

論文 RC 曲げ破壊部材における修復時間に着目した損傷評価指標の算出法

衣笠秀行*1・向井智久*2・崔 烘福*3

要旨：機能回復性の観点から建物の耐震性評価を行うことを目的に、修復時間に着目し部材の損傷度を評価する指標である「時間損傷度」が提案されている²⁾。しかし、既に行われた実験データから、種々の部材の時間損傷度を得ることに限界があるため、寸法等の異なる、実験を行っていない部材の時間損傷度の算出法が必要となる。そこで、本研究では、既往研究で提案されているひび割れ長さ評価モデルと本論文で示すひび割れ長さ比を用いた時間損傷度の算出を試みる。また、ヒンジ領域面積比を用いて部材寸法変化に伴う時間損傷度の変化を簡易に推定する方法を示し、実験値との比較等を通して妥当性を検討する。

キーワード：時間損傷度、修復時間、ひび割れ長さ、ヒンジ領域面積、機能回復性

1. はじめに

最近の地震被害において、構造体の損傷は小さく安全性に問題はなくても、修復のために多大な時間が必要となるために、経済活動や人々の生活に支障が生じるケースが報告されている^(例えば1)。このような背景を基に著者らは機能回復性の観点から建物の耐震性評価を行うことを目的に、部材に生じた損傷の深刻度を修復に必要な時間の大きさで表した一種の損傷評価指標である「時間損傷度」²⁾の提案を行っている。時間損傷度はある条件を仮定して算出される、損傷を修復するために必要な時間（修復時間）であり、損傷が引き起こす機能阻害との関係が明確であることや、種々の損傷の深刻度を統一的に評価できること、専門的知識のない人にも理解可能な工学量であることが特徴である²⁾。また、建物の修復時間算定のための基本情報として、修復に必要な労務量（作業員数×日数を単位として表現される労務の量）が必要となるが、部材の時間損傷度が与えられればこれを容易に算出することができる。

時間損傷度は、部材実験における損傷発生状況をもとに、部材毎に時間損傷度 - 部材角関係の形で得ることが出来る。しかし、階高やスパンの異なる建物の評価のためには、寸法等の異なる各種の部材の時間損傷度が必要となり、これを逐一、実験を行い得ることに限界がある。時間損傷度 - 部材角関係の変化を推定し、実験で得られた時間損傷度 - 部材角関係をもとに、寸法等の異なる、実験を行っていない部材の同関係を求める方法が必要と考えられる。

靱性型建物は一般に地震時変形が大きく損傷の発生が懸念されている。本研究では、これら建物に使用される曲げ破壊部材を対象に、文献3)で提案されているひび割れ長さ評価モデルと本論文で述べるひび割れ長さ比 R

を用いた時間損傷度の算出を行う。そして、これを用いて算出した時間損傷度と、実験データから直接算出した時間損傷度との比較を行うことで算出法の妥当性を検討する。次に、部材長や断面寸法を変化させた部材の時間損傷度を算出し、部材寸法が異なることで時間損傷度 - 変形角関係にどのような変化が現れるのかを考察し、さらにこの変化量がヒンジ領域面積比を用いて簡便に、かつ、精度よく推定可能であることを示す。

2. 実験データからの時間損傷度算出

2.1 評価対象部材の概要

本研究で評価対象とした試験体の概要を表-1に示す。これら試験体では変位漸増正負繰り返し載荷が行われ、ひび割れ幅・長さ及びコンクリート剥落面積の詳細計測（以下、損傷計測）が行われている。

片ヒンジ柱と両ヒンジ梁は、1層2スパンの架構実験⁴⁾における柱および梁部材である。片ヒンジ柱①と②は柱脚のみに曲げ降伏ヒンジが生じた架構試験体の両外側の2本の柱、両ヒンジ梁①と②は部材両端に曲げ降伏ヒンジの生じた架構試験体の2本の梁部材である。なお、これら①と②の柱梁部材はほぼ同じ損傷状況となっている。両ヒンジ柱は、反曲点高さ比を0.5とした逆対称加力を受け曲げ破壊した柱試験体である⁵⁾。

これら試験体は縮小試験体であるため時間損傷度の算定において実大への換算を行う必要がある。文献6)では1/2縮小の試験体と実大試験体のひび割れ性状を比較し、最大ひび割れ幅等への影響を検討している。本研究ではこれを参考に、ひび割れ長さやひび割れ幅に縮尺率の逆数を乗じることによって実大寸法に換算し評価を行うこととした。

