

火打ちブロックを用いた山留腹起し材に関する研究

－その2 荷重条件の変更による推定値への影響－

日大生産工(学部) ○織戸 太基 日大生産工(院) 菊池 研吾
日大生産工 藤本 利昭 丸藤シートパイル株式会社 矢後 克己

1. まえがき

根切り山留めにおいて山留め壁を支持する仮設構造物の形状は、架設後の作業性に多大な影響を与える。この2点から山留め腹起し材を配置する際スパンを長くすることが合理的である。一方、土圧により曲げ応力が作用する部材のため、スパンが長くなるにつれて、たわみが顕著に現れる。

そこで本研究では、仮設材のたわみを小さくするという観点から火打ちブロックに着目した。

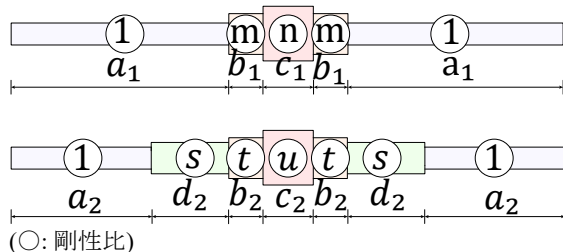
その1では、火打ちブロックに加えられた力がボルトに分散して主梁へ伝達、または調整材から主梁にかけて等分布荷重として推定値を算出し、実験値と比較を行った。そこでその2では、推定値算出の際の荷重条件を変更し検討を行った。

2. 検討方法

部材性能は、たわみの大きさにより評価する。図1に分析対象である単純梁(以下A1と表記する)、単純梁に火打ちブロックを組み合わせた(以下A2と表記する)単純梁に調整梁と火打ちブロックを設けたもの(以下A3と表記する)を示す。この際、火打ちブロックの断面二次モーメントは主に曲げ荷重を負担する上部と下部のフランジのみで仮定する。その2で求めた推定値(以下、本推定値と表記する)、実験値、その1での推定値(以下、既推定値と表記する)を比較して検討を行う。

3. 推定値算出方法

図2にA2,A3における鉛直の剛性比ごとの区分を示す。



(○: 剛性比)

図2 A2(上), A3(下)模式図

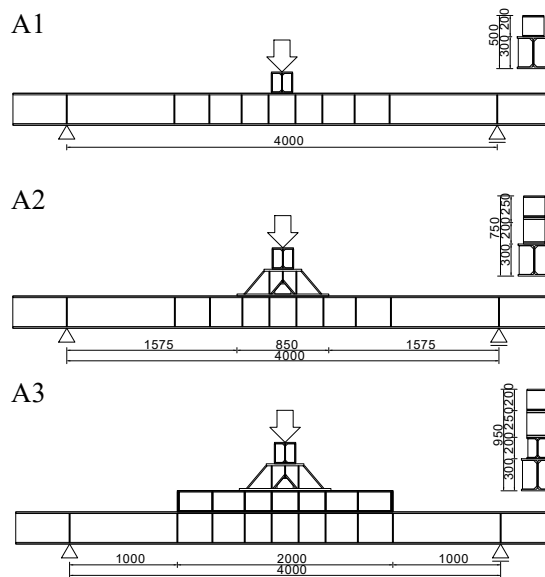


図1 A1, A2, A3 寸法

ここで、文字は以下のように定義した。

δ :全体の最大のたわみ, $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$:任意の場所(剛性比ごとに分けた際、左端から順に)のたわみの最大値, P :荷重, L :支間長さ, E :ヤング率, I :主梁の断面二次モーメント, $a_1 \sim c_1, a_2 \sim d_2$:図2に示した長さ, m, n, s, t, u :図2で示した剛性比を表す。

