

## VI-5 腰壁付柱のサブストラクチャー・スードダイナミック加力実験 Sub-structure Pseudo-dynamic Test on Structural Frame with Spandrel Walls

(研究期間 平成 18 年度)

国際地震工学センター  
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

齊藤大樹  
Taiki Saito

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

福山 洋  
Hiroshi Fukuyama

加藤博人  
Hiroto Kato

向井智久  
Tomohisa Mukai

In the 2005 West Off-Fukuoka Earthquake, extensive damage was found at the nonstructural elements, such as nonstructural walls, doors, tiles and windows, around the entrance area of residential buildings in the city of Fukuoka. Sometimes damage to nonstructural elements causes huge cost to repair and the owner is forced to demolish the building. Therefore, it is necessary to evaluate the damage to nonstructural elements properly in structural design by means of establishing an analytical model for nonstructural elements. The purpose of this study is to investigate numerical integration methods for a pseudo-dynamic test of structural system with fragile nonstructural elements and make analytical model for nonstructural elements through conducting static loading tests of reinforced concrete frames with nonstructural walls.

### [研究目的及び経過]

2005年福岡県西方沖地震において、旧耐震基準により建設された集合住宅の非構造部材が大きな被害を受けた。とくに、玄関周りの被害が激しく、ドアがゆがんで開閉ができなくなるなど、生活の継続に支障を及ぼした。さらに、損傷の修復には多大な費用がかかった。こうした非構造部材の損傷性状を詳細に捉えることは、被害が及ぼす建物の使用継続性や修復性を定量的に評価するうえで極めて重要である。

本研究では、脆性的な破壊性状を示す非構造壁を含む構造システムのサブストラクチャー・スードダイナミック加力実験に必要な数値積分法について検討を行った。また、昨年度に実施した非構造壁を有する鉄筋コンクリート造試験体の加力試験の解析に加えて、非構造壁にスリットを入れた場合の実験を行った。さらに、腰壁付柱の加力実験結果を行い、構造物の応力分担、損傷過程、破壊性状等を検討した。

### [脆性部材を有する構造システムの数値積分法の検討]

玄関周りの非構造壁や腰壁などが、スリットで構造躯体と分離されていない場合には、建物全体の構造性能（耐力や靱性能）に与える影響は無視できない。図1は、脆性部材と靱性部材が組み合わさった構造システムの荷重変形関係の模式図である。このようなシステムでは、最初に脆性部材が破壊し、急激に耐力が失われた後、残りの靱性部材が応力を負担するモデルが考えられる。こ

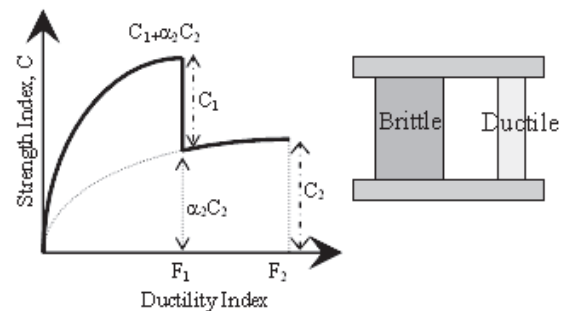


図1 脆性部材を含む架構の荷重・変形関係

うした脆性部材を含む構造システムの地震応答解析では、脆性部材破壊後の耐力低下、すなわち荷重変形関係の剛性が負になる場合の数値積分法の安定性が問題になる。以下では、代表的な数値積分法として、Newmark- $\beta$ 法、不釣り合い力補正法（UBF: unbalance force collection method）、OS法（OS: operator splitting method）を取り上げ、降伏後の剛性と解析時間刻みをパラメータとして解析を行い、数値積分法の比較を行った。以下に1質点系の解析結果を示す。復元力特性はバイリニア型として、2次剛性を負の値まで変化させた。また、地震加速度記録の時間刻みと解析時間刻みの比も変化させ、図2に示すように計13通りの解析ケースを設定した。図3に、ケース8, 9, 10（2次剛性比-0.1, 時間刻みの比がそれぞれ1, 10, 50）の結果を示す。入力に用いた地震動は、1940 El Centro NS波（時間刻み0.02秒）である。

