

街に、ルネッサンス



UR都市機構

'ING REPORT

since 1955

structural engineering

構造設計基規準の変遷と
構造技術開発

構



集合住宅の先駆的な構造技術開発

昭和30年『日本住宅公団』が設立されて以降、住まいやまちに対する社会の要求の変化に伴い、昭和56年『住宅・都市整備公団』、平成11年『都市基盤整備公団』、平成16年『独立行政法人都市再生機構（UR都市機構）』へと移行した。その歴史は戦後の都市部への急激な人口集中に伴う絶対的な住宅不足の解消に始まり、人が「集まって住む」という住まい方を模索し続けた日々といえる。この約半世紀にわたる歴史の中で、UR都市機構は、住宅生産の合理化の推進、工業化工法の開発等住宅の建設分野で様々な研究開発を進めてきた。その成果として、鋼製型枠を用いるMF工法、壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造、壁式ラーメンプレキャスト鉄筋コンクリート造等のPC工法等実用化してきた。また、高層壁式鉄筋コンクリート造、壁式ラーメン鉄筋コンクリート造等の一般評定の取得、超高層住宅の鉄筋コンクリート造による建設のためのSH-RC構造設計仕様書（案）、SH-RC構造施工仕様書（案）等各種の設計・施工指針を制定し、設計の合理化、標準化及び施工管理体制などの整備に努めてきた。一方、少子高齢化の到来、ライフスタイルの多様化、環境への配慮等を背景とし、昭和40年代に大量に建設された住宅の再生・活用が社会的な課題となっている。これらについても、実際の建物での実証実験等を行い、この成果を取り入れたUR壁式賃貸住宅の躯体改造指針（案）を制定した。本書は、時代とともに変化してきた構造技術の変遷、技術開発等の取り組みを追ったものである。これらの歴史を振り返ることにより、新たな技術等の開発の糧になることを期待する。

INDEX

はじめに	2
日本住宅公団 → UR都市機構を取りまくタイムチャート	6
耐震関係基準・仕様書等の変遷	8
奥付	54



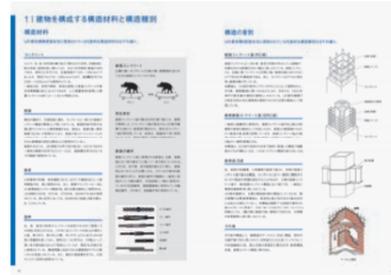
はじめに 02



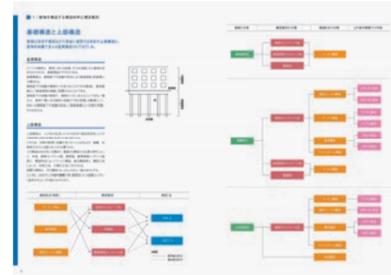
日本住宅公団 → UR都市機構を取りまくタイムチャート 06



耐震関係基準・仕様書等の変遷 08



1 | 建物を構成する構造材料と構造種別
構造材料／構造の種別 10



1 | 建物を構成する構造材料と構造種別
基礎構造と上部構造 12



2 | 在来工法に関する技術研究
主な技術開発一覧 14



2 | 在来工法に関する技術研究
在来工法 16



2 | 在来工法に関する技術研究
在来工法 18



2 | 在来工法に関する技術研究
在来工法 20



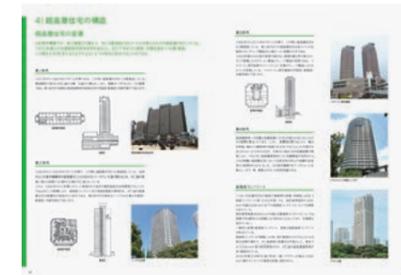
3 | 工業化工法に関する技術研究
主な技術開発一覧 22



3 | 工業化工法に関する技術研究
工業化工法 24



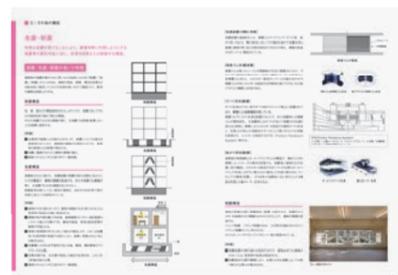
3 | 工業化工法に関する技術研究
工業化工法 26



4 | 超高層住宅の構造
超高層住宅の変遷 28



5 | その他の構造
壁式ラーメンフラットビーム構造／KSI住宅／
アールエム(RM)構造 30



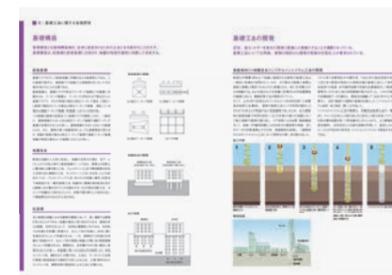
5 | その他の構造
免震・制震 32



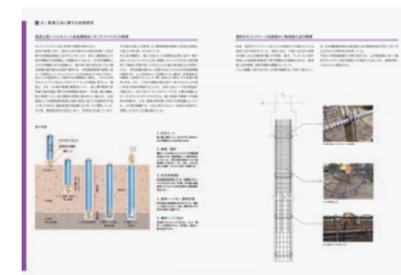
5 | その他の構造
大型スラブ 34



6 | 基礎工法に関する技術研究
主な技術開発一覧 36



6 | 基礎工法に関する技術研究
基礎構造／基礎工法の開発 38



6 | 基礎工法に関する技術研究
基礎工法の開発 40



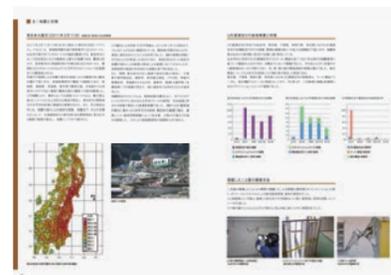
7 | 躯体改造に関する技術研究
既存建物の躯体改造／主要な技術開発課題 42



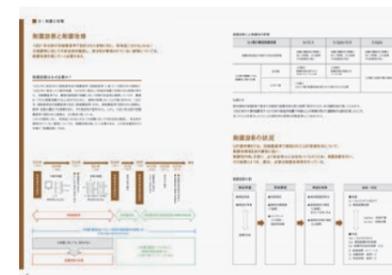
7 | 躯体改造に関する技術研究
ストック再生実証実験 44



8 | 地震と対策
UR都市機構の地震観測と地震被害 46



8 | 地震と対策
UR都市機構の地震被害 48



8 | 地震と対策
耐震診断と耐震改修／耐震診断の状況 50



8 | 地震と対策
耐震改修工法の選定／耐震改修の取組事例 52

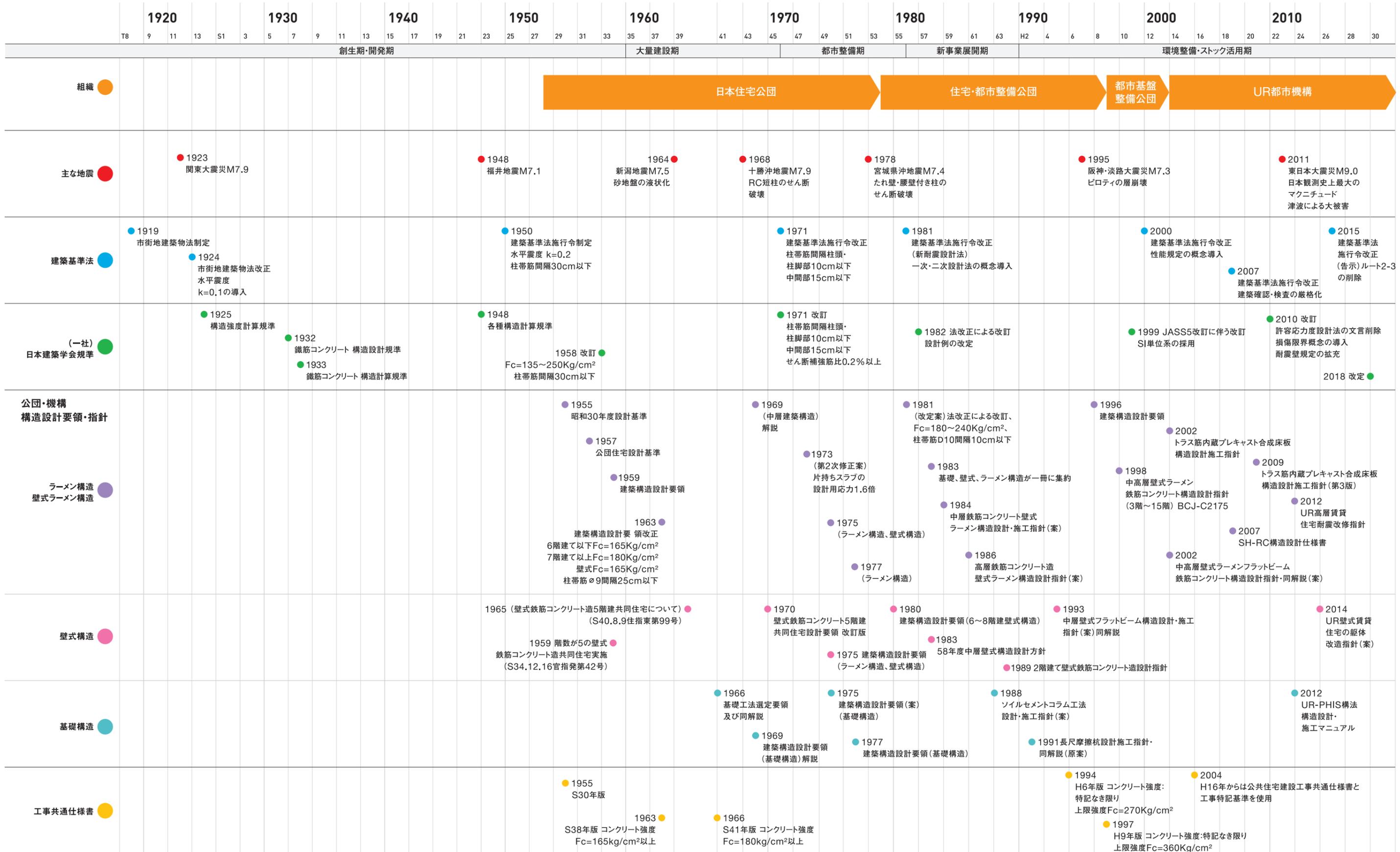


奥付 54

日本住宅公団 → UR都市機構を取りまくタイムチャート

	1955(S30)	1960(S35)	1970(S45)	1975(S50)	1980(S55)	1985(S60)	1990(H2)	1995(H7)	2000(H12)	2005(H17)	2010(H22)	2020(R2)
	▶ 日本住宅公団 設立				▶ 住宅・都市整備公団 設立				▶ 都市基盤整備公団 設立	▶ 独立行政法人都市再生機構 設立		
	創世記	大量建設期	都市整備期		新事業 展開期				環境整備・ストック活用期			
		▶ 「量産試験場」設立(調布市国領)	▶ 試験場移転(八王子市石川町)	▶ 「総合試験場」に改称	▶ 「住宅都市研究 試験場」に改称	▶ 「住宅都市試験研究所 八王子試験場」に改称		▶ 「建築技術試験場」に改称	▶ 「総合研究所技術センター」に改称	▶ 「技術研究所」に改称	▶ 「技術コスト管理部 技術管理分室」に改称	
構造構法の開発と導入	<ul style="list-style-type: none"> ● フィルトアップ工法(多摩平団地) ● 5階建壁式構造の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ● 5階建壁式PC工法 65-5N-2DK-PC(財) センター評定取得(鶴ヶ台団地) ● MF工法(メタルフォーム)(竹ノ塚団地) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築基準法改正柱帯筋強化 ● HPC工法標準化設計(豊島五丁目団地) ● 8Cs壁式構造(希望ヶ丘団地) ● 超高層20階建(兵庫駅前市街地住宅) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 8Cs壁式PC工法(東坂戸団地) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築基準法改正(新耐震) ● 6~8階建壁式構造設計要領 ● 中層鉄筋コンクリート壁式ラーメン構造設計指針(案) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2階建て壁式鉄筋コンクリート構造設計要領(案) ● ソイルセメントコラム工法設計・施工指針(案) ● 高層鉄筋コンクリート造壁式ラーメン構造設計指針(案)(6~11F) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 公団住宅地震入力評価指針・同解説 一般評価取得 ● 長尺摩擦杭設計施工指針同解説(案) ● 中層壁式フラットビーム構造設計・施工指針(案)・同解説 	<ul style="list-style-type: none"> ● WR-PC工法一般評定 ● 鉄筋コンクリート造超高層住宅(SH-RC)構造設計仕様書制定 ● WR-RC工法一般評定 ● 中高層壁式ラーメン鉄筋コンクリート構造設計指針一般評定(3~15F) 	<ul style="list-style-type: none"> ● トラス筋内蔵プレキャスト合成床板構造設計・施工指針 ● 逆梁アウトフレーム構造のPC工法への適用 	<ul style="list-style-type: none"> ● SH-RC構造設計仕様書改定 ● 中高層壁式ラーメンフラットビーム鉄筋コンクリート構造設計指針(案)・同解説(コンフォール草加) ● ガンテツバイル工法 	<ul style="list-style-type: none"> ● UR-PHIS 構造構造設計・施工マニュアル ● UR高層賃貸住宅耐震改修設計マニュアル(案) ● UR壁式賃貸住宅の躯体改修指針(案) 	
日本住宅公団、UR賃貸住宅の建設	<ul style="list-style-type: none"> ● 賃貸住宅第1号入居(金岡団地) ● 分譲住宅第1号入居(稲毛団地) ● 大規模団地着手(多摩平団地) ● 公団初の1DK入居(武蔵野緑町団地) ● 高層化・工業化を導入した団地の入居(晴海高層アパート) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 団地電話第1号開通(荻窪団地) ● 公団住宅で初の火災実験(赤羽台団地) ● 千里ニュータウン入居開始(津雲台団地) ● 第1次空家住宅家賃改定実施 ● 面開発市街地住宅第1号の入居(森之宮団地) ● 高蔵寺ニュータウン入居開始(藤山台団地) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 公団住宅50万戸を突破 ● 「公団住宅建設によるテレビ受信障害に対する処理要領」を作成 ● 多摩ニュータウン入居開始(諏訪団地・永山団地) ● 面開発市街地住宅に初の14階建てHPC住宅を採用(豊島五丁目団地) ● マンモス団地10,170戸の入居開始(高島平団地) ● 公団初の超高層20階建住宅第1号入居(兵庫駅前市街地住宅) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ごみ空気輸送・地域暖房給湯設備完成(森之宮第二団地) ● テラスハウスの増改築第1号完成(東鳩ヶ谷団地) ● 中水道第1号(芝山団地) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 公団住宅100万戸突破 ● 雨水地下浸透工法完成(昭島つつじが丘ハイツ) ● 太陽熱利用給湯システム導入(多摩NTエステート鶴牧) ● 全電化住宅第1号入居(葛西クリーンタウン) ● 光ファイバーによる団地有線情報システム導入(光が丘パークタウン) ● 港北ニュータウン分譲住宅の入居 ● 千葉ニュータウンで公団鉄道開業 ● 初の斜行エレベーター設置(花山東団地) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 初の公団賃貸住宅建替事業に着手(小杉御殿・臨港第二) ● 初のプラスαルームの募集(スクウェア玉川上水) ● 大川端地区・ウォーターフロント開発の募集(リバーシティ21) ● 既存賃貸住宅ライフアップ作戦台所設備の改良 ● 団地情報通信サービスシステム採用(浦安マリーナイースト21) 	<ul style="list-style-type: none"> ● エステート千歳希望ヶ丘の入居(シルバーハウジング住宅) ● 外国人建築家による設計第1号(横浜ポートサイド・アルテ横浜) ● バリアフリー設計が標準仕様になる ● 住宅都市試験研究所に日本初の超高層住宅実験タワー(108m)完成 ● 日本一早い斜行エレベーター運行開始(西宮名塩ニュータウン) 	<ul style="list-style-type: none"> ● シニア住宅の入居(港北ニュータウンプロムナード仲町台ボナーージュ横浜) ● ユーメイク住宅の入居(千葉ニュータウンアバンドーネ原五番街) ● 横浜みなとみらい21中央区の竣工(クイーンズスクエア横浜) ● リニューアル住宅・高優賃貸住宅募集 	<ul style="list-style-type: none"> ● 「スケルトン賃貸住宅制度」による初の民間事業者決定(アクティ汐留) ● 晴海一丁目東再開発事業のまちびらき(晴海アイランドトリトンスクエア) ● スtock再生・活用計画を策定 ● 中層階段室型エレベーターを試用設置(福生) ● 初のペット共生住宅の入居(潮見駅前プラザ一番街) ● 初のKSI住宅・ポストnLDKの入居(アクティ三軒茶屋) ● 初のSOHO対応住宅の入居(シティコート目黒) ● デザイナーズ賃貸住宅の入居(東雲チャンネルコートCODAN) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 初の家庭用燃料電池の入居(アーベインなんばウエスト) ● 2006長寿社会対応仕様設計の手引き策定 ● 建替団地の建築家グループとのコラボレーション(ヌーベルヴェル赤羽台) ● 超高層住宅への免震装置の導入(アートヴィレッジ大崎ビュウタワー) ● UR賃貸住宅ストック再生・再編方針を策定 ● ルネサンス計画I(住棟単位での改修技術の開発)の実施(ひばりが丘団地、向ヶ丘第一団地) ● 高層板状住棟の住宅階における耐震改修工事の実施(高島平) ● 新潟県中越沖地震に伴う災害公営住宅の建設(柏崎市) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電専用部利用(シャレール荻窪) ● 民間事業者の創意工夫を活かした住棟単位での活用・改修の事業化(ルネサンス計画2、多摩平の森) ● 東日本大震災に伴う災害公営住宅の建設(大船町大ヶ谷地区、女川町運動公園跡地地区他) ● 密集市街地整備事業を促進する従前居住者用賃貸住宅の整備(コンフォール根岸) ● 団地再生デザインコンペの実施(花畑団地27号棟) ● 「団地の未来プロジェクト」の始動(洋光台中央・北・西) ● 既存団地におけるバリエーションアップ修繕(浦安ニューシティ美浜西エステート) 	
社会情勢	<ul style="list-style-type: none"> ● 住宅建設5箇年計画 ● 住宅建設5箇年計画 ● 東京タワー完工(333m) ● 国民生活白書「住宅はまだ戦後」 ● 三種の神器(白黒テレビ、電気洗濯機、電気冷蔵庫) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新潟地震 M7.5 ● 十勝沖地震 M7.9 ● 新住宅建設5箇年計画 ● ベトナム戦争開戦 ● 60年安保 ● 第1次・第2次マンションブーム ● 東京オリンピック ● 第一期住宅建設5箇年計画 ● 総人口1億人 ● 高度成長、都市人口集中 ● 3C(自動車、クーラー、カラーテレビ) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 大阪万博 ● 70年安保 ● 第二期住宅建設5箇年計画 ● 札幌オリンピック ● 日本列島改造論、地価高騰 ● 日中国交正常化 ● 第3次マンションブーム ● 第1次オイルショック、狂乱物価 ● 住宅戸数が世帯数を超える ● 地域振興整備公団設立 	<ul style="list-style-type: none"> ● 宮城県沖地震 M7.4 ● ベトナム戦争終結 ● 宅地開発公団設立 ● 沖縄海洋博 ● 第三期住宅建設5箇年計画 ● 公団住宅基本問題対策委員会設置 ● 第4次マンションブーム 	<ul style="list-style-type: none"> ● 第四期住宅建設5箇年計画 ● 神戸ポートピア ● 米国スペースシャトル打ち上げ ● 東京ディズニーランド開園 ● 臨時行政改革推進審議会 ● ワンルームマンションブーム 	<ul style="list-style-type: none"> ● つくば科学技術博 	<ul style="list-style-type: none"> ● 国際花と緑の博覧会 ● 東西ドイツ統一 ● 湾岸戦争 ● 第六期住宅建設5箇年計画 ● バブル崩壊 ● 生活大国5か年計画 	<ul style="list-style-type: none"> ● 阪神・淡路大震災 M7.3 ● 第七期住宅建設5箇年計画 ● 京都市議定書発効 ● 住宅の品質確保の促進等に関する法律 ● 循環型社会形成推進基本法(リサイクル法) ● 公共工事コスト縮減対策に関する新行動指針 	<ul style="list-style-type: none"> ● BS衛星デジタル放送 ● ブロードバンドの普及(e-Japan戦略) ● 第八期住宅建設5箇年計画 ● 同時多発テロ ● 公団本社の移転 ● 地上デジタル放送 	<ul style="list-style-type: none"> ● 東日本大震災 ● 愛地球博 ● アスベスト問題 ● 人口減少時代突入 ● 新潟中越沖地震 	<ul style="list-style-type: none"> ● 熊本地震 ● 大阪北部地震 ● 北海道胆振東部地震 ● 西日本豪雨災害・台風21号 ● 糸川川市大規模火災 ● 都市の低炭素化の促進に関する法律 ● 建築物省エネ法 	

