

平成25年度 建築基準整備促進事業

S6. 鉄筋コンクリート造のスラブ協力幅に関する検討 ～スラブによる梁曲げ耐力の増分と下端筋定着詳細の影響の評価～

東京大学地震研究所 壁谷澤 寿海
横浜国立大学大学院 田才 晃、楠 浩一
独立行政法人 建築研究所

実験目的

スラブ協力幅の算定
保有水平耐力計算→片側1mのスラブを協力幅

梁耐力を過小評価する事は

・架構水平耐力の評価

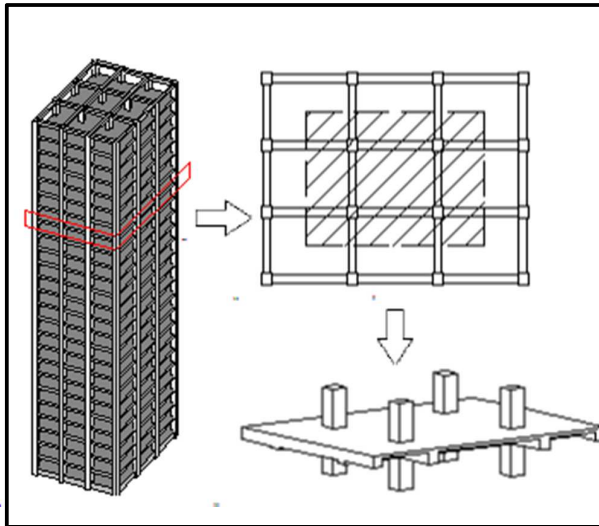
↳ 安全側

・全体崩壊型、柱の曲げ設計、部材のせん断設計

↳ 危険側

スラブ付き梁におけるスラブ協力幅などの
部材単位としての正確な弾塑性性状を把握する

立体架構実験



超高層建物の長周期地震動に対する耐震性能を検証する研究(基準整備事業ほか)の一部として、2011年に鉄筋コンクリート立体部分架構の静的繰返し実験(翌年には補強試験体の実験)が行われ、超高層建物における梁耐力の変形角とスラブ有効幅との関係が実験的に明らかにされている。本研究ではこの試験体を参照して中低層建物を模擬した実験を計画する。

実験計画

試験体S: スラブ付架構
(スラブ下端筋, 定着通し)
試験体F: スラブなし架構

スケール: 2/5 → 1/2
スパン: 8000 × 6000 → 6400 × 5000
材料, 断面, 配筋は中低層RC造建物を想定した仕様に変更している

コンクリート強度: 70 → 27(Mpa)

主筋: D16(SD490) → D16(SD390)

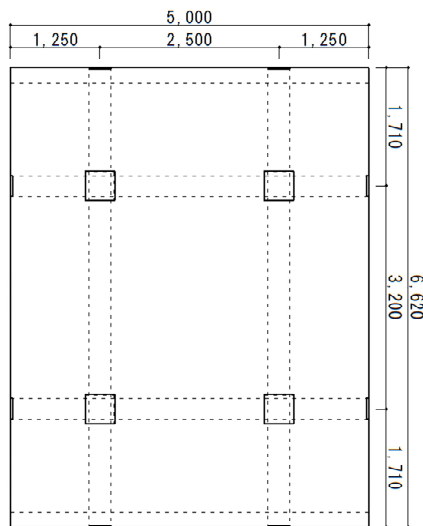
帯筋: D6(SD685) → D6(SD295)

スラブ筋: D6(SD295) → D6(SD295)

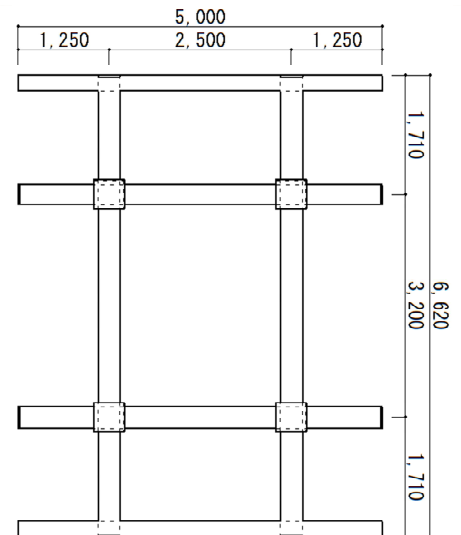
柱断面: 400 × 400 → 400 × 400

梁断面: 300 × 360 → 300 × 360

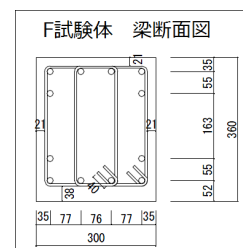
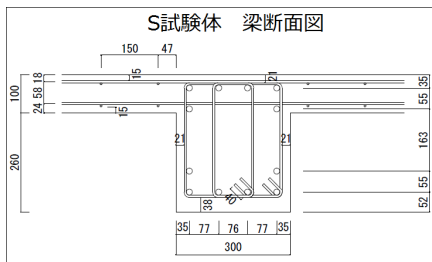
立体架構実験



