

平成 23 年 4 月 7 日

被災した柱及び壁の補修・補強法

構造品質保証研究所株式会社
代表取締役 五十嵐 俊一

平成 23 年東北地方太平洋沖地震（以下、3.11）は、東北から関東、東海に至る地域に対して遠方での大地震であり、各地の比較的広い範囲の土地に規則的な横揺れの地震動を長時間載荷していることになっている。これで、全建物に対して耐震試験が実施されたと見ることができる。特に、震度 5 以上の地震動を受けた地域では、構造物の弾性限界に近いかこれを上回る入力である。被災状況を詳しく調査し、適切な補強を行うことで、3.11 の最大余震、首都直下型地震、南海、東海地震等の次の大地震に備えることができる。

例えば、同じ地区内で特に損傷の大きな建物は、耐震安全性に懸念があると言える。また、ひび割れの大きい壁や柱は、地震のエネルギーを限界近くまで負担したことになるので、これを補強することで耐震安全性を確保向上させることができる。即ち、SRF 工法で以下の箇所を補強することが有効である。なお、5 番目の軸耐力補強は、今回の地震を増幅した大きな横揺れだけでなく、直下型地震の不規則な 3 次元的振動に対する安全確保にもなる。

- 1) 斜めひび割れを生じた耐震壁の短冊貼り
- 2) ひび割れた開口壁、フレーム外の壁の短冊貼り又は溝貼り
- 3) ひび割れた短柱の包帯巻き立て
- 4) 損傷したヒンジ部の包帯巻き立て
- 5) 建物の主要な柱の包帯巻き立て（軸耐力補強）

1) ひび割れた耐震壁

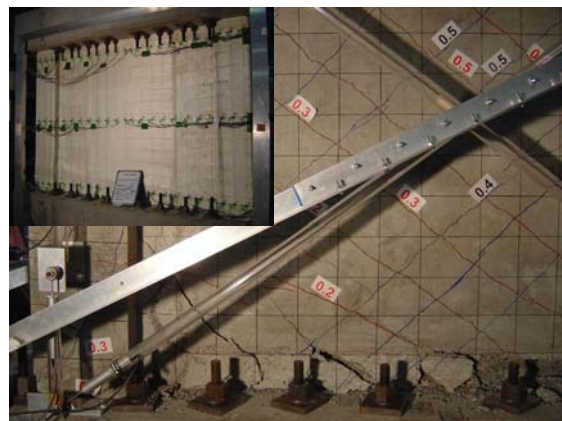
耐震壁に発生した斜めひび割れは、その壁が大きなせん断力を負担したことを物語っている。このまま次の大地震に遭遇した場合には、写真 (a) に示すように、そのひび割れが大きく開いて耐震壁が破壊し、構造系が崩壊する危険性がある。通常行われるエポキシ樹脂注入等の補修法を行った場合でも、地震動が今回よりも大きければ、そのひび割れの近くに新たなひび割れが発生

し、同様に一気に破壊してしまう。一方、包帯（SRF 工法）で短冊貼り補強すれば、包帯がひび割れを跨いで弾性的に力を伝達するので、写真（b）に示すように、ひび割れが分散し、大きなエネルギーを吸収してかつ崩壊しない壁にすることができる。



(a) 鉄筋コンクリート壁

一か所のひび割れが大きく開いて最後には破壊する



(b) 裏側を SRF 工法で補強した壁

強度・靱性が向上しひび割れが分散し破壊しない



SRF 工法壁補強工事

2) ひび割れた開口壁、フレーム外の壁

3. 11 は、仙台市で 1.8G を記録し、継続時間も数分に及んだ。これは新耐震で想定した数倍以上の力とエネルギーである。新耐震の建物と雖も計算上は崩壊する筈である。これが大丈夫なのは、地盤によるエネルギー吸収などの他、開口壁、フレーム外の壁等の計算で無視している部材がエネルギーを吸収した効果も大きい。SRF 工法で補強すれば、ひび割れを分散し 2mm 程度までのひび割れであれば地震後に元に戻ると期待できるので、仕上げを度々補修することが無くなると考えられる。従って、これらを包帯補強することは大地震対策としてだけでなく、余震等の中小地震対策としても有効である。ひび割れに沿った溝貼りも用いることができる。

3) ひび割れた短柱

柱が垂れ壁、腰壁あるいは建具等で拘束されると可撓長さが短くなり斜めひび割れが生じたり、かぶりコンクリートが剥落する所謂短柱として破壊する(写真2-1)。帯鉄筋を増やしても、破壊を防止することが難しかったが、包帯補強を行えば、短柱であっても破壊せず大きな靱性と強度を発揮することが、実験で確認され、日本建築防災協会にも技術評価されている(写真2-2)。