耐震関係基規準・仕様書等の変遷



1 | 建物を構成する構造材料と構造種別

構造材料

UR都市機構賃貸住宅に使用されている代表的な構造材料は以下の通り。

コンクリート

セメント・水・砂・砂利等を練り混ぜて硬化させた材料。圧縮性能・耐火性能・遮音性能に優れており、まさに住宅建設に最適な材料である。昭和30年代では、圧縮強度が15N/mm²であったが、現在では21N~36N/mm²となり、超高層住宅では30N~100N/mm²も使用されている。

一般的な砂、砂利や砕砂、砕石を使用した普通コンクリートの単位体積質量は約2.3t/m³であるが、人工軽量骨材を使用した軽量コンクリートは約1.6~1.9t/m³程度となる。

鉄筋

棒状の鋼材で、引張性能に優れ、コンクリートと一体になり鉄筋コンクリート構造の要素として用いられている。断面形状が円形の丸鋼と節やリブのついた異形棒鋼がある。現在は、強度の高い異形棒鋼(SD材)が使用されており、強度が低くかつコンクリートとの付着性が低い丸鋼(SR材)は、1971年の建築基準法の柱・梁のせん断補強の改定以降ほとんど使用されていない。

鉄筋の太さには、JIS規格では呼び名の径D6~D51までであるが、一般的な階数の住宅ではD10~D32、超高層住宅ではD51までの範囲で使用されている。

鉄骨

H形鋼等の形鋼、角形鋼管(BCR、BCP)や鋼板を加工して鉄骨構造の柱、梁に使用される。また、鉄筋やコンクリートと一体となり鉄骨鉄筋コンクリート構造の柱、梁の主要な部材として使用される。JIS規格のSS材、STK材、STKR材、SM材やSN材が使用されている。特に近年においては、SN材が広く流通し等級分類A、B、Cとなっている。

型枠

柱、梁、壁及び床等のコンクリートを成型するための「鑄型」で、せき板と支保工からなる。この中に生コンクリートを流し込み硬化した後、取り外す。取り外しの際、外しやすいようにあらかじめせき板に剥離剤を塗っておく。昭和30~40年代は、ひき板といって薄い木の板を組み合わせて型枠としていたが、現在では合板が主に使用されている。環境問題に対応するため鋼製型枠やアルミ製パネルも見直されている。また、最近の超高層住宅では、大型のシステム型枠も使用されている。

鉄筋コンクリート

圧縮に強いコンクリートと引張に強い鉄筋を組み合わせると丈夫な鉄筋コンクリートができる。



再生骨材

鉄筋コンクリート造の集合住宅の建て替えには、建物の解体によってコンクリート塊が発生する。UR都市機構では省エネ・省資源の観点から、発生するコンクリート塊を再利用している。従来は、路盤材等で多く使用されていたが、建物の構造に使用する研究を進めた。

鉄筋の継手

鉄筋コンクリート造に使用される鉄筋は、生産、運搬、組み立て等の都合で工場にて一定の長さにカットされる。このため、柱や梁、床の鉄筋を組み立てる時に、鉄筋同士をつなぐが必要になる。このつなぎの部分を鉄筋の継手と呼ぶ。鉄筋の継手の種類は、一般的に使用されている重ね継手、太径鉄筋に一般的に使用されているガス圧接継手、超高層建物に使用されている機械式継手、その他で、溶接継手等が使用されている。



構造の種別

UR都市機構賃貸住宅に採用されている代表的な構造種別は以下の通り。

鉄筋コンクリート造(RC造)

鉄筋コンクリートによって柱・梁、壁及び床等が作られている建物で、低層住宅から超高層住宅まで幅広く用いられている。鉄筋コンクリートは、圧縮に強いコンクリートと引張に強い鉄筋を組み合わせることのできる丈夫な構造体である。また、コンクリートはアルカリ性を有し鉄筋を錆から守っている。

本構造は、19世紀の後半にフランスのモニエによって発明された。その後、建築構造体に用いられるようになり、日本では、1905年神戸の東京倉庫が最初の建物といわれている。UR都市機構では発足当初から耐火建築物を建設するための主要な構造として使用している。

鉄骨鉄筋コンクリート造(SRC造)

一般的に高層住宅に使用され、鉄筋コンクリート造の柱と梁にH形鋼等の鉄骨を補強材として付加したもの。鉄筋より断面積が大きくかつ強度が高い鉄骨を使用している分、鉄筋コンクリート造より高層の建物で用いられるが、鉄骨が鉄筋より高価なため鉄筋コンクリート造より一般的に割高となる。

本構造は、20世紀の当初から日本で独特に発達した構造で地震国ならではの構造といえる。いわばハイブリット構造の走りともいえる。

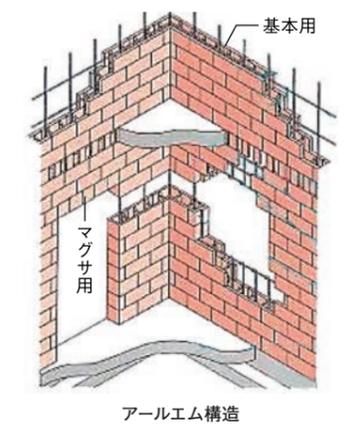
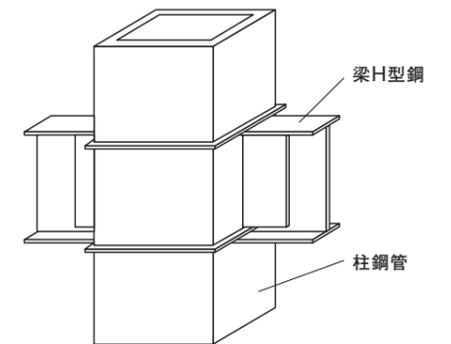
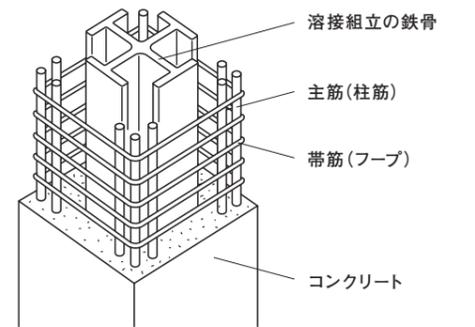
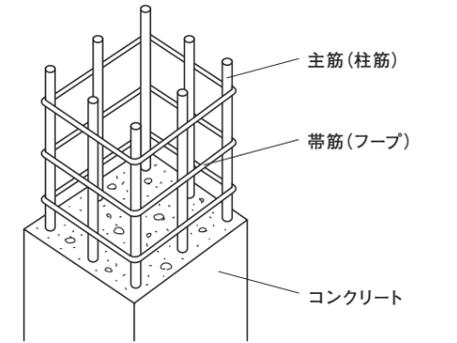
鉄骨造(S造)

柱、梁等が角形鋼管、H形鋼等の鉄骨で造られ、床等が鉄筋コンクリート造で造られる構造。コンクリートに比べ一般的に剛性が小さいので風揺れ等問題を発生することがあるが、工期が鉄筋コンクリート造や、鉄骨鉄筋コンクリート構造に比べ短くでき、一般的に事務所建築等で多く用いられている。

UR都市機構では、主要な構造部を耐火構造としているため、耐火被覆の必要な鉄骨構造は、経済性と施工性の点から集合住宅にはほとんど採用していない。本構造は西欧で18世紀の後半から盛んに用いられた構造で、日本では19世紀末から用いられてきた。特徴としては、重量の割に強度の高い建物ができるため、大架構の体育館等には多く用いられている。

その他

その他の構造として、組積造のオールエム(RM)構造、郊外に分譲戸建て住宅に用いられている木造の2x4工法(ツーバイフォー)や木造軸組み工法、国土交通大臣認定工業化住宅(鉄骨構造、木造、鉄筋コンクリート構造)等がある。



基礎構造と上部構造

建物は住宅や施設などの用途に使用する部分の上部構造と、建物を地盤で支える基礎構造からできている。

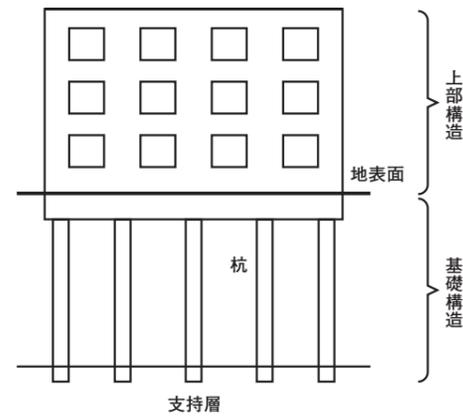
基礎構造

すべての建物は、建物に加わる荷重・外力を地盤に伝え建物を安定化させるため、基礎構造が不可欠である。

基礎構造は、建物直下の地盤の性状により直接基礎と杭基礎に分類される。

建物直下の地盤が建物を十分支えることができる場合は、直接基礎として直接建物を地盤に設置させることができる。

建物直下の地盤が軟弱で、建物を十分に支えることができない場合は、建物下層にある強固な地盤まで杭を設置し杭基礎として、あるいは建物直下の地盤を改良して直接基礎として建物の荷重・外力を支える。



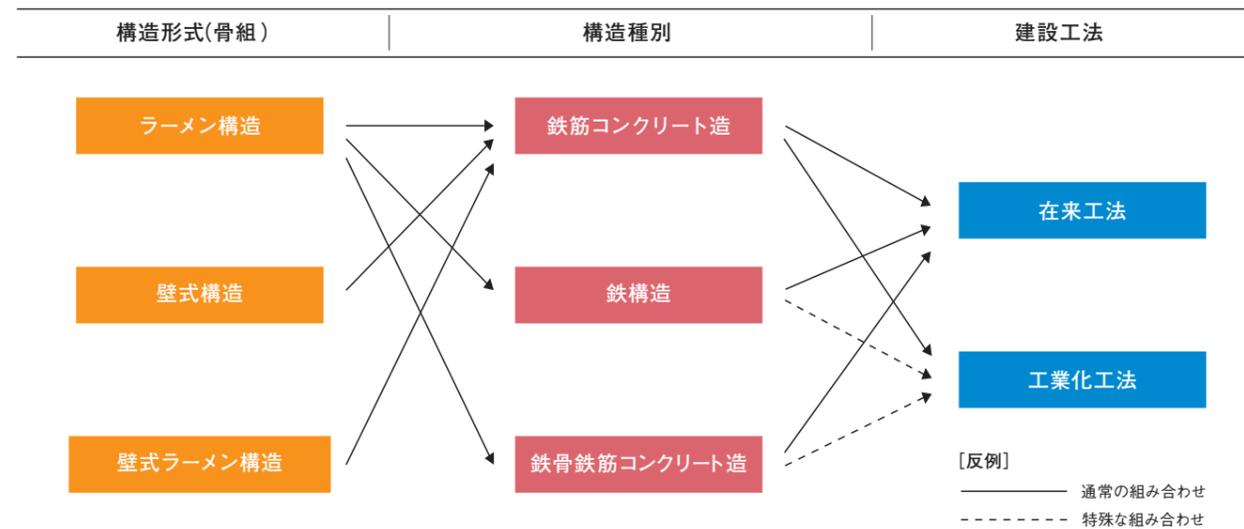
上部構造

上部構造は、人が住み生活したりする住宅や商品等販売したりする施設等の居住空間を形成する為の器である。

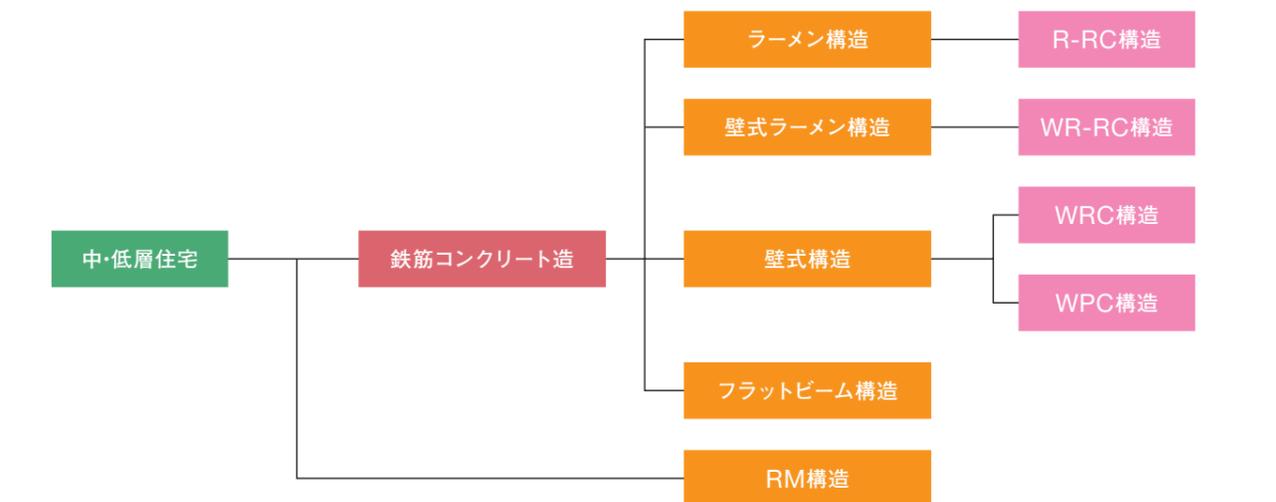
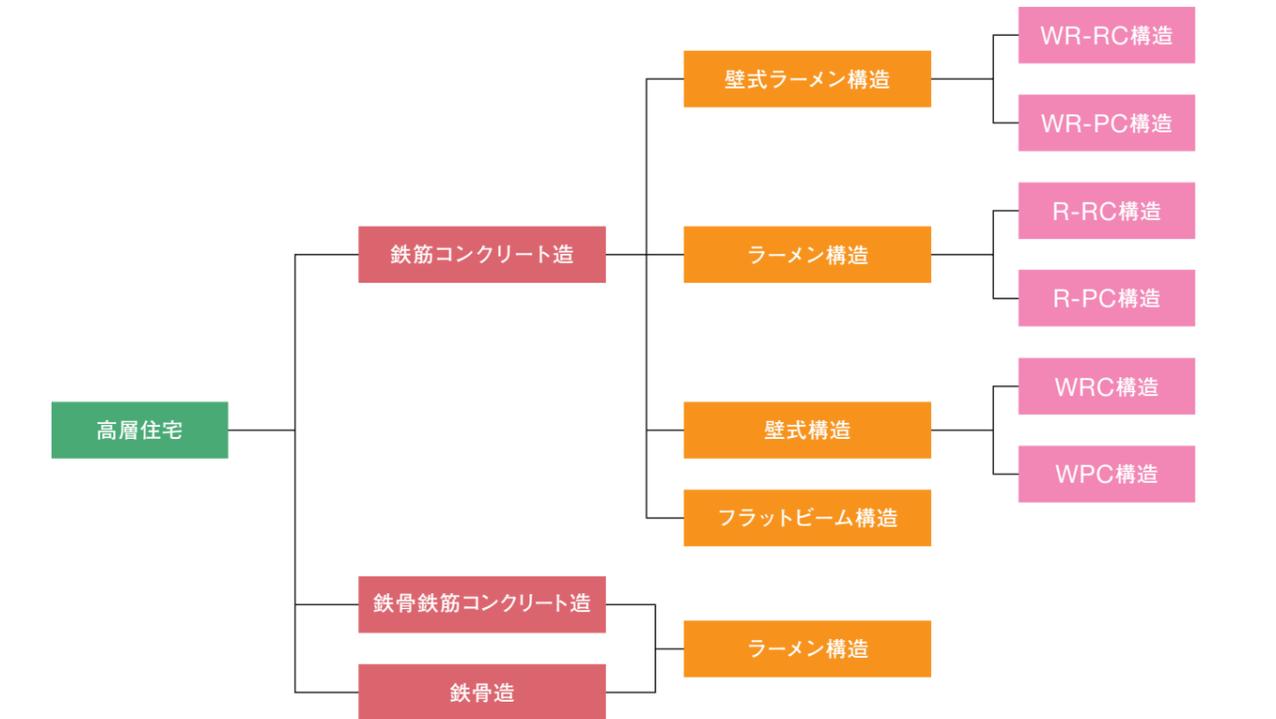
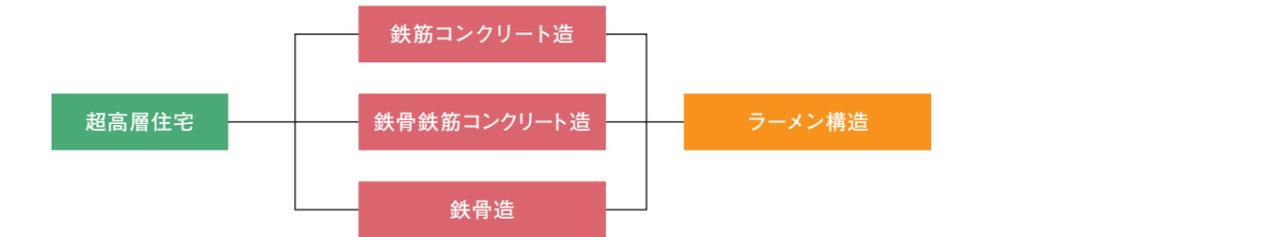
このため、日常の使用に支障が生じないことはもとより、地震、台風等の外力にも耐えることが必要となる。

