

既存建築物の再生・活用（その2）

～ 空間拡大における構造上の課題と それを解決するための技術開発 ～

構造研究グループ 上席研究員 福山 洋

目次

- I はじめに
 - 1) 空間拡大の要求
 - 2) 空間拡大が構造性能へ及ぼす影響
- II 空間拡大における構造上の課題
- III 空間拡大のための構造技術
 - 1) 梁せい低減のための補強技術
 - 2) 壁開口設置のための補強技術
 - 3) 梁貫通孔設置のための補強技術
 - 4) 床のたわみや振動性状の改善技術
- IV 空間拡大のための技術基準
 - 1) 空間拡大に係わる技術基準の取り扱い
 - 2) 空間拡大のための技術基準の課題と展望
- V おわりに
- 参考文献

I はじめに

1) 空間拡大の要求

これまで、1960年代前半までに建設された集合住宅の多くは、取り壊され再び同じ場所に新たな集合住宅を建設するという、いわゆるスクラップアンドビルド方式による更新が行われてきた。しかしながら、従来型の開発・発展がもたらした地球温暖化をはじめとするさまざまな環境問題が指摘される現在、建て替えにより新たな住空間を再生していくという方針は転換が求められ、少なくとも既存建築物を活かし、その改造により新たな住空間を構築するという考え方も併用していくことの必要性が認識されるようになってきた。ここで、既存建築物の再生・活用にあたっては、住まいに対する住まい手からのさまざまな要求を充足する必要があるが、そのひとつに「空間拡大」があげられる。

あるが、そのひとつに「空間拡大」があげられる。

一般に、既存の集合住宅は、面積的な狭さに加え天井高の低さに因る空間的な狭さを有しており、これが現代の人々が求めている住空間のイメージと大きくかけ離れている。そこで、面積的な狭さを解消するために、例えば既存の戸境壁に開口を設け、横方向へ導線を広げるといった方法が考えられる。一方、空間的な狭さの解消については、例えば、床を撤去したり床の一部に開口を設けて吹き抜けとすることで、高い階高が確保され空間的な広がりを実感することができる。1階であれば基礎梁のせいを低減して床の位置を下げることで同様な効果を得ることが可能である。また、梁下寸法が極めて小さいため空間的な狭さを感じさせ、背の高い人は頭を打つ危険性があるような場合には、梁の下部を



(a) 梁せい低減前 (b) 梁せい低減後
図1 梁下寸法の低さと梁せい低減による効果

削って梁せいを小さくし梁下寸法を拡大することで、図1に示すように、危険を回避するとともに空間の広がりを実感することができる。

2) 空間拡大が構造性能へ及ぼす影響

以上のようなことを実現するためには、耐力壁や床を撤去する、耐力壁や床の一部に開口を設ける、大梁や基礎梁のせいを低減させる、といった改造が必要となるが、それらは構造耐力上主要な部分の構造性能を低下させることにつながる。例えば、耐力壁は主要な耐震要素であるが、開口を設けるとその剛性や水平抵抗力が低下する。また、耐力壁を撤去するとその壁が負担していた分だけ建築物の水平抵抗力が低下する上に、各部材の負担する応力のバランスが崩れてくる。床は、鉛直荷重を支え使用上の支障となるようなたわみや振動を抑えることに加え、地震時等に生じる水平力を各構面に伝達させる役割を持つため、そこに大きな開口を設けることは、床が水平力を各構面に一様に伝達できるとする剛床の仮定が成立しなくなる可能性がある。また、梁を撤去したりそのせいを低くするような改造は、もともと梁が有していた剛性と強度を損なうことを意味する。このような改造を行うためには、改造後の構造特性に適した（当初とは異なる）構造モデルで再度構造解析を実施し、構造安全性を確認する必要がある。しかしながら、これまではこれらのような改造に必要な技術および評価方法に関する知見が蓄積されていなかったことから、構造耐力上主要な部分に手を付けるような改造はほとんど実施されおらず、むしろタブーとして見られるような状況であった。

そこで、(独)建築研究所は、重点研究課題「既存建築ストックの再生・活用手法に関する研究」において、(独)都市再生機構と「既存賃貸住棟の改造技術の体系化」に関する共同研究を実施し、空間改造を行う上で最も基本的な条件と考えられる「空間改造を

行った後も元の部材の構造性能を確保する」ために必要となる技術開発を行った。この方針は、各構面の構造バランスができるだけ当初から変わらないように配慮することで、さまざまな課題を部材単位で考えられるようにするものである。本稿では、共同研究において検討された空間改造技術のアイデアとそれらに関する研究成果の概要について紹介する。

II 空間拡大における構造上の課題

空間拡大リニューアル改造を行う場合に、設計において構造安全性の面から検討が必要となる項目を壁式構造を対象に検討した。なお、ここでは、「I. はじめに」に示した住まい手が求めるような空間改造を実現するための技術の他に、リニューアル改修に伴って必要となる梁のあと抜き貫通孔補強技術や、古い建物でよく見られるような床のたわみや振動障害などを改善するための技術についても検討した。その結果を表1のア)～キ)に示す。また、その中から、新たな技術開発や評価法の検討を要する課題を抽出し、番号を付けてアンダーラインで示した。すなわち、①梁せい低減のための補強技術、②壁開口設置のための補強技術、③梁貫通孔設置のための補強技術、④床のたわみや振動性状の改善技術、⑤あと施工アンカーの長期性能、が開発を要する項目として抽出された。

ただし、⑤のあと施工アンカーについては、2008年度から実施されている建築基準整備促進事業の一環として検討が行われているため、本研究においては扱っていない。また、本研究においては耐震補強に関する問題とは切り分け、空間拡大を伴うリニューアル改修に関する課題のみに着目するために、まずは、耐震性能を満たしている建築物として、1960年代前後に多く建設された壁式構造の集合住宅を対象として検討を行うこととした。本検討の結果は、さまざまな提案がなされてきている耐震補強技術と組み合わせることで、将来的には耐震性能を満たしていない中高層の建築物にも反映できるものと考えている。

