

論文

[2098] 鉄筋コンクリート造連層耐震壁における中間梁の効果に関する解析的検討

正会員 鈴木紀雄 (鹿島建設小堀研究室)

1. はじめに

鉄筋コンクリート造連層耐震壁の中間梁は、オープンフレームの梁と同様の断面形状を持つように設計されるのが通常である。一方、建築学会の終局強度型耐震設計指針(案)¹⁾では、連層耐震壁中の力の流れ方として、上層から下層へ直接力が伝わる機構と、中間梁の主筋の引っ張り力を介して下層へ力が伝わる機構の2つが考えられている。また、狩野らは、高層壁式構造を対象に、中間梁の梁型、及び、梁主筋の有無をパラメータとした実験を行い、中間梁を取り除くことにより耐力は低下するが、梁主筋に相当する水平せん断補強筋を増すことにより、梁のあるものと同等の耐力が得られることを報告している²⁾。これらの考え方は、中間梁の主筋に何らかの機能を期待しているとみなすことができる。そこで、本研究では、連層耐震壁の梁型と梁主筋の有無を主なパラメータとしたFEM解析を行い、中間梁の機能を考察すると共に、梁型、或いは梁主筋を取り除くことの是非について検討した。

2. 解析対象とパラメータ

検討例として、図-1のような3層の連層耐震壁を設定した。この壁の外寸は、狩野らが行ってきた実験³⁾の試験体と同一である。材料特性や配筋は、柱主筋が降伏した後に壁版のコンクリートが圧縮破壊するように仮定した。

この壁を基本として、表-1に示すケースの解析を行った。パラメータは、梁型の有無、梁主筋の有無、及び水平力の加力方法である。梁型がないものでは、梁幅を壁厚と同一とした。また、梁主筋のない場合は、梁部分には壁筋と同じ量の鉄筋が配されていると仮定した。

また、実験で良く採用される片押し型加力と、押し引き型加力の違いを見るために、加力方法もパラメータとした。

コンクリートの有効強度低減は、引っ張り歪の関数で圧縮強度を低下させるか否かをパラメータとするものである。近年のRC平板の実験などから、ひび割れの発生したコンクリートの圧縮強度は低下することが指摘されており、そのメカニズム等には議論はあるものの、現象的にはほ

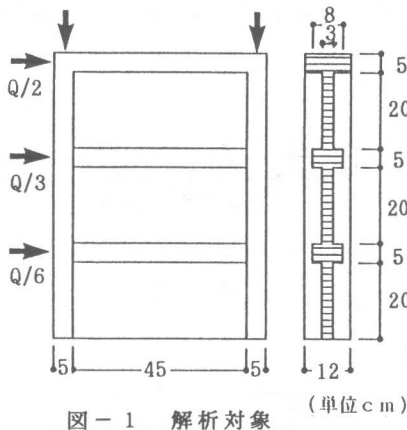


図-1 解析対象

配筋：柱主筋量 3.2 %
 梁主筋量 1.6 %
 壁筋量 0.25 %

コンクリート
 $F_c = 240 \text{ kg/cm}^2$
 $\epsilon_b = 0.2 \%$

鉄筋
 $\sigma_v = 3500 \text{ kg/cm}^2$
 $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

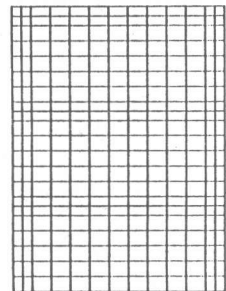


図-2 解析モデル

表-1 解析ケース一覧

| 解析ケース | 梁型 | 梁主筋 | 加力形式 | コンクリート強度の低下 | 記号 |
|-------|----|-----|------|-----------------|----|
| 1 | 無 | 無 | 押し引き | 有 (Collins式) | ○ |
| 2 | | 有 | | | ● |
| 3 | | 無 | | | □ |
| 4 | 有 | 有 | ■ | | |
| 5 | 無 | 無 | 片押し | | △ |
| 6 | | 有 | | | ▲ |
| 7 | 有 | 無 | 片押し | ▽ | |
| 8 | | 有 | | ▼ | |
| 9 | 無 | 無 | 押し引き | 無 | ◆ |

ば認められている。そこで、本解析モデルでもこの現象を取り入れることを基本とするが、後ほどの検討のために、ひび割れても圧縮強度が低下しないと仮定した場合の解析も加えた。

荷重は、いずれのケースでも両側の柱に40kg/cm²の一定軸力と、3層、2層、1層に比率が3:2:1の漸増水平力を加えた。

3. 解析方法

解析は、2次元弾塑性FEM⁴⁾によって行った。要素分割は、図-2に示す通りである。鉄筋は、要素内に一様に分布している様なモデル化を行った。コンクリートは、Collinsらの提案した構成則を使用している。従って、ひび割れが発生した要素の圧縮強度は、次式に従い、引っ張り主歪の関数として低下すると仮定している。

$$\sigma = \beta F_c \{2(\varepsilon_d / \varepsilon_b) - (\varepsilon_d / \varepsilon_b)^2\} \quad \beta = 1 / \{0.8 + 0.34(\varepsilon_t / \varepsilon_b)\} \quad (1)$$