また、文献3)のひび割れ長さ評価モデルが、正載荷時

*1 東京理科大学 創域理工学部建築学科教授 博士(工学) (正会員)

*2 国土技術政策総合研究所 評価システム研究室 室長 博士(工学) (正会員)

*3 東京理科大学 創域理工学部建築学科助教 博士(工学) (正会員)

および負荷荷時のひび割れ長さの和を算出するものとなっているため、本研究ではこれに合わせて、実験データに基づく時間損傷度の算出を、正載荷と負載荷で計測されたひび割れ長さの和をもとに算出することとした。

2.2 時間損傷度 td の算出法²⁾

(1) 時間損傷度 td の定式化

時間損傷度 td は労務量 La から次式で算出される。

$$td = La/m \quad (1)$$

$$m = a \times K \quad (2)$$

K は修復作業面積 a に最大投入可能な作業員数 m を定める定数であり、ここでは文献7)に基づき $K=1(\text{人}/\text{m}^2)$ とした。なお、時間損傷度には、修復に必要な準備(現地調査・資材調達・仮設設置など)や養生などに費やされる時間は含まれていない。

(2) 修復作業面積 a

修復工事を行うにあたり、仮設間仕切りを設け、作業エリアを確保する必要がある、本研究においては文献8)を参考に、その範囲を修復対象部材から1mとした。すなわち、修復対象面から平行線を1m離してとり、交差する線を結ぶことで囲まれた面積から、修復対象部材の存在する面積を除いた面積を修復作業面積 a とした。柱部材および梁部材の修復作業面積 a の計算例をそれぞれ図-1(a)(b)に示す。なお、梁部材の場合には、両端で柱と接しているため作業面積は4周にならない点、部材直下の床面積が修復作業面積に含まれる点が柱部材と異なっている。

(3) 労務量 La の算出

各種損傷に対する労務量 La_i は式(3)で算出される。

$$La_i = \text{施工数量} Q_i \times \beta_{Ti} \quad (3)$$

ここで、施工数量は修復するひび割れ長さなどの工事の量、 β_T は建築研究所の研究プロジェクト⁹⁾において、構造、非構造、設備に発生する損傷に対して調査された、各種修復工事における修復時間係数であり、修復性評価データベースにまとめられている。評価対象部材に発生した損傷を、「幅0.2mm未満のひび割れ」(以下、「ひび割れ1」)、「幅0.2mm以上のひび割れ」(以下「ひび割れ2」)、及び、「コンクリート剥落面積」に分類し、表-2に示す施工数量に β_T を乗じることで、式(4)のように労務量 La を算出した。なお、ひび割れ幅0.2mmを境に β_T の値が区別されているのは、ひび割れ幅0.2mm未満と以上で修復工法がシーリング工法からエポキシ樹脂注入工法へと変わるためである。

$$La = L_{C1}(m) \times \beta_{T1} + L_{C2}(m) \times \beta_{T2} + F(m^2) \times \beta_{T3} \quad (4)$$

3. 時間損傷度算出法の検討

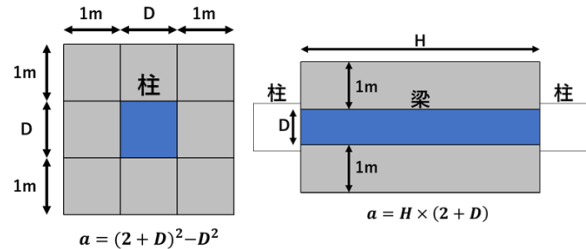
3.1 ひび割れ長さ評価モデル³⁾

本研究における時間損傷度の算出では、文献3)で提案

表-1 試験体概要

部材名	幅×せい (mm)	内法高さ (mm)	引張鉄筋比 (%)	横補強筋比 (%)	反曲点比	軸力比
片ヒンジ 柱①②	800× 800	2800	0.87	1.43	0.57	0.09
両ヒンジ 梁①②	600× 800	4700	上端0.96 下端1.43	0.84	0.59	0
両ヒンジ 柱①	600× 600	2400	0.5	0.4	0.5	0.19