III 空間拡大のための構造技術

1) 梁せい低減のための補強技術

大梁や基礎梁のせいを、梁の剛性と強度を維持しつつ低減させるために、既存梁の下部を一部切断した後に、梁の横に鉄筋コンクリート造もしくは鉄骨造の梁を設けて既存梁と一体化させる方法について検討を行った。

研究の対象は日本住宅公団（現（独）都市再生機構）の壁式鉄筋コンクリート造 65-5N-3K-3 型標準住棟とし、スパンと断面が

表1 空間拡大リニューアル改造を行う場合に設計において構造安全性の面から検討が必要となる項目

<p>ア) 梁せいの低減</p> <ul style="list-style-type: none"> ・せいを低減した梁の剛性と耐力が元の梁とほぼ同等であることを確認する。また、端部での主筋の定着が確保されていることや、曲げ及びせん断力が確実に伝達できることを確認する。 →課題①：<u>剛性と耐力を確保でき、かつ、応力を確実に伝達できる梁せい低減技術と評価方法の開発</u> <p>イ) 耐力壁の開口設置や耐力壁の撤去</p> <ul style="list-style-type: none"> ・壁式構造の場合は、必要な壁量が確保されていることを確認する。もし、これが不足する場合には、保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回ることと、一次設計時の層間変形角が 1/2000 rad.を超えないことを確認する。 ・開口脇の曲げ補強筋端部の定着方法について検討する。 →課題②：<u>新たな曲げ補強方法および定着方法の開発</u> ・壁開口を各階同一箇所に設ける場合に、新たに梁となる部分の構造安全性を検討する。 →課題：<u>開口上下の梁の曲げ補強・せん断補強方法および評価方法の開発。(これについては、上記①の検討の結果を用いることが可能。)</u> ・耐力壁に設ける小開口の取り扱い方について検討する。 <p>ウ) 床の開口設置や床の撤去</p> <ul style="list-style-type: none"> ・床の面内剛性の低下を考慮して、剛床仮定が成立するか否かの検討・判断を行う。 ・床を撤去した場合に、隣接する床の主筋の定着長さが確保されているかどうかを確認し、確保されない場合の定着方法について検討する。 ・切断された鉄筋のかぶり厚さが確保されていることを確認する。 <p>エ) 梁のあと抜き貫通孔の設置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・梁のあと抜き貫通孔や基礎梁の点検口等を設けた梁の剛性と強度が元の梁とほぼ同等であることを確認する。 →課題③：<u>新たなあと抜き貫通孔補強方法および評価方法の開発</u> ・梁に設ける小開孔の取り扱い方について検討する。 <p>オ) 減築</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最上階の一部撤去や傾斜屋根の設置に当たっては、剛性率、偏心率の確認を行う（※ルート1の場合は検討不要）。 ・減築した下の階に存在する耐力壁の縦筋の定着方法について検討する。 <p>カ) 床のたわみや振動性状の改善</p> <ul style="list-style-type: none"> ・床のたわみ、振動性状について検討する。 →課題④：<u>床のたわみや振動性状の改善技術の開発</u> <p>キ) バルコニーの新設、床の低床化など</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新たに設ける床の支持方法や主筋定着方法について検討を行う。 →課題⑤：<u>あと施工アンカーの長期性能に関する規定化と設計方法の開発</u>

最大となる梁（以後、既存梁という）を対象とした。この既存梁の寸法は、180×500mm、スラブの厚さは110mmであるが、その梁下寸法を確保するために既存梁の下部を200mm切断することとした。しかしながら、切断しただけでは梁の強度および剛性が低下するため、当初の設計とは応力条件が異なることとなり、再度構造解析を行って必要な補強等を行う必要が生じる。そこで、本研究では、切断前と同等の耐力と剛性を確保するための補強方法を開発することとした。ここで検討された補強方法は、切断した梁の側面にRC梁（図2）もしくは鉄骨梁（図3）を施工し、既存梁と一体化した梁を形成するというものである。

① RC梁による補強方法の詳細

この補強方法ではRCの梁を既存梁の両側に施工するが、補強後の下端筋は新たに設置し、上端筋には既存梁の上端筋をそのま

ま用いる。あばら筋は新たに配筋し、床スラブ筋と緊結し、補強梁のせん断補強に用いる。新設のあばら筋とスラブ筋の緊結に際しては、床スラブに一定の間隔でコッターとなる穴を設けて施工する。施工性を考慮し、90°に折り曲げた新設あばら筋は側面でフレア溶接して形成する。これらと、既存部の梁および新設部に設けた引張鉄筋により、一体化した新たな梁を形成させ、耐力および剛性を確保する。

② 鉄骨梁による補強方法の詳細

この補強方法では鉄骨の梁を既存梁の側面に設置する。その鉄骨には、溝形鋼（C-300×90×12×16（SS400））を用い、頭付きスタッドを用いて床スラブと接合する。梁下部には鉄骨と既存梁の一体性と剛性を確保するために鋼板を配し、鉄骨とは高力ボルト、既存梁とはあと施工アンカーで接合する。本補強では、耐力と剛

