

2 方向地震動を受ける偏心 RC 造骨組の非弾性ねじれ応答の評価 (その 1) 耐力曲線および変位曲線を用いた動的ねじれ挙動の評価

Evaluation of inelastic torsional responses of eccentric RC framed structures subjected to bi-directional ground motions

(Part1) Evaluation of dynamic torsional behaviors using strength and corresponding displacement curves

○矢吹 雅斗¹, 横川 匠¹, 田嶋 和樹², 白井 伸明²

*Masato Yabuki¹, Sho Yokogawa¹, Kazuki Tajima², Nobuaki Shirai²

Abstract : The objective of this study is to evaluate nonlinear torsional responses of RC structures subjected to the bi-directional ground motions. In Part 1, the dynamic torsional responses were evaluated in terms of the strength and corresponding displacement curves, and an efficiency of the overstrength method reducing torsional responses and the strength and displacement curves. Consequently, it was found that the strength and displacement curves could be a useful concept to understand torsional responses of the RC structures.

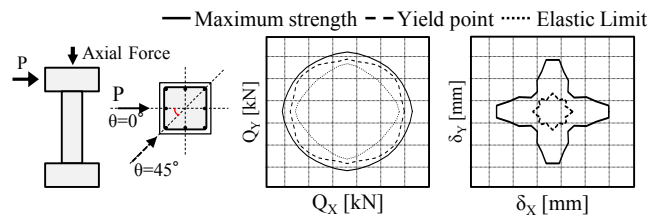
1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）造建物の設計では、方向（X、Y）別に弾性剛性に基づく偏心率を 0.15 以下に規定し、ねじれ損傷を抑制している。しかし、実際には水平 2 方向の地震力が同時に作用するため、偏心建物には複雑なねじれ応答が発生し、設計で想定する応答と大きく異なる可能性がある。

本研究の目的は、2 方向地震動を受ける偏心 RC 造骨組の非弾性ねじれ応答の評価法を確立することである。本報（その 1）では、非弾性ねじれ応答の評価手法として、耐力曲線および変位曲線を提案し、現行設計手法において偏心率 0.15 を超える場合に適用される耐力割増し手法のねじれ抑制メカニズムの分析を通じて、耐力・変位曲線の有効性を確認する。

2. 耐力曲線と変位曲線

耐力・変位曲線の目的は、柱の 2 方向の耐力・変形性状に着目して骨組のねじれ挙動を分析することである。Fig.1 に耐力・変位曲線の作成方法を示す。骨組中の各柱に対し、加力方向を 10° 刻みに変化させ、部材角 $R=1/50$ までプッシュオーバー解析を実施する。①弾性限界点、②降伏点、③最大耐力における応答せん断力とその時の応答変位から耐力・変位曲線を作成する。なお、弾性限界点は引張鉄筋の最初の 1 本が、降伏点はすべての引張鉄筋が降伏した時点として定義した。変位曲線は、最大耐力時に各象限の 45° 方向が凹む形になるが、この形状は斜め加力によって柱の変形性能が低下することを示している。



(a) Pushover Analysis (b) Strength Curve (c) Displacement Curve

Fig.1 Generation of strength curve and displacement curve

3. 解析対象骨組

Fig.2 に解析対象骨組の概要を示す。平面寸法は 6m×6m、階高は 3m である。偏心率 0.3 となるように柱の負担軸力を調整し、重量偏心骨組を作成した。本検討では、耐力割増しを行わない骨組（Case1：柱 C1～柱 C4 = 柱断面 C_A）、新耐震設計法に基づき層耐力を割増した骨組（Case2：C1, C2 = C_B, C3, C4 = C_C）および大村らの提案^[1]に基づき、ねじれに伴って付加変形成分が増大する構面の耐力のみを割増した骨組（Case3：C1, C2 = C_B, C3, C4 = C_A）を作成した。

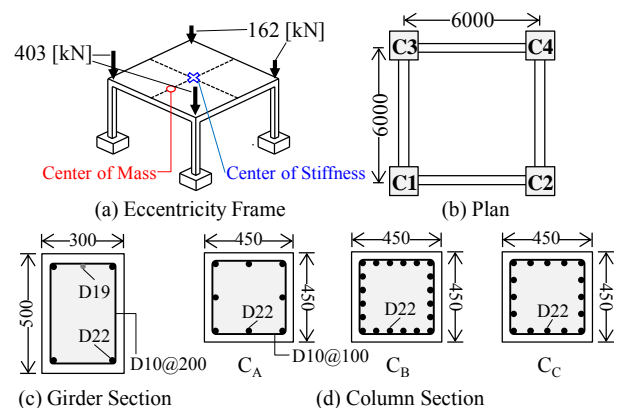


Fig.2 Example frame

4. 解析モデル

Fig.3 に解析モデルを示す. 解析には, OpenSees^[2] を用いた. 柱および梁はファイバーモデルとし, スラブには剛床を仮定した. Fig.4 にコンクリートおよび鉄筋の応力度-ひずみ度関係を示す. コアコンクリートには Park ら^[3]の拘束効果を適用した. 鉄筋はバイリニアで型とし, 2次勾配は初期剛性の 1/100 とした.

5. ねじれ抑制メカニズムの検討

入力地震波は, El-Centro 1940 NS 成分を最大速度 50(cm/sec)に拡幅したものを X 方向に作用させた. 減衰は, 瞬間剛性比例型を仮定し, 減衰定数を 3%とした.