*試験体寸法を上から順に2倍,2倍,1.5倍し実大に換算してある



(a) 柱の修復作業面積 (b) 梁の修復作業面積

図-1 柱及び梁部材の修復作業面積 a

表-2 ひび割れと剥落補修の修復時間係数

損傷の種類	施工数量	修復時間係数 β_T
ひび割れ幅 0.2mm未満	ひび割れ長さ L_{C1} (mm)	0.03 (人日/m)
ひび割れ幅 0.2mm以上	ひび割れ長さ L_{C2} (mm)	0.24 (人日/m)
コンクリート 剥落	剥落面積 F (mm ²)	7.1 (人日/m ²)

されているひび割れ長さ評価モデルを用いる。この評価方法は、図-2に示すように材端付近のヒンジ領域とそれ以外の領域(非ヒンジ領域)に部材を領域分けし、ヒンジ領域には曲げせん断ひび割れが、非ヒンジ領域には曲げひび割れとせん断ひび割れが生じるものと仮定し、両領域のひび割れ長さの和で部材に生じるひび割れ長さの総量を求めるものである。なお、ヒンジ領域長さはシアスパン比 $M/(QD)$ を用いて式(5)により算定する。また、正負載荷を考慮し、片側載荷で生じるひび割れ長さを2倍して評価する方法となっている。

ヒンジ領域に発生するひび割れ長さ ΣL_f と非ヒンジ領域に発生するひび割れ長さ ΣL_s の推移を、曲げバネとせん断バネのそれぞれの変形と対応させた概念図が図-3に示されている。

ヒンジ領域に生じるひび割れ長さ ΣL_f は、ヒンジ領域に生じる曲げせん断ひび割れの本数と曲げせん断ひび割れ1本当たりの平均長さの積で算出する(式(6))。また、非ヒンジ領域に生じる ΣL_s では非ヒンジ領域に生じるひび割れ長さの上限値 $L_{max,s}$ (図-3参照)を式(7)で表している。なお、これ以外の図-3中の数値の算出式の詳細については文献3)を参照されたい。

$$l_p = \begin{cases} 0.5 (M/QD) D & (1 \leq M/QD \leq 3) \\ 1.5D & (3 \leq M/QD \leq 5) \end{cases} \quad (5)$$

$$\Sigma L_f = \frac{l_p}{S_{av,f}} \{2\alpha(D - x_n) + \beta B\} \times 2 \quad (6)$$

$$L_{max,s} = \left[\begin{array}{c} \frac{l_{cr}-l_p}{S_{av,s,b}} \{2(2c + \phi) + B\} \times 2 \\ + \\ \frac{\{D-2(2c+\phi) \cos \theta + (L-l_p) \sin \theta\}}{S_{av,s,D}} \cdot \frac{D-2(2c+\phi)}{\sin \theta} \times 2 \end{array} \right] \times 2 \quad (7)$$

ここで、 l_p ：ヒンジ領域長さ、 α ：部材せい面に生じるひび割れ長さの補正係数、 β ：部材幅面に生じるひび割れ長さの補正係数、 D ：部材せい、 B ：部材幅、 x_n ：中立軸位置、 $S_{av,f}$ ：ヒンジ領域の曲げせん断ひび割れの平均ひび割れ間隔、 l_{cr} ：曲げひび割れ発生領域長さ、 $S_{av,s,b}$ ：非ヒンジ領域に生じる平均曲げひび割れ間隔、 $S_{av,s,D}$ ：非ヒンジ領域に生じる平均せん断ひび割れ間隔、 c ：コンクリート最外縁から主筋表面までの距離、 ϕ ：主筋径、 θ ：せん断ひび割れと材軸のなす角度、 L ：部材長さ。

このモデルはせん断補強筋の間隔でひび割れ間隔を決めるなど簡易な算出法が用いられているが、文献3)では柱および梁の実験結果との比較がされ、ひび割れ長さの増加傾向が比較的良好に捉えられることが示されている。