この構造はさまざまに分類され、骨組みを構成する主要な材料によって、木造、鉄筋コンクリート造、鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造等に、構造形式によってラーメン構造、壁式構造等に、建設工法によって、在来工法、工業化工法に分けられる。

実際の建物は、その建物にもっともふさわしい組み合わせとする。ここでは、これまでにUR都市機構で多く使用されている鉄筋コンクリート造系を中心にその組み合わせを示す。

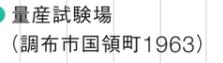
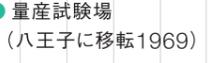


階層の分類	構造種別の分類	構造形式の分類	UR都市機構での呼称
-------	---------	---------	------------



2 | 在来工法に関する技術研究

主な技術開発一覧

1970										1980										1990										2000										2010										2020																													
S29	30	31	32	33	34	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	H1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																							
創生期・開発期										大量建設期										都市整備期										新事業展開期										環境整備・ストック活用期																																							
<p>[ラーメン構造]</p>  <p>晴海高層アパート 高層住宅第1号(1958)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 鉄筋コンクリートスラブのクリープ変形状に関する実験(1974) ● 高層(11階建て)壁式構造における構造の開発委託研究(1975) ● 非耐力壁を有するSRC造構造躯体の耐力実験 二次壁を有する桁行方向架構の構造実験(1975) ● 有開口耐震壁の耐力実験(1975) ● DS筋を用いた組立鉄筋工法による高層RC造建物の開発研究(1979)  <p>● 量産試験場 (調布市国領町1963)</p>  <p>● 量産試験場 (八王子に移転1969)</p>										 <p>兵庫駅前市街地住宅(1973) 超高層住宅第1号</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 公団住宅の入力評価に関する研究(1980) ● 高層壁式ラーメンの構造の合理化に関する研究(1980) ● 梁積層工法の開発研究(1980) ● 超高層住宅の構造合理化に関する基礎的検討の実施(1980) ● 集合住宅の耐久性向上に関する調査研究(1982) ● 中層鉄筋コンクリート壁式ラーメン構造指針(案)(1984) ● 梁無大型床構造集合住宅の開発研究(1985) ● 高層鉄筋コンクリート壁式ラーメン構造設計指針(案)(1986) ● 二次壁の保有耐力評価に関する研究(1987) ● 高強度高品質材料を用いた中高層鉄筋コンクリート構造の開発研究(1988) ● 高層鉄筋コンクリート造設計・施工指針(原案)制定(1988) 										<ul style="list-style-type: none"> ● 公団住宅地震入力評価指針・同解説一般評価取得(1991) ● KSI住宅の研究(1996)  <p>八王子研究所 KSI住宅実験住棟(1998)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 中高層壁式ラーメン鉄筋コンクリート構造設計指針制定(3階~15階)(1998) 										 <p>向ヶ丘第一団地28号棟 ラーメン構造ストック再生(2010)</p>  <p>アクティ目黒駅前 KSI住宅第1号(2000)</p>										<ul style="list-style-type: none"> ● 中層壁式フラットビーム構造設計・施工指針制定(1993)  <p>コンフォール十日市場六番街 フラットビーム住宅(1999)</p>										<ul style="list-style-type: none"> ● 中高層壁式ラーメンフラットビーム構造設計指針制定(2002) ● 住棟単位の改修技術にかかる一連の調査研究(2006~)  <p>ひばりヶ丘団地 壁式構造ストック再生梁せい縮小実験(2009)</p>										<ul style="list-style-type: none"> ● UR高層賃貸住宅耐震改修設計マニュアル(案)作成(2012) ● UR壁式賃貸住宅の躯体改造指針(案)作成(2014)  <p>UR壁式賃貸住宅の躯体改造指針(案) (在来構造編) 平成26年2月 UR都市機構</p>										<p>[壁式構造]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 壁式構造の構造耐力の検討に関する研究 5階建ての桁行方向下部2層縮尺2/3試験体で水平加力実験(1963) ● 壁式鉄筋コンクリート造5階建共同住宅設計要領(1965) ● 実大5階壁式RC造の実験的研究 4階建てを5階建てにするための検討、立面・構面・接合部の実験及び応力解析(1968) ● 壁式構造上下及び水平ずれ実大実験 5階建ての実大試験体で水平性加力及び動加力実験を行い耐震性能を検討(1970) ● 壁式鉄筋コンクリート造5階建共同住宅設計要領改訂版(1970) ● 壁式鉄筋コンクリート造8階建高層住宅の構造耐力実験(1972) ● 高層(11階建)壁式構造共同住宅における構造開発研究 ● 壁式鉄筋コンクリート造建物におけるひび割れ対策実験(1977) ● 8階壁式住棟の構造実験躯体に関する理論解析(1978) ● 6~8階建壁式構造設計要領制定(1980) ● 中層フラットビーム構造開発(1985) ● 2階建壁式構造設計要領制定(1989) ● 壁式フラットビームの開発実験(1989)  <p>希望ヶ丘団地 8階建壁式構造(1973)</p>									

在来工法

建築現場で鉄筋と型枠を組み立て
コンクリートを流し込み建物を一体成型して作る工法。

各構造形式の技術研究

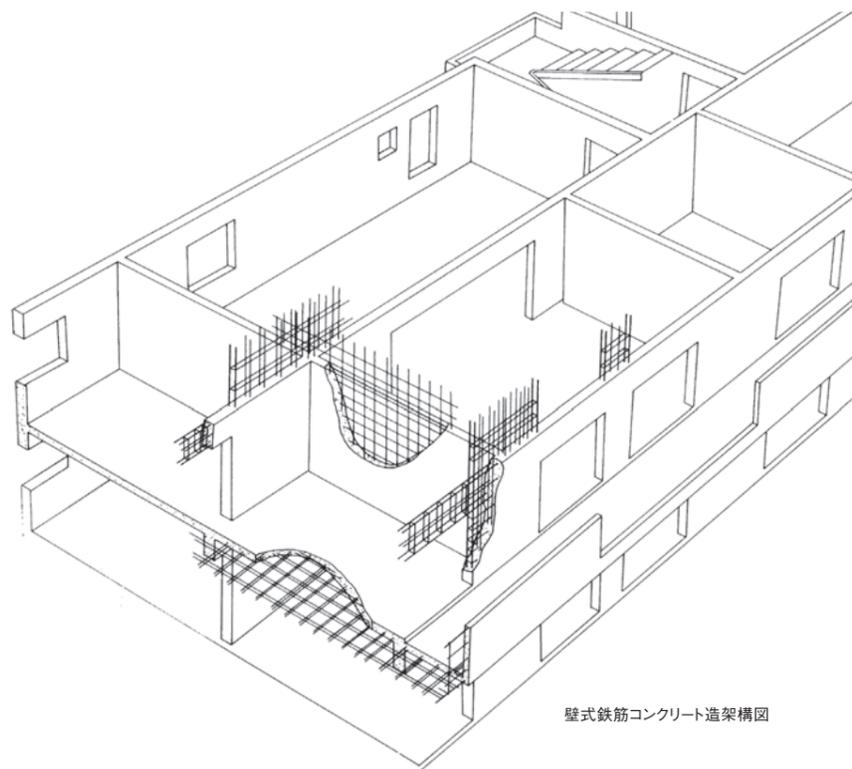
UR都市機構の住宅は、規模からみると低層から超高層まで多岐にわたっているが、その構造躯体の建設工法は今日まで在来工法を主流として、また、その構造は鉄筋コンクリート造を主として「壁式構造」と「ラーメン構造」とによって多く建設されてきている。

壁式鉄筋コンクリート造

現場打ち鉄筋コンクリート造の壁と床板による箱型フレームを構成し、壁そのものが柱に代わり鉛直荷重を支えるほか、地震や風などの水平荷重に抵抗する構造。

[特徴]

- 1 構造設計において基本規定が少なく、構造計画が容易である。
- 2 壁の厚さが15cm～25cmと薄く、梁・柱型による凹凸がないなど、無駄のない空間が得られる。
- 3 施工が容易で、コスト低減が可能である。



壁式鉄筋コンクリート造架構図

5階建の開発

日本住宅公団発足当初は、(一社)日本建築学会規準などに基づき4階建て以下の壁式集合住宅を設計・建設していたが、官・学の協力を得て5階建壁式鉄筋コンクリート造住宅の開発に積極的に取り組み、1959年には「階数が5の壁式鉄筋コンクリート造共同住宅の実施について」(官指発第42号)を取得し、1965年には「壁式鉄筋コンクリート造5階建共同住宅設計要項(住指東第

99号)を取得した。その後も中層壁式構造住宅の標準設計を確立したものを始め、1963～1970年にかけては静的・動的水平加力実大実験を含む研究成果に基づいて構造躯体の改良と合理化を進め1970年には本要領を改訂し張間方向の戸境耐力壁厚さを15cm、開口隅角部の斜め補強筋の水平・鉛直筋置換について(財)日本建築センターの評価(BCJ-C237)を取得した。



多摩ニュータウン ファインヒルいなぎ ビスタノール向陽台



高槻・阿武山七番街

中層壁式構造

UR都市機構では階数3から5までを中層と定義している。UR都市機構での賃貸住宅として最も多く建設されており、建物の型式名65-5N-3K(1965年標準設計-5階建北入階段室型-3Kタイプ住戸)は現在でも多く存在している。



65-5N-3K
住戸平面図



65-5N-3K 鶴が台団地

高層・低層の開発

さらに、高層化の開発も進め1980年には「建築設計要領(案)[6～8階建壁式構造]」を制定した。また、1989年には必要な壁量を減らし居住性と経済性を図った「2階建壁式鉄筋コンクリート構造設計要領(案)」を制定し、低層から高層に至るまでの壁式構造の設計体系を完成した。

耐震性能

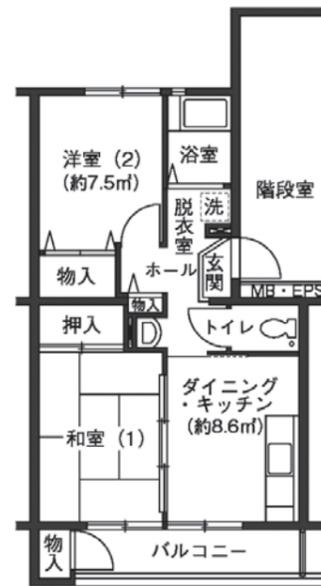
本構造の耐震性能については、中層壁式構造の場合、非常に剛性(変形しにくい性質)が高く、優れた靱性(粘り強さ)は得難いとしても極めて大きな耐震性能が得られる。その破壊モードは、せん断破壊形になるが、実大破壊試験により最大耐力時のせん断力係数が1.0以上となることが確認されている。

高層壁式構造

UR都市機構では階数6以上19以下を高層と定義している。本構造は、階数6から8までを対象としている。UR都市機構では1970年に初めての8階建壁式構造住宅の大臣認定を個別に取得し、1979年までの約7年の間に同種構造の大臣認定を得て1万戸以上を建設した。これらの蓄積により1980年1月に「建築構造設計要領(案)[6~8階壁式構造]」の一般評定を取得した。1971年に我が国初の8階建て壁式鉄筋コンクリート造住宅を東京・希望ヶ丘団地で着工した。



8階建壁式構造 希望ヶ丘団地



8階建壁式構造 住戸平面図の例

2構面壁式構造

通常の壁式構造では構造規定の壁量を満足させるために住戸内にもコンクリートの壁が存在していたため、間取りの自由度、および増改築、リフォームの自由度に問題があった。しかし、2001年の国土交通省告示第1026号により、保有水平耐力がDs=0.45以上の水平耐力と、標準せん断力係数0.2に対し層間変形角が1/2000以下とすれば、壁量等が緩和されることになった。これにより玄関側とバルコニー側の2構面にすることにより間取り及びリフォームの自由度を確保した。



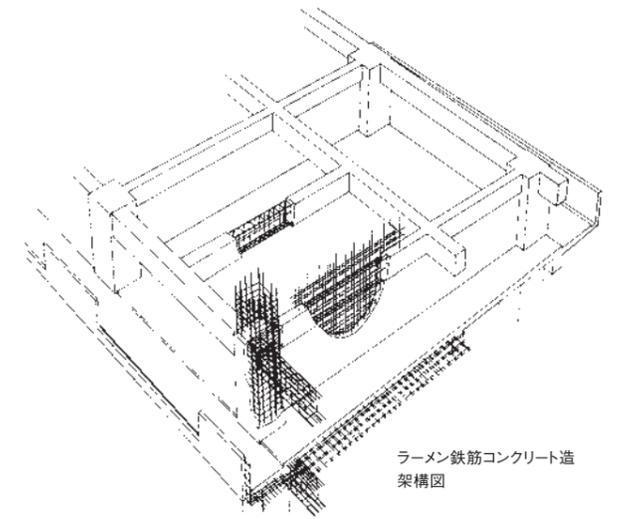
2構面壁式構造住棟 コンフォール小松ヶ丘



2構面壁式構造
コンフォール小松ヶ丘 住戸平面図

ラーメン鉄筋コンクリート造

柱と梁が剛に接合され連続的に作られた骨組みをラーメン構造という。19世紀の終わりから20世紀にかけてラーメンの力学的解法が実用化され発達した。建物の構造体を造る基本的な構造形式で低層住宅から超高層住宅まで幅広く用いられ、壁式構造では適用できない高層建物や下階に施設等が配置されている複合ビル等に用いられている。



ラーメン鉄筋コンクリート造
架構図

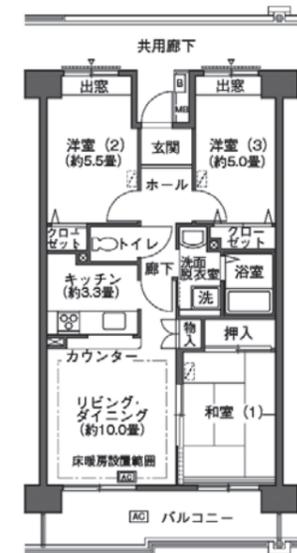
高層ラーメン鉄筋コンクリート造

UR都市機構では1988年に6階建~15階建てを対象とした「高層鉄筋コンクリート造設計・施工指針」(原案)を制定した。これまでは鉄骨鉄筋コンクリート造で多く建設されてきたが、高強度コンクリート、高強度鉄筋が開発されたことから全階鉄筋コンクリート造での設計が可能となった。

これにより、工期の短縮とともに経済性が図られることになった。本指針では、桁行方向はほぼ正方形柱と梁のラーメン構造とし、張間方向は連層の独立耐力壁又は壁フレームとしている。

[特徴]

- 1 柱がほぼ正方形のため、広い開口部と多様な平面計画が可能である。
- 2 桁行方向の構面数を増やすことにより、大型住戸プランが可能である。
- 3 高層でも鉄骨鉄筋コンクリート造を採用しなくてもよいため、工期の短縮とともに経済設計が可能である。



ラーメン鉄筋コンクリート造
住戸平面図の例



シーサイドももち



光が丘パークタウン

逆梁アウトフレーム構造

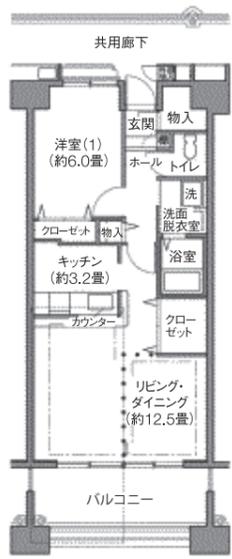
ラーメン構造であるが、桁行方向ラーメン架構のバルコニー側の柱を住棟の先端に配置し、大梁はバルコニーの手摺と一体化した形状の逆梁として、構面内床には、大型床板を採用している。

[特徴]

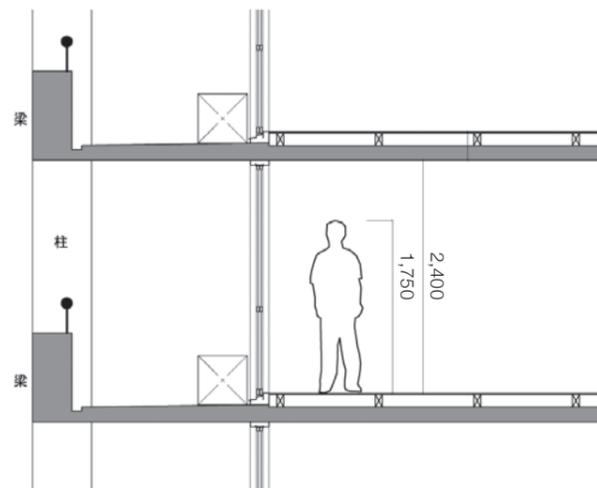
- 1 バルコニー側の天井面に桁行方向の梁型が突出していないため、ハイサッシ等により、明るい居住空間が確保できる。
- 2 柱型を気にせず家具配置やインテリアを検討できる。
- 3 柱・梁により格子状に構成されるバルコニー面は、通常のラーメン構造と違う重厚なファサードとなり、景観形成の重要な要素となる。