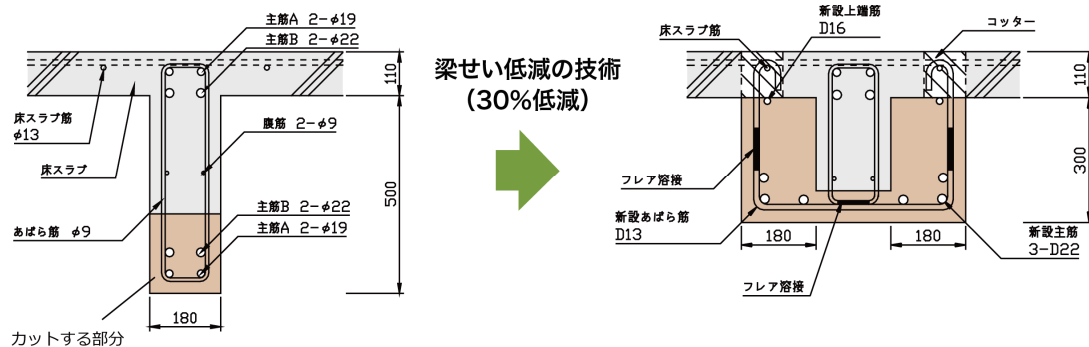


図2 RCによる梁せい低減補強の例

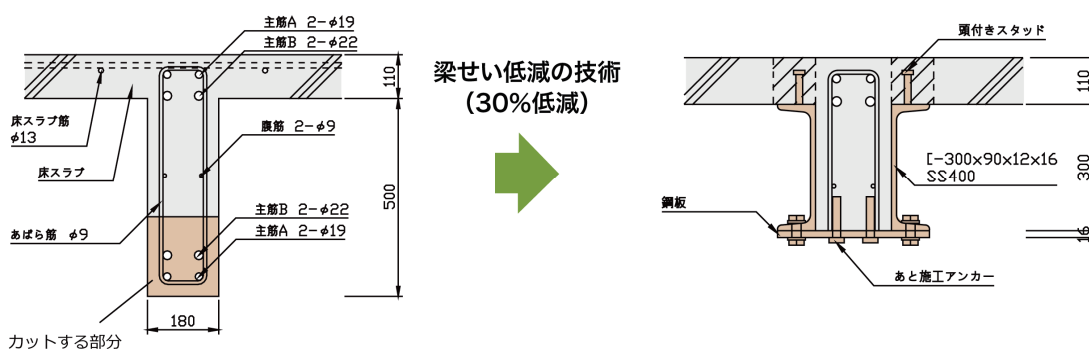


図3 鉄骨による梁せい低減補強の例

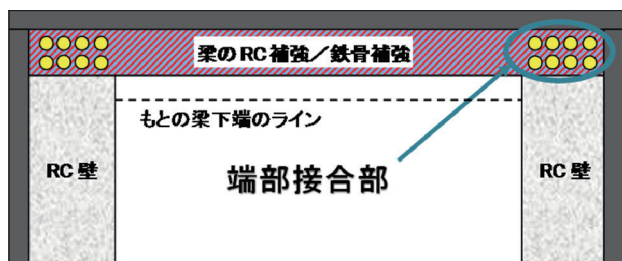


図4 梁せい低減のためのRC梁による補強または鉄骨梁による補強と端部接合の概念図

性は主に鉄骨と床スラブで確保させるという考え方を採用している。

③ 端部接合方法

補強梁の端部では、図4のように補強部分に生ずる応力を端部接合部で確実に既存のRC壁に伝達させる必要がある。そこで、あと施工アンカーによる接合方法(図5(a))とPC鋼棒の圧着による接合方法(図5(b))が考案された。

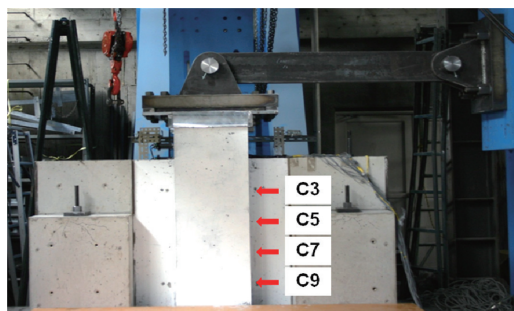
以上の補強方法の効果を調べるために、実大スケールの試験体を用いた梁の曲げせん断実験^{1)~3)}と、端部接合部のモデルを用いた構造実験⁴⁾(図6)を行った。RC梁による補強の試験体は、新設あばら筋と既存梁のあばら筋との溶接の有無、およびあばら筋比を変動因子とする4体、鉄骨梁による補強の試験体は、鉄骨梁の使用本数を変動因子とする2体であり、端部定着部の試験体は、RC梁をあと施工アンカーまたはPC鋼棒の圧着で接合する2体と鉄骨をPC鋼棒の圧着で接合する1体の合計3体である。

実験の結果、RC梁による補強および鉄骨梁による補強の何れの方法も、既存梁の曲げ耐力、せん断耐力および剛性を確保できることが確認され、耐力の評価もRC梁の場合は既往の曲げ、せん断、および付着割裂破壊の評価方法が、鉄骨梁の場合は各種合成構造設計指針⁵⁾の評価方法が適用できることが分かった。

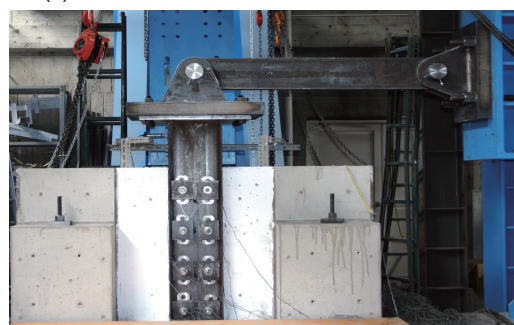


(a) あと施工アンカーによる接合方法 (b) PC鋼棒の圧着による接合方法

図5 補強梁の端部接合方法 (ひばりヶ丘実験住宅の例)