なお、片ヒンジ柱のように反曲点が部材の中央にない部材でも、部材を反曲点で2つの部材に分けて計算することで、このモデルを適用可能である。

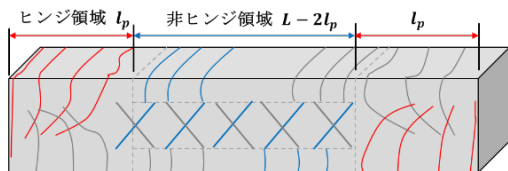


図-2 ひび割れ状況の概念図³⁾

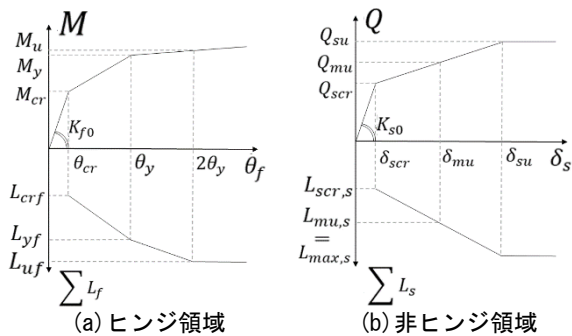


図-3 ひび割れ長さ評価モデル³⁾

3.2 ひび割れ長さ比 R

時間損傷度の算出のためには、全ひび割れ長さを、2.2(3)で定義した、ひび割れ1とひび割れ2に分け、それぞれに対して表-2に示した β_T を適用する必要がある。この目的のために、ひび割れ長さ比 R を導入する。すなわち、ヒンジ領域内の全ひび割れ長さに対する、部材に

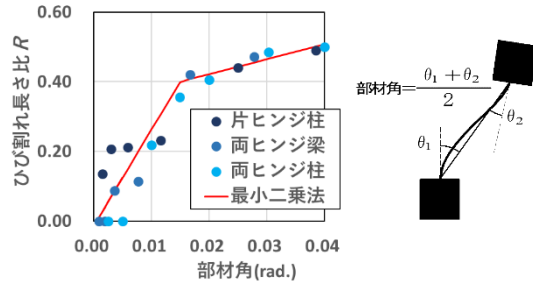


図-4 ひび割れ長さ比 R のモデル化

発生する幅 0.2 mm 以上の全ひび割れ長さ(ひび割れ2の長さ)の割合をひび割れ長さ比 R として定義し、これを以下の式(8)で算出する。ここで、幅 0.2 mm 以上のひび割れが全てヒンジ領域内に生じると仮定した。本論文で扱うひび割れは除荷時残留ひび割れであること、また、ヒンジ領域以外の塑性化は大きくないことから、この仮定は概ね妥当なものと考えた。すなわち、ヒンジ領域内には、ひび割れ1と2が混在し、非ヒンジ領域はひび割れ1のみが存在すると仮定し R を算出している。

また、今回取り上げた実験(表-2)ではひび割れの計測をヒンジ領域の内と外で分けて行っていないので、式(8)では、3.1で述べたひび割れモデルで算出した全ひび割れ長さに対するヒンジ領域のひび割れ長さの割合を利用して R を算出している。

$$R = \frac{\text{ヒンジ領域のひび割れ2の長さ}}{\text{ヒンジ領域ひび割れ(ひび割れ1 + ひび割れ2)の長さ}} = \frac{\text{全ひび割れ長さ(計算)}}{\text{ヒンジ領域ひび割れ長さ(計算)}} \times \frac{\text{ひび割れ2長さ(実験)}}{\text{全ひび割れ長さ(実験)}} = \frac{\Sigma L_s + \Sigma L_f}{\Sigma L_f} \times \frac{L_{c2}}{L_{c1} + L_{c2}} \quad (8)$$

ここで、 L_{c1} ：実験で得られたひび割れ1の長さ、 L_{c2} ：実験から得られたひび割れ2の長さ、 ΣL_f ：3.1の計算で得られたヒンジ領域内にある全ひび割れの長さ、 ΣL_s ：3.1の計算で得られた非ヒンジ領域内にある全ひび割れの長さである。

式(8)により算出した3つの試験体(片ヒンジ柱、両ヒンジ梁、両ヒンジ柱)のひび割れ長さ比 R の値を、横軸に部材角を取りプロットしたものが図-4である。なお、片ヒンジ柱、両ヒンジ梁の2つの試験体①②はほぼ同じ損傷状況となっていることから、わずかに損傷の大きかった方の試験体(片ヒンジ柱で①、両ヒンジ梁で②)の値で代表し図中に示してある。図-4より、3つの試験体におけるひび割れ長さ比 R に同様の増加傾向が見て取れること、また、部材角 0.015 rad 前後を境に増加傾向が変化していることから、3試験体共通で、部材角 0.015 rad、 $R=0.4$ の座標で分割し、最小二乗法によって、図中に示す2つの赤直線(式(9))でモデル化した。

$$R = \begin{cases} 27.6x - 0.014 & (0 \sim 0.015[\text{rad}] \text{時}) \\ 4.28x + 0.336 & (0.015 \sim [\text{rad}] \text{時}) \end{cases} \quad (9)$$