スラブを除去

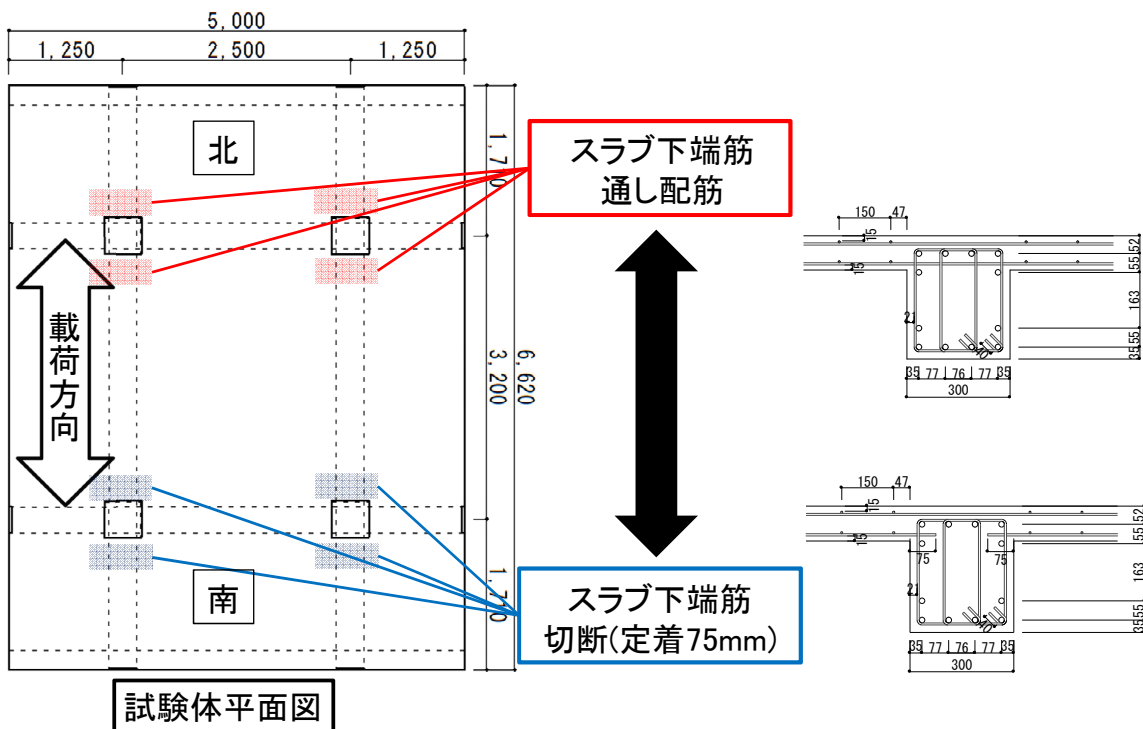


実験計画



- ① スラブの有無をパラメータとして、応答性状の比較を行う
- ② スラブ下端筋の定着性状について通し筋と定着の比較を行う

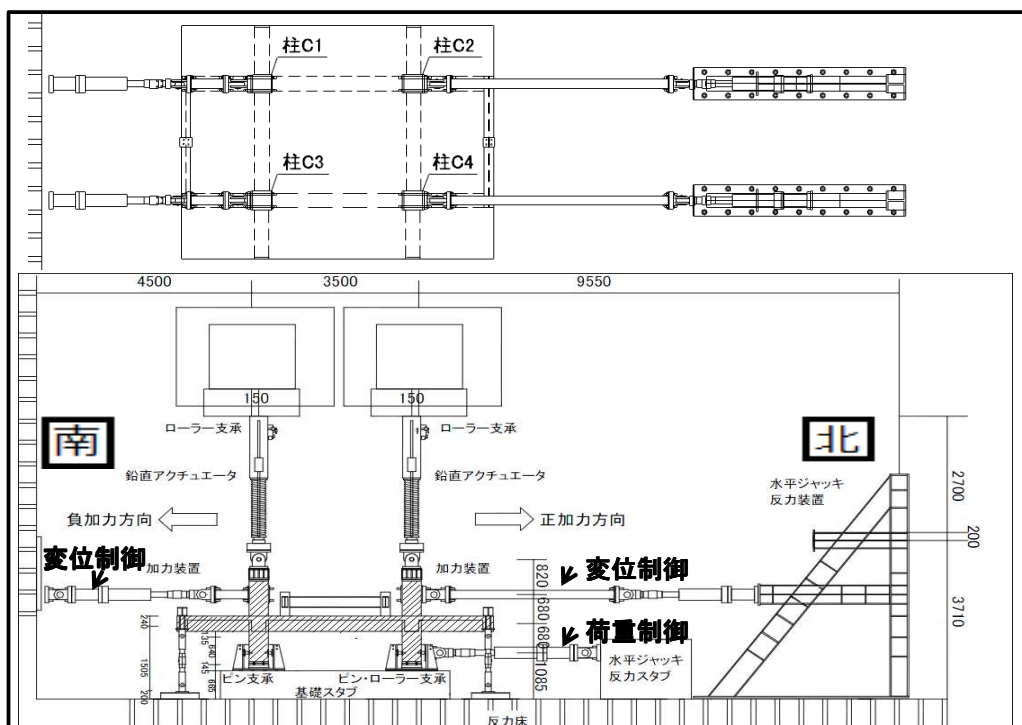
立体架構実験



実験計画

- ① スラブの有無をパラメータとして、応答性状の比較を行う
- ② スラブ下端筋の定着性状について通し筋と定着の比較を行う

立体架構実験

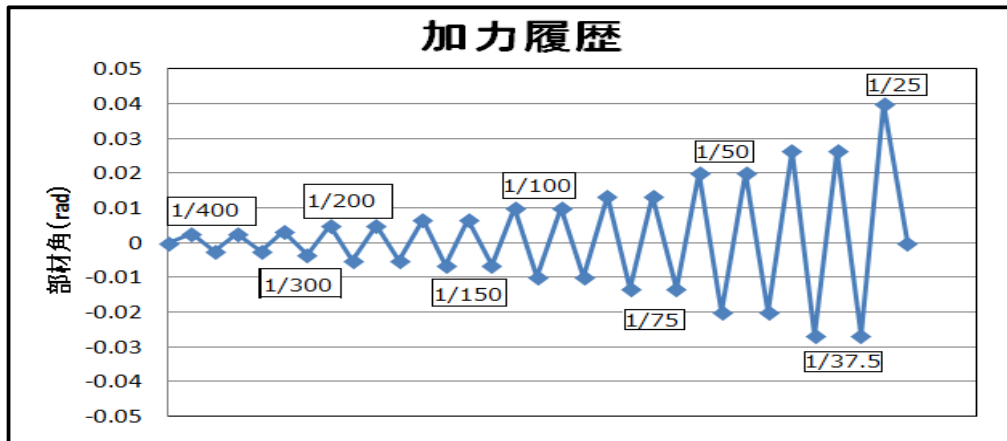