(a) RC 梁をあと施工アンカーで接合した場合



(b) 鉄骨梁を PC 鋼棒で圧着接合した場合

図6 増設梁—壁接合部の構造実験（加力のために梁は90度回転して鉛直に配置されている）

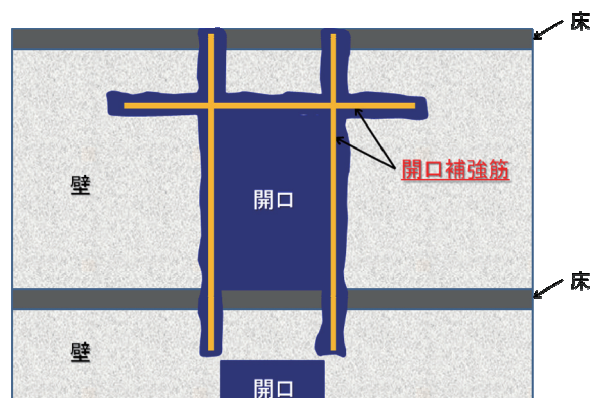
また、補強梁端部接合部の応力伝達メカニズムが検討され、あと施工アンカーによる接合では、中間部のアンカーがせん断力に、中間部のアンカーの余剰せん断力と最外縁のアンカーがモーメントに抵抗するとして接合部の耐力を求めることができることを、また、PC 鋼棒の圧着による場合は、せん断力とねじりモーメントが同時に生じるとしたときのせん断応力度が、導入応力度×摩擦係数を超えないという条件で評価が可能であることを示した。

2) 壁開口設置のための補強技術

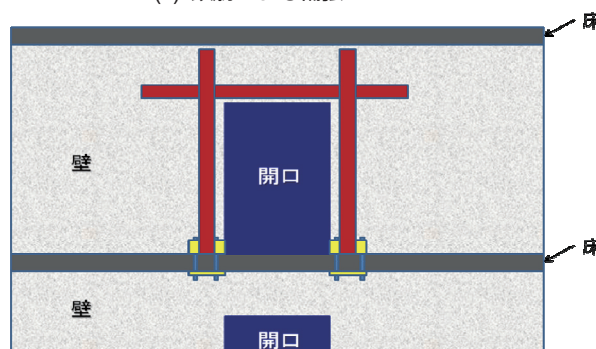
耐力壁に開口を設ける際に、通常の開口補強筋を設けるためには、図7(a) のようになかなか広範囲のコンクリートを一旦はつる必要があり現実的でないため、開口補強筋の代わりにあと施工が可能な炭素繊維シート (CF シート) を用いる図7(b) のような方法の可能性について検討を行った。

CF シートの端部定着はシートの必要定着長さの規定に従うが、鉛直方向に貼り付けるシートの下端部は定着金物を用いてスラブに定着する⁶⁾ものとしている。また、既存の壁横筋の開口側端部は折り曲げ定着としている。

このような開口補強方法について、開口横の壁をモデル化した断面 100×600mm、高さ 1200mm の壁試験体 (図8) を用い、



(a) 鉄筋による補強



(b) 炭素繊維シートによる補強

図7 耐力壁の開口補強技術

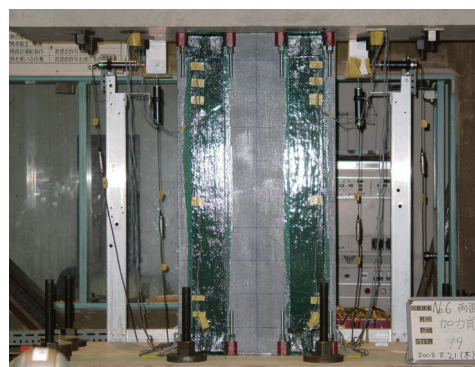


図8 炭素繊維シート補強の試験体

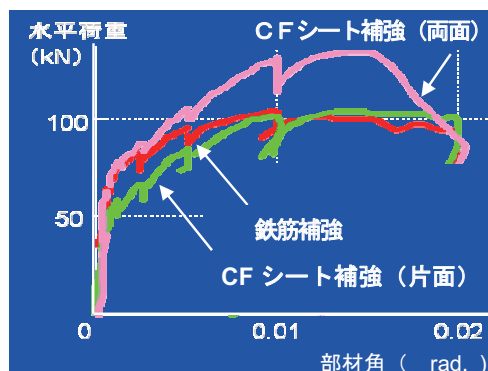


図9 耐力壁の開口補強実験の結果



図10 梁のあと抜き貫通孔補強の方法

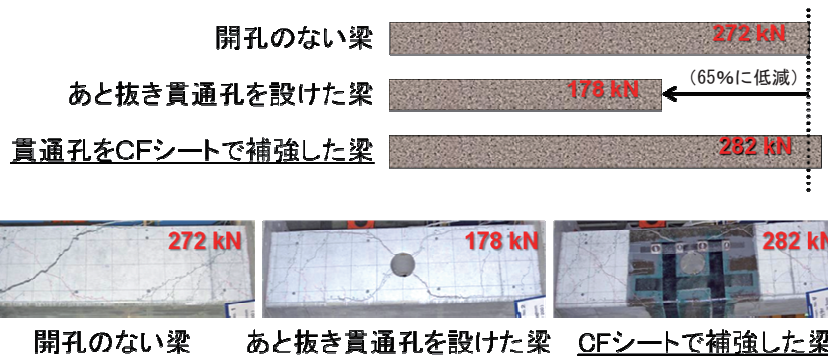


図11 梁のあと抜き貫通孔補強によるせん断耐力の向上効果

開口補強の種類（鉄筋、CFシート）、開口補強量、CFシート貼り付け方法（片面、両面）を変動因子とする6体の試験体を用いて、一定軸力下の逆対称モーメント形式の荷重実験を行った⁷⁾。CFシートの量は、鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説⁸⁾により算定された鉄筋の開口補強筋と引張剛性が同等となるような量としている。

この実験より、図9に示すように、壁の曲げに起因する開口部の鉛直縁張力に対して、壁の両面をCFシートで補強すると、同じ軸剛性の鉄筋補強の場合と同等の剛性でかつ同等以上の耐力を発揮し、開口補強方法として有効であることが確認された。

