

重量偏心した RC 造骨組のねじれ応答評価  
(その 2) 時刻歴応答解析

Torsional Response Evaluation of RC Frame with Weight Eccentricity  
(Part 2) Dynamic Response Analysis

○河野圭一郎<sup>1</sup>, 田嶋和樹<sup>2</sup>, 長沼一洋<sup>2</sup>

Keiichiro Kono<sup>1</sup>, Kazuki Tajima<sup>2</sup>, Kazuhiro Naganuma<sup>2</sup>

Abstract: In part 1, torsional responses of the frames under static loading are discussed through parametric analyses with weight eccentricity. In part 2, the influence of torsional responses and aseismic performance by seismic loading are analyzed in detail through time-history response analysis. As a result, the eccentric frame behaves complex responses by torsional inertial force. There is need to build a new design rules considering these results.

1. はじめに

前報(その 1)では、偏心率をパラメータとした重量偏心骨組に対し、静的解析を実施することで、部材の塑性化の影響および各モデルの応答について確認した。

本報(その 2)では、時刻歴応答解析を実施し、動的なねじれ応答が骨組に及ぼす影響について検証する。

2. 解析概要

前報で用いた  $R_{ex}0.00$  および  $0.40$  を使用し、両者を比較することで、動的なねじれ応答が骨組に及ぼす影響を検証する。なお、骨組の柱部材は弾塑性体とする。

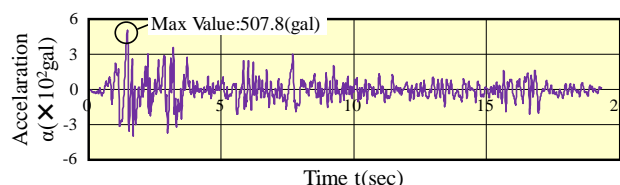
**Fig.1** に入力地震波概要を示す。地震波には、El-Centro NS 波を 50kine に基準化したものを採用し、モデルに対し、X 方向へ入力した。

3. 解析結果

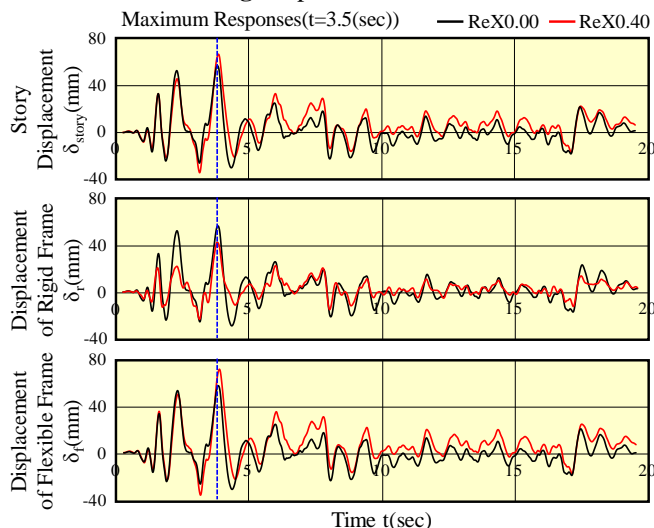
3. 1. 骨組応答の分析

**Fig.2** に重心変位  $\delta_{story}$  および剛・柔構面の変位  $\delta_r, \delta_f$  の時刻歴応答をそれぞれ示す。 $\delta_{story}$  は両モデルで概ね同様の波形を示すが、 $t=3.5(sec)$ 以降において  $R_{ex}0.40$  の応答が正側に片ブレする傾向が確認できる。この傾向は、 $\delta_r, \delta_f$  でも確認でき、 $\delta_f$  で顕著である。また、前報の結果と同様、 $\delta_r$  は付加変形の影響により、変形が抑制されるため、 $\delta_{story}$  よりも応答が小さく、 $\delta_f$  は  $\delta_{story}$  とほぼ同程度の応答変位を示した。一方、 $R_{ex}0.00$  は各構面で応答差はなく、 $\delta_r, \delta_f$  は重心と同様の応答を示す。