実験計画

桁行方向の梁に軸力が生じないように南側柱脚をピン、北側柱脚をピンローラーとし、南側柱(C1・C3)の部材角平均と北側柱(C2・C4)部材角平均が等しくなるように加力している

立体架構実験

実験計画

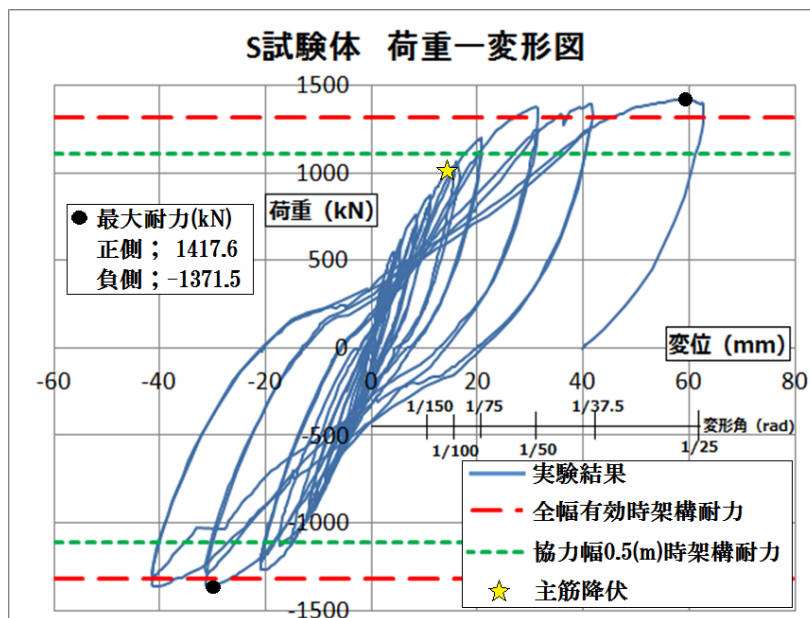


柱部材角は1/400から1/25まで正負交番繰り返しの载荷とした
 加力サイクル数は1/300においては正負1サイクル、1/25においては
 正側のみ1サイクル、その他の部材各においては2サイクルとした