ε_d 、 ε_t 、 ε_b ：圧縮主歪、引っ張り主歪、1軸圧縮強度時歪

4. 解析結果

いずれの壁でも、想定通りに引っ張り柱の主筋の降伏が先行し、その後、壁版のコンクリートが圧縮強度に達したときに最大耐力を示した。

最大耐力とパラメータの関係を、図-3に示す。この図より、次のことが指摘できる。

- (1) 梁の主筋があれば、梁型の有無は最大耐力には無関係である。
- (2) 押し引き型の加力をした場合には、梁主筋が無いと耐力は低下するが、片押し型の加力の場合には、梁主筋の有無が耐力に及ぼす影響は小さい。

5. 中間梁の機能

解析結果から、梁主筋が最大耐力に影響を持つことが分かったので、この理由を検討する。

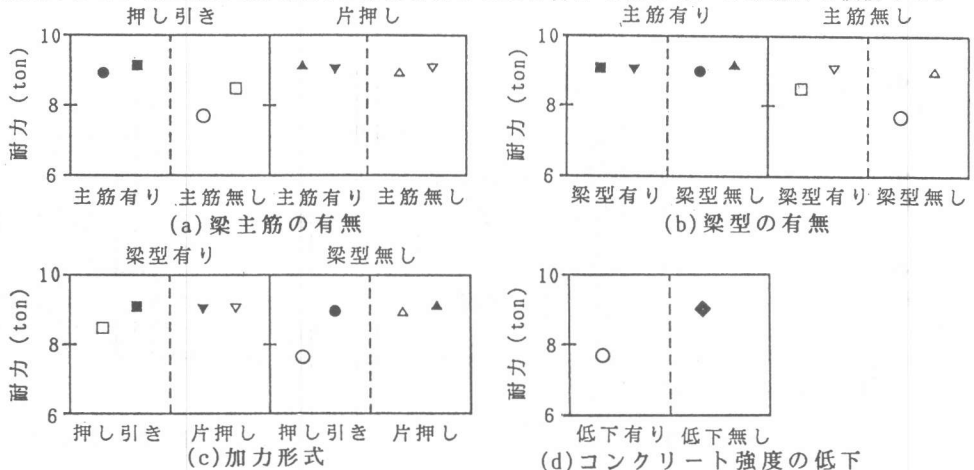


図-3 最大耐力とパラメータの関係

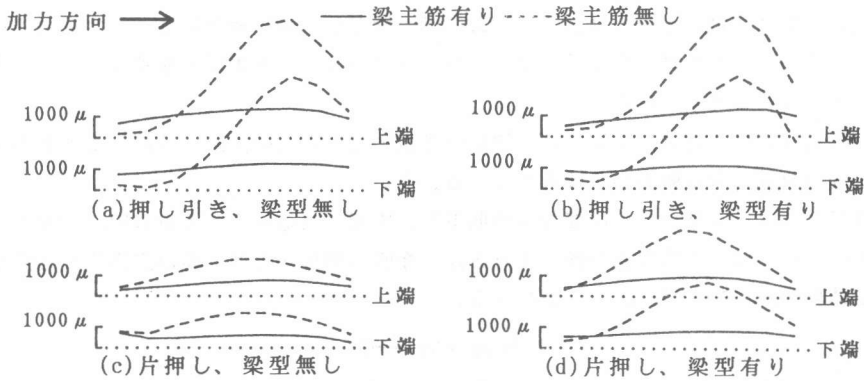


図-4 1層中間梁主筋の歪分布

まず、最大耐力時の1層の梁主筋の歪度分布（梁主筋のない壁では、梁の水平方向の歪度）を図-4に示す。この図より次のことが分かる。

- (1) 押し引き型加力の場合には、梁主筋がないものの歪は、あるものの歪よりも大きい。主筋のあるもの同士、無いもの同士の比較では、梁型の有無による違いはわずかである。
- (2) 片押し型加力の場合にも、梁主筋がないものの歪は、主筋のあるものの歪よりも大きい。また、主筋のあるもの同士、無いもの同士を比較すると、梁型がある方が若干歪が小さい。梁主筋のないもの同士での、梁型の有無による違いは、押し引き型加力の場合よりは顕著である。
- (3) 片押し型に比べ、押し引き型の方が歪は大きい。この差は、梁主筋の無い場合の方が大きい。

以上より、梁主筋は、壁の横方向への伸びを拘束していることが分かる。特に、押し引き型加力時には、引っ張りに加わる水平力を伝達するために、梁主筋の歪が大きくなるものと考えられる。

梁主筋が無いことによる耐力低下の原因は、本解析では、コンクリートの引っ張り主歪の増加にともなう圧縮強度の低下であると考えられる。このことを確認するために、1層のFEM要素の圧縮強度低減係数を図-5に示す。低減係数は、本解析では、前述の式(1)で定義されている。図中○印をつけたのは、圧縮主歪が 1000μ （圧縮強度時歪の1/2）を越えている要素である。この図より、次のことが分かる。