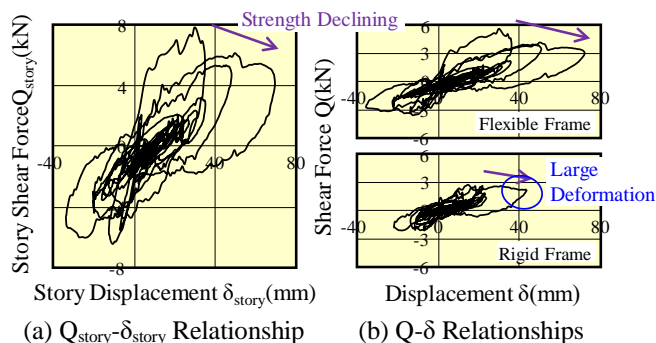
**Fig.3** には、骨組および剛・柔構面のせん断力  $Q$ -変位  $\delta$  関係を示す。まず、骨組の応答に着目すると、正負とも最大耐力に達し、正側では耐力低下が生じている。このときの剛・柔構面の応答をしてみる。柔構面は大きな応答変位を示し、耐力低下に伴う剛性低下が確認できる。一方、剛構面は付加変形の影響により  $\delta_f$  は小さいが、最大耐力に達している。 $\delta_{story}$  が大きいほ



**Fig.1** Input Seismic wave



**Fig.2** Time-histories of Displacement Response



**Fig.3**  $Q_{story}$ - $\delta_{story}$  and  $Q$ - $\delta$  Relationships of  $R_{ex}0.40$

ど、変形は抑制されるが、最大応答時において、 $\delta_r$  が大きく増大する挙動が確認できる。耐力の低下も確認でき、これが骨組剛性に影響を及ぼしたと考えられる。

