

キーエレメント指標に基づいた発破解体計画手法 その7. スパン数・発破箇所選定方法が異なる場合の比較

正会員 ○東 健太*1
同 磯部 大吾郎*2

キーエレメント指標 分散 解体効率
発破解体解析 ASI-Gauss 法

1. 緒言

建物の発破解体は欧米では盛んだが、その解体計画はノウハウに依存しているため定量的な判断基準がなく、設計強度の高い日本の建物に単純には適用できない。そこで前報[1]では、建物全体に対する柱部材の寄与度を数値化したキーエレメント指標（以下 KI ）の分散を用いた建物の発破箇所選定方法を検討し、先行研究[2]で有効性が示されている段階方式の発破解体における第1発破箇所の選定に重点を置くことで解体効率の向上を試みた。本稿では、スパン数の異なる複数のモデルに対して ASI-Gauss 解析コード[3]を用いた発破解体解析を実施し、解体効率と解体時の安全性を発破柱数と残存物高さの和の関係、および建物の外周部への部材の飛散距離と残存物高さの和の関係を用いて調査した結果を報告する。

2. KI に基づく発破箇所選定方法

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加え、建物のいずれかの柱部材に降伏現象が生じた瞬間の降伏限界荷重を ${}_0P_G$ とおく。同様に、任意の i 層内の柱番号 a を除去した状態の建物に鉛直方向に荷重増分を与え、 i 層以下のいずれかの柱部材に降伏現象が生じた瞬間の降伏限界荷重を ${}_1P_G(i, a)$ とおく。これらの降伏限界荷重の比を用い、この柱番号 a の KI を以下のように定義する[2]。

$${}_0KI_{i,a} = {}_0P_G / {}_1P_G(i, a) \quad (1)$$

添え字の0は健全な建物の降伏限界荷重を用いていることを示し、添え字の1は柱1本を除去した第1次選定後の状態であることを示す。同様に、第 $(n-1)$ 次選定までに選定された柱を除去した後の建物の強度に対する i 層柱番号 b の寄与度は、第 n 次選定では以下のように定義できる。

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

ここで、右辺分子 ${}^{n-1}P_G$ は、第 $(n-1)$ 次選定までに選定された柱を除去した状態の建物の降伏限界荷重であり、第 $(n-1)$ 次選定までの選定状況に応じて値が変化する。

本稿では、欠損した状態の建物に突出して大きな KI を持つ柱を作り出すことを目指す。そこで、 KI に対する分散により柱の寄与度のバラつきを評価する。 KI の分散は、建物全体に残存する柱の KI から算出する方法（以後、 σ^2 を大きくするパターン）と各層ごとに残存する柱の KI から算出する方法

（以後、 σ_i^2 を大きくするパターン）の2種類の方法によって算出した。前者は以下の式(3)、後者は式(4)によって求められる。

$$\sigma^2 = \sum_i \sum_j \frac{(\overline{KI} - KI_{i,j})^2}{N_{total}} \quad (3)$$

$$\sigma_i^2 = \sum_j \frac{(KI(i) - KI_{i,j})^2}{N_i} \quad (4)$$

ここで、 \overline{KI} は全層に残存する全ての柱の KI から算出する平均値、 $KI(i)$ は i 層に残存する全ての柱の KI から算出する平均値、 $KI_{i,j}$ は、 i 層の柱番号 j における KI 、 N_{total} は全層に残存する全柱数、 N_i は i 層に残存する全柱数、 σ^2 は全層での KI の分散、 σ_i^2 は i 層(単層)での KI の分散を表す。

以上の方法で KI の分散を算出・比較し、値が最大となる柱を第1発破箇所として選定する。次に、第1発破後に残存する柱の中から KI が大きい順に順位を付け、任意の順位までの柱を第2発破箇所として選定する。この発破箇所選定方法に加え、第1発破では KI の小さい順に発破箇所を選定し、第2発破では KI の大きい順に発破箇所を選定する方法（以下、 $S-L$ 方式）及び第1発破では KI の大きい順に発破箇所を選定し、第2発破で KI の大きい順に発破箇所を選定する方法（以下、 $L-L$ 方式）についても検討することとした。これらの条件を基に実施した解析では、自重載荷の後、第1発破を1.0 s、第2発破を4.0 sに行った。本稿で用いる解析モデルは図-1に示すスパン数の異なる2つの10層の鋼構造建物で、全高40.0 m、階高4.0 m、幅・奥行きスパン長は7.0 mである。ベースシア係数を $C_b=0.20$ とし、積載荷重と固定荷重を合わせて 800 kgf/m^2 が作用するものとして設計した。また、建物の柱にはSM490の鋼材を用いた角型鋼管、梁にはSM400の鋼材を用いたH型鋼を使用した。床要素は全て塑性化を起さない弾性要素とした。

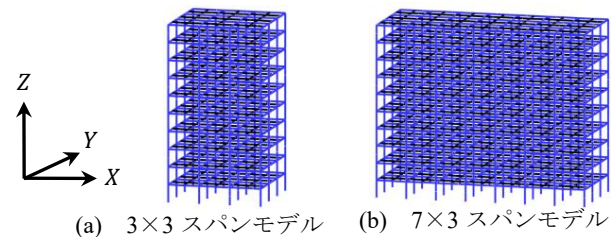


図-1 モデルの概観

3. 発破解体解析結果

σ^2 を大きくするパターン、 σ_1^2 を大きくするパターン ($i = 1, 3, 5$), $S-L$ 方式及び $L-L$ 方式, さらに乱数を用いて無作為に発破箇所を選定し 1 回の発破で解体する単発方式による発破解体解析を実施し, 解体効率と解体時の安全性を調査した. 解体効率は発破柱数と残存物高さの和の関係より評価し, 解体時の安全性は飛散距離と残存物高さの和の関係より評価した. なお, 発破解体解析終了時の全ての柱梁接合部節点の高さ方向 (Z) 座標値を足し合わせた値を残存物高さの和と定義し, 残存物高さの和を健全状態時の高さの和で割ることにより無次元化した. また, 発破柱数は健全状態における全柱数で割り無次元化した. さらに, 発破解体解析終了時の全ての柱梁接合部節点を用いて, 健全状態時の建物の外周部から最も離れた位置に存在する節点までの水平距離を発破解体における飛散距離と定義した.