Fig.5 に地震応答解析結果を示す. Case1 では, C1,C2 と C3,C4 に大きな変位差が生じているが, これはねじれによる付加変形が原因である. C1,C2 においては, 最大耐力時の変位曲線を大きく超えるため, 顕著なダメージが想定される. これに対し Case2 では, 耐力曲線において全ての柱の応答が弾性限界以内に収まっている. また, 変位曲線においてはねじれに起因する変位差が存在するものの, 各柱の変形が case1 に比べ全体的に抑制されている. 一方, Case3 では, Y 方向の応答が抑制されており, ねじれ応答が低減されている. 変位曲線を見ても, Case2 に比べて C1,C2 と C3,C4 の変位差が小さい. これは, 耐力割増しに伴って, C1-C2 構面の剛性が増大し, 初期の剛心が重心に近づいたためである.

6. まとめ

- (1) 耐力・変位曲線を用いることで, 現行設計の耐力割増し手法のねじれ抑制のメカニズムを解明した.
- (2) 新耐震設計法に基づく手法では, 骨組の変形が抑制され, ねじれ応答も間接的に抑制される.
- (3) 大村らの手法では, 付加変形成分が増大する構面の耐力割増しに伴って剛性が増大し, 偏心距離が減少することにより, ねじれ応答が抑制される.

7. 参考文献

[1] 大村哲矢, 林静雄, 篠原保二, 香取慶一: 偏心を有する鉄筋コンクリート造建物の耐震安全性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, 2000
 [2] Open System for Earthquake Engineering Simulation - HomePage, <http://opensees.berkeley.edu/>
 [3] D.C.Kent and R.Park: Flexural Members with Confined Concrete, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.97, No. 7, pp. 1969-1990, 1971.7

【謝辞】

本研究の一部は科学研究費補助金(基礎研究(C) 代表者:白井伸明)の助成を受けて行われたものである.

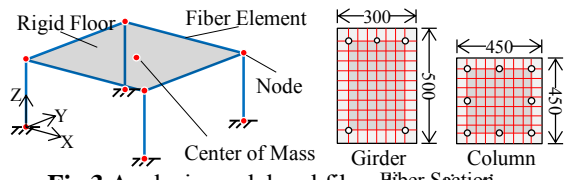


Fig.3 Analysis model and fiber discretization

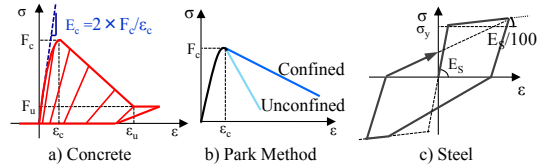


Fig.4 Stress-Strain Relationships for Concrete and Steel

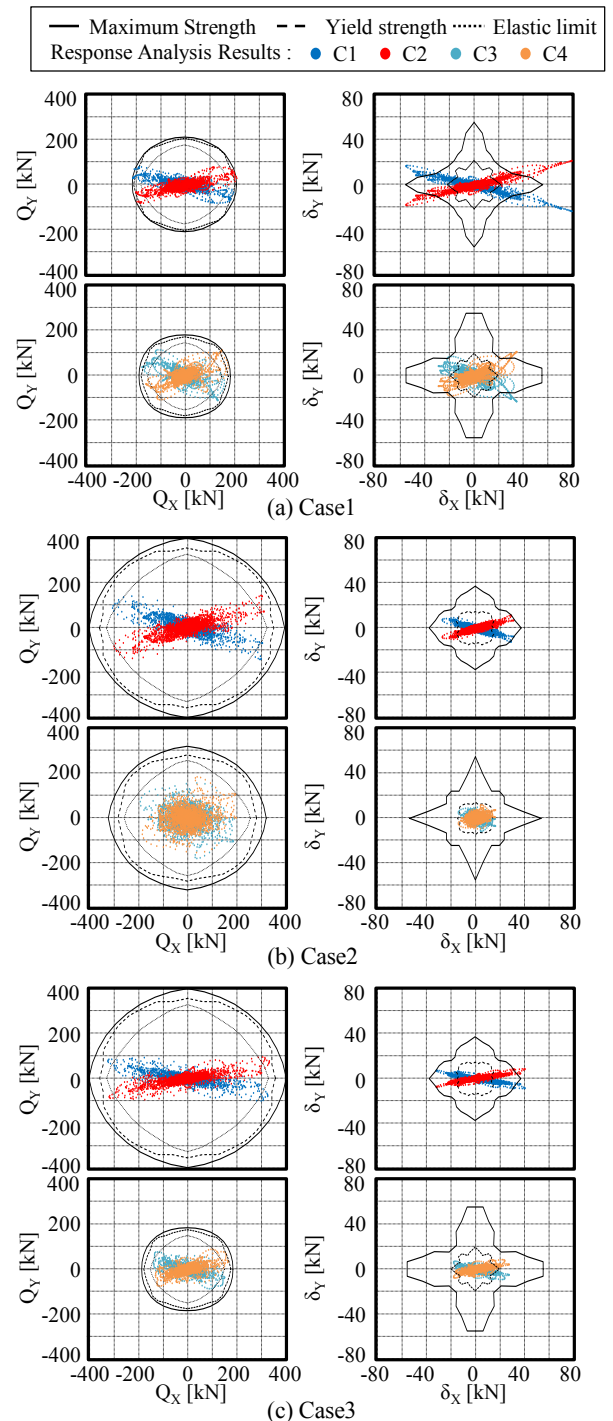


Fig.5 Dynamic analysis results