なお、火打ちブロックおよび調整材の部材長さの関係、断面二次モーメントより $a_1 = 1575\text{mm}$, $b_1 = 242.5\text{mm}$, $c_1 = 365\text{mm}$, $a_2 = 1000\text{mm}$, $b_2 = 575\text{mm}$, $c_2 = 365\text{mm}$, $d_2 = 242.5\text{mm}$, $m = 1.000574$, $n = 1.001147$, $s = 1.231302$, $t = 1.231876$, $u = 1.232449$ としている。

また、下式によってたわみを求めるために使用した値について、主梁の断面二次モーメント $I = 199327500\text{mm}^4$ 、ヤング率 $E = 205\text{kN/mm}^2$ 、支点間距離 $L = 4000\text{mm}$ とした。

A Study on the Earth-Retaining Walls using Angle Block

－ Part2 Effects on Estimated Values due to Changes in Loading Conditions －

Taiki ORIDO, Kengo KIKUCHI, Toshiaki FUJIMOTO and Katsumi YAGO

I) A1 は単純梁の中央集中荷重であるので、以下の理論式を用いて求めた。

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \quad (1)^2$$

II) A2 は三つの解き方を用いた。解法1, 解法2に関しては、複雑な構造かつ完全に合成されているわけではないことから、概算的な方法により求めた。解法3に関しては全断面を一体として考えた理論値である。

(a) 解法1

剛性比ごとにそれぞれの部材を単一の部材と仮定し、たわみを算出する。それらを足し合わせることで、全体の最大なたわみを算出する。

任意点までのたわみの式(2)に

$$\delta x = \frac{P\ell^3}{48kEI} \left\{ \frac{3x}{\ell} - \frac{4x^3}{\ell^3} \right\} \quad (2)^2$$

以下を代入

- ・ δ_1 は $\ell = L, k = 1, x = a_1$
- ・ δ_2 は $\ell = L - 2a_1, k = m, x = b_1$
- ・ δ_3 は $\ell = c_1, k = n, x = \frac{c_1}{2}$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$$

(b) 解法2

剛性比ごとにそれぞれの部材を単一の部材(単純梁と等しい長さ)と仮定し、それぞれの実際にある部分のみを抽出し、たわみを算出する。それらを足し合わせることで、全体の最大なたわみを算出する。図3に模式的に表した図を示す。

式(2)に以下を代入

- ・ δ_1 は $\ell = L, k = 1, x = a_1$
- ・ δ_2 は $\ell = L, k = m, x = b_1$
- ・ δ_3 は $\ell = L, k = n, x = \frac{c_1}{2}$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$$

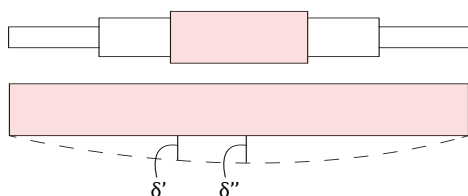


図3 解法2の模式図

(c) 解法3

式(3)をもとに立式し、未知数に対し、以下の境界条件、連続条件を用いて、式(5)を導出した。

弾性曲線方程式(3)、たわみ角の式(4)から

$$\delta = \frac{1}{kEI} \left(-\frac{M}{6\ell} x^3 + C_1 x + C_2 \right) \quad (3)^3$$

$$\theta = \frac{1}{kEI} \left(-\frac{M}{2\ell} x^2 + C_1 \right) \quad (4)^3$$

以下の剛性比ごとに区間を分け、

- i. $0 < x < a_1$
- ii. $0 < x < a_1 + b_1$
- iii. $0 < x < \frac{L}{2}$ (左端を0とする)

なお、 k : 剛性比, M : モーメント, x : 左端からの任意点までの距離を表す。

境界条件

$x=0$ のときたわみ0とする。

連続条件

$x=a_1, x=a_1+b_1$ のとき右から及び左からのたわみ、たわみ角が等しい。

$x=\frac{L}{2}$ のとき右から及び左からのたわみ、たわみ角は0とする。

$$\delta = \frac{P}{48nEI} \left[L^3 + 8 \left\{ \left(1 - \frac{n}{m} \right) (a_1 + b_1)^3 + \left(\frac{n}{m} - n \right) a_1^3 \right\} \right] \quad (5)$$