1 : 日大理工・院(前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

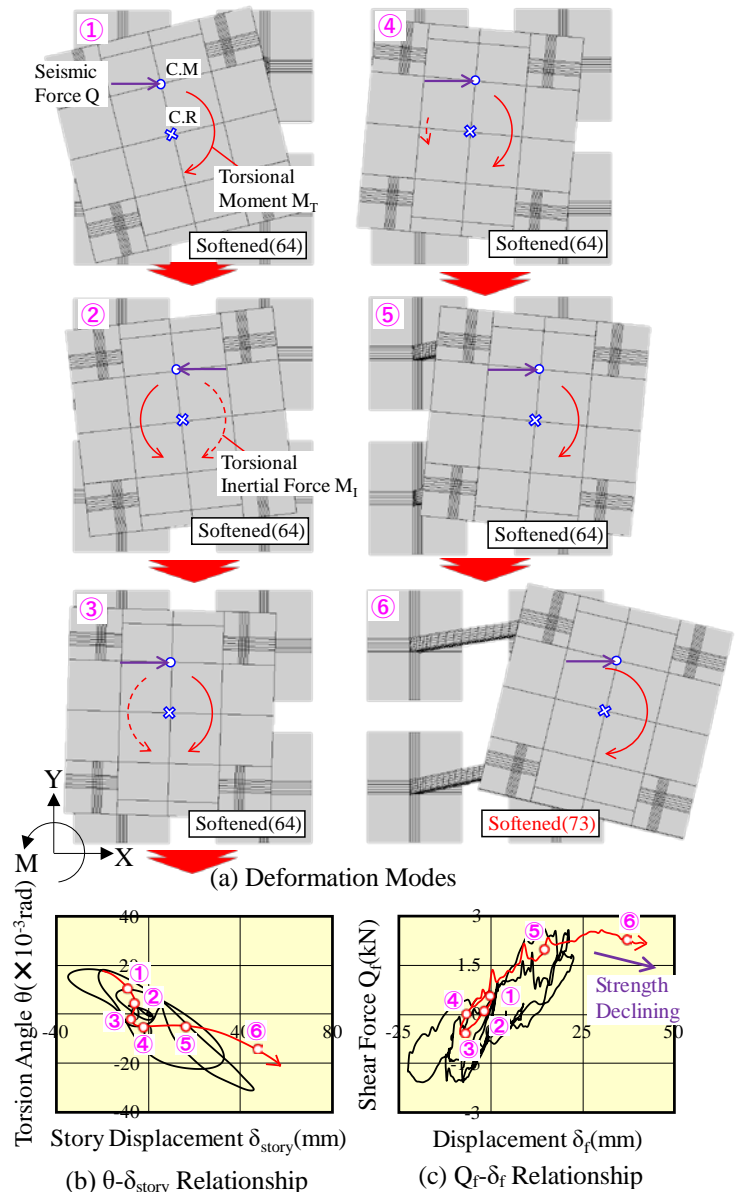
剛構面において、大変形が生じた原因を解明する。

**Fig.4** には、重心に最大応答変形が生じる直前の  $t=2.5 \sim 3.5(\text{sec})$  における (a)骨組の変形図(変形倍率:20 倍),  $\theta-\delta_{\text{story}}$  および  $Q_r-\delta_r$  関係(b), (c))を示す. また、各ステップにおける剛構面に生じた圧壊の数も併せて示す。  
 ①:重心に対し、+X 方向へ地震力  $Q$  が作用する. これにより、ねじれモーメント  $M_T$  が -M 方向へ発生し、+ $\theta$  が生じる. ②:地震波の特性により、瞬間的に  $Q$  が -X 方向へ作用する. このとき、+M 方向の  $M_T$  に対し、回転慣性力  $M_I$  が -M 方向へ作用するため、+ $\theta$  のまま、重心、剛構面ともに -X 方向に変位する. ③:再び +X 方向へ  $Q$  が作用し始めるが、②と逆向きに同様の挙動を示す. ④:  $M_I$  の影響が小さくなり、 $M_T$  が増加し始める. ⑤:  $\delta_{\text{story}}$  が増大する一方、ここから徐々に - $\theta$  へ増加していくが、このとき、ねじれ変形はほとんど生じないため、 $\delta_r$  は重心に追従して一気に増大する. ⑥: $\theta$  は若干増大するものの、ねじれ量は小さいため、⑤に続き、剛構面の変形は増大する. このとき、圧壊の数が急激に増加し、耐力低下が生じる. それに伴い水平剛性も低下するが、骨組全体の水平剛性も同時に低下する. つまり、+X 方向への水平抵抗が減少するため、これが以降の応答で正側に片ブレした要因だと考えられる. 以上より、地震力(慣性力)の影響によって、骨組が複雑なねじれ応答を示すことを確認した.

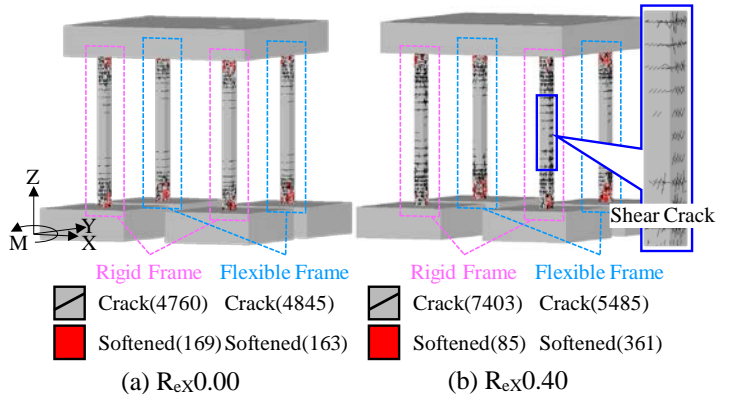
### 3. 2. 破壊性状の分析

**Fig.5** に加力終了時のひび割れ図と剛・柔構面ごとの損傷の数を示す. ひび割れ図に着目すると、両モデルともに曲げ変形によって柱端部に顕著な損傷が見られる. また、 $R_{ex}0.40$  では、剛構面の柱においてねじれ変形によるせん断ひび割れも確認できる. これは、付加変形によって曲げ変形成分が抑制され、せん断変形成分が卓越したためだと考えられる. 続いて、損傷の数に着目する. モデルごとに構面間で比較すると、 $R_{ex}0.00$  は各構面で応答変位に差がないため、損傷にも差はない.  $R_{ex}0.40$  の場合、柔構面は水平変形が促進されるため、曲げ圧壊が顕著になる. 一方、剛構面は曲げに加え、せん断ひび割れも発生するため、ひび割れ数が増える. モデル同士で比較をすると、剛構面の圧壊以外は  $R_{ex}0.40$  の方が損傷が激しくなる傾向がある.

以上より、偏心骨組は、部材の塑性化および動的荷重の影響を受けることで、複雑な応答および損傷状態を示すことがわかる. 部材の靱性能に期待する現行の性能設計では、これらの問題は無視できないだろう. 偏心骨組の特性を分析・理解した上で、それら影響を考慮した新たな設計指標の構築が必要だと考える.



**Fig.4 Behaviors of Flexible Frame**



**Fig.5 Failure Modes**

### 4. まとめ

無偏心、偏心骨組に対して時刻歴応答解析を実施することで、動的荷重下におけるねじれ挙動が骨組の応答および構造性能に与える影響を詳細に分析した. その上で、現行規定における問題点について指摘した.