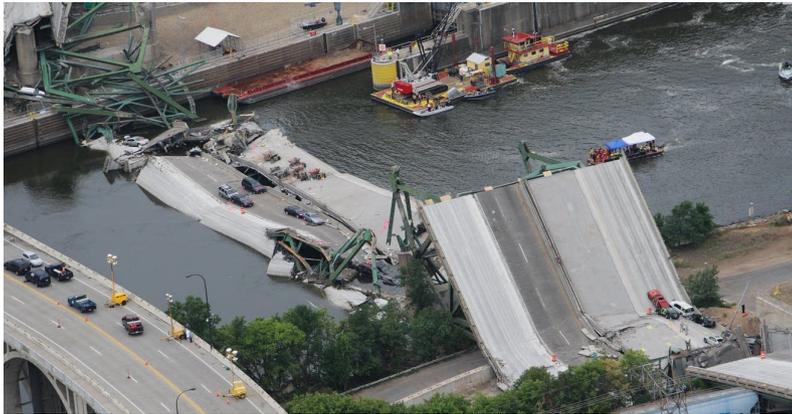


トラス橋の部材破断時の衝撃を重力仕事により 考慮した静的非線形リダンダンシー解析

構造強度学研究室

村田悠仁

研究背景



I-35W橋落橋（2007，米国）

格点部のガセットプレートの
損傷をきっかけに崩壊，死者13名

**損傷時の安全性＝リダンダンシー
を評価することが重要視**

リダンダンシー評価ガイドライン（2014）

動的解析：動的効果を再現可能，**計算コスト大**，**モデル化が難しい**

静的解析：動的効果を動的増幅率で再現→**過剰安全となる場合も**

後藤ら：静的解析でリダンダンシーを評価（2015）

トラスを質点に近似

健全系（＝損傷なし）と破断系（＝損傷あり）を用いて

仕事を基準とした**リダンダンシー指標 I** を算出，

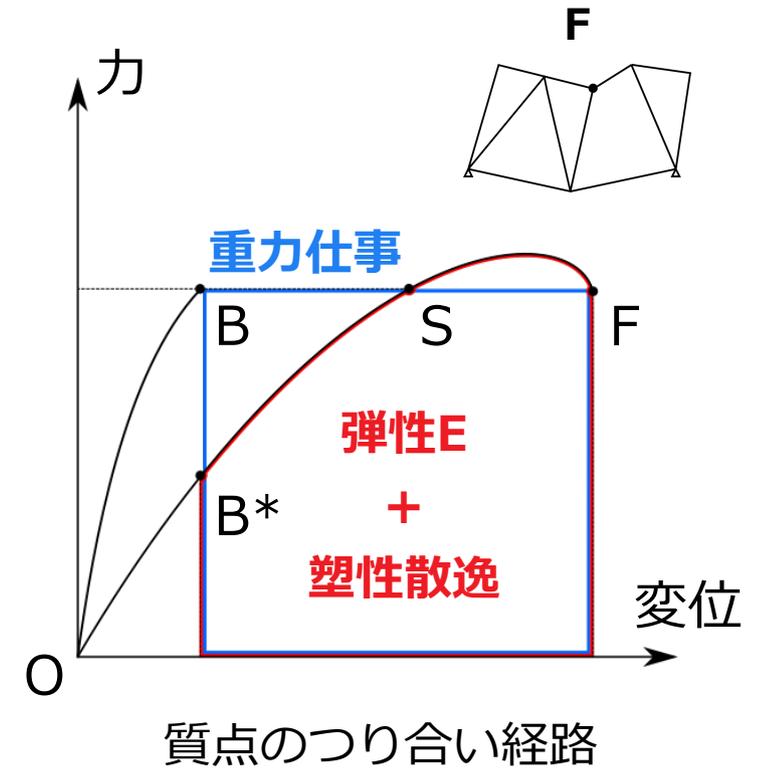
耐荷能力の余裕度を設計荷重の**荷重倍率 k** で評価

→本研究のベース

後藤ら (2015) の手法

1. 健全系に死荷重を作用させる (O-B)
2. 破断系にBと同じ変形を与える (O-B*)
3. 破断系に死荷重を作用させる (B*-S)
4. 質点の固有振動モード方向の慣性力を作用させ、崩壊状態まで計算する (S-F)
5. 質点の**重力仕事**と**弾性E + 塑性散逸**