ここで、 x ：部材角(rad)。

3.3 算出された時間損傷度の実験値との比較

3.1 で紹介した前田らによるひび割れ長さ評価モデルと 3.2 で定めたひび割れ長さ比 R を利用し、時間損傷度を算出した結果をまとめたものが図-5 である。

この図から、計算値は片ヒンジ柱、両ヒンジ梁、両ヒンジ柱ともに、実験値とおおよそよい一致を示していることが分かる。しかし詳細にみると、全体的に見て小変形では実験値が小さく、大変形では逆に実験値が大きくなる傾向が見て取れる。図-6 は両ヒンジ梁の全ひび割れ長さおよびひび割れ 2 (0.2mm 以上のひび割れ)の長さを計算値と実験値で比較して示したものである(両ヒンジ梁の①の値で代表して示した)。この図より、計算値は 0.01rad あたりから次第に実験値と比べ小さくなることが分かり、このことが大変形で計算が実験値と外れてくる要因の一つと考えられる。

なお、これまでの実験と計算の比較では、コンクリート剥落面積(以下、剥落面積)の推定は行っておらず実験で得られた値をそのまま使用している。これは、ここでの検討がひび割れ長さ評価モデルに基づく時間損傷度算出の精度検証を目的としていることによる。なお、曲げ破壊部材の場合、剥落面積が時間損傷度に及ぼす影響はそれほど小さくなく、部材角が大きくなるほど、剥落面積の影響度は増加するが、1/50rad においても、本論文の柱部材で全体の 10~20%程度、梁部材ではほぼ無視できる程度のものである。

4 章では部材形状変化に伴う時間損傷度の変化について論じるが、その際に必要となる部材寸法変化に伴う剥落面積の変化の評価法について次節で述べる。

3.4 ヒンジ領域剥落率による剥落面積の算出

同じ損傷状況でも、部材寸法の異なる部材の剥落面積は異なってくる。ここでは、剥落面積はヒンジ領域のみ発生すると仮定し、実験試験体から得られるヒンジ領域剥落率(式(10))を用いて、これとは部材寸法の異なる部材の剥落面積を式(11)により算出する。

$$\text{ヒンジ領域剥落率} = \frac{A'_s}{l_p \cdot B \cdot H'} \quad (10)$$

$$A_s = \frac{A'_s}{l_p \cdot B \cdot H'} \times l_p \cdot B \cdot H \quad (11)$$

ここで、 A'_s 、 l_p 、 B 、 H' は、それぞれ基準試験体における剥落面積、ヒンジ領域長さ、幅、せい、そして、 l_p 、 B 、 H は、剥落面積 A_s を求めたい部材のヒンジ領域長さ、幅、せい、である。

