

地震応答載荷実験による修復RC部材の劣化過程に関する研究

京都大学工学部 正員 山田善一 家村浩和 伊津野和行 鴻池組 正員○大本 修

1. はじめに

地震によって損傷を被った構造物を、修復によって再利用することは、少なくない。しかし、耐震的強度の面では、実験例が少なく不明な点が多いのも事実である。本研究は、著者らの行なった軸力作用下におけるエポキシ樹脂注入などによる修復RC部材の地震応答実験結果をもとに、劣化過程および損傷度に関して考察を行なったものである。

2. 劣化過程の解析

地震応答実験結果から求めた等価剛性 K_{eq} （復元力が0となる2点の midpoint と最大変形点を結ぶ直線の勾配）を、Fig.1 に示す。これは、El Centro 200gal を入力したものである。部材は、実験開始から2秒程度経過したところで大変形をおこしているが、その時点での剛性が過小評価される欠点がある。そこで、除荷剛性 K_u （除荷開始点と除荷終了点を結ぶ直線の勾配）を考え、この劣化過程を示した

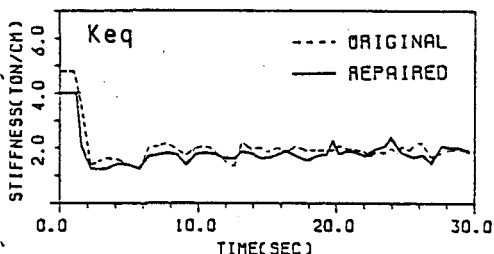


Fig.1 Deterioration of Conventional Equivalent Stiffness.

(Fig.2). 修復部材の初期剛性はやや小さいが、ほぼオリジナル時の状態に回復している。また、剛性の劣化は、大変形によって決定づけられており、以下の式が成り立つ。

$$K_u = K_0 / \sqrt{\mu} \quad (1)$$

K_0 は初期剛性、 μ は最大じん性率応答 ($\mu < 1$ の時、 $\mu = 1$) である。RC部材が損傷を受けると、履歴曲線は紡錘形から逆S字型に移行し、履歴エネルギー吸収能は低下する。エネルギー吸収能の劣化を示す指標として、次式を定義した。

$$D_{RS} = W_{Hi} / W_{H0} \quad (2)$$

W_{Hi} は i サイクルでの履歴エネルギー吸収量、 W_{H0} は同一振幅での、初期履歴エネルギー吸収量の推定値（静的載荷試験の $P-\delta$ 曲線および (1) 式から求める）である。 D_{RS} と累積履歴エネルギー $\sum W_{Hi}$ の関係を Fig.3 に示す。 D_{RS} は $\sum W_{Hi}$ の増加にともない、ほぼ線形に減少している。また、修復部材はオリジナル時に比べ、

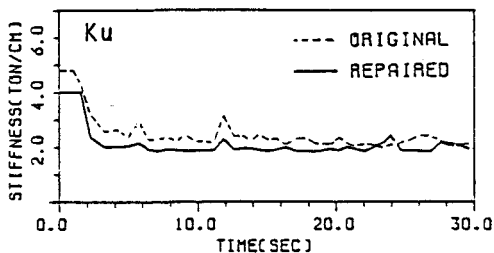


Fig.2 Deterioration of Modified Equivalent Stiffness

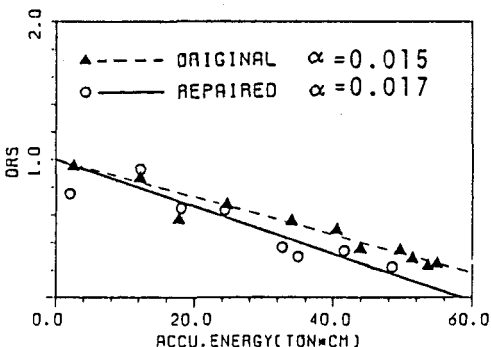


Fig.3 Deterioration of Energy Absorbing Capacity

Yoshikazu YAMADA , Hirokazu IEMURA , Kazuyuki IZUNO , Osamu OMOTO

エネルギー吸収能の劣化速度が大きいことがわかる。

3. 損傷の推定方法

構造物のうけた損傷を判定する指標として、前述の剛性・履歴エネルギー吸収量などの劣化が挙げられる。しかし、数学モデルによって、履歴エネルギー吸収量を正確に推定することは困難である。そこで、Fig.4 に示す履歴曲線を仮定し、比較的精度よく求められる数学モデルの応答変位と、実験から得られた特性を用いて、次式により、履歴エネルギー吸収量を推定する。

