

キーエレメント指標に基づいた発破解体計画手法 その5. 層数が異なる場合の比較

正会員 ○日下 善輝*1
同 磯部 大吾郎*2

キーエレメント指標 発破解体計画 鉄骨造建物
ASI-Gauss 法

1. 緒言

建物の発破解体は欧米では盛んに行われているが、発破解体計画に関する定量的な判断基準は確立されておらず、専門業者の独自の経験則に依存している。さらにその経験則は、欧米に比べ設計強度の高い日本の建物に適用することは困難である。そこで本研究では、定量的な判断基準をもって発破箇所を選定を行うことを目的とし、建物の構造上重要な柱部材を特定し得るキーエレメント指標（以下KI）に基づいた発破解体計画手法を開発している¹⁾²⁾。本稿では、5層と15層の建物に当発破解体計画手法を適用した場合における発破解体効率を調査した結果について報告する。

2. KIを用いた発破解体計画法

健全な建物の全柱梁接合部に対し、鉛直方向に荷重増分を与え、建物最下層部のいずれかの柱部材に降伏現象が発生した瞬間の荷重を用い、降伏限界荷重 ${}_0P_G$ として求める。任意の*i*層内の柱番号*a*を除去した建物にも同様に荷重増分を与え、*i*層以下のいずれかの柱部材に降伏現象が発生した瞬間の荷重を用い、降伏限界荷重 ${}_1P_G(i,a)$ として求める。この柱番号*a*のKIを以下のように降伏限界荷重の比で定義する。

$${}_1KI_{i,a} = {}_0P_G / {}_1P_G(i,a) \quad (1)$$

添え字の0は、KIを算出する際に健全な建物の降伏限界荷重を用いることを表し、添え字の1は第1次選定であることを表す。同様に、第(*n*-1)次選定までに選定した柱を既に除去した建物の強度に対する*i*層内の柱番号*b*のKIは、第*n*次選定では以下のように定義できる。

$${}_{n-1}KI_{i,b} = {}_{n-1}P_G / {}_nP_G(i,b) \quad (2)$$

ここで、右辺分子 ${}_{n-1}P_G$ は、第(*n*-1)次選定までに選定した柱を除去した建物の降伏限界荷重であるが、第(*n*-1)次選定までの柱の選定状況に応じて値が変化する。

本稿では、先行研究²⁾から有効性が示されている段発方式の発破解体計画による発破解体解析を実施した。発破箇所については、第1次選定において算出したKIに順位を付け、小さい順に任意の順位までの柱を選定し、第2次選定において算出したKIの大きい順に任意の順位までの柱を選定する。発破解体解析では、第1次選定において発破箇所とした柱を同時に発破し、3.0[s]後に第2次選定において発破箇所とした柱

を同時に発破するものとする。

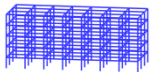
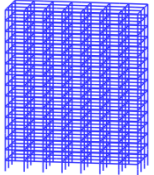
解析モデルとしては5層、15層の鉄骨造建物を想定し、いずれのモデルもスパン割りは桁行き方向に7スパン、梁間方向に3スパン、階高は各層4[m]、幅および奥行きのスパン長は全て7[m]とした。各モデルには固定荷重と積載荷重を合わせて単位床面積あたり800[kgf/m²]が作用するものとして設計している。梁や柱の断面寸法は、ベースシア係数 C_b に基づき建物に必要とされる水平耐力を満たす断面を算出した結果を用いた³⁾。各モデルの諸元とともに概観図を表-1に示す。なお、健全状態高さの和については次節で説明する。また、本稿で用いる各モデルは、梁にはSS400の鋼材を用いたH形鋼、柱にはSM490の鋼材を用いた角形鋼管を使用している。

3. KI積算値と残存物高さの和の関係、および発破部材数と残存物高さの和の関係

KI積算値は、発破箇所とした柱全てのKIを足し合わせたものとして定義する。第*n*次選定までのKI積算値を以下のように表す。

$$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^R \sum_{j_k=1}^{l(k,i)} [{}^{k-1}KI_{i,m(i,j_k)}] \\ = {}_1KI_{1,m(1,1)} + {}_1KI_{1,m(1,2)} + \dots + {}_1KI_{1,m(1,l(1,1))} + \dots + {}_1KI_{R,m(R,l(1,R))} + \dots + {}_{n-1}KI_{1,m(1,1)} + {}_{n-1}KI_{1,m(1,2)} + \dots + {}_{n-1}KI_{1,m(1,l(n,1))} + \dots + {}_{n-1}KI_{R,m(R,l(n,R))} \quad (3)$$

表-1 モデル諸元

	5層モデル	15層モデル
モデル概観図		
全高 [m]	20	60
ベースシア係数 C_b	0.250	0.133
総要素数	840	2,520
総節点数	612	1,772
柱部材数	160	480
健全状態高さの和 [m]	6,640	54,720

ここで、 R , $l(k, i)$, $m(i, j_k)$ は建物の全層数、 k 次選定において i 層で発破箇所とした柱の本数、およびその j_k 本目の柱番号を表す。また、発破解体解析を実施したモデルの最終形態において、残存物を構成している節点の Z 座標の和を残存物高さの和と定義する。