立体架構実験

実験結果

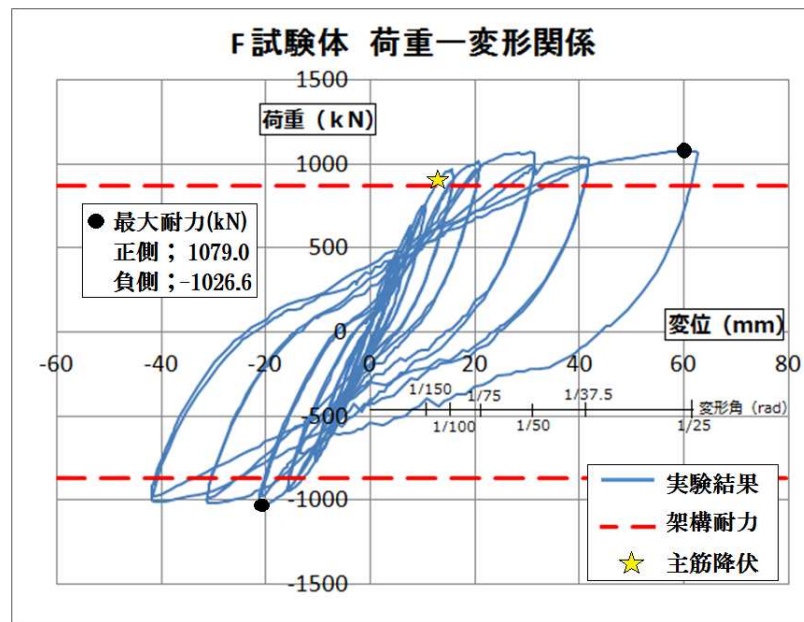
スラブ付き試験体



- 1) 部材角1/100(rad)程度において一段筋の降伏が始まり、部材角1/75(rad)程度で2断筋が降伏
- 2) 部材角1/25(rad)の大変形領域に至るまで耐力を維持
- 3) 最大耐力においては正負ともにスラブ協力幅を0.5(m)とした架構耐力の計算値を大きく上回り、全幅有効とした架構耐力の計算値も若干上回った

立体架構実験

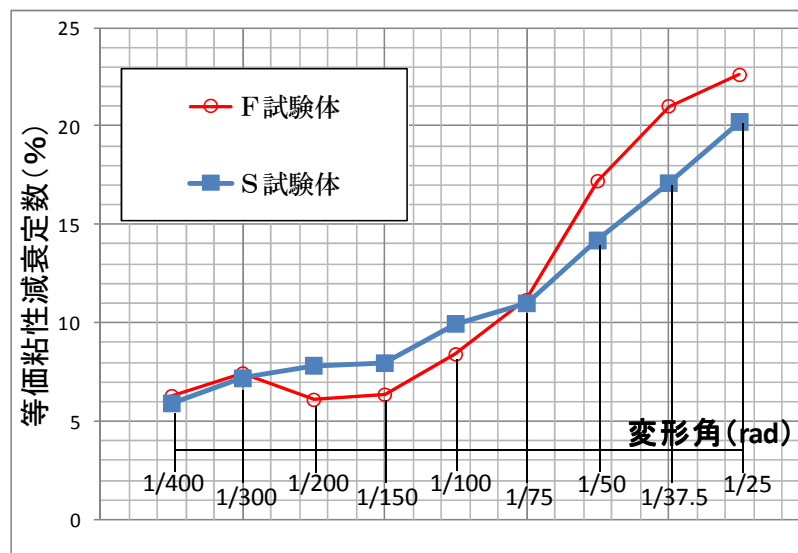
スラブなし試験体



- 1) 部材角 $1/150$ (rad)程度において一段筋の降伏が始まり, 部材角 $1/100$ (rad)程度で2断筋が降伏
- 2) 部材角 $1/25$ (rad)の大変形領域に至るまで耐力を維持
- 3) 最大耐力においては正負ともに架構耐力の計算値を大きく上回った

実験結果

立体架構実験



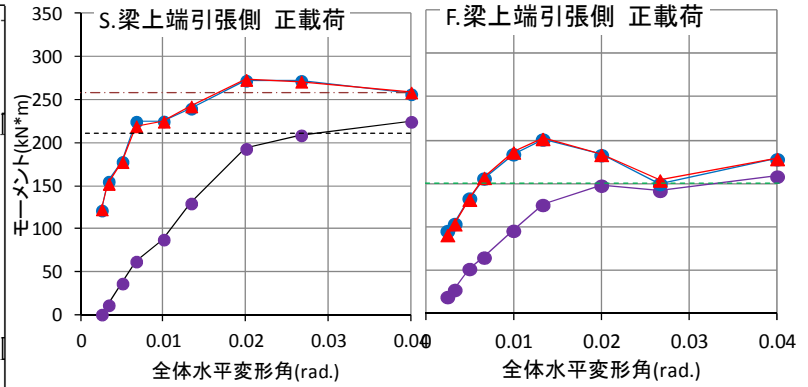
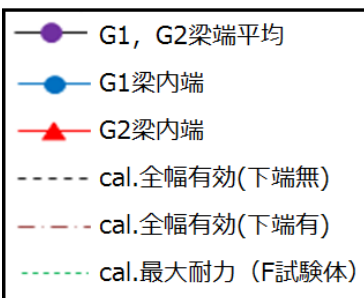
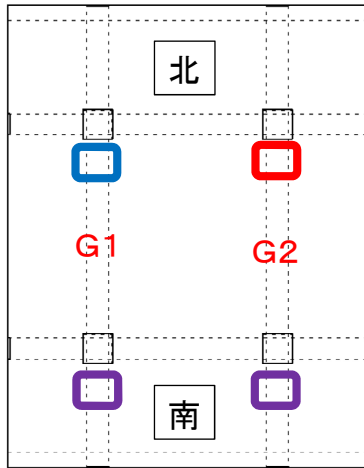
等価粘性減衰定数はスラブ付きのS試験体は梁主筋降伏後も耐力が上がり続けたにもかかわらず、残留変形が抑えられたことにより、F試験体より部材角 $1/75$ (rad)以降小さな値を示した