$$W_{Hi} = W_{H0}(x) \cdot (1 - \alpha \sum W_{Hi-1})$$

$$x = \delta (1 - K_{eq} / 2 K_u) \quad (3)$$

α は、履歴エネルギー吸収能の劣化度を示す係数である。また、等価剛性 K_{eq} は、除荷剛性 K_u に対する割合 K_{eq} / K_u が劣化の影響を受けないと仮定して次式により計算する。

$$K_{eq} = (K_{oeq}(x) / K_{ou}(x)) \cdot K_u \quad (4)$$

$K_{oeq}(x)$, $K_{ou}(x)$ は、それぞれ初期における変形量 x での等価剛性、除荷剛性であり、静的载荷試験の $P-\delta$ 曲線から求める。また、 K_{eq} は x の関数であるため、ある変形量を設定したのち、(3), (4) 式により収束計算を行なう。数学モデルとして Fig.5 のバイリニアモデルを用いた計算結果を

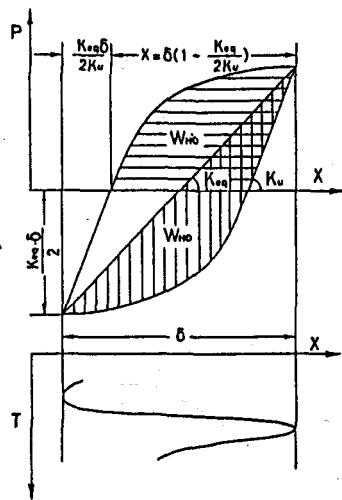


Fig.4 Deterioration Parameters

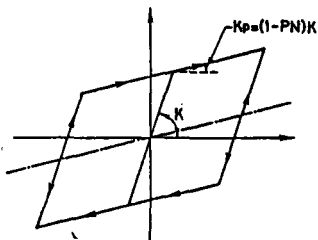


Fig.5 Conventional Bilinear Model

Fig.6 に示す。なお、これは八戸250galを入力したものである。バイリニアモデルは、剛性の劣化を評価しておらず、履歴エネルギー吸収量も実験値とは、ある程度の誤差が見られる。これに対し、バイリニアモデルの応答変位のみを用い、(1), (3), (4) 式で計算した

剛性、履歴エネルギー吸収量は、実験値とよく合致しており、この方法で、簡潔にかなりの精度で、損傷が推定できることがわかる。

本研究の実施にあたり、文部省科学研究費奨励研究(A)(60750422)などの補助を受けた。

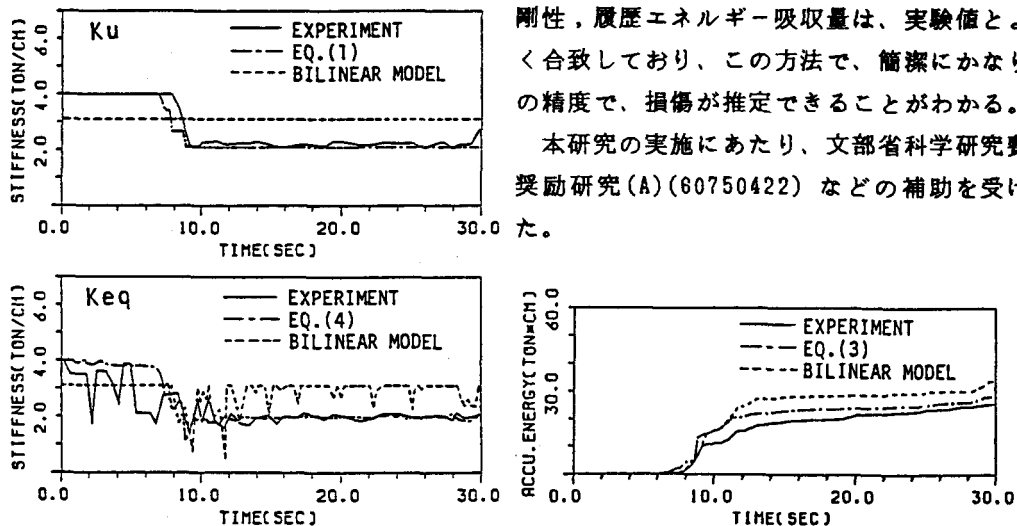


Fig.6 Calculated Response of the Bilinear Model with Deterioration Parameters