III) A3 も A2 と同様の解法で解いた。

(a) 解法1

式(2)に以下を代入

- ・ δ_1 は $\ell = L, k = 1, x = a_2$
- ・ δ_2 は $\ell = L - 2a_2, k = s, x = d_2$
- ・ δ_3 は $\ell = 2b_2 + c_2, k = t, x = b_2$
- ・ δ_4 は $\ell = c_2, k = u, x = \frac{c_2}{2}$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4$$

(b) 解法2

式(2)に以下を代入

- ・ δ_1 は $\ell = L, k = 1, x = a_2$
- ・ δ_2 は $\ell = L, k = s, x = d_2$
- ・ δ_3 は $\ell = L, k = t, x = b_2$
- ・ δ_4 は $\ell = L, k = u, x = \frac{c_2}{2}$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4$$

(c) 解法3

式(3) 式(4)から以下の剛性比ごとに区間を分け、

- i. $0 < x < a_2$
- ii. $0 < x < a_2 + d_2$
- iii. $0 < x < a_2 + d_2 + b_2$
- iv. $0 < x < \frac{L}{2}$ (左端を0とする)

同様に、式(6)を導出した。

境界条件

$x=0$ のときたわみ0とする。

連続条件

$x=a_2, x=a_2+d_2$ のとき右から及び左からのたわみ、たわみ角が等しい。

$x=\frac{L}{2}$ のとき右から及び左からのたわみ、たわみ角は0とする。

$$\delta = \frac{P}{48uEI} \left[L^3 + 8 \left\{ \left(1 - \frac{u}{t} \right) (a_2 + d_2 + b_2)^3 + \frac{u}{t} \left(1 - \frac{t}{s} \right) (a_2 + d_2)^3 + \frac{u}{s} (1 - s) a_2^3 \right\} \right] \quad (6)$$

4. 結果及び考察

I) 実験値と本推定値との比較

A1, A2, A3 それぞれの既実験値と本推定値における荷重と変位の関係は図3, 図4, 図5に示す。実験値は、載荷時のみをグラフに示している。その1でも示しているが、図3より誤差は大きく出ている。一方で、図4のA2では本推定値が実験値に近い値が算出された。また、図5より実験値に近い本推定値は、A2では解法3が、A3では解法1が最も近いと言える。

II) 実験値と本推定値との比較による考察

図3より本推定値は、実験値よりも同一荷重に対して、たわみは小さい値が算出された。

図4, 図5より解法2はどちらも本推定値と実験値に大きな差異があった。これは解法2において、実際にはない部分を実際にある部分より剛性を低く想定していたためにたわみが小さく算出されたと考えられる。

また、図4のA2では実験値がそれぞれの本推定値の中央にあるが、図5では、どの本推定値よりも実験値の傾きが急であること、それぞれの解法のばらつき具合が図4のA2に比べ大きいと読み取れる。これはA3では、A2と比べ調整梁が加えられているため、高さが高くなりせん断力を考慮していなかったからだと考えられる。したがって、部材数が多いほど、本推定値での解法では推定が難しいと考えられる。

表1にたわみの実験値と既推定値、本推定値を示す。表1に表記した差異とは、実験値に推定値で割った値に1.00を引き、百分率に変換した値である。差異の値が0に近づくほど、式との対応が良いといえる。また、差異の値が負の場合、実際のたわみよりも計算で求めたたわみの方が大きいことを意味している。実際に仮設材を使用するにはたわみが推定値以内に納めなければならないので、差異の値が負であるほど安全性の高い評価となる。