$$I = W_G / E_A \quad I > 1 : \text{安全}, \quad I < 1 : \text{崩壊}$$



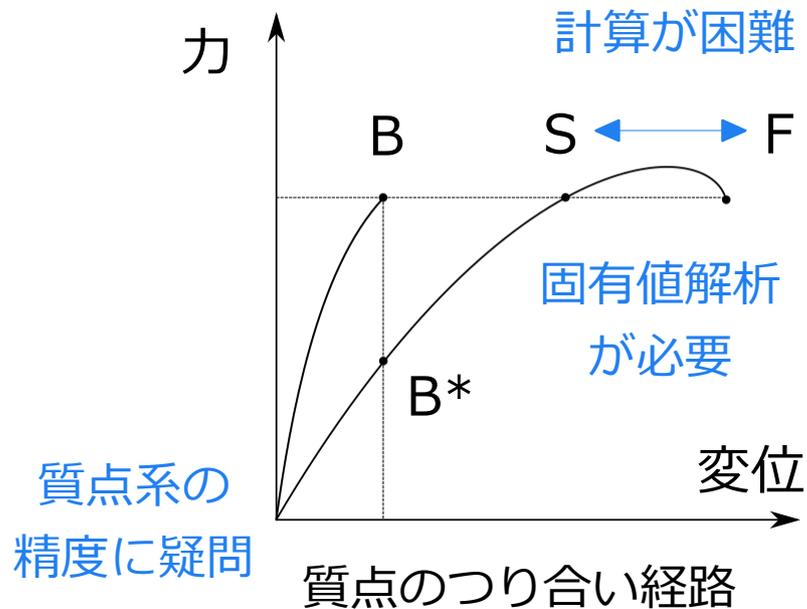
さまざまな k についてリダンダンシー指標 I を算出

荷重倍率 k を変えると

リダンダンシー指標 I はどう変化する？

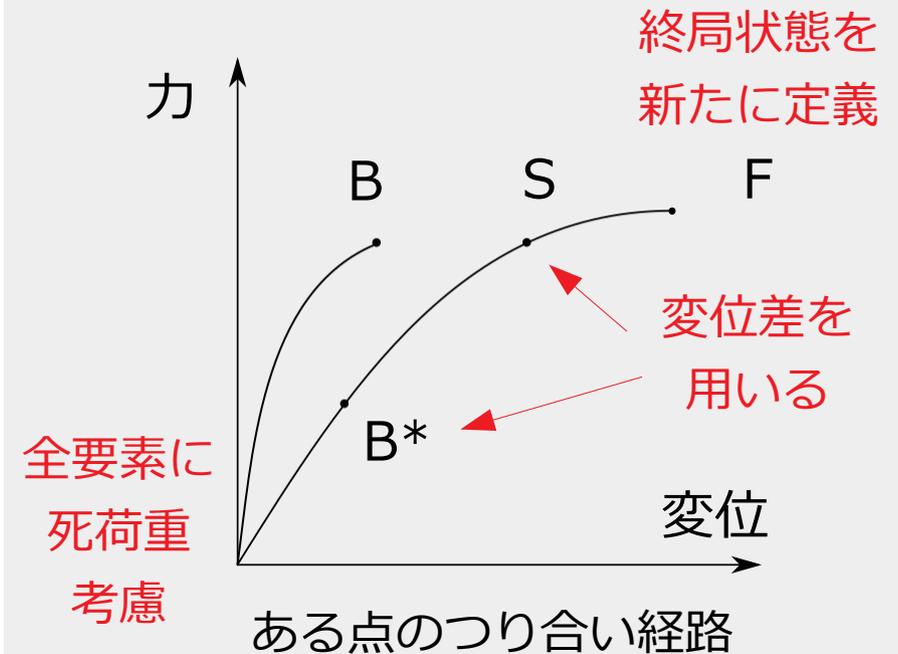
本研究の目的

後藤らの手法



