

火打ちブロックを用いた山留め腹起し材に関する研究

—その 1 推定値と曲げ実験の結果との比較—

日大生産工(院) ○菊池 研吾 日大生産工(学部) 織戸 大基
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. 背景・目的

近年、大規模建築物が数多く建設せれる状況の中、山留めは必要不可欠な手段であり、山留めを支持する仮設構造物の形状は仮設後の作業性に大きな影響を与える。その仮設材の配置についてはスパンが長いほど合理的ではあるが、土圧を受けて曲げ応力が作用する部材であるため、スパンが長いほど変位に対して影響が顕著に表れてしまうという問題点がある。

本研究では、山留め腹起し材の変位を小さくする方法として用いられている火打ちブロックに着目し、仮設材単純梁に火打ち材を取り付けた場合、更に剛性の向上を目的とした曲げスパン調整材を介して火打ちブロックを取り付けた場合および火打ちブロック単体の曲げ実験を行った。その1では、実験値と推定値から火打ちブロックの剛性や火打ちブロックを用いたときの単純梁としての構造性能の検証を行うことを目的とした。

2. 試験体概要

山留腹起し材を想定した主梁、火打ちブロックおよび調整材の詳細図を図1~4に示す。鋼材に関しては以降に示す3種の広幅H形鋼を用いて行うこととする。主梁については、図1、2に示す断面H-300×300×10×15、長さ5000mmの広幅H形鋼を用いる。調整材については、主梁の曲げ応力を軽減させるための部材であり、図2、3に示す断面H-200×200×8×12、長さ2000mm