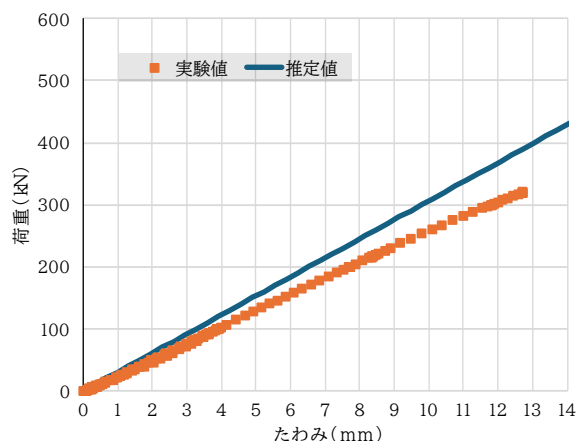


図4 実験値と本推定値における荷重と変位の関係(A1)

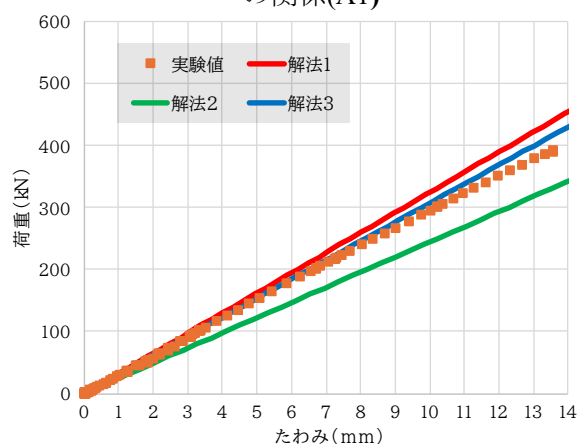


図5 実験値と本推定値における荷重と変位の関係(A2)

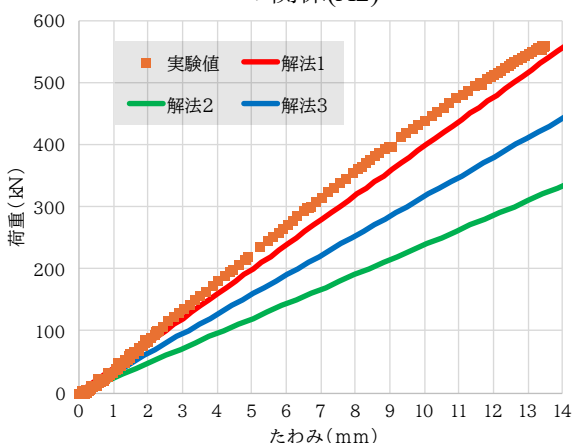


図6 実験値と本推定値における荷重と変位の関係(A3)

表1 たわみの実験値と推定値一覧

試験体	実験時 最大荷重 (kN)	たわみ (mm)					
		実験値	既推定値	本推定値	実験値 /既推定値	既推定値 差異(%)	本推定値 差異(%)
A1	320.1	12.69	10.44	10.44	1.22	21.55	21.55
A2	390.7	13.55	11.41	12.72	1.19	18.76	6.53
A3	561.0	13.45	14.01	14.12	0.96	-4.00	-4.75

III) 既推定値と本推定値との比較

以降、既推定値で比較する際は、既実験値との比較より最も近い推定値である二つの値、A2は解法3をA3では解法1での比較を図っていく。なお、A1についてはどちらも同様の式で計算を行ったため対象としない。

A2, A3それぞれの既実験値と本推定値における荷重と変位の関係を図6, 図7に示す。なお、A2に関しての既推定値は、その1でボルト接合の数の差による二つの試験体の推定値を記載した。ボルトが4本の時(単純梁に接合部から载荷)を既推定値1, ボルトが18本の時(単純梁の火打ちブロックとの重なり部分での等分布荷重)を既推定値2としている。

A2では、図6より本推定値の方が既推定値より既実験値に近いので本推定値の方が確からしいといえる。一方、A3では、図7より既推定値の方が本推定値より近いので既推定値の方が確からしいといえるが、既推定値と本推定値の値はほぼ等しく、同様に推定値の方も確からしいといえる。