- 質点以外の死荷重を考慮していない
- 固有振動モードを求める手順が煩雑
- 崩壊までのつり合い経路を追跡するのは、一般的に非常に困難

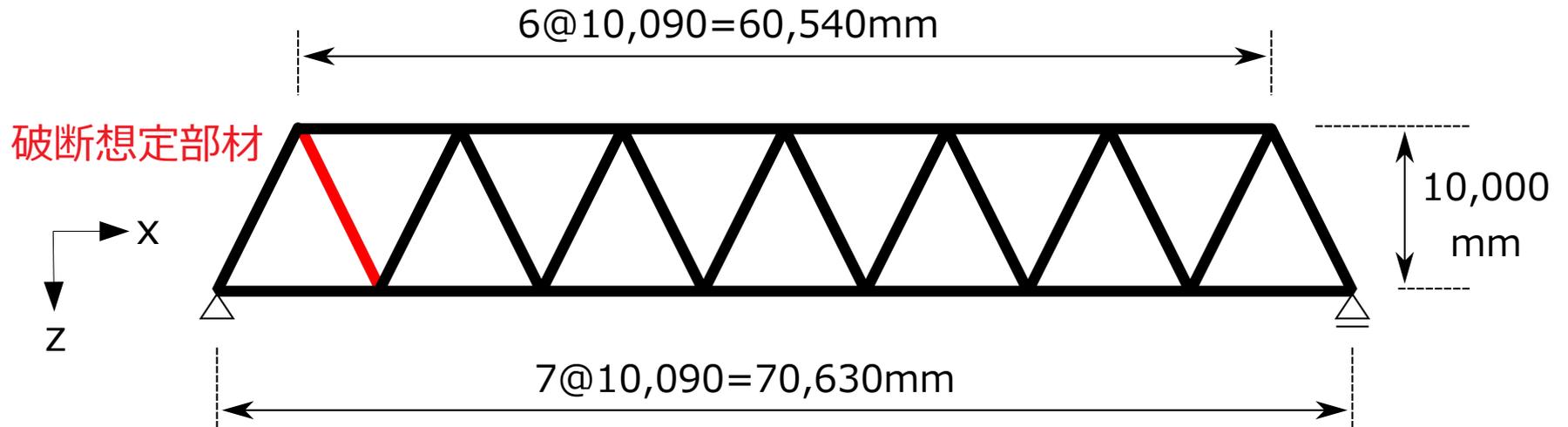
本研究の目的



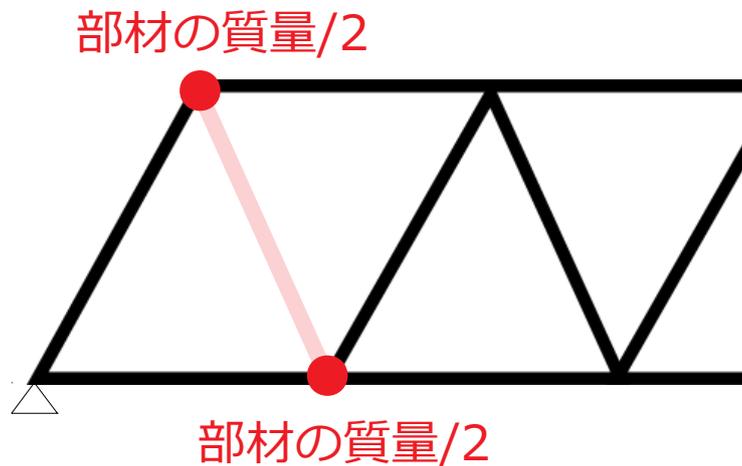
- **全要素**の死荷重を考慮し**高精度化**
- **B*, S状態の変位差**を用い**簡略化**
- **終局状態**を新たに定義し
つり合い経路を追跡しやすく