逆梁アウトフレーム構造 新所沢けやき通り



逆梁アウトフレーム構造 住戸平面図の例



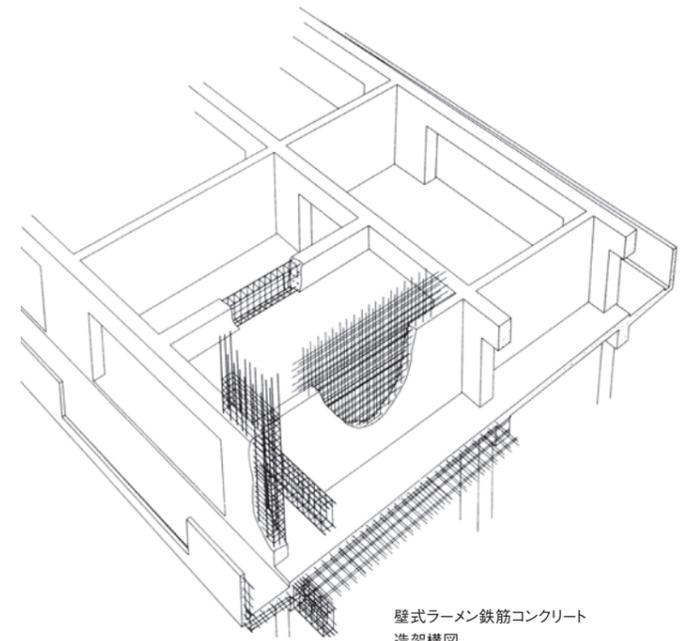
逆梁アウトフレーム構造 断面部分拡大図

壁式ラーメン鉄筋コンクリート造

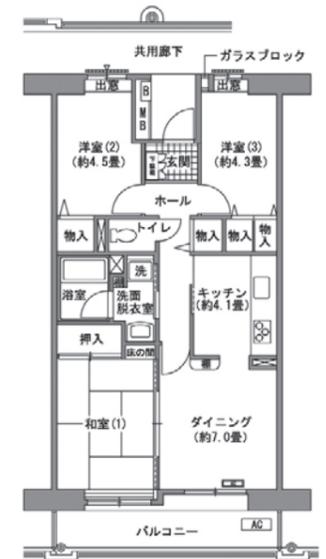
けた行方向は偏平な壁状の柱と梁からなるラーメン構造、張り間方向は連層の独立耐力壁又は耐力壁と壁フレームで構成されたもの。本構造は壁式構造とラーメン構造の長所を生かして高層住宅のコスト低減を目的として開発されたもので、1983年に11階建て住宅を建設したのを初め、1985年には14階建て住宅も実現した。また、この時期を前後して、中層住宅の建設も始めた。UR都市機構では1985年に、高層・中層住宅に対する構造設計指針を制定しているが、1987年の建設省告示第1598号によって、本構造による高層住宅の建設が一般的に広く普及した。本告示に基づく(一財)日本建築センター「中高層壁式ラーメン鉄筋コンクリート造設計施工指針・同解説」の適用範囲は、階数が6~11と規定されているが団地計画、住棟計画において12階以上の必要性が増してきた。しかし適用範囲を超える12階以上の設計はその都度個別に大臣認定を取得する必要があった。そこで、UR都市機構として本構造の膨大な実績から得られた知見、及び阪神淡路大震災の経験から得られた知見を踏まえ、その後、様々な技術検討を重ね3階以上15階以下の「中高層壁式ラーメン鉄筋コンクリート造設計指針」を作成し、1998年9月に(一財)日本建築センターの一般評定を取得、1999年3月に建設大臣の一般評定を取得した。これらの成果を基に、2001年の国土交通省告示第1025号が作成され、15階までが適用範囲となり更に一般的に広く普及した。

[特徴]

- 1 柱が偏平なためスパンの拡大が可能となり、有効な自由空間が得られる。
- 2 戸境壁に梁型が突出していないため、住空間の有効利用ができる。
- 3 偏平柱内に設備用スリーブを設置できることから、ダクトの引き回しが少なくなりプランの自由度が高い。
- 4 桁行方向の構面数を増やすことにより、大型住戸プランが可能である。
- 5 梁せいが従来のラーメン構造より小さくなり、階高を低くおさえられる。
- 6 桁行方向の梁幅と偏平柱幅を同サイズとし凹凸が少ないため、施工が容易でコスト低減が可能である。
- 7 高層でも鉄骨が不要なため、工期の短縮とともに経済設計が可能である。
- 8 隣戸間(2戸1)でメーターボックスを共有する事ができ、電気・給水・ガス立管が半減しコストダウンを図ることができる。



壁式ラーメン鉄筋コンクリート造架構図



壁式ラーメン鉄筋コンクリート造 浦安マリナーイースト21望海の街 住戸平面図



マリナーイースト21 望海の街

3 | 工業化工法に関する技術研究

主な技術開発一覧

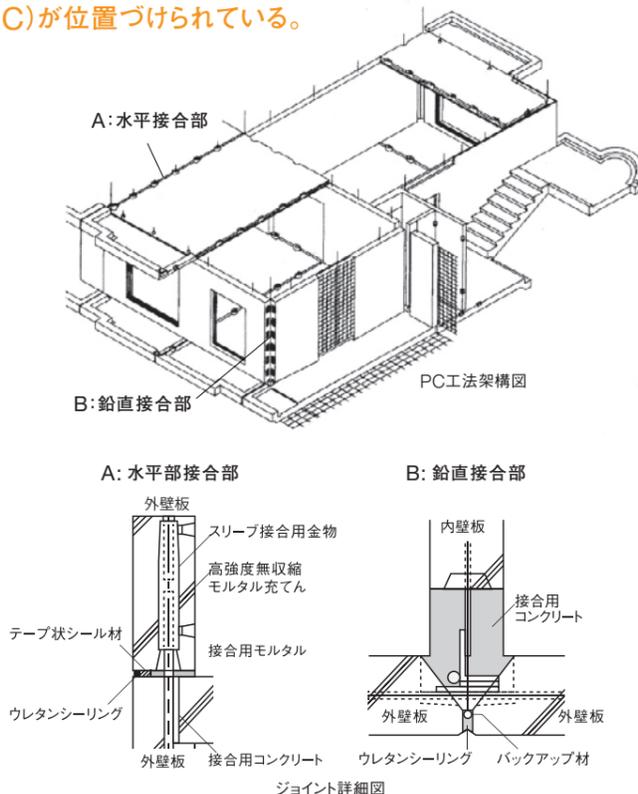
1960										1970										1980										1990										2000									
創生期・開発期					大量建設期					都市整備期					新事業展開期					環境整備・ストック活用期																													
<p>[ラーメン構造]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 軽量鉄骨住宅とスライディングフォームによる2階建て共同住宅(1956) ● メタルフォーム調査研究(1962) ● 量産試験場(調布市国領町1963) ● 量産試験場(八王子に移転1969) 					<p>[壁式構造]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 東京鷺宮 2階建てテラスハウス 施工試験・Tilt-Up工法による建設実験実施(1956) ● 大型壁板Tilt-Up工法の研究(建設省建築研究所・1957) ● 多摩平団地 大型壁板Tilt-Up工法によるテラスハウス建設(8戸建て9棟1958) ● 「共同住宅大型PC板による実用化に関する技術的研究」で日本建築学会賞受賞(建研・公団1960) ● 大型プレキャストコンクリート板組み立て工法の中層化に関する研究 接合部に関する耐力実験((一社)日本建築学会・1961) ● PC板水平接合部モルタル充填 其他実験について PC工法ウエットジョイントの装置によるモルタル充填に関する実験(1964) ● 日産2戸の移動式プラント(千葉作草部1965)によるPC工法の中層共同住宅の建設(千草台団地) ● 壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造工法に関する研究 4階建てを5階建てにするための検討、立面・構面・接合部の実験及び応力解析(1965) ● 65-5N-2DK-PC (一財)日本建築センタ評定取得(1965) ● 鶴が台団地 65-5N-2DK-PC工法による建設(1967) ● PC工法による5階建共同住宅の実大実験 桁行方向の耐震性に関する実験(建設省建築研究所・1967) ● PC工法と在来工法の工数比較検討 工数の調査にもとづく職種の比較検討(1969) 					<ul style="list-style-type: none"> ● HPC工法標準設計化1971) ● R-PC工法開発における施工実験 PC板の運搬、建て方、ジョイントの接合に関する調査報告(1972) ● R-PC工法開発における構造実験 継手工法に関する構造実験(1973) ● R-PC工法開発における構造実験 実大試験体における柱・梁接合部の挙動に関する実験・引張軸力を受けるPC柱の性状について(1974) ● PCスラブの水平剛性に関する実験(1975) ● R-PC工法による11階建高層住宅に関する構造実験—桁行方向実大実験(1975) ● 配筋の違いによるスラブの長期たわみについて(1976) ● 壁式8PC工法に関する構造実験 張間方向耐震壁の構面実大実験及び桁行方向の部材実大実験(1976) ● 壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建物の屋根板の挙動並びに外断熱実験 PC板の乾燥収縮及び外断熱施工時の接合部の挙動比較検討(1978) ● 東坂戸団地 壁式8PC工法による建設(1977) 					<ul style="list-style-type: none"> ● 海砂を利用したPCパネルの鉄筋腐食に関する実験(1986) ● 壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建物の直ジョイント方式にかかる開発実験(1980) ● PC工法コンクリート被覆溶接部の非破壊検査法の開発(1982) 					<ul style="list-style-type: none"> ● PC工法免震適用に関する研究(1996) ● WR-PC工法一般評定取得(1997) ● WR-PC工法による建設(多摩ニュータウン・1997) 					<ul style="list-style-type: none"> ● 逆梁アウトフレーム構造のプレキャスト工法への適用(2002) ● UR壁式賃貸住宅の躯体改造指針(案)(PCa構造編)2015 																								
 <p>多摩平団地 大型壁板Tilt-Up工法による テラスハウス建設 (8戸建て9棟1958)</p>					 <p>千草台団地</p>					 <p>鶴が台団地 65-5N-2DK-PC工法</p>					 <p>東坂戸団地 壁式8PC工法</p>					 <p>豊島五丁目団地 HPC工法による建設(1972)</p>					 <p>幕張ベイタウンパティオス15番街 R-PC工法による建設</p>					 <p>ブルムナード矢部 WR-PC工法による建設</p>																			

工業化工法

工業化工法は、あらかじめ工場で部品・部材を製作し、現場において組み立て完成させる生産方式（プレファブリケーション）のことであり、その主要な要素技術として、プレキャストコンクリート（PC）が位置づけられている。

各構造形式の技術研究

UR都市機構は、前身の日本住宅公団の設立当初から、住宅建設の量産・合理化を図るため独自研究はもとより、産・官・学の協力を得て工業化工法住宅の開発に努めてきた。1956年に、現在の中層PC工法の直接的な起源となるTilt-Up工法を開発し、1958年に2階建共同住宅の建設を始めたことを嚆矢とする。



壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造

中層 WPC工法 (壁式プレキャスト鉄筋コンクリート部材組立工法)

WPC工法は、1965年に当時の日本住宅公団が千葉県作草部に日本初の移動式PC工場を建設し千草台団地、あやめ台団地において、4階建賃貸住宅の建設を開始した。同年、(一社)日本建築学会が「壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計規準・同解説」ならびに「JASS10 壁式プレキャスト鉄筋コンクリート工事」を制定したことを契機に、一般化への道が開かれた。さらに、1970年のSPH（公共住宅用中層量産住宅標準設計）の開発、ならびに1971年の(一財)日本建築センターによる「壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造5階建共同住宅設計指針・同解説」の発刊により本格的に採用されるようになり、高度成長期における住宅大量建設の主役を担った。現在でも、5階建以下の集合住宅の代表的な工法として採用されている。

本工法は、主として耐力壁板、床板・屋根板・階段板のPC部材により構成され、これらを現場で組み立て接合する。バルコニーや外廊下部分の片持ちスラブは、室内側の床板と一体のPC部材となっており、屋根板は、パラペットと一体の部材にすることもでき、切妻や寄棟などの屋根形式にも対応できる。

PC部材相互の接合は、耐力壁鉛直接合部や床板接合部にあっては、一般に接合面にシヤーキー（コッター）を設け、鉄筋（接合筋）はフレア溶接により接合し、コンクリートを充填して一体化する方式が用いられ、また、耐力壁水平接合部にあっては、鉛直接合筋をスリーブ継手により繋ぐ方式（直ジョイント方式）が一般的である。

【特徴】

- 1 外壁や間仕切壁を耐力壁として利用するため、合理的かつ経済的である。
- 2 柱や梁型が室内に出ないため、居住空間を有効に利用できる。
- 3 PC化率が高いため、工期の短縮を図ることができる。
- 4 鋼製建具、設備配管、外装仕上げなどが先付けできるので現場作業の省力化に対応できる。



WPC建方



WPC建方



プラザ新小金井 3階建てWPC



アバドールネ原4番街 5階建てWPC

高層 WPC工法 (高層壁式プレキャスト鉄筋コンクリート部材組立工法)

高層WPC工法は、1970年代から実用化された現場打ちの6～8階建の高層壁式鉄筋コンクリート造を、中層WPC工法の技術を応用してPC化したものである。

高層建築物では中層建築物に比べて地震時の水平外力が大きくなるため、建築物には強度に加えて粘り強さが必要となってくる。したがって高層WPC工法では、耐力壁を各構面ごとにほぼ均等な長さおよび位置になるように配置し、ラーメン構造に近い架構方式をとっている。

PC部材の構成や接合方式は、基本的に中層WPC工法と同様であるが、床板はハーフプレキャスト鉄筋コンクリート合成スラブ工法を、壁梁は現場打ちのスラブ部分も利用したR-PC工法などと同様な方式としているのが一般的となっている。なお、耐力壁の水平接合部は中層WPC工法と同様スリーブジョイント方式がほとんどであるが、鉛直接合部にはさまざまなディテールが考案されている。



大津ヶ丘団地 8階建てWPC

H-PC工法

[プレキャスト鉄骨鉄筋コンクリート部材組み立て工法]

桁行方向は、H型鋼の柱とH形鋼内蔵のPC梁からなるSRC造のラーメン構造、張間方向は、戸境壁をH形鋼内蔵の周辺梁と一体化したPC耐力壁とする連層耐力壁構造。

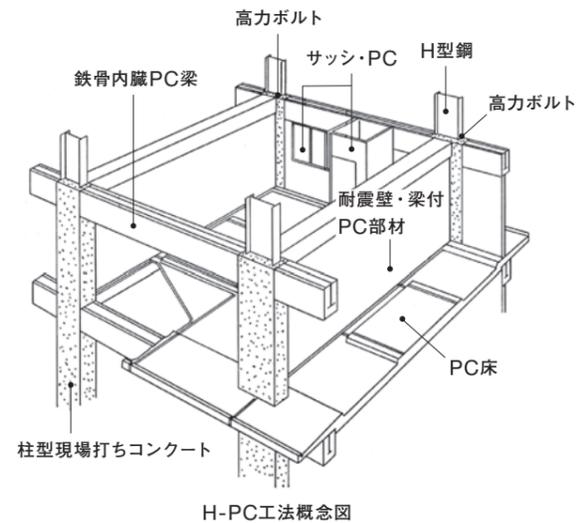
本工法は、PC工場で製作された壁・梁・床部材を現場で建て方用大型クレーンを用いて接合する工法で、11～14階建ての高層住宅を対象として開発された。1970年に東京都豊島五丁目団地において建設が実施され、これにより高層住宅の工業化への道が開かれた。

[特徴]

- 1 PC化のため現場での作業、仮設資材の大幅な削減ができる。
- 2 工期の短縮ができる。結果トータル的にコストダウンを図ることができる。



H-PC工法建方



H-PC工法概念図

R-PC工法

[ラーメンプレキャスト鉄筋コンクリート部材組み立て工法]

本工法は、住宅建設における省力化、工期の短縮および経済性を追求する新しい高層住宅の工業化工法として、1970年代から当時の日本住宅公団をはじめ、民間の建設会社により各様に工法の開発が行われた。

1986年に(一社)日本建築学会から「プレキャスト鉄筋コンクリート構造の設計と施工」が発刊され、1990年にはUR都市機構の民間開発工業化住宅において高層R-PC工法を初めて採用した。なお、本工法は、現場打ちのラーメン構造をPC化したものであることから、WR-PC工法に比較して建築計画上や構造計画上の制約が比較的少ない。ただし、施工上ほとんどの鉄筋がPC部材に内蔵されるため、接合部などの鉄筋の納まりや断面寸法、施工手順などあらかじめ十分検討しておくことが極めて重要である。



ベイシティ本牧南 R-PC工法

WR-PC工法

[壁式ラーメンプレキャスト鉄筋コンクリート部材組み立て工法]

高層集合住宅に用いられていた壁式ラーメン鉄筋コンクリート構造をプレキャスト化した工法。

本工法は、R-PC工法と同様に住宅建設における省力化、工期の短縮および経済性を追求する新しい高層住宅の工業化工法として、1988年に多摩ニュータウン地区に11階建て2棟の集合住宅を建設した。

1990年から、UR都市機構を中心として、(一社)プレハブ建築協会、(株)九段建築研究所、学識経験者等による共同研究開発が行われ、数々の設計ならびに施工実績をもとに1997年に「高層壁式ラーメンプレキャスト鉄筋コンクリート造設計・施工指針」を作成し、当時の建設大臣の一般認定を取得した。