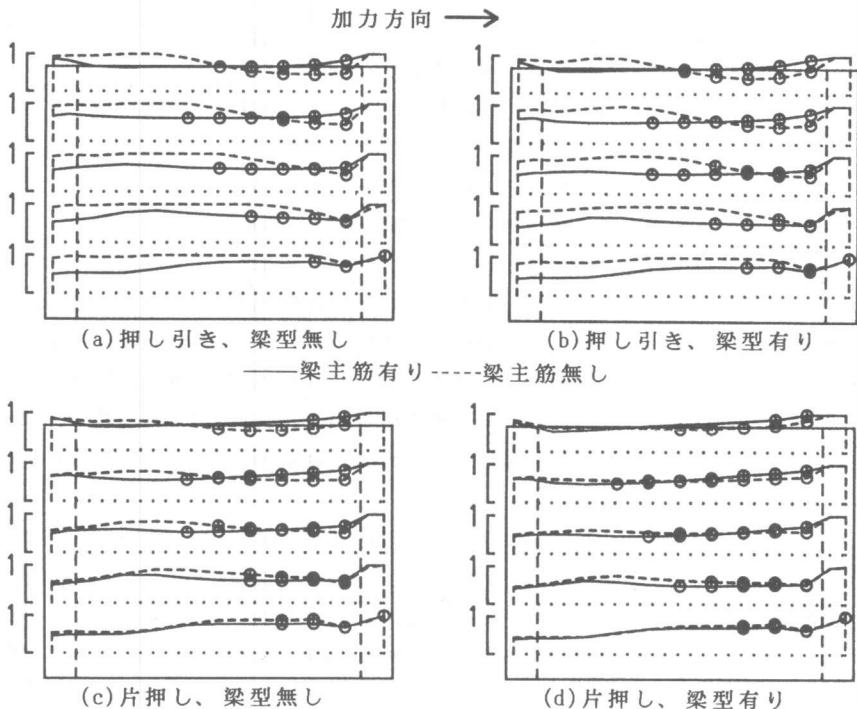
- (1) 押し引き型加力の場合、梁主筋がある壁では、低下の仕方は比較的一様であり、多くの要素が圧縮力を負担している。梁主筋のない壁では、応力を負担している要素は少数であり、その圧縮強度は大きく低下している。
- (2) 押し引き型加力の場合、梁主筋のあるもの同士、無いもの同士では、梁型の有無に関わらず低下率の分布はほぼ同一である。
- (3) 片押し型加力の場合には、梁主筋の有無による低下率の違いは小さい。

すなわち、押し引き型加力される梁主筋のない壁では、横方向の拘束が小さいのでコンクリートの引っ張り主歪が大きくなり、圧縮強度が大きく低下してしまう。このため、壁の耐力が低下するものと考えられる。このことは、梁型も梁主筋もない壁に押し引き型加力を行う場合でも、引っ張り歪によるコンクリートの圧縮強度低下がないと仮定して解析すると（ケース9）、最大耐力は、梁型と梁主筋のある壁（ケース8）の耐力とほぼ同一になることから裏付けられる。

6. まとめ

梁型や梁主筋の有無、加力形式などをパラメータとした連層耐震壁の解析を行った。その結果をまとめると次のようになる。

- (1) 梁型の有無は、最大耐力には無関係であるが、梁主筋が無い場合には、最大耐力は低下する。これは、梁主筋の拘束が無くなると、コンクリートの引っ張り歪が大きくなり、圧縮強度が低下してしまうためと考えられる。
- (2) 加力形式は、最大耐力に影響する。押し引き型加力の場合の方が、片押し型加力の場合よりも、梁主筋の有無による耐力の差は大きくなる。
- (3) ひび割れたコンクリートの圧縮強度の低下や、実際の構造物中での耐震壁に対する水平力の加わり方については、不明な点が残っているが、今回の解析からは、梁の主筋のみを残しておけば、梁型は取り除いても良いように思われる。



注) 見やすくするために、壁のプロポーシオンは、高さ方向を2倍にしてある。

図-5 1層壁版のコンクリート圧縮強度低減係数

参考文献

- (1) 日本建築学会、「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針(案)・同解説」、1988年
- (2) 高木、茂呂田、狩野、「せん断破壊先行型耐震壁のせん断強度に及ぼす中間梁の効果に関する実験的研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和62年、pp.243-246
- (3) 狩野、高木、「小型3層鉄筋コンクリート耐震壁の強度及び変形状に関する実験的研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和53年、pp.1647-1648
- (4) Inoue N., Koshika N. and Suzuki N.: Analysis of Shear Wall based on Collins Panel Test, Proceedings of the Seminar "Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures", ASCE, May, 1985, pp.288-299
- (5) Vecchio F.J. and Collins M.P.: The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear, ACI Journal, 1986, March-April, pp.219-231