解析対象

健全系



破断系



物性値

材料 : SM400
質量密度 : $7850 [\text{kg}/\text{m}^3]$
Young係数 : $200 [\text{GPa}]$
Poisson比 : 0.3
初期降伏応力 : $235 [\text{MPa}]$

本研究の手法 -静的解析-

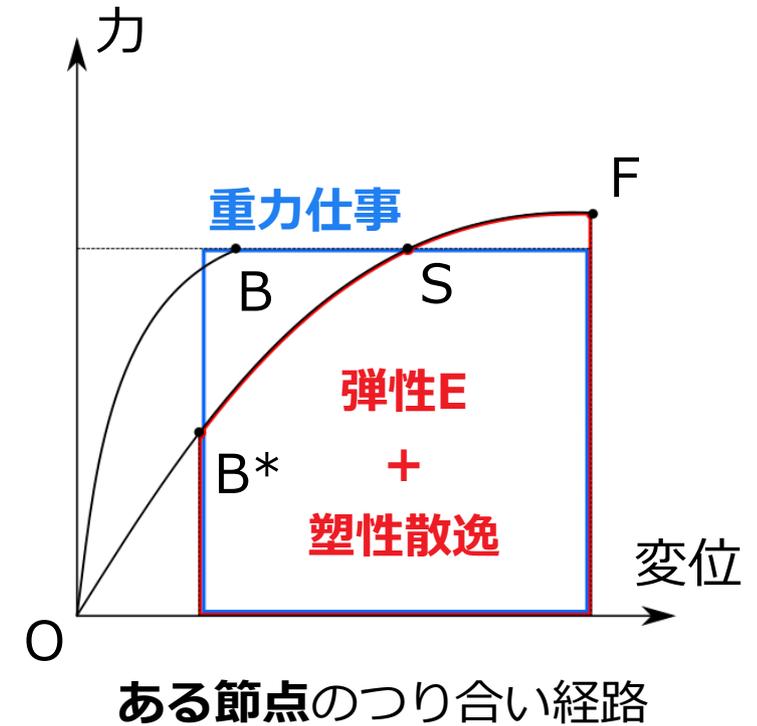
1. 健全系に死荷重を作用させる (O-B)
2. 破断系に死荷重を作用させる (O-S)

破断系の重心変位がBの重心変位と等しくなった状態=B*

3. 系全体にB*とSの変位差方向の慣性力を作用させ, 崩壊メカニズム(後述)ができるまで計算する (S-F)