3) 梁貫通孔設置のための補強技術

リニューアル改修の設備配管工事によって必要となる大梁や基礎梁のあと抜き貫通孔を、炭素繊維シートとその端部定着金物および炭素繊維プレートを用い、あと施工で補強する方法（図10）について検討を行った。ここでは、既存のせん断補強筋が1本切断される場合も想定して、補強効果の評価方法を検討した。

一般に、梁にあと抜き貫通孔を設ける場合、開孔部ではコンクリートの圧縮ストラットが形成されないため、せん断抵抗機構はアーチ機構よりもトラス機構に依存せざるを得ない。そこで、トラス機構をより強く形成させるために既存のせん断補強筋に加えてCFシートを開孔部横に配する。このシートは梁に閉鎖型に巻き付けるのが理想であるが、スラブがある場合にはそれは困難なことから、スラブ下の梁の側面に金物を用いて定着されている。なお、開孔の上下には、開孔周りに発生するひび割れの拡幅を抑えることと、トラス機構を成立させる主筋の付着の役割を担わせるために、CFプレートおよびCFシートを材軸方向に配している。

このようなあと抜き貫通孔補強のせん断耐力への効果を確認するために、既存中層建物の最上階の梁を想定した、断面400mm×625mm、せん断補強筋比0.11%の実大梁を用いた逆対称モーメント形式の曲げせん断加力実験を行った⁹⁾。変動因子は、貫通孔の有無と貫通孔補強の有無である。その結果、図11に示すように、あと抜き貫通孔を設けることにより梁のせん断耐力は65%に低下すること、および、あと抜き貫通孔を端部定着金物を用いたCFシートで補強することにより、無開孔梁と同等以上のせん断耐力まで回復できることがわかった。

さらに、はりの下側に連続繊維を貼り付けることができない基礎梁を対象として、梁の両側面から井桁状に連続繊維シートを貼り付け、それぞれのシートの端部を金物で定着する方法についても検討を行い（図12）、この場合でも無開孔梁と同等以上のせん断耐力まで回復できることが確認された¹⁰⁾。

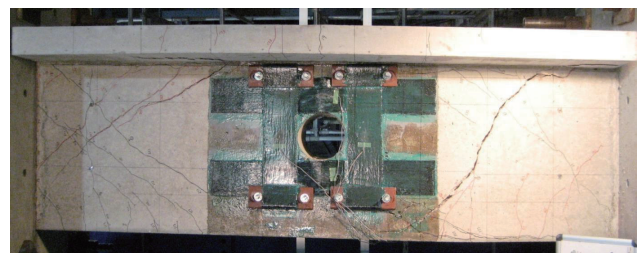


図12 基礎梁を対象とした井桁状のシート補強

4) 床のたわみや振動性状の改善技術

既存建築物の床は比較的厚さが薄く、既にひび割れが生じている場合も多い。そのため、端部の固定度が小さくなっており、このことがたわみの大きさと上下方向への揺れやすさの原因となっ

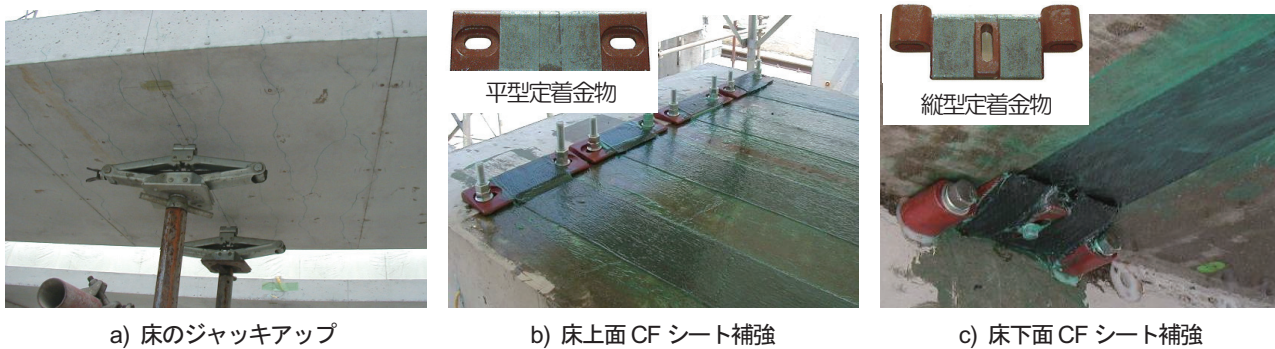


図 13 床の CF シート補強方法

ている。このような床をジャッキアップした後に CF シートで補強することにより、低下した床の端部固定度を増大させ、たわみと振動性状を改善する方法について検討を行った。

床のたわみと振動性状を改善するための補強は、図 13 に示すように、まずジャッキアップにより床のたわみを補正し、その状態で床の上下に CF シートを貼り付け、樹脂が十分硬化した後にジャッキダウンするという方法である。なお、床に発生しているひび割れへの樹脂注入などは行っていない。床上面のシート端部の定着には、あと施工アンカーのせん断力で定着力を伝達させる平型定着金物を用い、床下面のシート端部の定着には、あと施工アンカーの引張力で定着力を伝達させる縦型定着金物を用いる。何れも、CF シートの端部は金物に折り返す形で定着されている。

このような補強方法について、厚さ 130mm、内法スパン 4500mm の両端固定一方向スラブ 3 体 (S-1、SR-2、SR-3) を用いて、その効果の確認実験を行った^{11)、12)}。実験では、まずそれぞれの中央に集中荷重を加え、除荷した際の残留たわみが内法スパンの 1/250 程度となるようにひび割れを発生させた。この時の残留ひび割れ幅は、床上面端部で 0.5~0.7mm、床下面中央で 0.15~0.2mm であった。この状態から、S-1 はそのまま無補強、SR-2 は床の上面のみ CF シートで補強、SR-3 は床の上面と下面を CF シートで補強した。