現在では、15階建て以下の高層の集合住宅における一般的な工法のひとつとなっている。

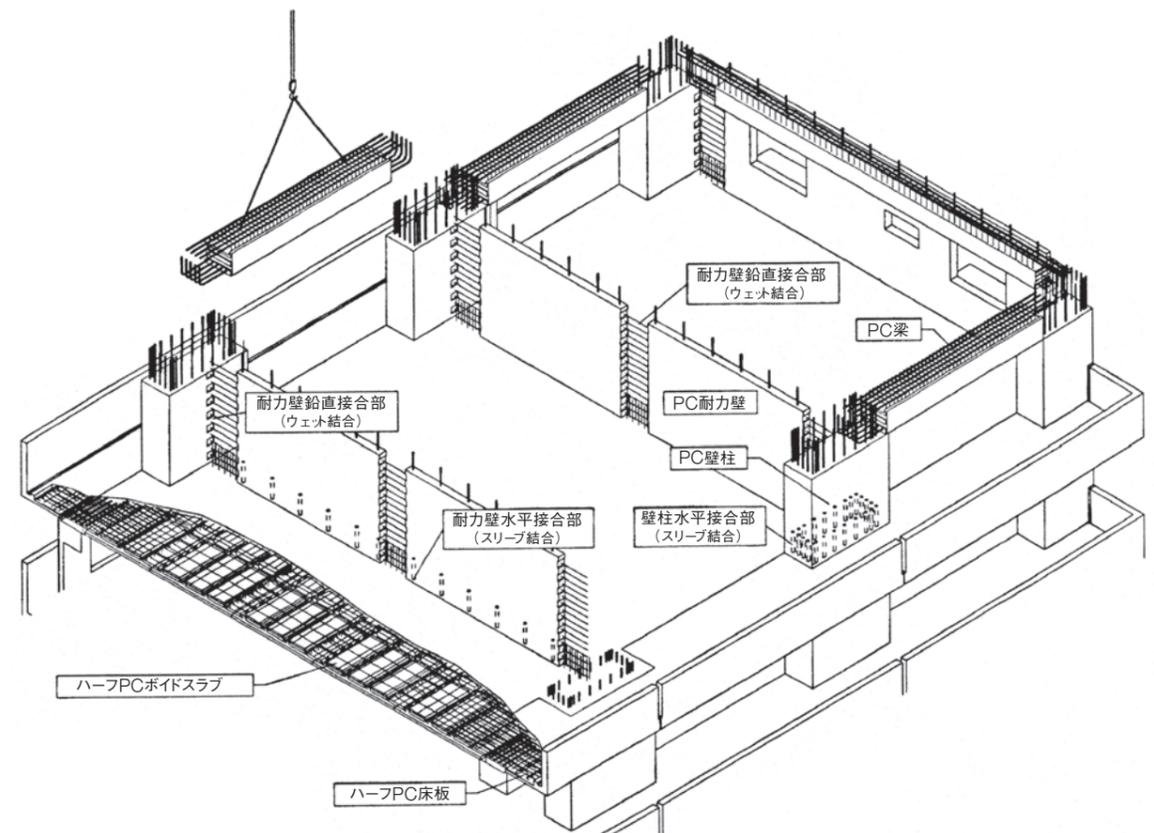


WR-PC工法建方

[特徴]

壁式ラーメン鉄筋コンクリート造の特徴を有するほか、PC部材であることから

- 1 工期の短縮ができる。
- 2 環境保護への貢献ができる。
- 3 躯体の高品質、高耐久化が図れる。



WR-PC工法建方

4 | 超高層住宅の構造

超高層住宅の変遷

UR都市機構では、地上階数20階以上、または建物高さ60メートルを超えるものを超高層住宅としている。1973年竣工の兵庫駅前市街地住宅を始めとし、2017年までに賃貸・分譲を含め116棟を建設。この間を大きく区分すると以下のように4つの世代に区分することができる。

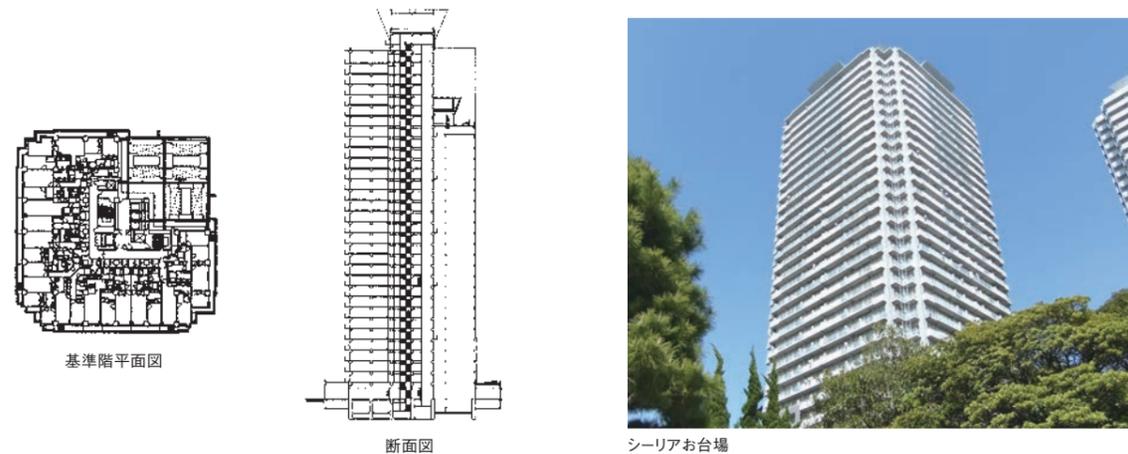
第1世代

1973年から1985年までの13年間である。この間に超高層住宅を13棟建設している。構造種別で見るとSRC造が8棟、S造が5棟となっており、階数はいずれも20～25階建である。第1世代の代表的な新長田駅前市街地住宅の平面図・断面図・外観写真を下記に示す。



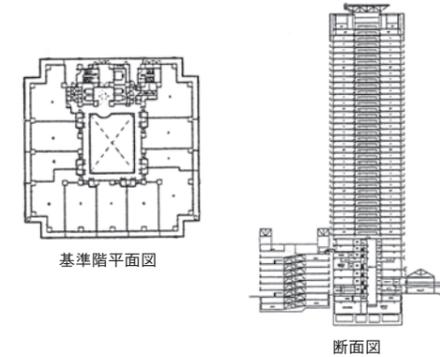
第2世代

1986年から1998年までの13年間で、この間に超高層住宅を40棟建設している。当時代はUR都市機構初の超高層RCとなる光が丘パークタウン大通り南をはじめ、RC造が急激に増えた時期で40棟中30棟がRC造となっている。これは、1988年から5年間にわたって実施された当時の建設省総合技術開発プロジェクト「NewRC」の影響により、高強度コンクリート及び高強度鉄筋が開発され、RC造の超高層住宅の耐震性が実証された世代である。第2世代の代表的なシーリアお台場の平面図・断面図・外観写真を下記に示す。



第3世代

1999年から2014年までの15年間で、この間に超高層住宅を63棟建設している。第2世代までの超高層住宅は柱スパンが比較的小さいグリッドで構成された純ラーメン架構が大半である。1999年頃からは大型の居室や梁のない居室を望む声が高くなり、そこで登場したのがラーメン構造とチューブ構造の併用である。ベルマージュ堺式番館やリバーシティ21北棟がチューブ構造により大スパンを実現している。ベルマージュ堺式番館の平面図・断面図・外観写真を下記に示す。



ベルマージュ堺式番館

第4世代

超高層建物への免震は免震装置に大きな引張力が生じることなどから採用を見合わせてきた。しかし、低層部を張り出ししたり、軸力を両端に集めて免震部材の鉛直力を大きくすることにより引張力を生じさせないよう工夫するほか、引張力に抵抗できる免震装置の開発により、1997年に超高層事務所ビルに免震構造が採用された。これを契機に超高層住宅においても居住性の向上や地震の安全性から採用されるようになった。UR都市機構でもアートヴィレッジ大崎ビュータワー等、棟数は少ないが採用実績がある。



アートヴィレッジ大崎ビュータワー

高強度コンクリート

(一社)日本建築学会の建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 (2009年版) では、設計基準強度が36N/mm²を超え60N/mm²以下の高強度コンクリートについて仕様等を定めている。設計基準強度が60N/mm²を超える高強度コンクリートについては、信頼できる資料または試験により定めることとなり、仕様等は定めていない。一般的に前者は高強度コンクリート、後者は超高強度コンクリートと呼ばれている。高強度コンクリートの開発により柱・梁の断面を小さくすることによる居住空間の確保や、RC造建物の高層化を可能とした。現在では100N/mm²級の研究開発がされ、RC造の超高層建築物が多く建設されている。2004年竣工当時RC造で日本一高いアクティ汐留は100N/mm²級のコンクリートの強度を前提に設計された。



アクティ汐留

5 | その他の構造

壁式ラーメンフラットビーム構造

けた行方向は偏平な壁状の柱と梁せいを小さくした幅広の偏平な梁からなるラーメン構造、張り間方向は連層の独立耐力壁又は耐力壁と壁フレームで構成された構造。

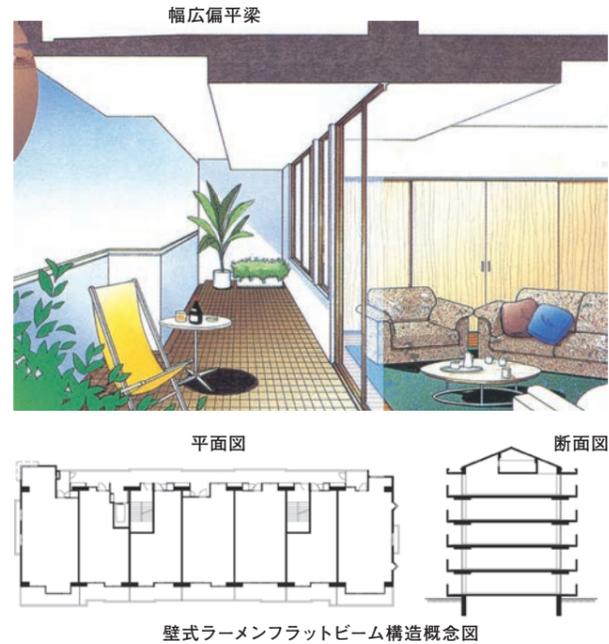
居住環境向上構造

本構造は、1988年から当時の建設省建築研究所（現・国立研究開発法人建築研究所）と共同研究を実施し、1993年に「中層壁式フラットビーム構造設計・施工指針（案）・同解説」を制定した。この指針により多摩ニュータウン地区、東三国、十日市場の各団地で建設された。

その後、2構面・高層化の開発を1999年から実施し、2002年に「中高層壁式ラーメンフラットビーム鉄筋コンクリート構造設計指針・同解説（案）」を制定した。この指針により草加団地等で建設された。

[特徴]

- 1 天井まで広い開口が取れるため、明るく開放的である。
- 2 梁による制約がないので間取りやインテリア及びファサードのデザインの自由度が高く、また、将来の間取り変更も容易である。
- 3 躯体が単純化されるため、型枠、鉄筋工事などの作業が向上し、施工の合理化、工業化の可能性がある。



壁式ラーメンフラットビーム構造概念図

アールエム(RM)構造

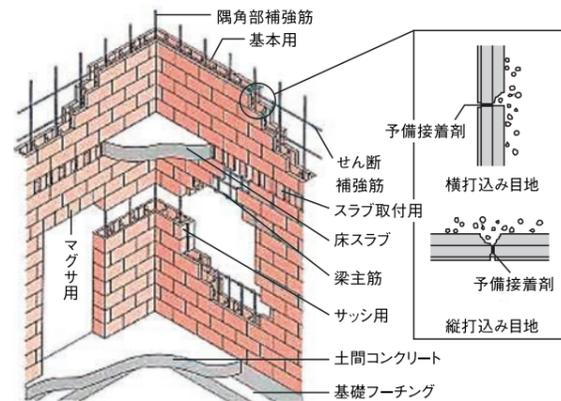
RMユニットを積み上げて造られる構造

新組積造

本構造は、RMユニットを積み上げ、その空洞部に鉄筋を配筋しコンクリートやモルタルを充填して造られる耐力壁、梁（基礎梁）と鉄筋コンクリート造の床で構成される組積造である。本構造の研究は1984年から始められた建設省建築研究所（現・国立研究開発法人建築研究所）を中心とする、国内の産学官連携による、大型耐震実験研究の成果として開発されたものである。

組積造は、地震に弱いという歴史があったが、RM構造はコンクリートと鉄筋によって補強された組積造で、鉄筋コンクリート造と同等の耐震性を有することが実験研究を通じて実証されている。意匠上は石造やれんが造など、素材のまま美しい外観を実現することができる。

UR都市機構では1996年にアミティ大森東団地で建設した。



RM構造概念図



アミティ大森東

KSI住宅（機構型スケルトンインフィル住宅）

KSI住宅とは、長期耐久性をもつスケルトン部分と更新可能な内装や設備といったインフィル部分を、明確に分けた仕組みを持つ住宅である。

サステナブル建築

21世紀を迎えた現在、地球環境や社会構造は変化を続け、都市の在り方や一人ひとりの生活意識も変わりつつある。こうしたなか、そのひとつの動きとして、省資源・省廃棄を推進し、良質な社会のストックをかたちづくるサステナブル（持続可能）な建物の活用が注目されている。また、一方では、住まい手のワークスタイルや、ともに暮らす家族のあり方が変わっても、同じ集合住宅に広さや間取りを変更して住み続けたいといったニーズも高まっている。このような動きに応えるために、建物の骨組みである躯体や共用部分（スケルトン）と、住宅の内装や設備（インフィル）と分離した、スケルトン・インフィル住宅（SI住宅）の研究が行われてきた。UR都市機構は、このSI住宅の経済性をより重視し、実用性と汎用性を兼ね備えた独自の機構型スケルトン・インフィル住宅（KSI住宅）を新たな街づくりとして都心部を中心に展開している。シティコート目黒がKSI住宅の第1号となる。



シティコート目黒

高耐久躯体

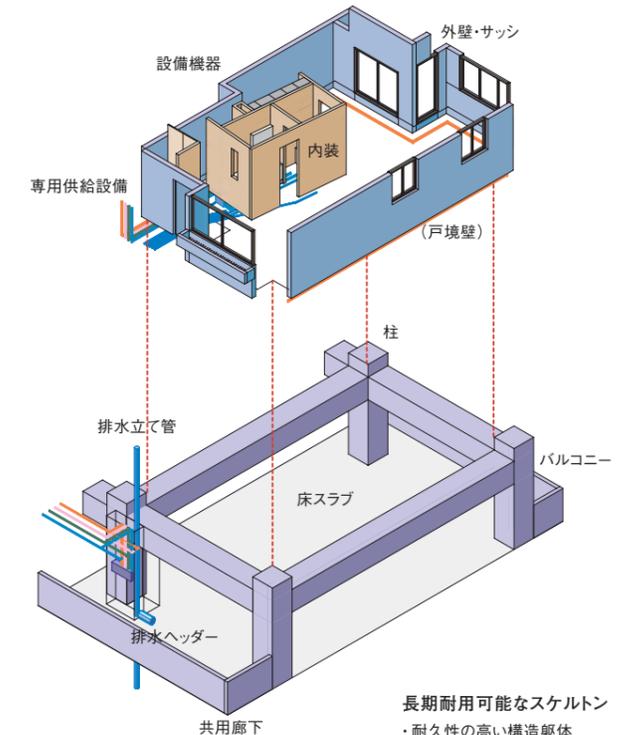
躯体部分（躯体のコンクリート部分）に、耐久性の高い構造躯体システムを採用する。具体的には

- 1 柱、梁のかぶり厚さが5cm（通常より1cm厚い）
- 2 水セメント比は55%以下に規定している。

大型一枚床板

KSI住宅では間取りを制約する小梁や下がり天井のないボイドスラブ（ハーフPC）を使用した、大型一枚床板を採用している。ボイドスラブは通常のスラブに比べて剛性が高いため、長いスパンの大型一枚床板とする事ができるとともに、優れた遮音性能を有している。

10～30年で更新するインフィル
時代の変化や居住者の生活の変化に対応して
間取りや内装の変更が可能な仕組み



長期耐用可能なスケルトン
・耐久性の高い構造躯体
・保守・更新しやすい共用設備

免震・制震

特殊な装置を設けることにより、建築物等に作用しようとする地震等の動的な外乱に対し、応答を抑制または制御する構造。

耐震・免震・制震の違いと特徴

建築物の地震対策のために用いられる技術には大きく「耐震」「免震」「制震」の3つがある。建物の用途、規模、費用対効果などを総合的に検討してこれらの技術を使い分けて建設したり、既存の建物を改修したりする。

耐震構造

柱、梁、壁などの構造部材を太くしっかり作り、地震に対してそれらの部材自身の強さで耐える構造。
中小の地震では大きな損傷が無く、大地震では倒壊・崩壊しないことを目標に設計する。

[特徴]

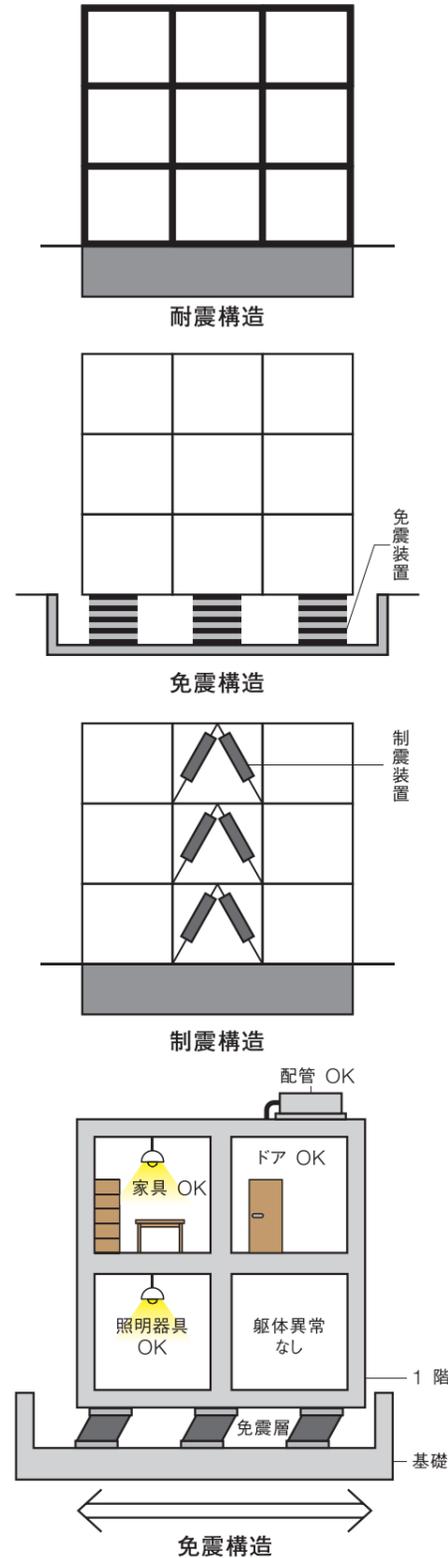
- 1 台風等の強風による揺れは少ないが、地震については揺れを直接受けることから、建築物の損傷が比較的小さくても、家具等の転倒による被害が発生する。
- 2 地震に遭遇するたびに建物の損傷が進む。
- 3 建設コストは3つの工法の中で一番安価。

免震構造

基礎部分などに設けた、免震装置が地震の揺れを建物に伝わりにくくする構造で、建物の振動を低減する。中小の地震では損傷が無く、大地震でも大きな損傷を生じさせない。
耐震基準を満たしていない既存の建物を、ほぼそのままの形で残す改修工法としても採用されている。