4. 系全体の**重力仕事**と**弾性E + 塑性散逸**

$$I = W_G / E_A \quad I > 1 : \text{安全}, \quad I < 1 : \text{崩壊}$$



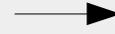
荷重倍率 k を変えると

リダンダンシー指標 I はどう変化する? →検証

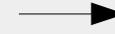
本研究の手法 -崩壊メカニズム-

崩壊メカニズム

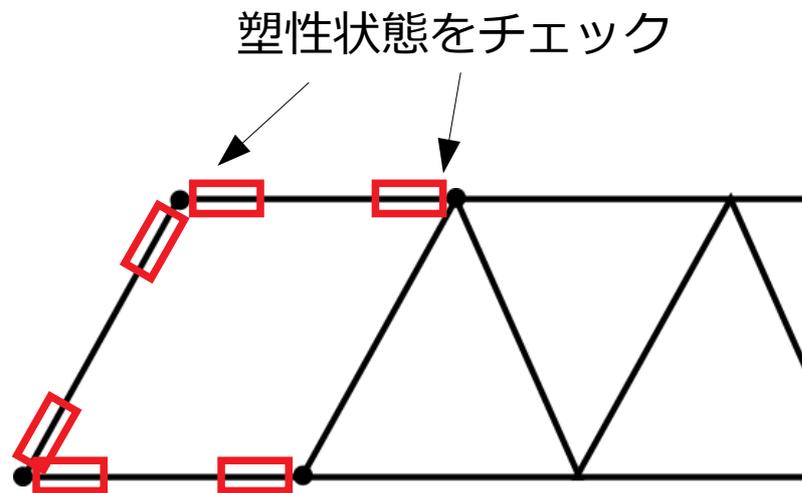
崩壊判定要素の
全断面が塑性化



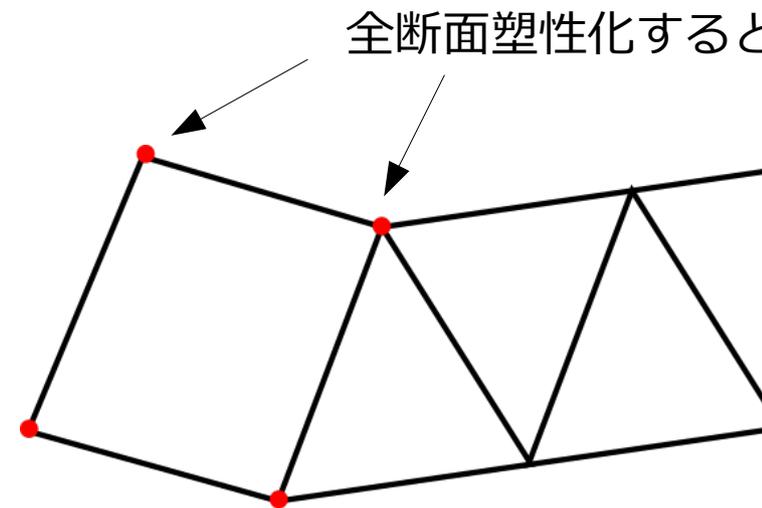
4格点部が
全断面塑性化



終局状態
= 崩壊



崩壊判定要素

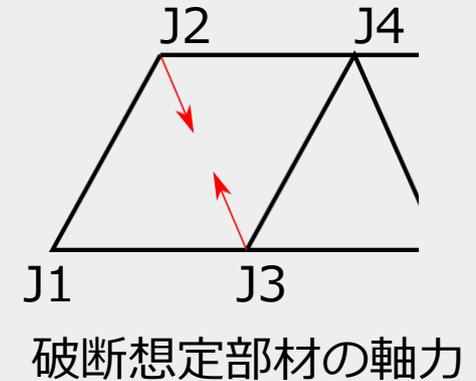


崩壊

本研究の手法 -動的解析-

本研究では動的解析の結果を参照解とする

1. 健全系に死荷重を作用させた際の破断想定部材の軸力を求める
2. 破断系に死荷重と軸力を作用させる
3. 0.01sの間に軸力をゼロにする



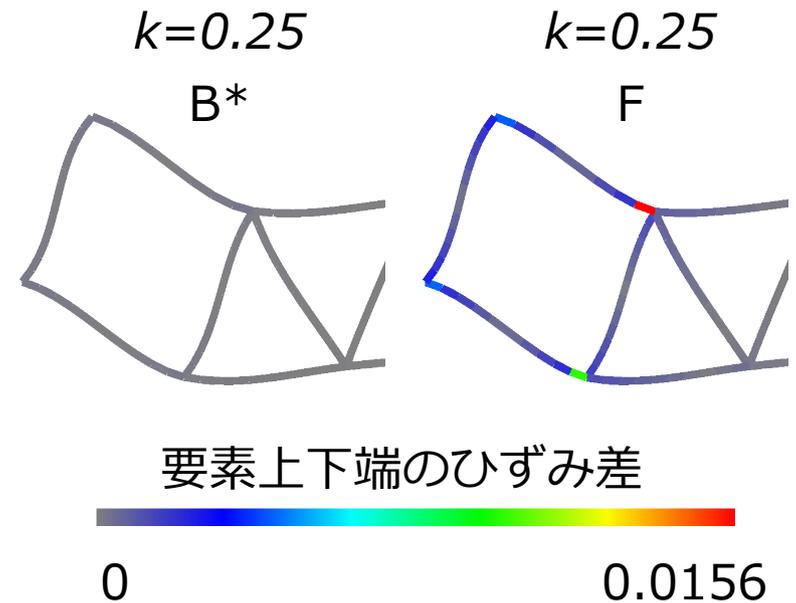