これらの補強による床の固有振動数の変化が表 2 のとおり計測されている。中央集中荷重によってひび割れを発生させ、除荷した後の各床の固有振動数は健全時の約 58% に低下し、揺れやすくなった。それが上面補強を施すことで健全時の 73% まで、上下面補強を施すことで健全時の 92% まで固有振動数が回復し、振動性状が大幅に改善された。

その後、床中央部の最大モーメントが、住宅用積載荷重が等分布で作用した際の中央部モーメントと同等となるように中央に集

中载荷する方法で長期载荷試験を行った。その結果、図 14 に示すようにシートで補強することにより、载荷直後のたわみは S-1 に比べて SR-2 が約 1/2、SR-3 が約 1/3 に低減された。その後何れの場合もたわみは増加していくが、その増加の度合いは 1 ヶ月程度で緩やかになっている。シートで補強した SR-2 と SR-3 の载荷直後から 1 年経過時までのたわみの増加量は、S-1 のたわみ増加量を超えることはなく、1 年経過時のたわみ量は、S-1 に比べて SR-2 が約 2/3、SR-3 が約 1/3 であった。なお、長期载荷後の固有振動数も载荷前とほぼ同等であった。

なお、床のたわみや振動性状の改善に関しては、音環境の改善も目指して既存床の下に新たなスラブ筋を配筋し下側からコンクリートを吹き付けて増し厚する方法も提案され、試験施工も実施されている¹³⁾。この場合、新たに配される鉄筋の端部はあと施工アンカーによる定着となるが、火災時の新設床の落下に対する安全性の確保や、床の重量増加後の建築物全体の構造安全性についてもさらに検討していく必要がある。

表 2 固有振動数の測定結果

	S-1 無補強	SR-2 上面補強	SR-3 上下面補強
健全時	21.5Hz	21.9Hz	21.6Hz
劣化時	12.5Hz (58%)	12.5Hz (57%)	12.5Hz (58%)
補強時	—	16.0Hz (73%)	19.8Hz (92%)

IV 空間拡大のための技術基準

1) 空間拡大に係わる技術基準の取り扱い

空間拡大が、大規模な修繕や模様替えに相当する場合には現行基準への適合が求められるが、増築等を伴わないそれ以外の場合の構造安全性については、建築主や設計者による適切な判断に委

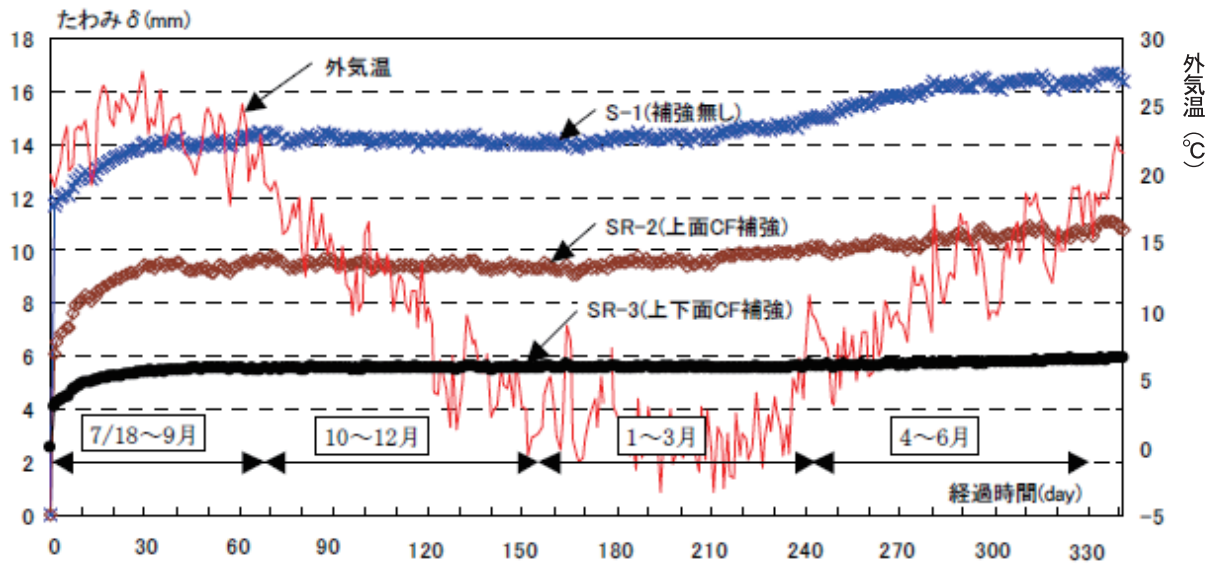


図 14 長期載荷試験結果

ねられている。

一方、空間拡大リニューアルではバルコニーや外廊下の増設(増築)を同時に行うことが考えられるが、この場合の取り扱い、以前は同一敷地の建築物全てに現行基準への適合が求められていたが、2005年の法改正(政令第137条の2および平成17年国土交通省告示第566号)により、増築部分の述べ面積が既存建築部分の延べ面積の1/2以下の場合には次のように緩和された。

- i) 増築部分は現行基準に適合させる
- ii) 地震に対する建築物の安全性は、増築部分と既存部分をエキスパンションジョイントで分離する場合の既存部分については、耐震改修促進法に基づき確認することができる。すなわち、(財)日本建築防災協会から発行されている、既存RC造建築物の耐震診断基準や耐震改修設計指針¹⁴⁾等が適用できる。一方、増築部分と既存部分を分離しない場合は、増築部分と既存部分を一体の建築物として現行基準が定める許容応力度計算等の耐震計算により安全性を確認しなければならない。なお、この場合、既存部分については耐久性等関係規定を除く仕様規定の適合は免除される。
- iii) 地震以外の荷重および外力に対する建築物の安全性は、政令第82条第1号から第3号までの許容応力度計算により確認することができる。