写真2-1 短柱のせん断ひび割れ(右)と破壊(左)

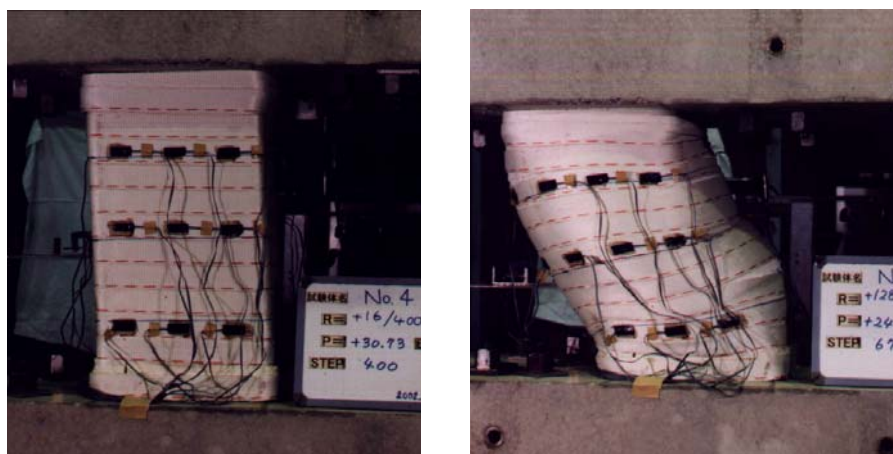


写真2-2 包帯補強すれば仮に大きく変形しても破壊しない



写真2-3 短柱の包帯補強工事

4) 損傷したヒンジ部

繰り返し曲げを受けた柱の端部（ヒンジ部）は、コンクリートが剥落したり、砕けたりして鉄筋がむき出しになる。この部分を包帯補強すると極めて多数の繰り返しを受けても破壊せずヒンジとして機能することが模型実験と大型震動台実験で確認されている。

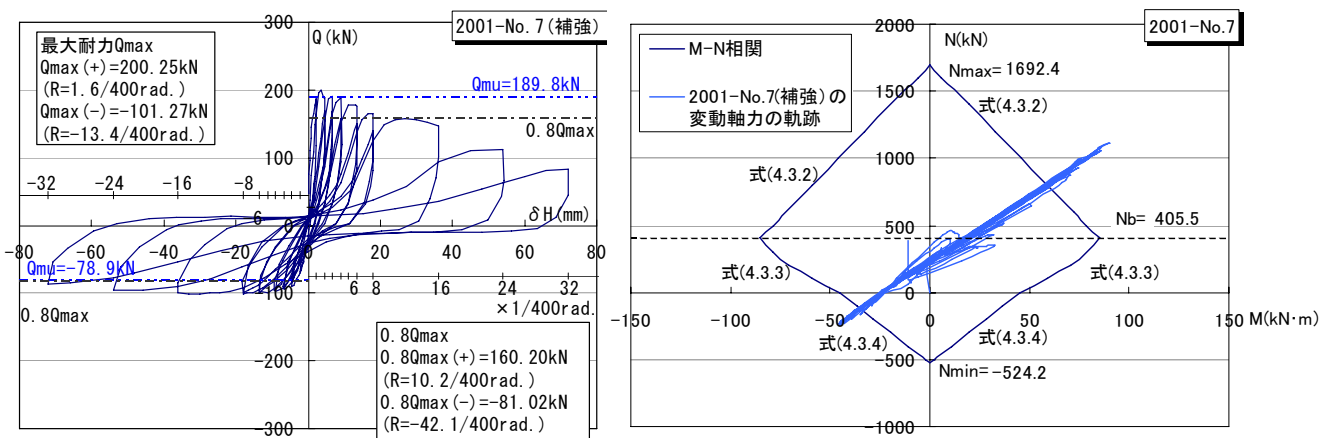


高架橋脚（柱）のヒンジ部の破壊



大型震動台実験

特に、釣り合い軸力比を超える高軸力下であっても、曲げ圧縮破壊を行さないことが日本建築防災協会にも技術評価されている（下図）。



SRF 工法で補強した柱の高軸力下の復元力特性と軸力モーメント関係

5) 建物の主要な柱

主要な柱を包帯で巻き立て補強することにより、仮に大きく変形しても形状を保持し倒壊しない構造物とすることができることが理論と実験で検証されている。これを構造物の軸耐力補強という。既に、200棟以上の建物に適用されており、宮城県など3.11の激震地でもびくともしなかった実績がある。想定を超える大地震に対して安全を確保する有力な方法であり、3.11でひびの入った構造物の主要な柱は包帯で巻き立てるようにしたい。(以上)