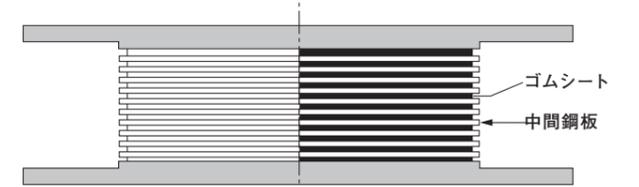
[特徴]

- 1 建物が大きく揺れないので、建物の損傷が大きく抑えられることと、家具等の転倒は大幅に軽減される。
- 2 建物の柱や梁を細くできる他、鉄骨鉄筋コンクリート造を鉄筋コンクリート造とすることができ、建材の削減、有効な居住空間の確保が可能となる。
- 3 風等の長周期の外力に対して揺れが増加したり、あるいは地震時でも長周期が卓越する揺れにより、船酔い現象もまれに生じる場合もある。
- 4 免震層に大きな水平変形が生じる為、隣地、隣接棟等のクリアランスが必要。
- 5 定期点検の他、大災害が発生した場合の応急点検、これに伴う詳細点検が必要。
- 6 建設コストは3つの工法の中で一番高価。



[免震装置の種類と特徴]

免震装置の基礎部分には、積層ゴムやベアリング（すべり系、転がり系）のように、横の変位に対してその動きを逃がす免震支承と、基礎と建物間に生じる相対変位をできるだけ抑え、振動を低減するダンパーとで構成されている。



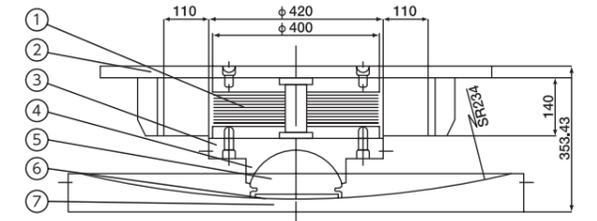
[積層ゴム系免震装置]

積層ゴムは薄いゴムシートと中間鋼板が交互に積層されており、その上下に躯体取付用のフランジを持つ構造となっている天然ゴム系積層ゴム支承と、エネルギー吸収ダンパーとの組み合わせや、積層ゴムの中にエネルギーを吸収する円筒状の鉛プラグをいれた鉛プラグ入り積層ゴム支承がある。



[すべり系免震装置]

すべり支承はテフロン系のすべり材がステンレス板上に設置されており、摩擦による減衰機能を有している。
積層ゴム下にすべり支承を設置することで、中小地震時には積層ゴムが弾性変形し、大地震時にはすべりが生じて地震力の伝達を抑えると同時に、摩擦によりエネルギーを吸収する弾性すべり支承と、凹面上を半球上の滑動体がすべることで振り子のような挙動を実現させ、エネルギーを吸収するFPS (Friction Pendulum System) 等がある。



[転がり系免震装置]

高硬度の特殊鋼板とボールベアリングによる構造で、極めて小さな摩擦によってスムーズな動きを実現する。地震後に建物を元の位置に戻す機能と、エネルギーを吸収するダンパーが必要なボールベアリング支承と、わずかに偏心させて結合した半径の異なるローラーを上下の鋼板に設置し、それ自体が地震後に元に戻ろうとする機能を利用した偏心ローラー支承がある。



制震構造

建物の架構の内部に制震部材（装置）を組み込み、地震のエネルギーを減衰させたり増幅をおさえたりすることで、建物の振動を低減する。
パッシブ制震、アクティブ制震のほか、この両方を組み合わせたハイブリッド制震の3つに分けられる。
オイルダンパーやアクティブマスダンパー等が使用されている。

[特徴]

- 1 制震装置が建物の揺れを吸収するので、建物全体では損傷が少ないことと、家具等の転倒は軽減される。
- 2 制震部材の装置の種類により、点検と大きな地震によっては取り換えが必要となる場合もある。



大型スラブ

居室内に小梁等の突出物をなくすために、プレストレスの導入や、トラス筋の採用等の工夫をし、大型化したスラブ。

スラブは、床面に直接作用する荷重を支える役目を持っていると同時に、地震や風により建物全体に作用する水平力を周辺の柱・梁、または耐震壁やブレースなどの骨組みへ伝達する役目を持っている。

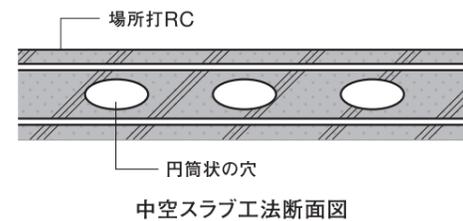
これらの性能の他、遮音性を確保しつつスラブを大型化することにより、小梁等の突出物をなくし間取り等のフリープランを実現させるものである。更に、将来のニーズに合わせて間取りの変更等可能とするものである。

大型スラブにするには、スラブ躯体内に中空部を設け重量を軽くするもの、プレストレスを導入するもの、トラス筋を採用するもの、若しくはこれらの併用等の工法がある。これらの工法は種々多々あるが大きく分類すると以下になる。

中空スラブ工法

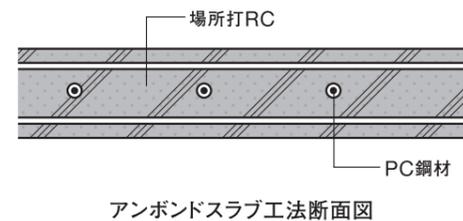
本工法は、場所打ちコンクリートスラブを通常のスラブ厚さ200mm前後よりも250mmから350mm程度に厚くし、コンクリート床スラブに円筒状の穴をあけて中空にし、剛性を確保しながら軽量化を図り小梁をなくした工法である。

この円筒状の穴にする方法として、帯鋼をらせん状に巻いたワインディングパイプや発泡スチロール等を使用する。



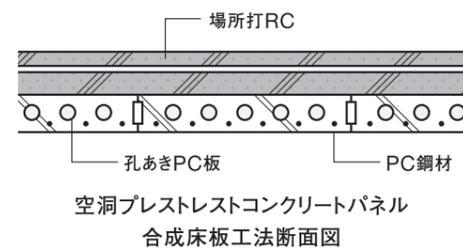
アンボンドスラブ工法

本工法は、場所打ちコンクリートスラブにアンボンドPC鋼材を鉄筋の配置と同時に配置しコンクリートの硬化後、専用ジャッキを使って緊張させることにより、スラブにプレストレスを与える。その結果放物線状に設置されたアンボンドPC鋼材が上向きの吊上げ力を発揮し、荷重を打ち消すことによりたわみを抑え小梁をなくした工法である。



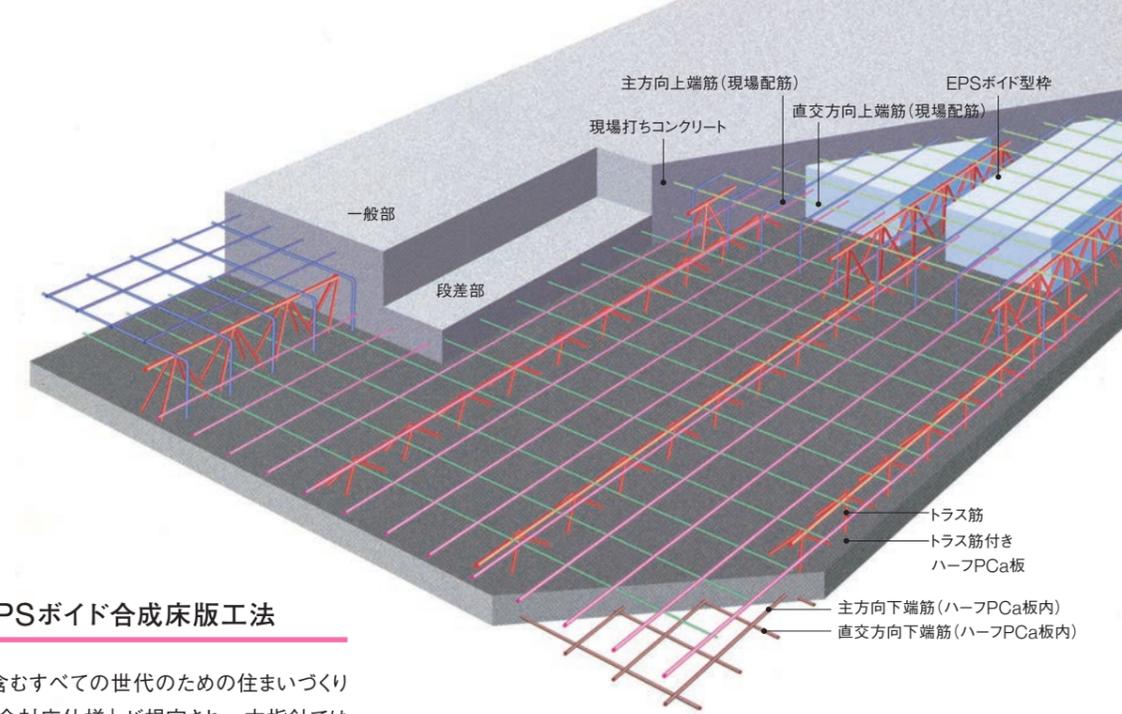
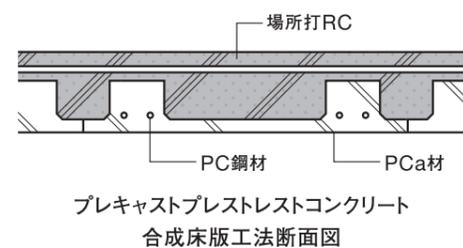
空洞プレストレストコンクリートパネル合成床版工法

本工法は、空洞のあるプレストレストコンクリートパネルを横架材として型枠を兼用しその上に上端筋を配筋後場所打ちコンクリートで一体とする合成床である。なお、PC鋼材による緊張は工場での製作時に行う。



プレキャストプレストレストコンクリート合成床版工法

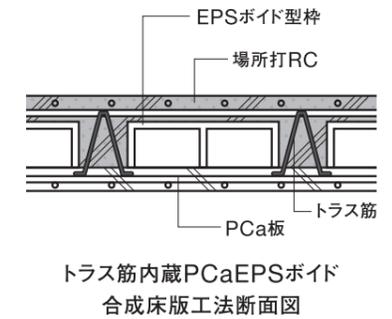
本工法は、プレキャストプレストレストコンクリート板を使用し前記空洞プレストレストコンクリートパネル合成床版工法と同様に配筋の後に場所打ちコンクリートで一体とする合成床版である。



トラス筋内蔵PCaEPSボイド合成床版工法

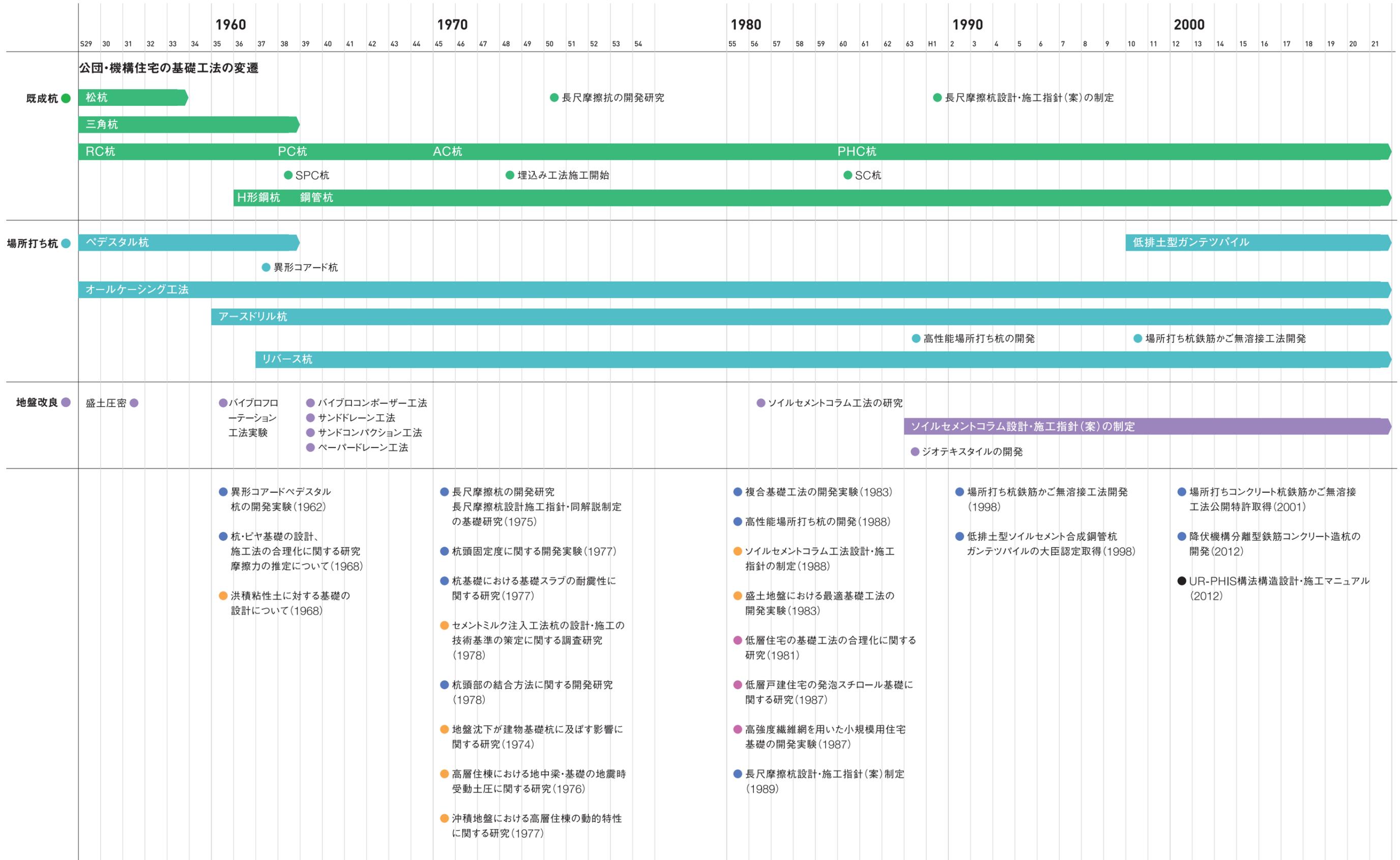
1996年度に、高齢者も含むすべての世代のための住まいづくりの設計指針として「長寿社会対応仕様」が規定され、本指針では床スラブについて基本的には、仕上げ面で段差がないこと、すなわちバリアフリーを目標としている。この目標に対し、水回り部分を薄くして（切欠いて）スラブ下面はフラットにした上で、構造性能・遮音性能・振動性能・耐久性・耐火性能を通常のスラブと同様に満足させるという構造的には非常に厳しい条件となった。UR都市機構では同年度から研究開発に着手し、1997年度に「段差付大型床版工法の開発研究委員会」を設置し研究が進められた。この研究成果を踏まえ、1999年より「トラス筋内蔵PCaEPSボイド合成床版・トラス筋内蔵PCa合成床版設計・施工指針作成委員会」が設置され、2000年3月に「トラス筋内蔵PCaEPSボイド合成床版・トラス筋内蔵PCa合成床版設計・施工指針（案）・同解説」が制定された。

その後2002年3月、2009年4月に改訂している。なお、本合成床版は、UR都市機構の大型スラブとしてもっとも多く採用されている。



6 | 基礎工法に関する技術研究

主な技術開発一覧



基礎構造

基礎構造とは建物構造物を、支持し安定させるための土台となる部分のことを示す。基礎構造は、杭基礎と直接基礎に大別され、地盤の性質を適切に判断して決定する。

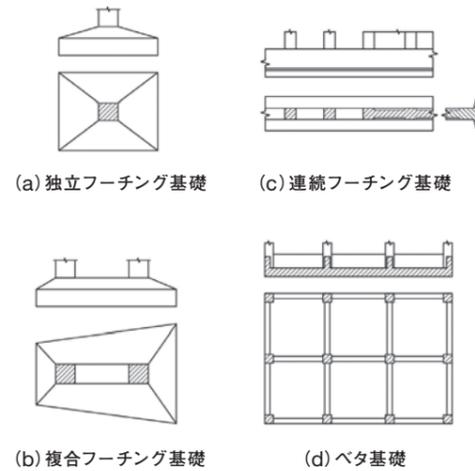
直接基礎

基礎スラブを介して直接地盤に荷重を伝える基礎形式である。この基礎の条件は、建物直下の地盤が上部建物を支えるに十分な強さを有することが必要である。

直接基礎は、基礎スラブの形式でフーチング基礎とベタ基礎に分類される。フーチング基礎は、フーチングと呼ばれる下部を広くした基礎スラブで、それが単独の場合は独立フーチング基礎、2個ないし数個で構成されている場合は複合フーチング基礎、連続している場合は連続フーチング基礎（布基礎）と3つに大別される。

ベタ基礎は建物の底面全てに基礎スラブを構築したもの。一般的に、建物規模が小さいときは独立フーチング基礎や連続フーチング基礎が採用されることが多い。建物規模が大きいときはベタ基礎となる。また、建物が建つ地盤条件によっても基礎構造が変わるが、地盤が強固な場合は独立フーチング基礎や連続フーチング基礎、地盤が軟弱な場合はベタ基礎になることが多い。

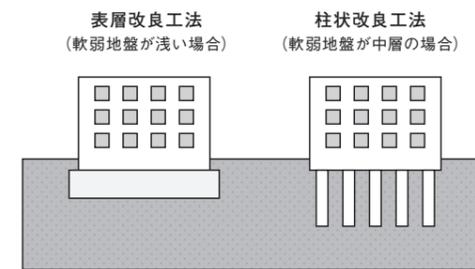
直接基礎の種類



地盤改良

軟弱な地盤を人工的に改良し、地盤の支持力の増加、沈下・ふくれ上がりの防止等行う直接基礎の一つである。悪質土を良質土に置き換える置き替え工法、ウェルポイント工法や静的締固め砂杭工法等を含む締固め工法、サンドドレーン工法（水を吸い上げる砂柱をつくる）・プレローディング工法（あらかじめ地盤に載荷し圧密沈下後建造する）・電気浸透工法（地盤中に電極を埋め直流を流すと陰極に水が集まるのでこれを揚水する）などの脱水圧密工法、セメントや地盤注入剤を注入したり、多数の管を挿入し冷却水を送って凍結硬化させるなどの工法がある。