すなわち、大規模の修繕や模様替えに該当せず、増築部分(その述べ面積が既存建築部分の延べ面積の1/2以下の場合)がエキスパンションジョイントで分離される場合には、現行基準は遡及

されない。このような場合、IIIで紹介した構造技術は設計者等の適切な判断により適用することができる。

一方、大規模の修繕や模様替えに該当するか、もしくはエキスパンションジョイントで分離しない増築部分があるため、現行の耐震計算による構造安全性の確認を要する場合については、IIIで紹介してきた構造技術については、次のような検討が必要となる。

1) 梁せい低減のための補強技術では、あと施工アンカーによる既存梁と新設梁の一体化が行われるが、あと施工アンカーには長期および短期の荷重が作用するため、これらに対する許容応力度を用いた構造計算が必要となる。また、2) 壁開口設置のための補強技術、および3) 梁貫通孔設置のための補強技術では、連続繊維補強材とそれを定着するためのあと施工アンカーが使用されるが、それらは何れも短期に生ずる荷重に対する構造安全性の検討を要する。一方、4) 床のたわみや振動性状の改善技術でも、連続繊維補強材とそれを定着するためのあと施工アンカーが使用されるが、それらは長期および短期の荷重に対する構造計算を要し、さらに応力度のみならず長期たわみへの影響についても検討が必要である。

これらについて、技術基準の面からの課題を整理すると以下のようなになる。

2) 空間拡大のための技術基準の課題と展望

① あと施工アンカーと連続繊維補強材の許容応力度

あと施工アンカーや連続繊維補強材の許容応力度や材料強度に

については、政令第94条と第99条に基づき、平成13年国土交通省告示第1024号において、表3 に示す規定が定められている。よって、規定上は大臣が強度の指定を行うことにより、長期および短期の荷重が作用する場合の両方に対して適用は可能である。しかしながら、あと施工アンカーや連続繊維補強材およびそれらを用いた構造耐力上主要な部分の、長期性能に関する技術的な知見が十分には蓄積されていないことから、現在は長期許容応力度に関する強度の指定は行われていない。

これについては、建築基準整備促進事業における課題「13. あと施工アンカーの長期許容応力度に関する検討調査」において、あと施工アンカーの長期応力に対する構造性能に関する知見の収集のため、長期引張性能および長期せん断性能に関する実験等が行なわれており、近々にあと施工アンカーの長期許容応力度、長期荷重に対する設計方法、および設計上の留意点が整理される予定である。この成果により、既存建築物の有効活用に向けた空間拡大技術の適用の促進が期待される。また、連続繊維補強材についても、長期設計に資する技術的知見の蓄積とその指針等への反映が望まれる。

なお、あと施工アンカーを短期の荷重が作用する部分に用いる場合には、一般に、あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針^{1 5)} が用いられるが、この指針の適用範囲はRC壁や枠付き鉄骨ブレースを設置する場合に限定されている。これについては、技術的助言（平18国住指第501号）に、「本指針に定められた適用範囲外で使用する場合には、個別の事案ごとに設計・施工上の条件を付すことにより対応する」と明記されている。今後、連続繊維補強材やあと施工アンカーを既存建築物の補強に適用するためのさまざまな技術的知見が蓄積され、技術指針等が整備されることで、これらの適用がさらに促進されるものと思われる。

② コンクリート強度の確認方法

平成13年国土交通省告示第1026号では、壁式鉄筋コンクリート造のコンクリート強度は18 N/mm² 以上と規定されている。しかしながら、この告示が制定される以前の1960年代に建設された壁式鉄筋コンクリート造建築物では、コンクリートの設計基準強度として150 kg/cm² もしくは 165 kg/cm² が採用されており、現行の告示の規定を満たすことができない。そのため、既存建築物の実際のコンクリート強度が告示の要求を満たすことを確認する必要がある。しかしながら、既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準^{1 4)} では、採取したコンクリートコアによるコンクリート圧縮強度の推定方法が記載されているが、建築基準法には既存建

表3 平成13年国土交通省告示第1024号（特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件）の抜粋

<p>第1 特殊な許容応力度</p> <p>14 あと施工アンカー（既存の鉄筋コンクリート造等の部材とこれを補強するための部材との接合に用いるものをいう。第2 第13号において同じ。）の接合部の引張り及びせん断の許容応力度は、その品質に応じてそれぞれ国土交通大臣が指定した数値とする。</p> <p>16 既存の鉄筋コンクリート造等の柱、はり等を補強するために用いる炭素繊維、アラミド繊維その他これらに類する材料の引張りの許容応力度は、その品質に応じてそれぞれ国土交通大臣が指定した数値とする。</p> <p>第2 特殊な材料強度</p> <p>13 あと施工アンカーの接合部の引張り及びせん断の材料強度は、その品質に応じてそれぞれ国土交通大臣が指定した数値とする。</p> <p>15 既存の鉄筋コンクリート造等の柱、はり等を補強するために用いる炭素繊維、アラミド繊維その他これらに類する材料の引張りの材料強度は、その品質に応じてそれぞれ国土交通大臣が指定した数値とする。</p>