実験結果

立体架構実験

実験結果

各試験体の梁上端引張時の部材端モーメントの推移
(正(北方向)加力時)

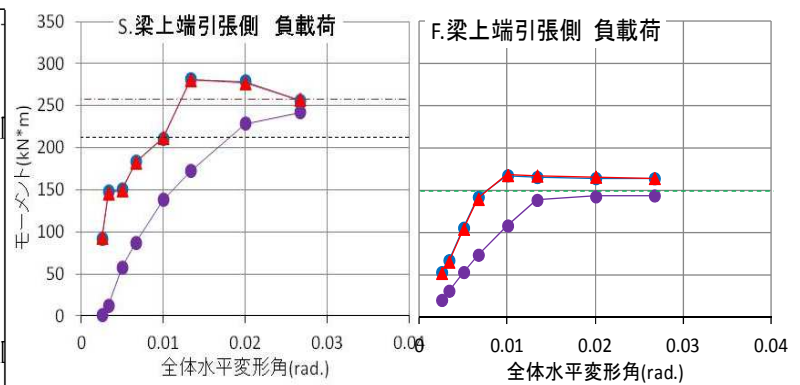
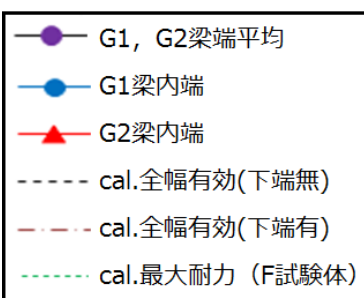
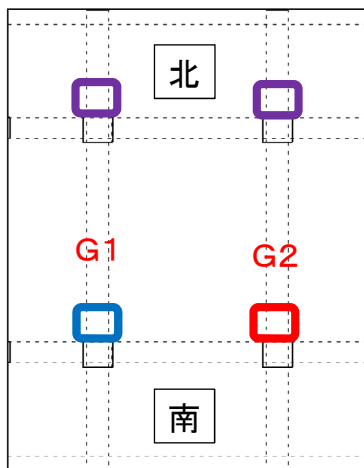


- 1) 試験体外端は内端と比べ拘束が弱く、部材端モーメントも小さく算出された
- 2) S試験体においては試験体内端のモーメントは部材角1/100(rad)で下端筋を無視した全幅有効耐力を上回り、部材角1/75(rad)では下端筋を考慮した全幅有効耐力を上回った
- 3) F試験体においては試験体内端のモーメントは部材角1/150(rad)で計算最大耐力を上回った

立体架構実験

実験結果

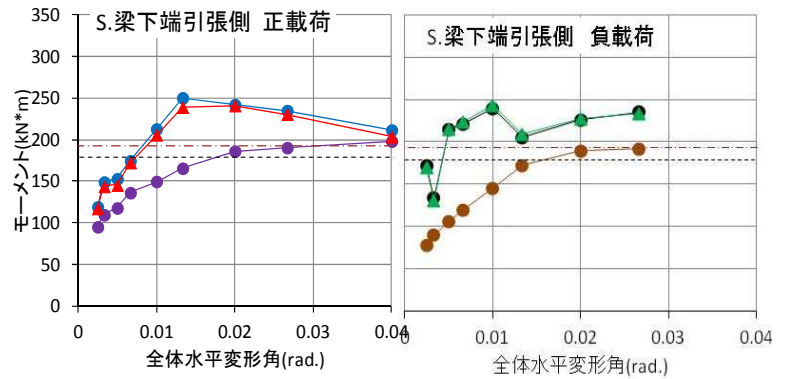
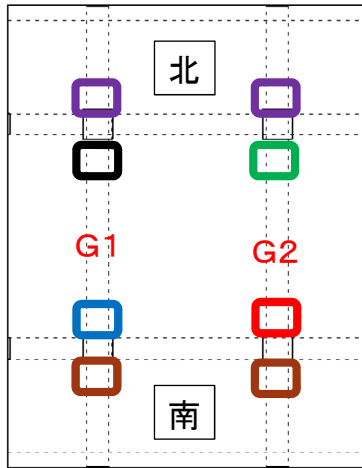
各試験体の梁上端引張時の部材端モーメントの推移
(負(南方向)加力時)



- 1) 試験体外端は内端と比べ拘束が弱く、部材端モーメントも小さく算出された
- 2) S試験体においては試験体内端のモーメントは部材角1/100(rad)で下端筋を無視した全幅有効耐力を上回り、部材角1/50(rad)では下端筋を考慮した全幅有効耐力を上回った
- 3) F試験体においては試験体内端のモーメントは部材角1/150(rad)で計算最大耐力を上回った

立体架構実験

S試験体スラブ圧縮時(梁下引張時)の部材端モーメントの推移 【左;正(北方向)加力時 右;負(南方向)加力時】



実験結果

- G1.G2梁端平均(下端筋通し)
- G1梁内端(下端筋定着)
- ▲ G2梁内端(下端筋定着)
- G1.G2梁端平均(下端筋定着)
- G1梁内端(下端筋通し)
- ▲ G2梁内端(下端筋通し)
- cal.全幅有効(下端筋無)
- cal.全幅有効(下端筋有)