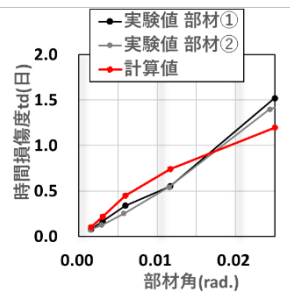


図-5(a) 片ヒンジ柱の時間損傷度

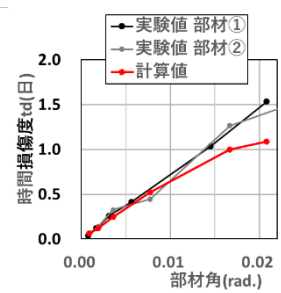


図-5(b) 両ヒンジ梁の時間損傷度

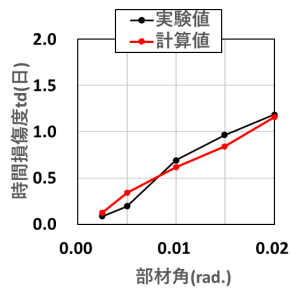


図-5(c) 両ヒンジ柱の時間損傷度

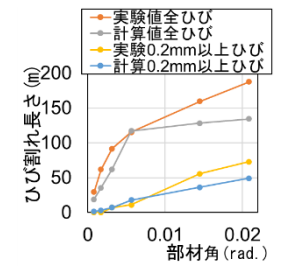


図-6 両ヒンジ梁の実験と計算のひび割れ

4. 部材形状変化に伴う時間損傷度の変化

4.1 材長のみを変化させた場合の時間損傷度

材長を変化させた際の、時間損傷度-部材角関係の変化を、3 章の算出法で求め図-7 に示した。図中に示す赤曲線は表-1 に示した試験体の寸法についての計算結果であり、凡例中の数字は部材長(mm)を示している(図-9 でも同様)。なお、ここでの材長変化や次節の断面寸法変化は、材料強度やせん断補強筋比・主筋比が変化なく維持された状態におけるものであることに注意が必要である。

柱部材(片ヒンジ柱・両ヒンジ柱)では、材長が長くなるほど時間損傷度も大きくなるが、4000mm を超えたあたりから変化が小さくなり殆ど同一の曲線となることが分かる(同図(a), (c))。このことは、式(5)で定めるヒンジ領域長さが、シアスパン比 3 までは増加するがそれを超えると一定値になることが原因と考えられる。計算される時間損傷度がヒンジ領域に発生する損傷の量に強く影響を受けていることが推察される。

一方、梁(両ヒンジ梁)においては、材長が長くなるほど時間損傷度は小さくなる(同図(b))。これは、材長が増加すると、時間損傷度の算出式(1)の分子の労務量は増加するがシアスパン比が 3 を超えているためヒンジ領域長さは一定で増加量は小さく、分母の修復作業面積の増加がこれを上回るためと考えられる。また、材長が短い 3000mm と 4000mm でほぼ同一の曲線となっているのは、両材端のシアスパン比が 3 を下回る(この部材の反曲点比は 0.59) ために、式(5)で定めるヒンジ領域長さの変化は材長変化と比例して起こり、この結果、式(1)の分子と

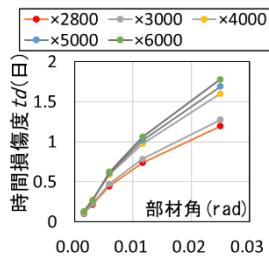


図7(a) 時間損傷度
片ヒンジ柱 (材長変化時)

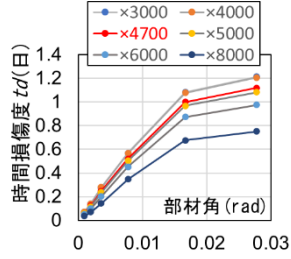


図7(b) 時間損傷度
両ヒンジ梁 (材長変化時)

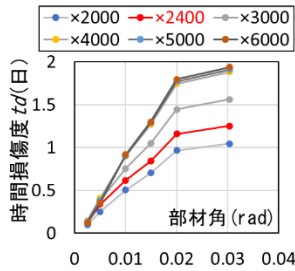


図7(c) 時間損傷度
両ヒンジ柱 (材長変化時)

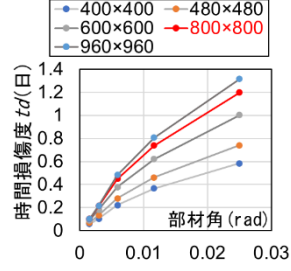


図8(a) 時間損傷度
片ヒンジ柱 (断面変化時)

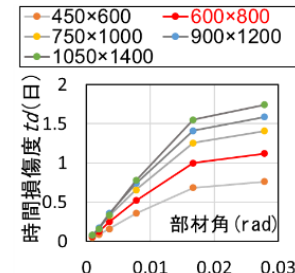


図8(b) 時間損傷度
両ヒンジ梁 (断面変化時)

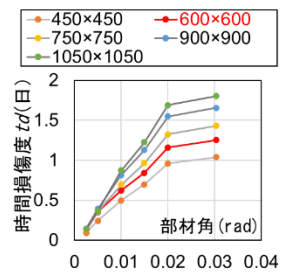


図8(c) 時間損傷度
両ヒンジ柱 (断面変化時)

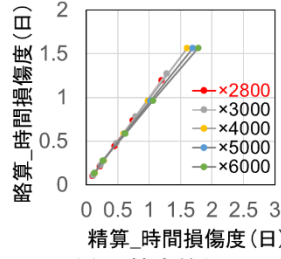


図9(a) 精度検証
片ヒンジ柱 (材長変化時)