物のコンクリートの圧縮強度の設定方法は規定されていない。

これについては、平成20年度の建築基準整備促進事業における課題「18. 耐震診断法の高度化に関する検討」の「(二)既存鉄筋コンクリートの設計強度の設定」において、既存鉄筋コンクリートの設計強度の設定方法に関する知見の収集等を行い、既存建築物のコンクリート強度に関して次のような評価方法が提案されている^{1 6)}。本提案については、今後技術基準等への反映方法について検討が行われる予定である。なお、これらは設計基準強度が165~240 kg/cm²の既存建築物のコア強度データに基づいた提案であることに留意が必要である。

i) コア採取本数

コンクリートコアの採取本数は、コンクリート同一打設区分において3~6本とする。可能ならば6本もしくは6本以上が望ましい。なお、床面積（コンクリート打設量）による採取本数の増減は考慮しない。

ii) コンクリート強度の平均値評価

コンクリート強度の平均値には、採取したコアによる強度の平均値を採用する。

iii) コンクリート強度の標準偏差評価

コンクリート強度の標準偏差は、採取したコアから求めた標準偏差を採用する。ただし、採取コア本数が6本未満の場合は、最

小値を 3 N/mm²、最大値を 6 N/mm² とする。

③ 地盤特性による地震入力の低減

振動特性係数 R_t は、2007年の法改正以前は特別の調査研究に基づき、建物を支持する基礎および基礎ぐいの状況によって低減が可能であった。そのため、第三者機関の評価を受けた R_t 低減の方法が多く、壁式鉄筋コンクリート造建築物に適用されてきた。しかしながら、耐震偽装事件を受けた2007年の法改正により、 R_t の算出に当たっては地震時に基礎および基礎ぐいの変形が生じないものとして、構造耐力上主要な部分の初期剛性を用いて算定することとなり、建築物全体での許容応力度計算が必要となる場合に、規定を満足できず多くの補強が必要となる可能性があることがわかってきた。

これについては、平成 20 年度から 22 年度の建築基準整備促進事業における課題「10. 地震力の入力と応答に関する基準の合理化に関する検討」の「(イ) R_t と A_i の規定における基礎パネの考え方の整理」において、基礎および基礎ぐいの変形を考慮した R_t 及び A_i の算出方法を検証し、その妥当性が確かめられた範囲で技術基準の整備に必要な資料を取りまとめるための検討が行なわれており、技術基準への早期の反映が望まれる。

V おわりに

本稿では、改修を行う際にも改造前の元の建築物の構造性能を維持できるような技術として「梁せい低減のための補強技術」、「壁開口設置のための補強技術」、「梁貫通孔設置のための補強技術」、および「床のたわみ・振動性状の改善技術」に関する研究成果を紹介した。しかしながら、空間改造の選択肢としては、部材の剛性や耐力といった構造性能を当初の状態から大幅に変化させるような方法もあり得る。その場合には、構造計算を再度一からやり直す必要があるが、より大胆な空間改造を実現できる可能性がある。

今後、住まい手からのさらなる多様な要求を適切に充足できるように、より自由度の高い空間改造技術およびその構造性能評価技術が開発され、実用化されることが大いに望まれる。

謝辞

本報告は、既存賃貸住棟の改造技術の体系化に関する共同研究で検討した空間改造技術のアイデアおよびそれらに関する研究の現状について紹介したものである。関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日比野陽、勅使川原正臣、福山洋、井上芳生、村瀬広導、川西泰一郎：既存RC 梁の梁せい低減に対する補強方法、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、pp.97-100、2008-9
- 2) 日比野陽、勅使川原正臣、福山洋、井上芳生：既存壁式鉄筋コンクリート造建築物の梁性低減に対する補強方法、コンクリート工学年次論文集、Vol.31、No.2、pp.253-258、2009
- 3) 日比野陽、勅使川原正臣、福山洋、井上芳生、村瀬広導、川西泰一郎：鉄筋コンクリート・鉄骨並列合成梁の曲げ終局強度、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、pp.201-202、2009-8
- 4) 田内浩喜、日比野陽、勅使川原正臣、井上芳生：外付け壁梁と壁の接合部耐力、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.31、No.2、pp.259-264、2009
- 5) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説、2010.11
- 6) 中村洋行、鈴木英之、福山洋、高橋茂治、上田正生：鉄筋コンクリート部材の補強を目的とした連続繊維シート定着金物の開発・定着金物の性能と実大損傷梁のせん断補強への適用、構造工学論文集Vol.54B、日本建築学会、2008.3
- 7) 石川星児、楠浩一、田才晃：耐力壁に設けた施工開口の炭素繊維シートを用いた開口補強に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、pp.33-34、2009-8
- 8) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、1999
- 9) 中村洋行、鈴木英之、福山洋、上田正生：連続繊維シートと鋼管により開口補強された既存梁のせん断耐力評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.29、No.3、pp.1627-1632、2007
- 10) 岸本剛、福山洋、藤本効、中村洋行、高橋茂治、鈴木英之、加藤貴久：定着金物を用いた連続繊維シートによるRC構造物補強工法の開発（その6 実大基礎梁の加力実験概要および実験結果、その7 実大基礎梁の加力実験結果の検討）、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、pp.567-570、2010-9
- 11) 高橋茂治、福山洋、鈴木英之、中村洋行：定着金物を用いた連続繊維シートによる劣化スラブの補強効果、コンクリート工学年次論文集、Vol.30、No.3、pp.481-486、2008
- 12) 高橋茂治、福山洋、藤本効、岸本剛、中村洋行、加藤貴久、鈴木英之：定着金物を用いた連続繊維シートによる劣化スラブの補強効果（その2 両端固定スラブの固有周期と長期たわみ）、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、pp.725-726、2009-8
- 13) <http://www.ur-net.go.jp/rd/rn1/technical/pdf/24.pdf>（都市再生機構：床スラブの改修による居住空間の性能向上）
- 14) (財)日本建築防災協会：2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・改修設計指針・同解説、2001.10
- 15) あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針、技術的助言(平成18年国住指第79号、第501号)、2006.4、2006.5
- 16) <http://www.mlit.go.jp/common/000041339.pdf>（平成20年度建築基準整備促進事業成果概要：耐震診断法の高度化に関する検討）