- 1) 試験体外端は内端と比べ拘束が弱く、部材端モーメントも小さく算出された
- 2) 下端筋を通しとした北側の部材端モーメントは部材角 $1/200(\text{rad})$ でスラブ筋を全幅引張鉄筋として考慮した計算値を上回った
- 3) 下端筋を定着とした南側の部材端モーメントにおいても部材角 $1/200(\text{rad})$ でスラブ筋を全幅引張鉄筋とした計算値を上回った

立体架構実験

立体架構実験結果から以下の知見が得られた

- 1) 内端スラブ引張側の曲げ耐力は、変形角 $1/100(\text{rad})$ では50~60%、変形角 $1/75\sim 1/50(\text{rad})$ で90~100%のスラブ筋(上下の合計)が有効であるとした計算値を上回った
- 2) スラブ下端筋の定着詳細は、慣行にしたがって定着を75mm(実大では150mmに相当)とした場合でも、スラブ下端筋を通し配筋にした場合と同様に梁耐力に有効に寄与したと推定される
- 3) 内端スラブ圧縮側でもスラブ筋は引張鉄筋として有効であり、実験値は変形角 $1/100(\text{rad})$ 程度でこれらの計算値を上回った
- 4) 梁外端のスラブでは端部の剛性の低さや拘束の不十分さなどからスラブ協力幅の広がりには明らかに遅れる傾向があった
- 5) 等価粘性減衰定数の推移は、スラブ付きであるS試験体は梁主筋降伏後も耐力が上がり続けたにもかかわらず、残留変形が抑えられたことにより、F試験体より部材角 $1/75(\text{rad})$ 以降小さな値を示した

まとめ

鉄筋コンクリート造 スラブ協力幅に関する検討

単体梁実験

研究目的

鉄筋コンクリート造スラブの協力幅は「建築物の構造関係技術基準解説書」によると概ね1m程度とされている

しかし、既往の立体部分架構実験において終局時に協力幅が全幅を超える結果となった

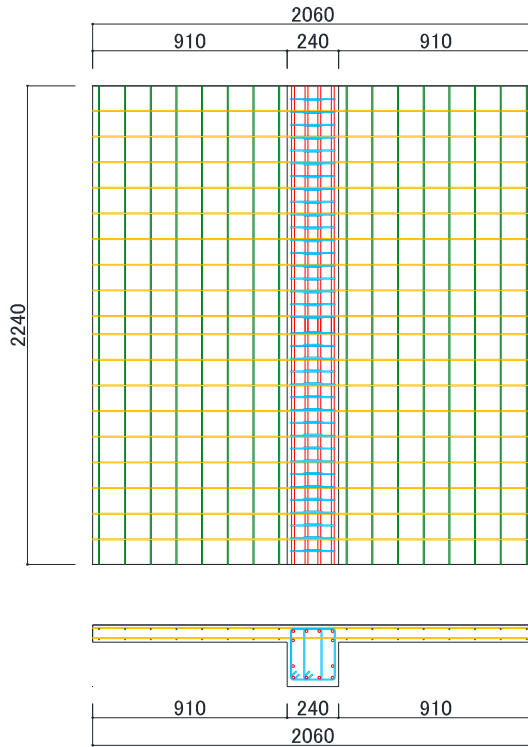


梁部材のみの単体実験を行い、部分架構の影響を取り除いた、終局時の協力幅を検討する

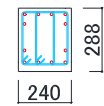
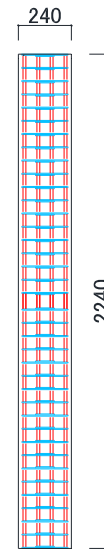
梁単体実験

試験体寸法・配筋図

スラブ有無をパラメーターとした2体
(立体架構試験体の80%の大きさ)



S試験体 (スラブあり)