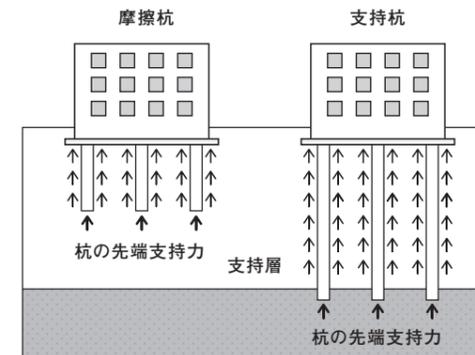
地盤改良の種類



杭基礎

主に軟弱な地盤における建物の建設において、浅い基礎では建物を支えることができない地盤の場合に深く杭を打ち込み、建物を支える基礎。支持方式によって、支持杭と摩擦杭に分けられる。支持杭では先端を支持層に到達させ、主として杭の先端に上向きに働く先端支持力によって荷重を支える。一方、摩擦杭では先端を支持層まで到達させず、主として杭の側面と地盤との間に働く周面摩擦力によって荷重を支える。摩擦杭は、支持層がかなり深い場合に採用されることが多い。杭基礎に用いられる杭はその材料により、木杭、コンクリート杭、鋼杭などに分類できる。工法は、アースドリル工法等の現場で直接築造する場所打ち杭による工法、工場で作られたコンクリート杭、鋼管杭等の既成杭による工法に分類される。

杭の種類



基礎工法の開発

近年、省エネルギーを含めた環境に配慮した建築とすることが重要となっている。基礎工法についても同様、建物の設計から環境の取組みを図ることが要求されている。

建築物向けの地盤改良としてのセメントコラム工法の開発

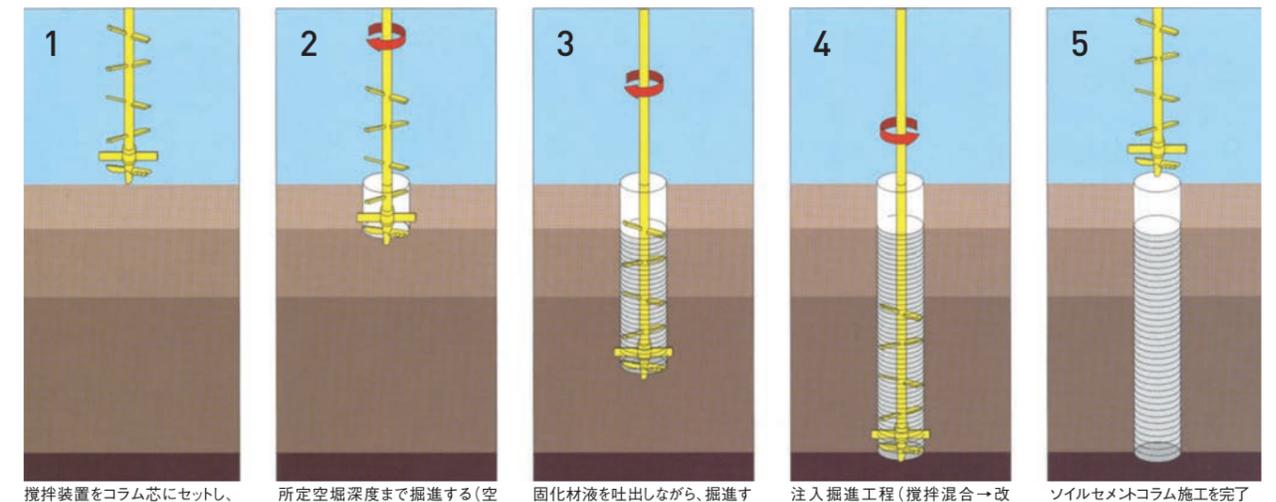
軟弱な沖積層や埋め立て地盤に建設される建物の基礎工法は、一般的に杭基礎が採用されているが、その場合の基礎工事費は、建築工事費との関係でみるとかなり高額となる。特に支持層となりえる地盤がGL-30mを超えるような地盤に計画される中低層建物の基礎工法には、摩擦杭等工法が限定されていた。

そこで、土木分野で実用化されているセメント系材料を用いた深層混合処理工法に着目し、建物の基礎工法としての利用を検討した。それまでは本工法の用途が主に仮設建物であったため、永久建築物の基礎地盤での利用を目的に1979年頃から種々の地盤において施工実験や改良体の掘り起し、コア採取による品質・強度確認、そして、鉛直・水平載荷試験による支持力の確認等の実施、多くのデータの収集・蓄積とその分析、理論解析を実施し、「建築物のためのソイルセメント工法」として実用化の第一歩を踏み出した。

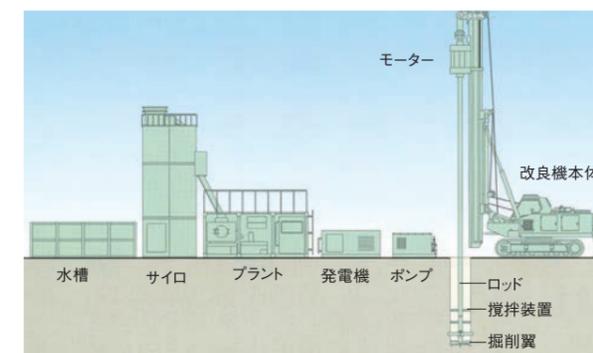
1979年の多摩地区の中層住宅、1980年の塩浜団地の店舗、1982年の葛西沖団地の大規模店舗の基礎工法として採用し、当該地での鉛直・水平載荷試験や詳細な品質確認そして動態観測等を行いながら本工法の採用範囲の拡大を行った。これらの実績や各種試験データを踏まえ、委員会を組織して1986年から2年を費やし、公団で建設する建物の基礎を対象とした「ソイルセメントコラム設計・施工指針（案）」を作成した。

ソイルセメントコラム工法の概要は、深層混合処理工法の一種であり、セメントを主体とした固化材と水と混合した固化材液（スラリー）を混合攪拌装置を用いて原地盤中に注入しながら、土と機械的に混合攪拌し、水和反応による固化現象を利用して、直径0.6mから1.2mの円柱状の改良体（ソイルセメントコラム）を築造するものである。

施工手順



機械設備

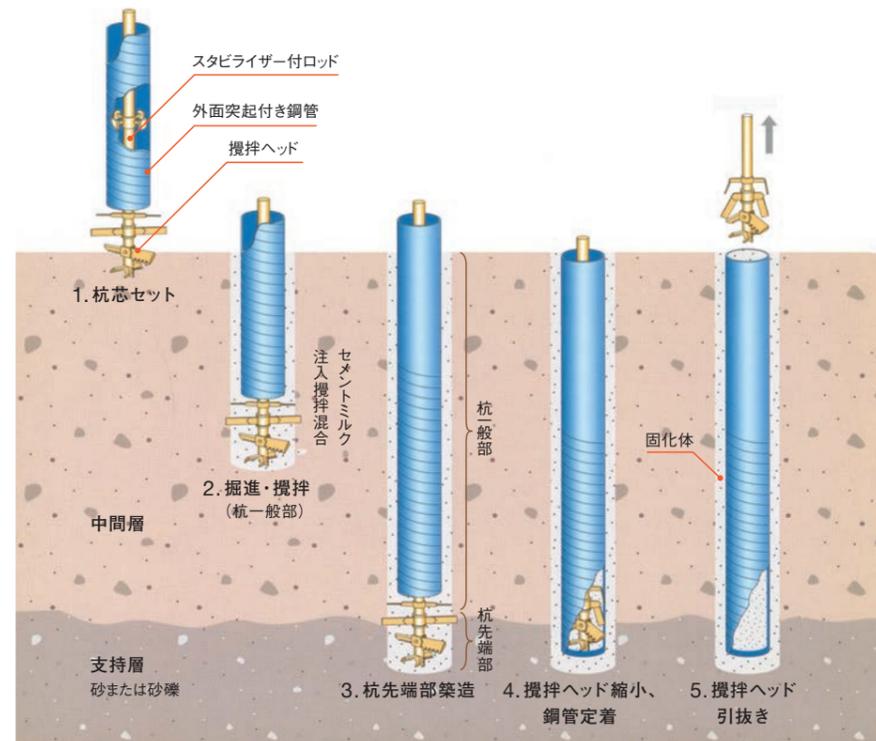


低排土型ソイルセメント合成鋼管杭(ガンテツパイル)の開発

ガンテツパイルは1988年頃から開発が始められた。当時の基礎工法は、昭和40年代後半から既成杭を用いた低公害の低振動低騒音工法が中心であったが、新たに建設発生土の処分問題が社会問題として認識されつつあった。UR都市機構としてもその問題に対する認識から、施工時に残土発生量が少なく周辺地盤を締め固める効果が期待でき、中低層建築物の基礎工法として実用化しているソイルセメント工法を基本とする施工方法と、杭としては既成杭として靱性のある鋼管杭に着目し、それらを合体させたハイブリット杭としてのガンテツパイルの開発に着手した。開発は、まず、UR都市機構と鋼管杭メーカー、施工専門業者の計四者で基本性能に関する共同開発が始まり、その後、施工機械・施工管理システム等の開発が民間三者を中心に進められ、公的認証として旧建築基準法第38条の規定に基づく大臣認定を平成10年10月6日(建設省東住指発第459号)付で取得している。その後、建築基準法の改正に伴い、本規定は失効しているが、

その後も行政上の運用により建築確認申請時には従来と同様な行政上の取り扱いがなされている。本工法の概要は、施工方法としては深層混合処理工法の一つであるソイルセメントコラム工法(地盤にセメントミルクを注入混合攪拌して築造する固化体)とすることにより施工時の発生土が非常に少なく、周辺地盤を緩めない効果があることから大きな杭周面摩擦を期待でき、かつ杭材料として体積の小さい鋼管杭(外面突起付き鋼管)を使用することにより更に発生土の抑制にその効果が期待できる。また、このほか鋼管と固化体が一体化することにより高い支持力性能を発揮することから、在来工法に比べて杭本数減が可能となり、それに伴うフーチングのコンパクト化、工期の短縮によりトータルのコストダウンがはかれる。高い経済性や環境への低負荷が評価され、土木・建築分野を問わず多くの採用実績となっている。UR都市機構では、1993年のプロムナード北松戸を皮切りに採用しこれまでに20棟を超えている。

施行手順



1. 杭芯セット

施工機に攪拌ヘッド、スタビライザー付きロッドおよび鋼管をセットし杭芯を合わせます。

2. 掘進・攪拌

攪拌ヘッドより吐出したセメントミルクと地盤を攪拌混合して杭一般部を築造しつつ掘削速度をコントロールし、同時に鋼管を回転させながら掘進攪拌してゆきます。下杭、中杭、上杭は溶接により継ぎ、ロッドはピンを用いて接続します。

3. 杭先端部築造

杭先端部築造深度に達したら、高濃度のセメントミルクを注入します。その際、吐出量と掘進速度はコントロールされ所定深度まで掘進攪拌混合します。

4. 攪拌ヘッド縮小、鋼管定着

杭先端部の掘進攪拌混合が終了したら、攪拌ヘッドを縮小させます。その後、鋼管を押し下げ所定の深度に定着させます。

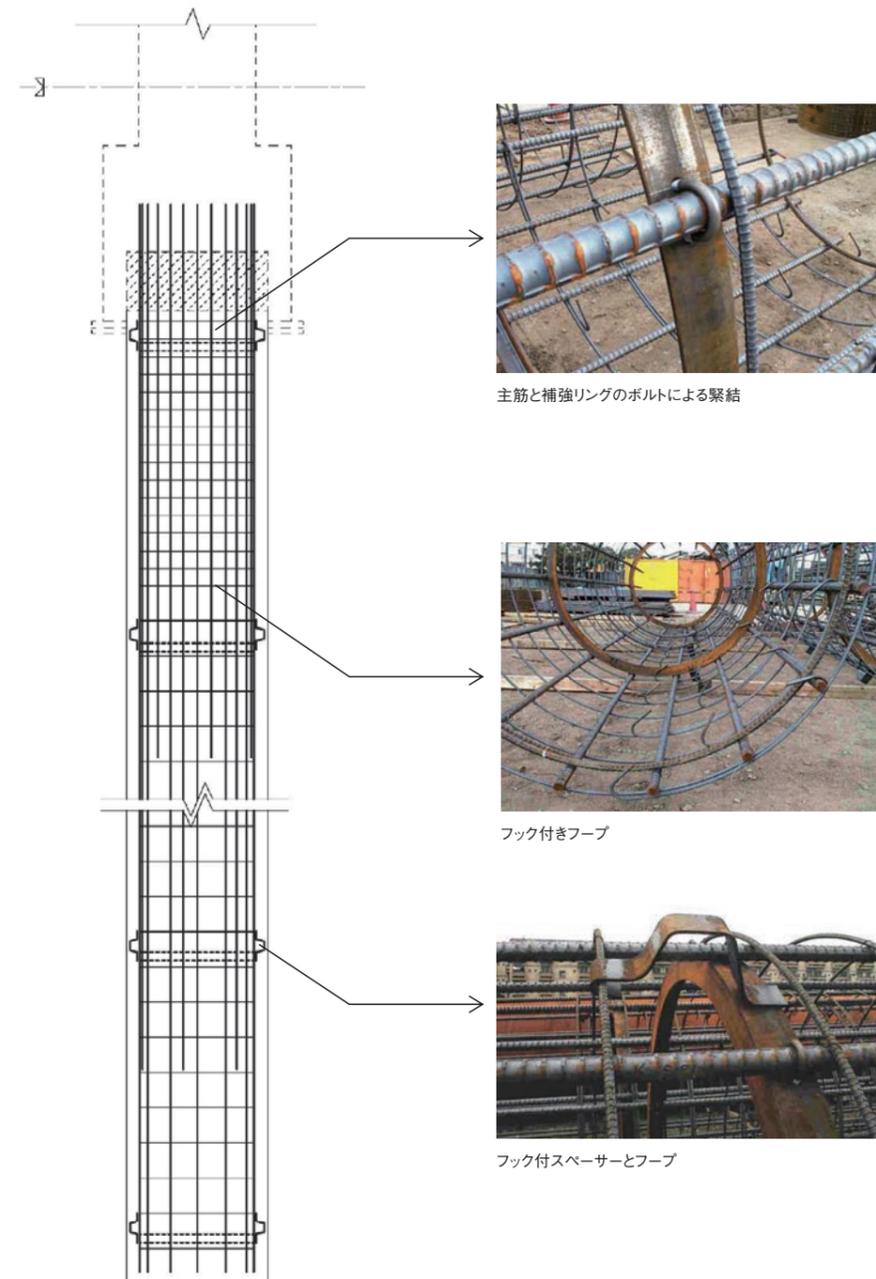
5. 攪拌ヘッド引抜き

先端部ではセメントミルクを吐出し、ロッド、攪拌ヘッドを回転させながら、引き抜き、回収して施工を完了します。

場所打ちコンクリート杭鉄筋かご無溶接工法の開発

従来、場所打ちコンクリート杭における鉄筋かごの組み立てには、溶接工法が採用されていた。溶接工法は、天候に左右され溶接の中断による工程管理の難しさや急熱、急冷、アンダーカット等の溶接による鉄筋の性能低下等の問題点が指摘されるなど、無溶接工法の開発・採用が喫緊の課題となっていた。こうした課題に対応するためにUR都市機構では、平成10年から(一

社)日本基礎建設協会と無溶接工法の開発を始め平成13年1月23日付けで公開特許を取得している。平成24年度道路橋示方書の改訂では、土木構造物において場所打ちコンクリート杭の鉄筋かごの組立てにおいては、溶接を用いてはならないと規定された。



7 | 躯体改造に関する技術研究

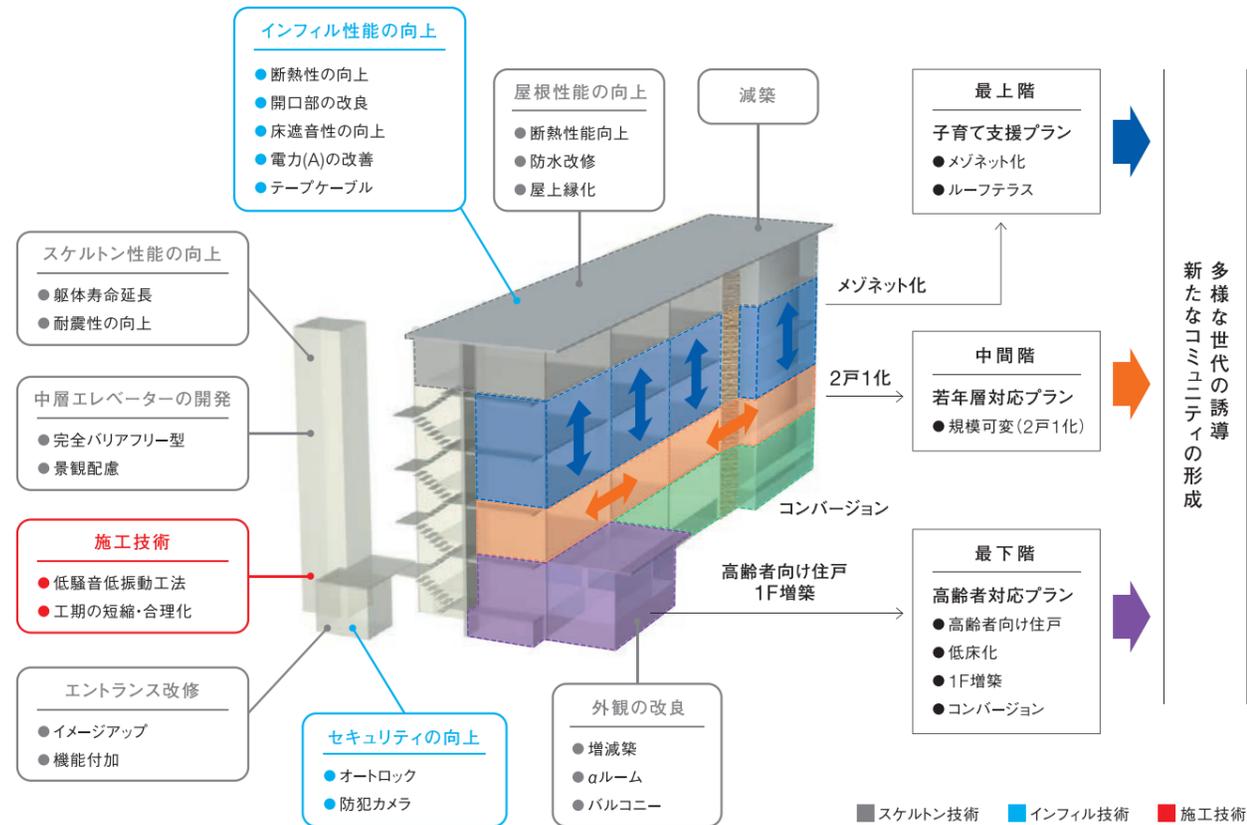
既存建物の躯体改造 ルネッサンス計画

既存のストックの活用のため、住棟全体若しくは一部を大規模に改修し、性能向上を図る。

ルネッサンス計画の概要

UR都市機構の前身である日本住宅公団は、昭和30年に発足し、公団による住宅の供給は昭和40年代にピークを迎える。現在約76万戸のストックを有し、このうち昭和40年代から50年代に供給されたストックが約6割を占めている。この時代に供給された住宅の多くは、中層階段室型住宅と言われエレベーターは設置されておらず、階段での上り下りを強いられている。少子高齢化社会の到来、ライフスタイルの多様化、環境への意識の高まり等を背景とし、これらのストック住宅の再生・活用が社会的な課題となっている。UR都市機構は、適切な活用を図るため、2006年度から2008年度の3年間で重点的な技術開発期間として「ルネッサンス計画-住棟単位の開発技術」に取り組んだ。これまで進めてきた「団地の建替え」及び「住戸のリニューアル」

