに深く感謝しお礼を申し上げます。

参考文献

風間了 逆打ち工法を考慮した山留め解析に関する研究 日本建築学会構造系論文集

渡辺高朗 早稲田大学研修報告書 2001年6月

Research on analytical technique of earth retaining struts dismantlement

W.Takaaki

This research describes an analytical technique when the design and the forecast in the struts dismantlement of the earth retaining wall are done. As for the influence factor to the earth retaining wall, when struts is dismantled, ground anti-power in the horizontal spring of the side pressure as power outside and this body body (slab and beam) to which is constructed, this rotation restraint springs, and the backs of earth retaining wall is enumerated. As for the base after the root switching off construction is completed and the construction of an underground beam, shape is also larger than upper building frame from this. It is assumed that the earth retaining wall becomes a fixed edge in height of a base and an underground beam and analyzes from this in the main discourse. The side pressure considers shallower part than a fixed edge. The horizontal spring of this frame is introduced into the analysis as well as horizontal struts when the root usually is switched off. Moreover, this frame assumes integration and fixation, and introduces the rotation restraint spring with the earth retaining wall. Ground anti-power in the back is introduced when the earth retaining wall pushes and we is returned. An analytical result by the above-mentioned technique was able to be understood and understand the examination and the properties.