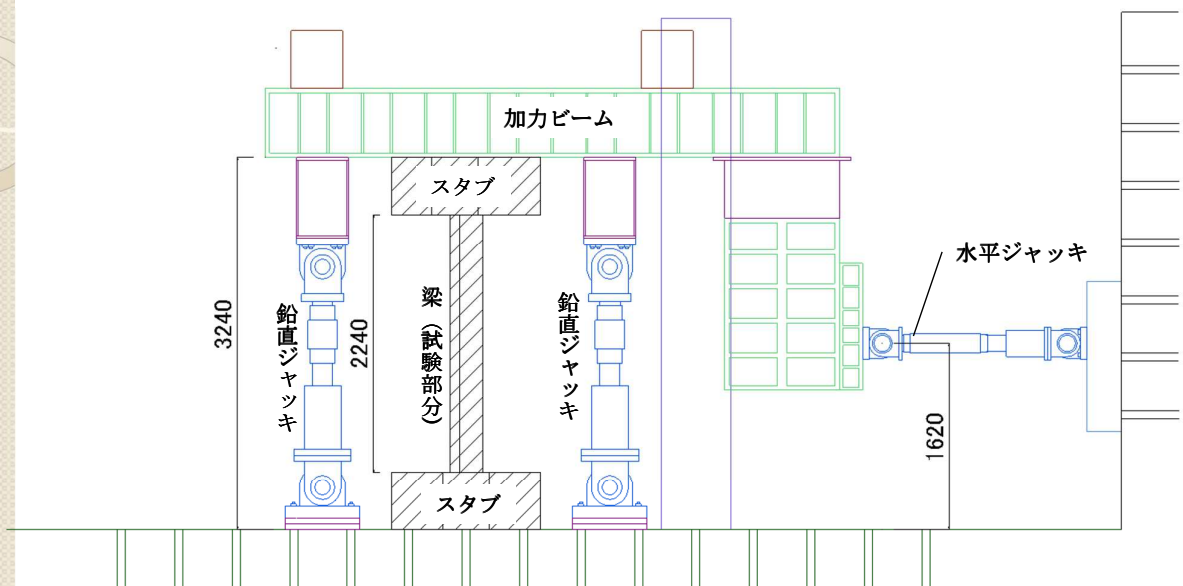


(単位mm)

F試験体 (スラブなし)

梁単体実験

加力方法 静的正負交番繰り返し载荷

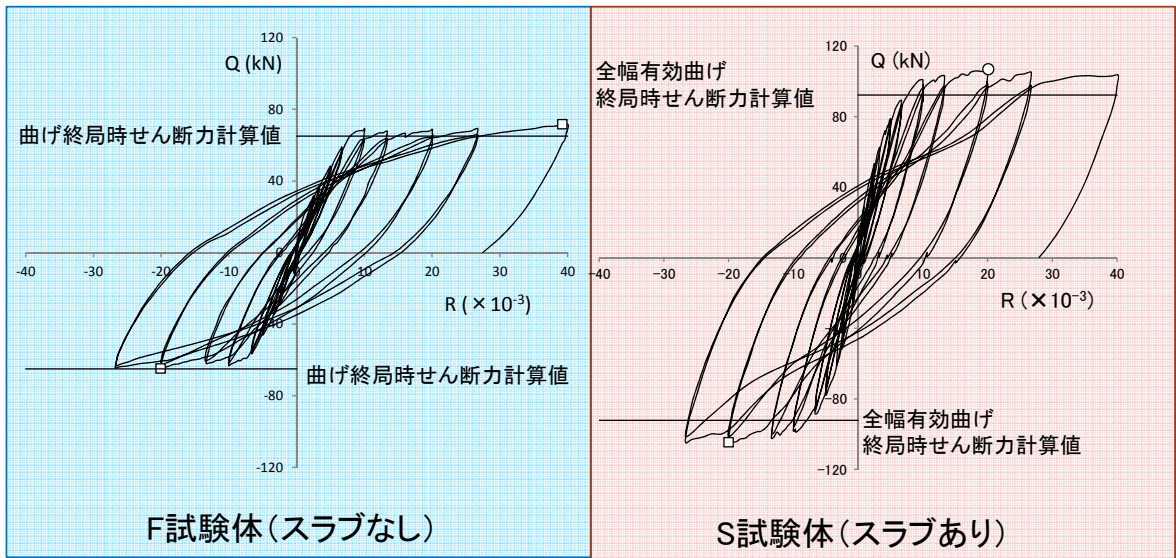


- ① 2本の鉛直ジャッキにより梁の軸力と、加力ビームの回転を0制御
- ② 加力は、はじめの2サイクルは水平力制御(± Q_{cr} 50%, Q_{cr} 100%)
その後、層間変形角制御で±1/400, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/75, 1/50, 1/37.5, +1/25rad

※ Q_{cr} = 曲げひび割れ強度時せん断力

実験結果

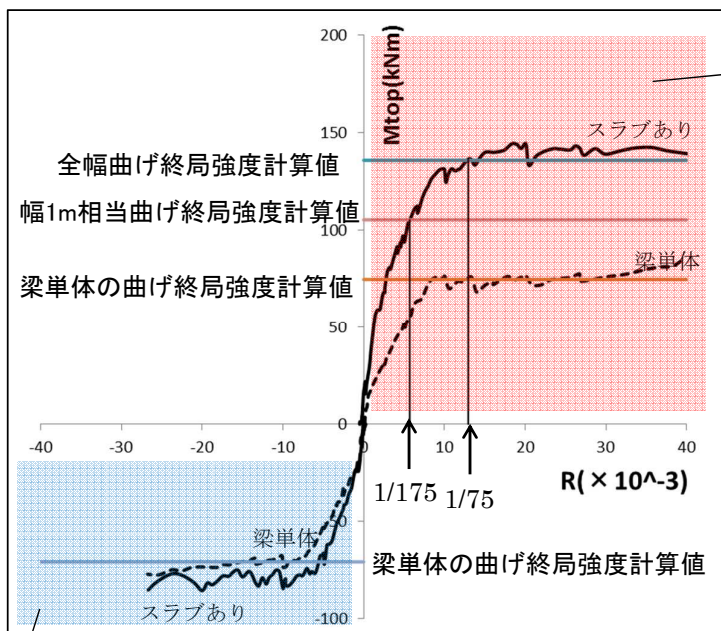
復元力性状



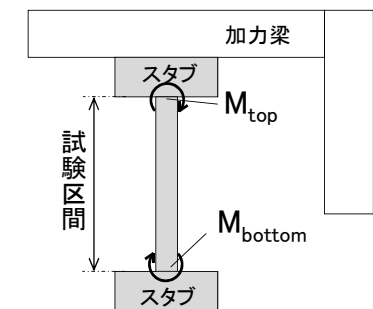
- ・F試験体(スラブなし)は実験値と計算値でほぼ一致した。
- ・S試験体(スラブあり)は計算値を正側16%, 負側14%程度上回った。