図-2(a)の無作為な発破箇所選定による解析結果を比較すると, 両者のモデルで発破柱数が 4 割を超えた辺りから残存物高さの和が下降し始め, その下降していく傾きはほとんど同様の傾向があった. 一方, 図-2(b)の KI に基づいた発破箇所選定による解析結果は, スパン数が増えると選定方法の違いによる解体効率の差異が大きくなり, σ_1^2 を大きくするパターンを除いて解体効率が悪くなっている.

実際の発破解体では建物の全体崩壊を目的としているため, ここでは残存物高さの和が低く抑えられている場合のみで比較する. その場合, 無作為に選定した場合の方が KI に基づいて選定した場合より解体効率が良いケースが存在する. また, KI に基づいて選定すると, どの場合でも確実に解体するには 8 割以上の発破柱数が必要であることが分かる. そこで, 図-

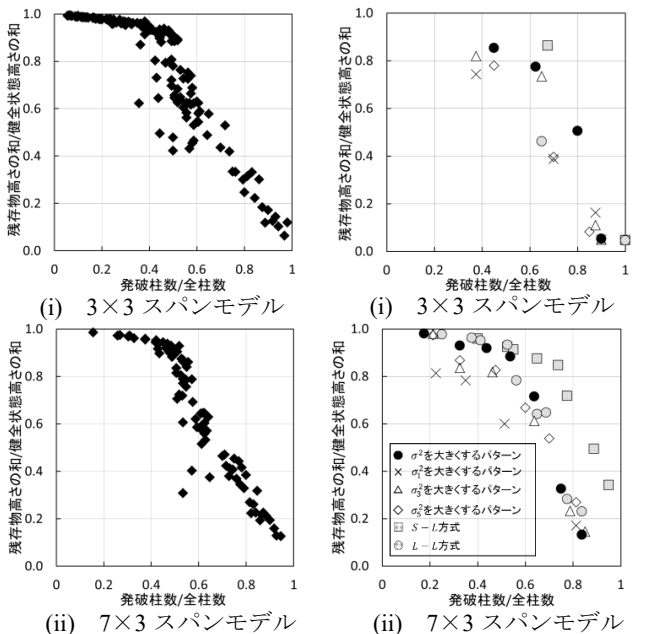


図-2 発破柱数と残存物高さの和の関係

3 に示す飛散距離と残存物高さの和の関係から, 解体時の安全性について考察する. 無作為に選定した場合, KI に基づいて選定した場合よりも飛散距離が長くなっており, 解体効率が悪かったケースについては, 飛散距離がより長くなっている. 一方, KI に基づいた発破箇所選定の中でも, 両者のモデルで σ_1^2 を大きくするパターンはほとんど飛散せずじ解体でき, 安全性が確保できていることが分かる.

4. 結言

本稿では, 発破解体効率の向上を目指してスパン数の異なる建物に対して発破解体解析を実施した. その結果, KI に基づいて発破箇所を選定した場合, 周囲への飛散は概ね抑えられ, 安全性が確保できている解体となった. しかし, 全体崩壊に至るまでには多くの発破本数が必要であるため, 解体効率をさらに向上させるには発破回数を増やすなど解体計画の改善が必要と考えられる.

参考文献

- [1] 東, 磯部: キーエレメント指標に基づいた発破解体計画手法 その6, 日本建築学会2016年度大会 (九州) 学術講演梗概集, (2016), pp. 415-416.
- [2] 日下, 磯部: 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, 日本建築学会 2015 年度大会 (関東) 学術講演梗概集, (2015), pp. 295-296.
- [3] D.Isobe: 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.

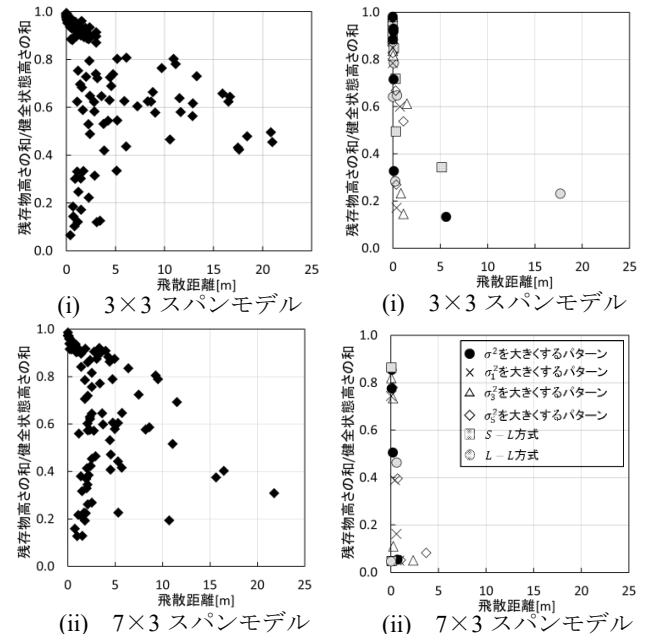


図-3 飛散距離と残存物高さの和の関係

*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.