本稿では、第1次選定において KI の小さい順に1~3位までの柱を選定し、第2次選定においてはそれぞれの KI の大きい順に1~5位までの柱を発破箇所とする発破解体計画を立て、それに基づき発破解体解析を実施した。解析結果として、 KI 積算値と残存物高さの和の関係を図-1に、発破部材数と残存物高さの和の関係を図-2に示す。なお、残存物高さの和は健全状態の各モデルにおける全節点の Z 座標の和(表-1内「健全状態高さの和 [m]」)で除して無次元化した値を用いている。 KI 積算値は、発破箇所を選定するために第1次選定時に算出した全柱部材の KI を足し合わせた値($\sum_1 KI$)で除して無次元化し、発破部材数は健全状態の各モデルの全柱部材数で除して無次元化している。なお、凡例について、1つ目の S は第1発破において KI の小さい順に発破箇所を選定したこと、2つ目の L は第2発破において KI の大きい順に発破箇所を選定したことを表し、右下の数字から右上の数字の順位までの柱を発破箇所として選定している。グラフ内には、各結果から推測できる傾向線を描画した。

図-1、図-2の(a)5層モデルを見ると、第1発破で KI の小さ

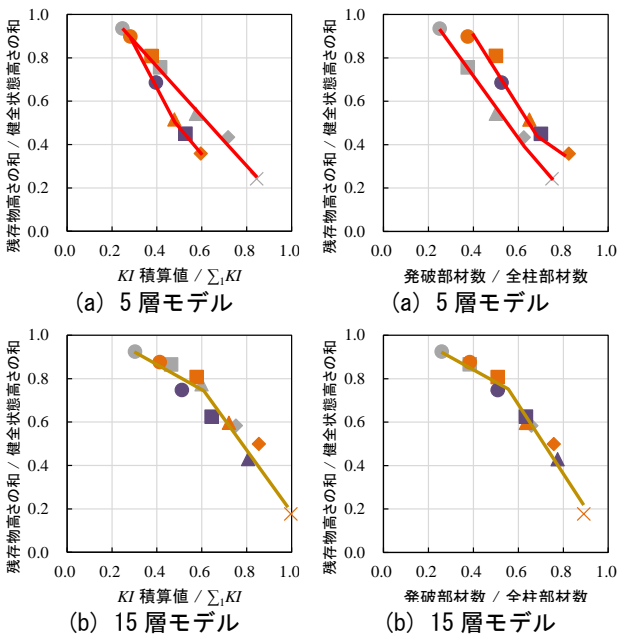


図-1 KI 積算値と残存物高さの和の関係
図-2 発破部材数と残存物高さの和の関係

● $S_1^1 - L_1^1$	● $S_1^2 - L_1^1$	● $S_1^3 - L_1^1$
■ $S_1^1 - L_1^2$	■ $S_1^2 - L_1^2$	■ $S_1^3 - L_1^2$
▲ $S_1^1 - L_1^3$	▲ $S_1^2 - L_1^3$	▲ $S_1^3 - L_1^3$
◆ $S_1^1 - L_1^4$	◆ $S_1^2 - L_1^4$	◆ $S_1^3 - L_1^4$
× $S_1^1 - L_1^5$	× $S_1^2 - L_1^5$	

い順に1位の柱のみを発破する条件(S_1^1)の傾向が、その他の2条件(S_1^2, S_1^3)の傾向と異なる。これは、 S_1^1 の条件では、 S_1^2, S_1^3 の場合と比較して第2次選定時の各柱の KI が全体的に大きいことに起因していると考えられる。以上の傾向の相違を考慮し、5層モデルについては両者の傾向を表す傾向線を区別した。また、図-2(a)から、 S_1^1 の傾向線が S_1^2, S_1^3 の傾向線の左側に位置していることが分かる。このことから、低層モデルの場合、ある一定の残存物高さの和となるような崩壊を目指して発破解体計画を立てる際、最も発破部材数が少なくなるのは S_1^1 の条件であるといえる。

一方、図-1、図-2の(b)15層モデルを見ると、第1発破の発破箇所選定条件の違いによる傾向の差がほとんど見られない。ゆえに、 S_1^1, S_1^2, S_1^3 の傾向をまとめて1本の傾向線で描画することが可能である。すなわち、高層モデルの場合、 KI 積算値および発破部材数によって建物の崩壊は一意的に定まる傾向がある。また、5層モデルと比較して、15層モデルの傾向線がグラフ内のやや右上に位置するようになっている。例えば、図-2において残存物高さの和の割合が0.4以下となるような崩壊を目指して解体計画を立てると、5層モデルでは全柱部材数に対して約6割の発破部材数で達成できるのに対し、15層モデルでは約8割の発破部材数が必要となる。以上のことから、15層モデルは5層モデルと比較して、発破解体効率が悪くということが分かる。

4. 結言

5層モデルについては第1発破の発破箇所選定条件が極めて重要となり、発破解体の効率は第1発破の発破箇所選定条件によって大きく左右される。15層モデルでは、 KI 積算値および発破部材数によって建物の崩壊は一意的に定まる傾向がある。しかし、5層モデルと比較すると解体効率が悪いため、発破解体計画手法のさらなる改善が必要と考えられる。

参考文献

- 1) Isobe, D.: An Analysis Code and a Planning Tool Based on a Key Element Index for Controlled Explosive Demolition, *International Journal of High-Rise Buildings*, Vol.3, No.4, pp.243-254, 2014.
- 2) 磯部大吾郎: キーエレメント指標に基づいた発破解体計画手法 その4. キーエレメント指標の積算値と残存物高さの関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp.343-344, 2014.
- 3) 鈴木 淳一, 阿部 修太郎, 鈴木 弘之, 大宮 喜文, 若松 孝旺: 火災時における鋼架構の崩壊温度とリダダンシ—耐震設計が耐火性能に与える効果, 日本建築学会構造系論文集, 第608号, pp.157-164, 2006.

*1: 筑波大学大学院システム情報工学研究科 大学院生

*2: 筑波大学教授 博(工)

*1: Graduate Student, Univ. of Tsukuba

*2: Professor, Univ. of Tsukuba, Dr. Eng.