スラブ協力幅

梁端モーメント(M_{top} と M_{bottom})を求め計算値と比較



スラブ引張側
(上端引張側)



M_{top} の層間変形角ごとの推移

スラブ圧縮側
(下端引張側)

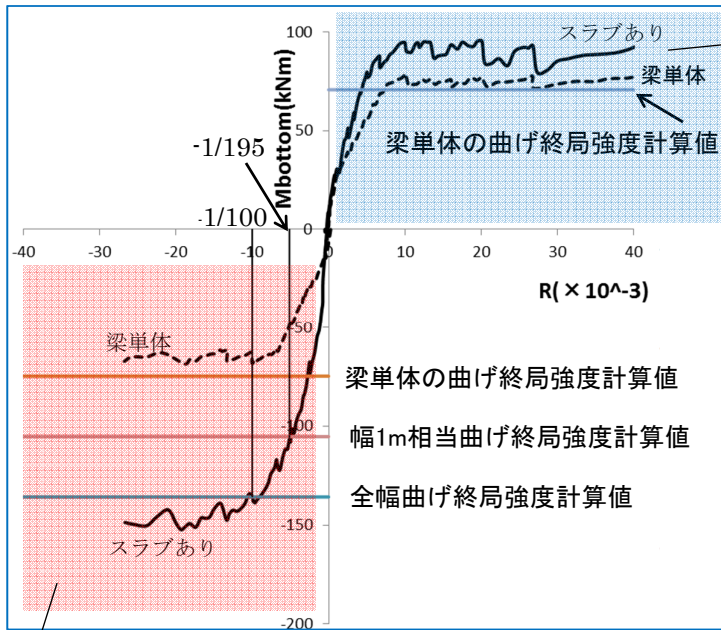


- ・計算値と実験値が比較的良い対応を示している。
- ・スラブ引張側において、層間変形角1/175で、協力幅1mに達し、層間変形角1/75より大きい範囲で、ほぼ全幅有効となった。
- ・スラブ圧縮側においても、やや耐力の上昇が見られる。

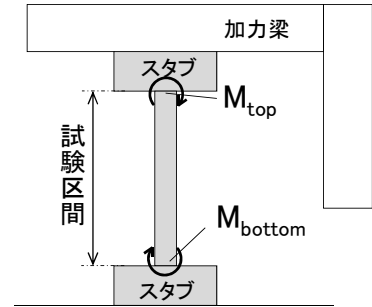
梁単体実験

スラブ協力幅

梁端モーメント(M_{top} と M_{bottom})を求め計算値と比較



スラブ圧縮側
(下端引張側)



スラブ引張側
(上端引張側)

M_{bottom} の層間変形角ごとの推移



- ・スラブ引張側において、層間変形角 $-1/195$ で、協力幅 1mに達し、層間変形角 $-1/100$ より大きい範囲で、ほぼ全幅有効となった。
- ・スラブ圧縮側において、やや耐力の上昇が見られる。

梁単体実験

梁単体の加力実験結果から以下の知見が得られた

- 1) 最大強度は、スラブなしの場合、計算値とよく合ったが、スラブありの場合は、正側において計算値の16%、負側においては計算値の14%程度上回った
- 2) 2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書には、曲げ終局耐力に対する協力幅として1mが例示されているが、本実験では正側において層間変形角 $1/175$ (rad)で、負側において層間変形角 $1/195$ (rad)でそれぞれ実寸にして協力幅 1m程度となった。
- 3) 本実験では、スラブの協力幅は正側において層間変形角 $1/75$ (rad)よりも大きい範囲でおおむね全幅有効となった。また負側において層間変形角 $1/100$ (rad)よりも大きい範囲でおおむね全幅有効となった。
- 4) 本実験では、終局時の協力幅は概ね全幅であった

まとめ

- 1) 荷重変形関係から得られた等価粘性減衰の推移はどちらの実験においても同等の推移が見られた
- 2) 最大強度と計算値の比較においては単体実験では計算値と実験値は近い値を示したが、立体架構実験においてはスラブなし試験体で実験値が計算値を大きく上回った
- 3) 梁単体実験におけるスラブ付試験体のモーメントの推移は立体架構実験における下端筋を通しとした際の部材端モーメントの推移と同等の性状を示した
- 4) スラブの協力幅はどちらの実験も実験値がスラブを全幅有効とした計算値を上回っており、梁単体実験においては部材角 $1/100 \sim 75(\text{rad})$ で全幅有効耐力に達し、立体架構実験においては部材端モーメントからおよそ変形角 $1/75 \sim 50(\text{rad})$ において全幅有効耐力に達した