の広幅H形鋼を用いて行う。図4に示す縮小版火打ちブロックについては調整梁との接合面長さ850mmとする。

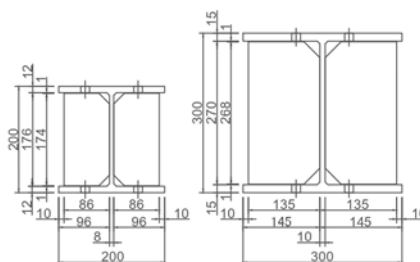


図2 調整材(左)と主梁(右)の横断面図

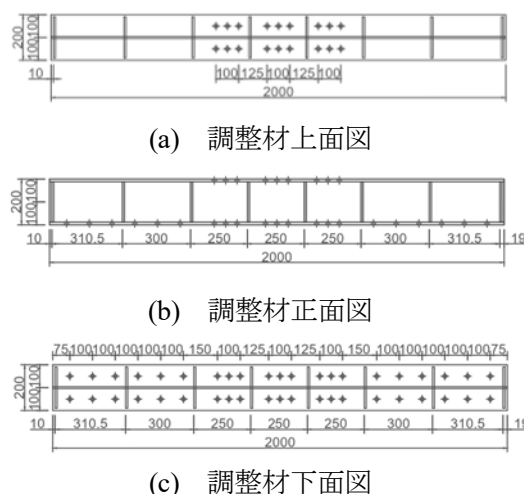


図3 調整材詳細図

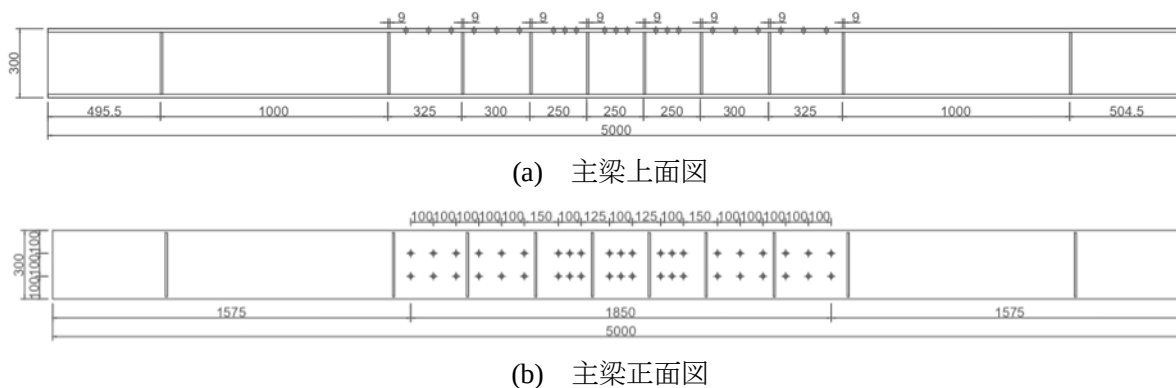


図 1 主梁詳細図

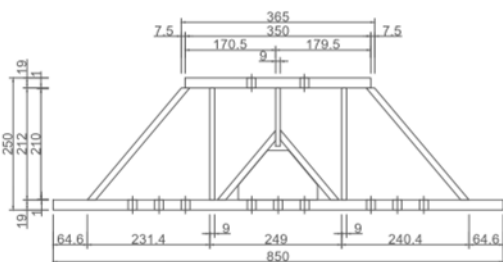


図4 縮小版火打ちブロック正面図

3. 測定方法および実験概要

載荷曲げ実験の様子および変位計位置、ひずみゲージ位置を図5~7に示す。載荷装置は5000kN構造物試験機を使用し、積載方法は支点間距離 $L=4000\text{mm}$ とした中央3点載荷とする。測定内容については、主梁、調整材および火打ちブロック各部のひずみ、梁中央部の変位を測定する。測定箇所については、図5の①~⑤の変位計を設け、変位計位置は1000mm間隔とした。

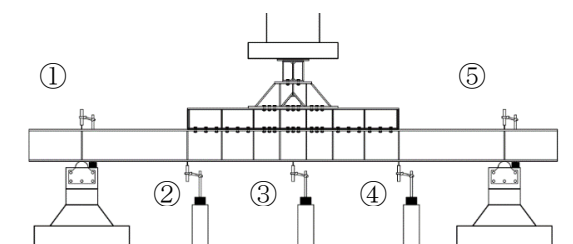


図5 実験の様子および変位計位置

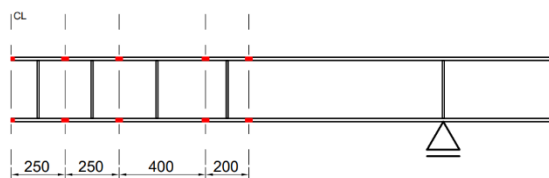


図6 主梁のひずみゲージ位置

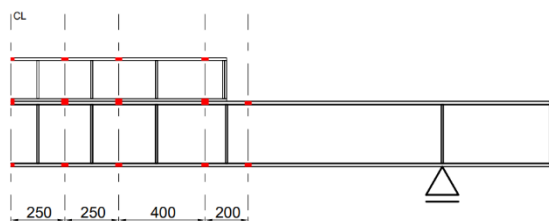


図7 主梁、調整材のひずみゲージ位置

実験については、「(1)主梁単体の載荷曲げ実験」「(2)-1主梁に火打ちブロックを4点高力ボルトで接合した場合の載荷曲げ実験」「(2)-2主梁に火打ちブロックを18点高力ボルトで接合した場合の載荷曲げ実験」「(3)調整材と火打ちブ

ロックを重ねる場合の載荷曲げ実験」の4種の実験を行う。以下に各実験の詳細を示す。

(1)主梁単体の載荷曲げ実験

火打ちブロックを使用しない実験で、ある荷重における主梁のひずみおよび変位を測定する。この実験は、他実験の基準となるデータであり、他実験と比較するために行う。

(2)-1 4点ボルト接合した場合

火打ちブロックの単体の効果を確認するための実験である。4本のボルトは載荷した際に火打ちブロックがずれ落ちないようにするために止めたもので、載荷荷重が火打ちブロック下部の4点に分散して主梁に伝えるものとする。

(2)-2 18点ボルト接合した場合

火打ちブロックと主梁をボルトで縫い合わせることによる効果を確認するための実験である。主梁と火打ちブロックが重なる面を載荷荷重が等分布に分散して主梁に伝えるものとする。

(3)調整材と火打ちブロックを重ねた場合

調整材を載せたことによる主梁、火打ちブロック、調整材の変位に対する効果を確認するための実験である。

4. 推定値算出方法

変位の推定値と実験値との比較による考察を行うため、推定値を算出するために用いた変位の式²⁾を以下に示す。

載荷方法の仮定について、実験(1)ではスパン中央に荷重が作用すると仮定した。実験(2)-1では火打ちブロックに荷重が作用したのち、4本のボルトに分散して主梁へ伝達すると仮定した。実験(2)-2や(3)の場合、ボルトの本数が18本となることで、火打ちブロックもしくは調整材から主梁にかけて等分布荷重として伝達すると仮定した。載荷の状態が異なることにより、主梁単体と比べて中立軸がずれ、断面二次モーメントが増大すると考えられるが、本研究で用いた断面二次モーメントは主梁単体として求めている。

変位計③における変位の式

実験(1)

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

実験(2)-1

$$\delta = \frac{Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2) \quad (2)$$

実験(2)-2, (3)

$$\delta = \frac{P}{b} \cdot \frac{L^4}{384EI} (8m - 4m^2 + m^4) \quad (3)$$

$$m = 1 - \frac{2a}{L}$$

変位計②・④における変位の式

実験(1)