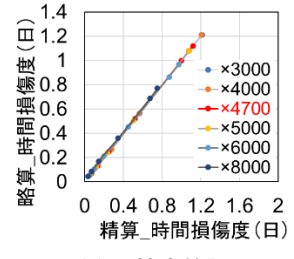


図9(b) 精度検証
両ヒンジ梁 (材長変化時)

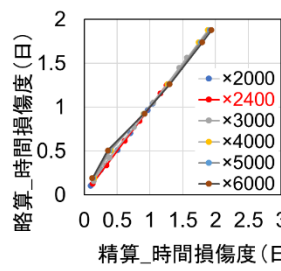


図9(c) 精度検証
両ヒンジ柱 (材長変化時)

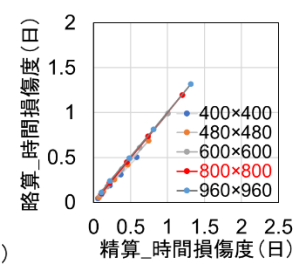


図10(a) 精度検証
片ヒンジ柱 (断面変化時)

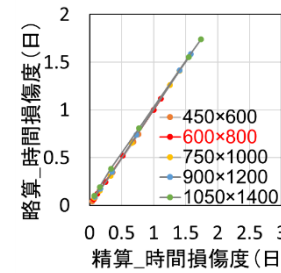


図10(b) 精度検証
両ヒンジ梁 (断面変化時)

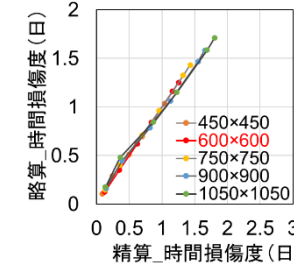


図10(c) 精度検証
両ヒンジ柱 (断面変化時)

分母の増加が打ち打ち消し合って時間損傷度の変化が停止するためと考えられる。

4.2 断面寸法のみを変化させた場合の時間損傷度

断面寸法を変化させた際の、時間損傷度-部材角関係の変化を3章の算出法で求め図-8に示す。なお、図中に示す赤曲線は表-1に示した試験体の寸法についての計算値であり、凡例中の数字は断面寸法(mm²)を示している(図-10でも同様)。片ヒンジ柱、両ヒンジ梁、両ヒンジ柱のすべてにおいて、断面が大きくなるほど時間損傷度も大きくなる。これは、断面寸法が大きくなると、修復作業面積も大きくなるが、それを上回る労務量の増加が発生するためと考えられる。

5. ヒンジ領域面積比を用いた時間損傷度の簡易推定法

5.1 部材形状変化に伴う労務量変化の推定

まず、基準となる部材試験体の労務量をもとにした、材長および断面寸法が異なる部材の労務量の簡易算出法を考える。曲げ破壊試験体の損傷の多くがヒンジ領域に発生すると考えられることから、基準試験体の労務量とヒンジ領域面積(=ヒンジ領域長さ l_p ×(部材せい+部材幅)×2)を用いることで、求めたい部材の労務量を次式で

近似的に算出する。

$$\text{異} L_a = \text{基} L_a \times \text{異} HA / \text{基} HA \quad (12)$$

ここで、異 L_a : 求めたい部材の労務量, 基 L_a : 基準となる試験体の労務量, 異 HA : 求めたい部材のヒンジ領域面積, 基 HA : 基準となる試験体のヒンジ領域面積である。

5.2 形状の異なる部材の時間損傷度の推定

労務量を修復作業面積で除したものが時間損傷度であるので、5.1で得られた式(12)を次のように変換することができる。

$$\text{異} td = \text{基} td \times \text{基} SA / \text{異} SA \times \text{異} HA / \text{基} HA \quad (13)$$

ここで、基 SA : 基準となる試験体の修復作業面積, 異 SA : 求めたい部材の修復作業面積, 基 td : 基準となる試験体の時間損傷度, 異 td : 求めたい部材の時間損傷度, である。

3章で示した方法で算出した、部材の材長および断面寸法変化した場合の時間損傷度(図-7, 8に示した精算)と、基準試験体(表-1)寸法を基に式(13)に示した略算式を用いて算出した時間損傷度(略算)を比較して図-9, 10に示した。両図中の凡例の数字はそれぞれ、部材長(mm)および断面寸法(mm²)を示している。ヒンジ領域面積比