IV) 既推定値と本推定値との比較による考察

図6と図7を比べると、既推定値ではA3では確からしいといえるが、A2では確からしいとは言えないことが読み取れる。A3のように部材数が多くなるほど既推定値の計算方式である上部材部分からの等分布荷重でたわみを求める概算方法が比較的评价できると考えられる。また、同様に本推定値の方法でもそれぞれの部材ごとのたわみを求める概算方法である解法1が実験値に確からしかったことから、部材数が多くなるほど正確に求めるより、概算的にたわみを求める解法が確からし

くなると思われる。しかし、特に荷重200kN~500kNの場合、A2と比べ誤差は大きく、同一荷重時での推定する際はこの点に考慮する必要があると考えられる。

5. まとめ

既実験値、既推定値、本推定値の荷重-たわみの比較から得られた知見を以下に示す。

- ・ 本推定値は単純梁に火打ちブロックを組み合わせたものでは解法3が単純梁に調整梁と火打ちブロックを設けたものでは解法1が概ね評価できる。
- ・ 部材数が多くなるほど概算的にたわみを求めた方が評価できる。
- ・ 単純梁に調整梁と火打ちブロックを設けたものでは既推定値より本推定値の方が評価できたが、どちらもほとんど差はなく、単純梁に火打ちブロックを組み合わせたものでは本推定値の方が評価できたので、本推定値は、既推定値と比較しても概ね評価できる。

参考文献

- 1) 矢後克己, 佐藤洋平, 藤本利昭, 下村修一:基礎工 10月号, 特集 最近の山留め・土留め-既存躯体の利活用・加工の合理化-重ね梁腹起しの構造性能と現場適用事例, 2021.9
- 2) 清田清司, 高須治男:新建築土木構造マニュアル, 理工学社, 2010.12
- 3) 小野薫, 加藤渉:新版 建築応用力学, 共立出版, 2018

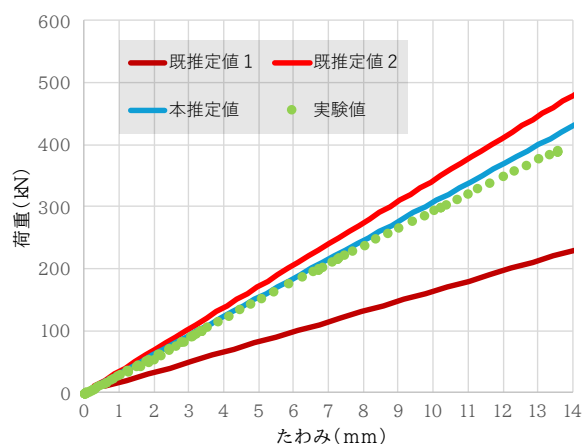


図7 その1,その2の推定値, 実験値の荷重と変位の関係(A2)

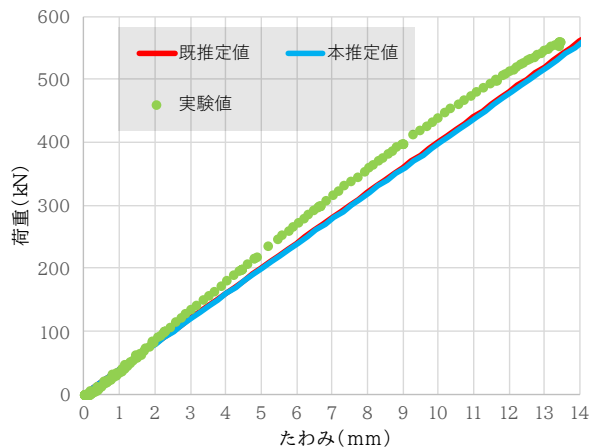


図8 その1,その2の推定値, 実験値の荷重と変位の関係(A3)