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \left(\frac{3 \cdot 1000}{L} - \frac{4 \cdot 1000^3}{L^3} \right) \quad (4)$$

実験(2)-1

$$\delta = \frac{1000}{a} \cdot \frac{Pa^2}{6EI} (3L - 4a) \quad (5)$$

実験(2)-2, (3)

$$\delta = \frac{1000 \cdot \frac{P}{2} (2L^2 - b^2 - 2ab - 2a^2 - 2 \cdot 1000^2)}{12EI} \quad (6)$$

ここで、 δ :変位、 P :荷重、 L :支点間長さ、 E :ヤング率、 I :主梁の断面二次モーメント、 a :主梁と上部材が重なっていない部分の片側の長さ、 b :主梁と上部材が重なっている部分の長さを表す。なお、火打ちブロックおよび調整材の部材長さの関係より、実験(3)では $a = 1000(\text{mm})$ 、 $b = 2000(\text{mm})$ 、実験(3)以外では $a = 1575(\text{mm})$ 、 $b = 850(\text{mm})$ としている。また、上記の式を用いた時に使用した値について、主梁の断面二次モーメント $I = 199 \times 10^6(\text{mm}^4)$ 、ヤング率 $E = 205(\text{kN/mm}^2)$ 、支点間距離 $L = 4000(\text{mm})$ とした。

5. 結果および考察

5.1 各試験体における変位の比較

それぞれの実験において荷重 300kN 時の実験値の結果一覧を表 1 に示す。変位計③について着目すると、実験(2)-1 は実験(1)に対して 1.31mm 変位が小さくなった。実験(2)-1 と(2)-2 を比較すると、0.21mm 変位を抑えられていた。実験(1)に対して実験(3)では 5.22mm と変位が著しく小さくなった。

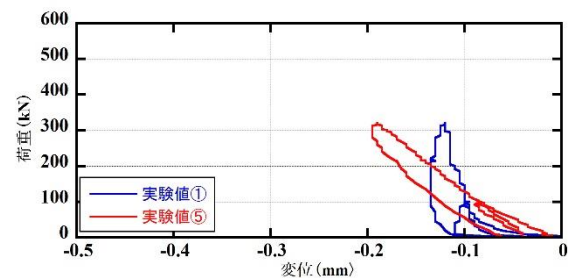
以上のことから火打ちブロックと調整材の有効性と接合するボルトの本数が多いほど僅かに剛性が高くなることが確認できた。また、実験(3)が最も小さくなったことから変位に対する影響は調整材が最も効果的であることがいえる。

表1 荷重300kN時の実験値結果

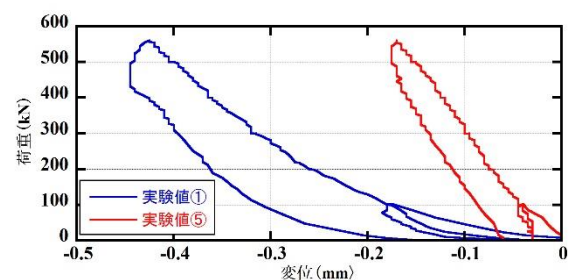
試験体名	荷重(kN)	変位(mm)		
		変位計②	変位計③	変位計④
		実験値	実験値	実験値
(1)	301.0	8.0	11.9	8.0
(2)-1	300.4	7.3	10.6	7.3
(2)-2	304.8	7.2	10.4	7.2
(3)	300.7	5.3	6.7	5.1

5.2 荷重—変位関係による比較

変位計①⑤は支点位置に設置されており、载荷中の支持点の変位は 0 が理想であるが、実際にはずれが生じている。4 つの実験について、最大荷重にばらつきがあるものの、変位計①⑤どちらにおいても 0 に限りなく近い。このことから支持点における変位による実験値に対する影響は少なく、補正しなくとも問題ないと考えた。一例として各実験の基準する実験(1)と最も変位が現れた実験(3)の荷重—変位関係を図 8 に示す。



(a) 実験(1)



(b) 実験(3)

図8 変位計①⑤の荷重—変位関係

変位計②③④についての各試験体の変位の実験値と推定値一覧を表 2 に、変位の実験値と推定値との比較を図 9 に示す。実験(1)では各変位計において差異が 20%前後と大きい。実験(2)-1 の変位計③では差異が 41.04%で、実験値は推定値を最も大きく下回っているため、(2)