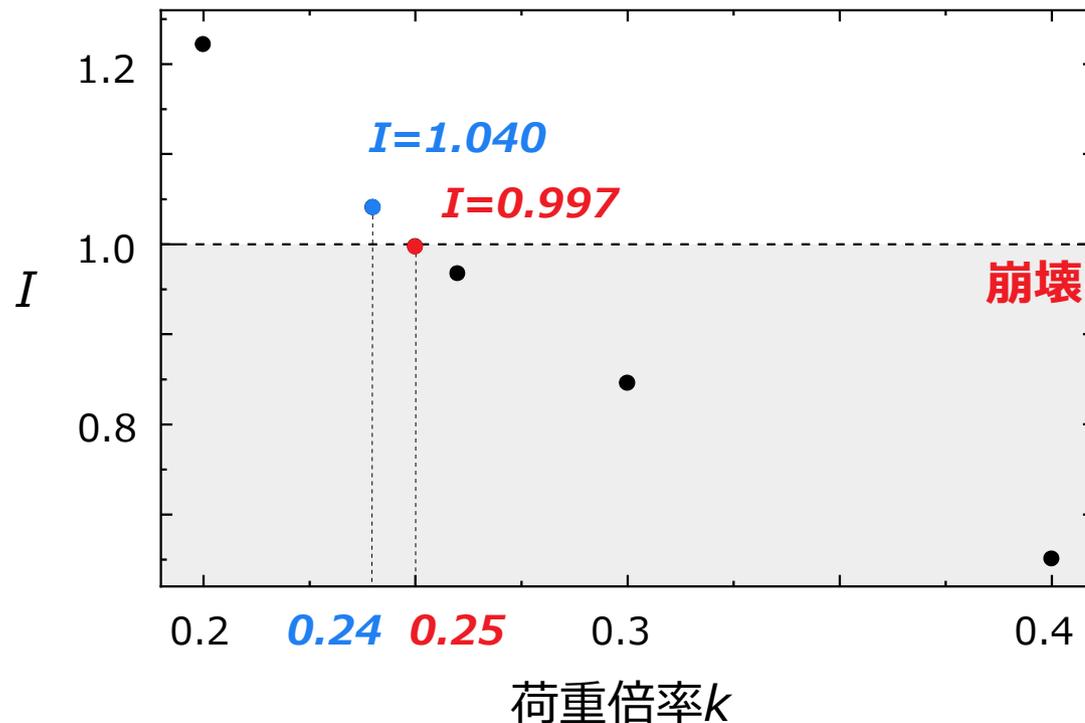
動的解析の結果

格点	$k=0.20$	$k=0.24$	$k=0.25$	$k=0.26$	$k=0.30$
J1	-	-	全塑性	全塑性	全塑性
J2	-	-	全塑性	全塑性	全塑性
J3	-	全塑性	全塑性	全塑性	全塑性
J4	-	全塑性	全塑性	全塑性	全塑性

崩壊せず 崩壊

崩壊する最小の k
(最小崩壊荷重倍率)
 $k=0.24$ と $k=0.25$ の間
→参照解

解析結果 -静的解析-



最小崩壊荷重倍率は $k=0.24$ と $k=0.25$ の間にある

→**参照解と一致!**

死荷重だけを漸増载荷したところ, $k=0.43$ で崩壊

→部材破断の衝撃によって最小崩壊荷重倍率が55.8~58.1%減少

→**動的効果を考慮することは重要**

まとめ

全要素の死荷重を考慮し，固有値解析を行わない手法で手順を簡略化しつつ，崩壊の定義を明確にした手法を提案した

- **全要素の死荷重を考慮することにより参照解である動的解析と同じ範囲で最小崩壊荷重倍率が求められた**
- **変位差を荷重に用いることでより簡単にリダンダンシーを評価することができた**
- **崩壊判定に要素の塑性状態を用いることで系の終局までのつり合い経路が求められない問題を解決できた**