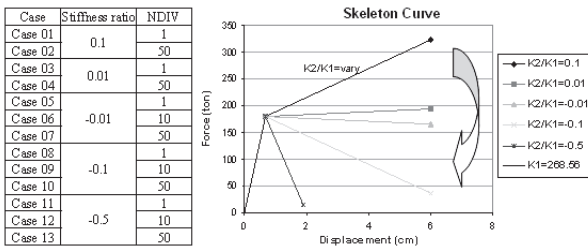


図2 1質点弾塑性系の解析ケース

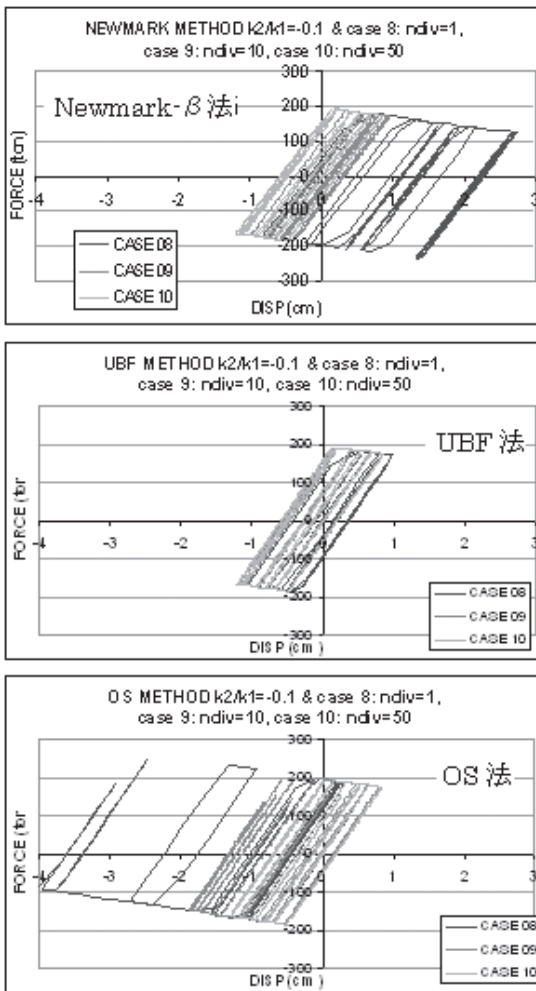


図3 剛性低下を有する系の数値積分結果の比較

Newmark-β法や OS 法では、時間刻みが粗い(NDIV=1)の場合に、変形量が大きく誤差が大きくなる。一方、UBF 法では、時間刻みや剛性低下率に関わらず、比較的精度のよい結果が得られた。また、どの方法とも十分に時間刻みを NDIV=50 まで細かくすると、解は収束する傾向にある。

【非構造壁を有する試験体の実験結果の分析】

昨年度に実施した集合住宅の玄関周りを再現した実大実験結果を用いて、非構造壁の解析モデルを構築し、実験結果との比較を行った。図4に試験体の写真を示す。図5は非構造壁のモデル化であり、降伏後に負の剛性を

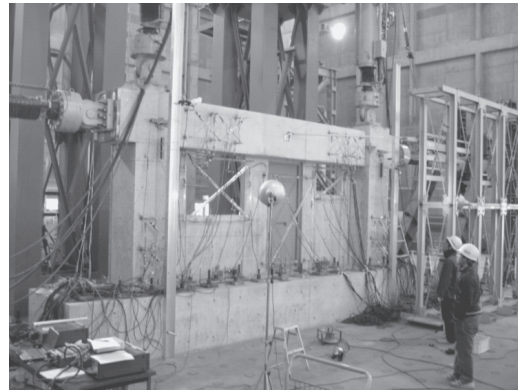


図4 試験体全景

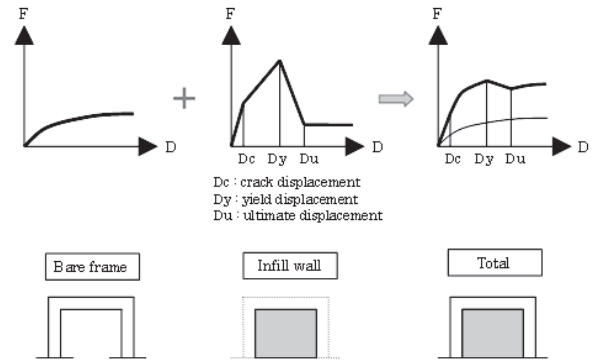
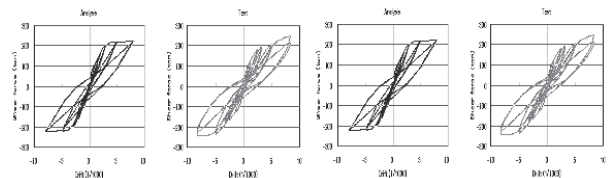


図5 非構造壁のモデル化



(a) 解析 (b) 実験  
図6 実験と解析の荷重変形関係の比較

有するせん断ばねモデルを周辺のフレームに組み込むようにした。図6は、静的繰り返し加力による荷重変形関係について、実験と解析を比較した結果である。

【腰壁付き柱試験体の実験および損傷モニタリング】

脆性部材として、腰壁付き柱を取り上げ、腰壁のない柱2本(せん断補強筋比が異なる)と組み合わせた3本柱の架構の加力実験を行い、破壊の進展に伴う応力分担、損傷過程、破壊性状等を計測した。現在、実験結果の分析および解析結果との比較を行っている。