表2 変位の実験値と推定値結果一覧

試験体名	最大荷重(kN)	変位(mm)							
		変位計②				変位計③			
		実験値	計算値	実験値/計算値	誤差の割合(%)	実験値	計算値	実験値/計算値	誤差の割合(%)
(1)	320.1	8.52	7.18	1.19	18.66	12.69	10.44	1.22	21.55
(2)-1	388.9	9.57	14.24	0.67	-32.79	14.02	23.78	0.59	-41.04
(2)-2	390.7	9.33	8.62	1.08	8.24	13.55	11.41	1.19	18.76
(3)	561.0	10.40	11.44	0.91	-9.09	13.45	14.01	0.96	-4.00

式および(5)式による評価手法が適当でないといえる。実験(2)-2 について、変位計③では差異が 18.76%と大きい。変位計②④では 8.5%前後で、変位計②④の中で絶対値は最も小さいと分かる。実験(3)の変位計②④では-10%前後と、変位計②④の中で差異の絶対値は二番目に小さい。変位計③では-4.00%となり、最も差異が小さい。以上のことから、各試験体の差異の絶対値を比較すると、実験(3)においては今回用いた推定手法との妥当性が高いといえる。しかし、実験(2)-1, 2 においては差異が大きいため推定手法として妥当性が低いと考察できる。

6. まとめ

山留め腹起し材に用いると想定した主梁、調整材、火打ちブロックの組み合わせた曲げ試験により算出された荷重 - 変位関係、変位の実験値と推定値の比較から得られた知見を以下に示す。

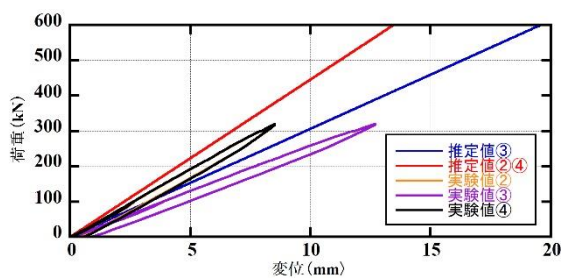
- 今回の全試験体の300kN時を比較すること

で調整材と火打ちブロックが変位を低減させることに対して有効性を確認できた。

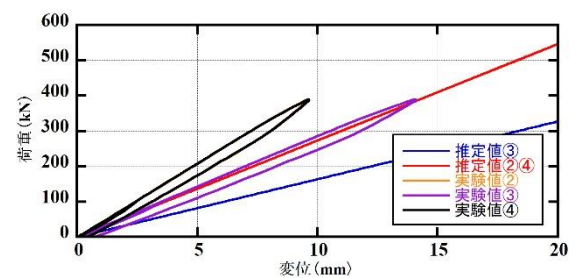
- 調整材を載せることによる剛性の向上効果は火打ちブロックよりも高い。
- 火打ちブロックと主梁のボルト接合部が多いほど剛性が僅かだが高くなった。
- 変位の推定値と実験値を比較することで推定手法の妥当性を確認し、実験(3)については差異が小さいことから妥当性があるといえる。しかし、実験(2)-1, 2 においては差異が大きいため推定値の算出手法の再検討が必要である。

参考文献

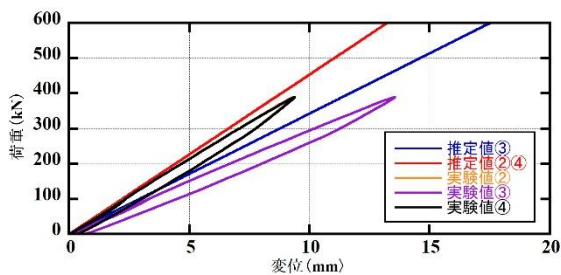
- 矢後克己, 佐藤洋平, 藤本利昭, 下村修一: 基礎工 10月号 特集 最近の山留め・土留め-既存躯体の利活用・架構の合理化-重ね梁腹起しの構造性能と現場適用事例, 2021.9
- 清田清司, 高須治男: 新建築土木構造マニュアル, 理工学社, 2010.12



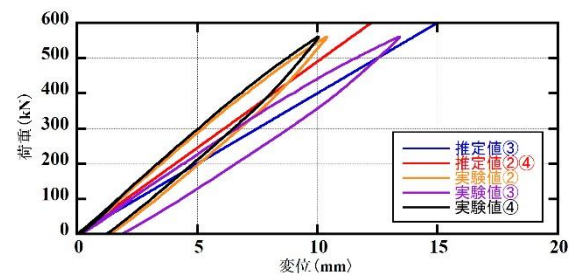
(a) 実験(1)



(b) 実験(2)-1



(c) 実験(2)-2



(d) 実験(3)

図9 変位の実験値と推定値の比較