による時間損傷度の略算値は精算値と良い一致を示していることが分かる。

略算値が精算値と近いものとなるためには、①ヒンジ領域に発生する「幅 0.2mm 以上」のひび割れの修復時間係数 β_T が、「幅 0.2mm 未満」のものに比べて十分大きな値であること。②ヒンジ領域のひび割れ長さが非ヒンジ領域のひび割れ長さよりも十分に多いこと、③ヒンジ領域の全ひび割れに占める「幅 0.2mm 以上」のひび割れの割合(すなわち R)が十分に大きいこと、が必要となる。必ずしも、略算値が精算値と一致するとは限らないが、今回の結果は上記の①②③が複合的に満たされた結果と考えられる。

6. まとめ

靱性型建物の修復時間評価において基本情報となる、建物を構成する曲げ破壊部材の時間損傷度-部材角関係の算出方法について検討し、以下の知見が得られた。

- (1)既往のひび割れ長さモデル³⁾を用いて総ひび割れ長さを算出し、ヒンジ領域の総ひび割れ長さに対する、幅 0.2mm 以上のひび割れ長さの割合である、ひび割れ長さ比 R の概念を導入することにより、時間損傷度(損傷の深刻度を修復時間の大きさで表現した一種の損傷評価指標)の算出が可能であることを示した。
- (2)この計算法を用いて、寸法変化(部材の長さおよび断面寸法の変化)に伴う時間損傷度の変化挙動について考察した。
- (3)ヒンジ領域面積比を用いることで、上記計算法から求められる、寸法変化(部材の長さおよび断面寸法の変化)に伴う時間損傷度の変化を、簡易的に表現可能であることを示した。この方法を用いることにより、実験試験体から得られた時間損傷度-部材角関係をもとに、これとは異なる部材長さや断面積を持つ部材(但し、材料強度やせん断補強筋比・主筋比は同じ部材)の時間損傷度-部材角関係を容易に得ることができる。

謝辞：本研究は、科学研究費基盤研究(C)(課題番号:22K04398)の助成を受け実施され、また、山村匠氏(2019年度卒研生:(現)(株)構造計画研究所)、阿部千明氏

(2020年度修士:(現)三菱ケミカルエンジニアリング(株))および小中翼氏(2022年度修士:(現)三井不動産ファシリティーズ(株))が研究テーマとして取り組んだ。

参考文献

- 1) 日本建築学会：2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報，丸善出版株式会社，2011.7
- 2) 衣笠秀行，向井智久：機能継続性能の観点からの RC 構造部材の耐損傷性能評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.38,No.2,pp.889-894,2016.7
- 3) 五十嵐さやか，前田匡樹：曲げ降伏先行型 RC 梁・柱部材の損傷量評価に関する研究，その 1 ひび割れ長さ評価モデルの構築，日本建築学会構造系論文集 第 75 巻 第 652 号，pp1121-1127，2010.6
- 4) 福山洋，向井智久，壁谷澤寿一，前田匡樹ほか：脆性部材を有する RC 造架構の構造性能評価に関する実験(その 1)～(その 8)，日本建築学会学術講演梗概集(関東)，pp.807-822，2011.8
- 5) 田中康介，康大彦，西川和明，前田匡樹：震災鉄筋コンクリート造建築物の残存耐震性能評価，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.25，No.2,pp.1225-1230，2003.7
- 6) 永山憲二，文野正裕，鄭文淑，前田匡樹ほか：柱部材の損傷状態に基づく震災 RC 造建築物の残余耐震性能評価(その 2) 残留ひび割れ幅と部材変形の関係，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，pp.451-456，2001.9
- 7) 川越悠馬，伊藤武志，衣笠秀行，向井智久：理想修復時間 IRT を用いた RC 梁部材試験体の修復性評価，日本建築学会学術講演梗概集，構造 IV，pp.51-52，2017.7
- 8) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修・建築コスト管理システム研究所：公共建築改修工事の積算マニュアル，大成出版社，2006.2
- 9) 向井智久，福山洋，森田高市，斉藤大樹，加藤博人：災害後の建築物の機能維持・早期回復を目指した構造性能評価システムの開発 成果報告書，建築研究所 BRI Proceedings No.20,2011.01