に加え、住棟単位での改修に取り組み、ヒューマンスケール化（減築）やバリアフリー化、エレベーター設置、21世紀に相応しい間取り・設備への転換を図るべく、既存のリニューアル手法にとられない改造を行い、従来の階段室型住棟等の性能、イメージを一新させることにより、幅広い需要層、多様な居住ニーズに応えることを目標としている。そのため、UR都市機構において従来から開発・蓄積してきた改修技術の再編に加え、新たに様々なフェイズの創意工夫・技術提案も広く民間に公募し、建て替え事業中団地の実物の住棟による実証試験・施工を行い、その成果の事業における展開の可能性を確認した。また、これらの実証実験結果を踏まえ「UR壁式賃貸住宅の躯体改造指針 在来構造編（案）」を2014年に策定した。



主要な技術開発課題

UR都市機構では、これまでストック改修として、外壁補修や屋根防水補修等の計画修繕のほか、浴槽などの設備更新や空家での専用部のリニューアルを実施してきた。

ルネッサンス計画ではこれらの改修技術に加え、従来困難であった住戸内の水回りを含めた間取りの大規模な改善や階段室型住棟へのエレベーター設置によるバリアフリー化、躯体の長寿命化等、住棟を単位としたリニューアル技術について総合的な研究に取り組んでいる。

	主要な技術開発課題	関連する要素技術		
住まいに関する項目	構造安定性の向上・改良	<ul style="list-style-type: none"> 耐震改修等を勘案した改修可否判定手法の確立 減築等による建物自重の軽量化 躯体改造に伴う補強方法等の開発 	躯体切断、切断面処理技術 補強技術 等	
	高齢者等への配慮	専用部分	<ul style="list-style-type: none"> 住戸内段差の解消によるバリアフリー化 浴室雑壁撤去による水回り空間の拡大 身体状況や世帯の変化に応じた可変システムの開発 	低騒音、低振動工法 開口補強方法 等
		共用部分	<ul style="list-style-type: none"> 中層階段室型住棟の完全バリアフリー化を図る エレベーター及び共用部の開発 	介護及び自立を支援する インフィル可変システムや 浴室ユニット
	居住性の向上	温熱環境の向上	<ul style="list-style-type: none"> 外断熱 内断熱 	施工方法 等
		遮音性能の向上	<ul style="list-style-type: none"> 湿式増し打ちによるスラブの質量・剛性の増等 スケルトン改修による性能向上 軽量・高剛性を有する乾式置床等 インフィル改修による性能向上 	施工方法 等
		住戸規模の拡大	<ul style="list-style-type: none"> 垂直2戸1化による面積や空間ボリュームの拡大 水平2戸1化等による面積の拡大 屋上階減築+屋根新設（屋上階のみ） 1階南面ユニット増築（1階のみ） 	低騒音、低振動工法 開口補強方法 躯体切断、切断面処理技術 屋根防水 等
間取り自由度の拡大		<ul style="list-style-type: none"> 建物外部での排水立て管の新設等 排水容量の増大や水廻りの自由度の確保 内装仕切りユニットによるプランバリエーションの拡充 給排水用開口の新設による設備機能の更新容易性の向上 等 	開口部・スリーブ部の 補強方法	
地域環境に関する項目	自然環境との調和	<ul style="list-style-type: none"> 屋上緑化・壁面緑化 減築部粉砕コンクリートの路盤利用 等 		
	少子・高齢化対応	<ul style="list-style-type: none"> 住戸から施設へのコンバージョン 		
	良好な景観形成	<ul style="list-style-type: none"> 勾配屋根・トップライト等 多様で魅力あるスカイラインの創出 住棟1階部分の増築等賑わいのあるストリート空間の創出 建物外観の劣化抑制に配慮した外断熱等による街の美観の維持 等 	躯体切断、切断面処理技術、 屋根防水 等	

ストック再生実証実験

UR都市機構は2006年にルネッサンス計画を立ち上げ、2008年に東京のひばりが丘団地(東京都東久留米市)、2009年に大阪の向ヶ丘第一団地(大阪府堺市)において実証実験を行った。

ひばりが丘団地ストック再生実証実験

東京都東久留米市のひばりが丘団地(建替)3棟(A・B・C棟)を活用して、UR都市機構の企画・設計(C棟)及び民間技術提案公募による実証試験(A・B棟)を行った。

[構造に関連する主な改造内容]

- 1** エレベーター設置によるバリアフリー化
 - ・階段室撤去しエレベーター設置、外廊下新設
- 2** 広がりのある住空間
 - ・住戸内垂直寸法の拡大
 - ・住戸内梁の撤去/梁せい縮小
 - ・住戸規模拡大
 - ・メゾネット住宅/水平2戸1化
 - ・バルコニー拡張
 - ・妻開口新設
- 3** 遮音性能の向上
 - ・スラブ増打ち/スラブ新設
- 4** 最上階4戸減築によるヒューマンスケール化

エレベーター設置によるバリアフリー化

改修前



改修後



向ヶ丘第一団地ストック再生実証実験

大阪府堺市の向ヶ丘第一団地(建替)の3棟(26・27・28号棟)を活用して、民間技術提案公募による実証試験を行った。

[構造に関連する主な改造内容]

- 1** エレベーター設置によるバリアフリー化
 - ・階段室撤去しエレベーター設置、外廊下新設
- 2** 広がりのある住空間
 - ・一部減築による高天井住宅
 - ・住戸規模拡大
 - ・メゾネット住宅/水平2戸1化/1.5層化
 - ・バルコニー拡張/増設
- 3** 上部2層減築による耐震性能の向上(RC造)

既存スラブ撤去によるメゾネット化



戸境壁撤去による水平2戸1化



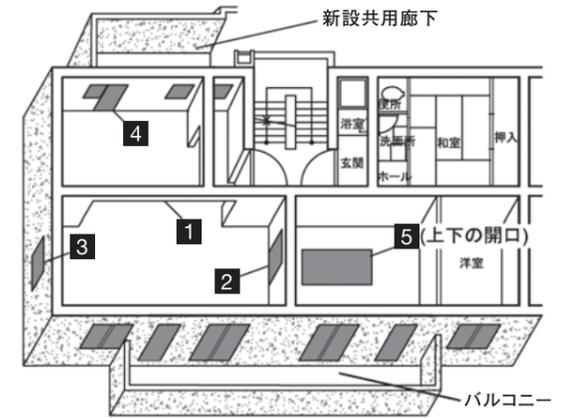
UR壁式賃貸住宅の躯体改造指針在来構造編(案)

UR都市機構は2012年に「UR壁式賃貸住宅の躯体改造委員会」を立ち上げ2014年に「UR壁式賃貸住宅の躯体改造指針(案)」が作成された。

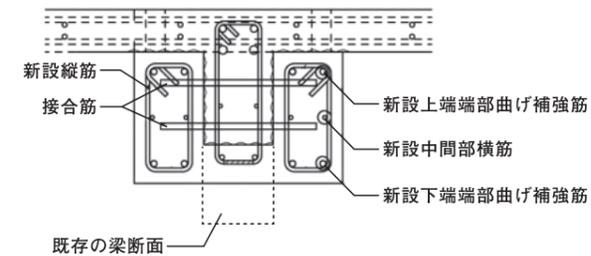
[本指針による躯体改造項目と内容]

- 1** 壁梁せいの縮小
 - 梁せい450mm以上確保
- 2** 戸境耐力壁への出入り開口設置
 - 上下方向に連続しない開口とし幅2,000mm程度
- 3** 妻側耐力壁への窓開口
 - 幅1,200mm程度
- 4** 桁行方向に出入口開口設置
 - 腰壁部分を撤去し開口設置
- 5** 戸境床スラブへの開口設置
 - 開口の最大大きさは、一つの住戸の面積の1/2以下

住宅躯体改造キープラン



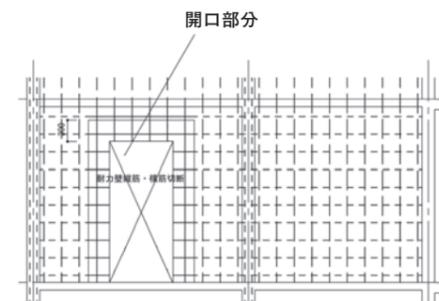
梁せい縮小(梁幅補強)図



梁せい縮小(梁幅補強)



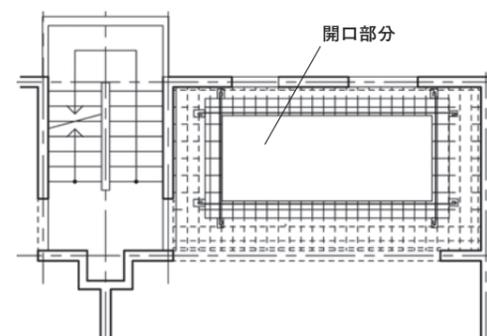
戸境耐力壁への出入り開口設置図



戸境耐力壁への出入り開口設置施工



戸境床スラブへの開口設置図



戸境床スラブへの開口設置施工



8 | 地震と対策

UR都市機構の地震観測と地震被害

地震国の日本では地震によって建物に生じる力に対して設計を行う。

UR都市機構では26地点の建物の地震観測を行っている。

地震観測によって建物の揺れの現象が解明され、
安心、安全で合理的な設計に役立つことが期待される。

地震観測の概要

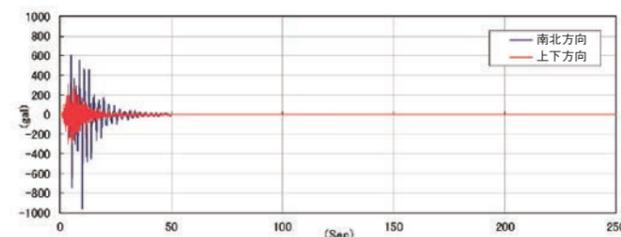
UR都市機構では、1975年東京都内の団地で地震計を設置して以来、これまで26地点で地震による揺れの加速度を記録してきている。この加速度データを基にして解析を行い、建物がどのように揺れたのか、どれくらいの力が加わったのかなどを把握することができる。UR都市機構では、このデータを建物の構造計算で使用する地震力の検証に用いたり、地震時の建物被害推定に活用している。

UR都市機構が地震観測している建物[26地点]



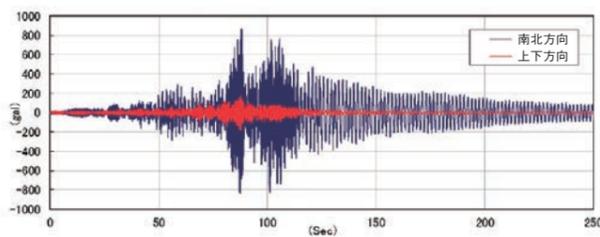
各地震の観測波形(加速度応答波形)の例

1995年阪神・淡路大震災
(神戸市内の建物24階測定点)



大きな上下動が伴った直下型地震であった。

2011年東日本大震災
(UR都市機構技術研究所超高層住宅実験タワー最上階測定点)



これまでに経験したことが無い約10分間と長い時間揺れ続けた。
最高800ガルを記録した。

阪神・淡路大震災(1995年1月17日) 地震及び被害の全体概要

1995年1月17日5時46分に発生した阪神・淡路大震災(マグニチュード7.3)は、淡路島北部(あるいは神戸市垂水区)沖の明石海峡を震源として発生した。

兵庫県を中心に、大阪府、京都府の近畿圏広域が大きな被害を受けた。特に、震源に近い神戸市市街地(東灘区・灘区・中央区・兵庫区・長田区・須磨区)の被害は甚大で、日本国内のみならず世界中に衝撃を与えた。戦後に発生した地震災害としては東日本大震災に次ぐ規模である。

地震発生メカニズムは、断層同士がずれ動いて起こる「内陸型」で、鋭い地震波の最大加速度は神戸海洋気象台で818ガル(南北方向)を記録したのをはじめ、神戸市内を中心に広い範囲で、

最大加速度600~800ガル、最大速度50~130カインを記録した。主要動の継続時間は三宮・尼崎で10秒以下、豊中で15秒と非常に短く、本来は被害が少ないはずであるが、震源地が浅く、市街地付近での直下型であったため死者は6,000人以上の大災害となった。死者の約80%相当、約5,000人は木造家屋が倒壊し家屋の下敷きになって即死した。特に1階で就寝中に圧死した人が多かった。UR都市機構の賃貸住宅では、住宅階に大きな被害を受けた事例はなく、ごく一部の棟でピロティ階の柱の破壊が見られたものの、人命に係る被害はなかった。この地震での特徴的な被害であるピロティ階の層崩壊、屋上突出物の倒壊、中間層の層崩壊、木造家屋の倒壊の事例を掲載する。



木造家屋の倒壊(戸建て住宅の例)



ピロティ階の層崩壊(民間集合住宅の例)



屋上突出物(PH)の倒壊(事務所ビルの例)

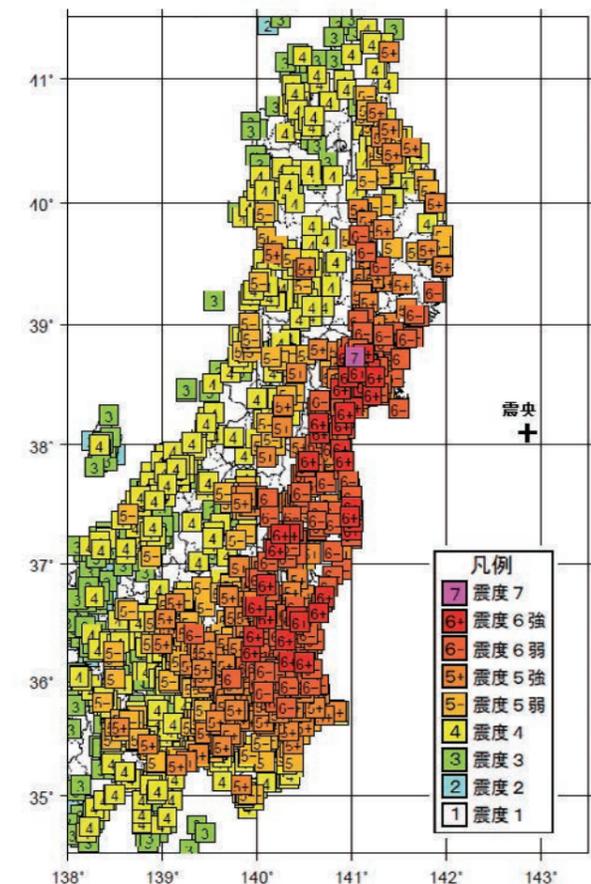


中間層の層崩壊(神戸市庁舎)

東日本大震災(2011年3月11日) 地震及び被害の全体概要

2011年3月11日14時46分に発生した東日本大震災(マグニチュード9.0)は、宮城県栗原半島の東南東沖130キロメートル、仙台市の東方沖70キロメートルの海底を震源とする、発生時点において日本周辺における観測史上最大の地震である。震源は広大で、岩手県沖から茨城県沖までの南北約500キロメートル、東西約200キロメートルのおよそ10万平方キロメートルという広範囲全てが震源域とされる。

気象庁の発表による本震の東日本地域における震度分布と震央位置を下図に示す。宮城県栗原市で震度7を観測したほか、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度6強、北海道から九州地方にかけての広い範囲で震度6弱から震度1の揺れを観測した。この地震により、場所によっては波高10メートル以上、最大遡上高40.1メートルにも上る巨大な津波が発生し、東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害を与えた。また、巨大津波以外にも、地震の揺れによる液状化現象、地盤沈下、ダムの決壊などによって、北海道南岸から東京湾を含む関東南部に至る広大な範囲で被害が発生し、各種インフラが寸断された。



東日本地域の気象庁震度分布(気象庁公表の図を編集)

この震災による死者・行方不明者は、2014年10月10日時点で、18,487人が公式に確認されている。犠牲者の死因のほとんどが、津波に巻き込まれたことによる水死であった。建物の被害も同様にそのほとんどが津波によるものであり、津波を受けなかった地区の地震の揺れによる被害は津波による被害に比べて少なかったが、体育館等の施設の天井材の大規模な落下等が発生した。

また、関東・東北地方の広い範囲で液状化現象が発生し、千葉県千葉市美浜区、浦安市、東京都江東区、江戸川区、神奈川県横浜市、茨城県ひたちなか市、潮来市、宮城県大崎市等「水郷地帯」での被害が目立ち、特に浦安市では市内の85%が液状化した。

地震発生メカニズムは、阪神淡路大震災と違い、北アメリカプレートとその下に沈み込む太平洋プレートの境界部、日本海溝と呼ばれる地域で発生した海溝型地震であった。規模が大きく震源域が南北に長かったため平行する本州・東日本の広範囲で揺れ、減衰にくい超長周期振動によって名古屋、大阪などの遠方でも揺れを観測した。これにより超高層建物が高層階で大きく揺れた。



津波による被害

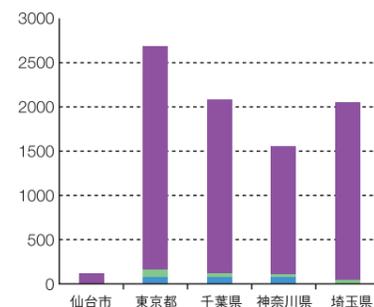
UR賃貸住宅の被害概要と特徴

UR賃貸住宅が存在する仙台市、東京都、千葉県、神奈川県、埼玉県におけるUR賃貸住宅の住棟数及びそのうち被害(軽微な損傷を除く)が生じた住棟数を下図に示す。地震被害は仙台から首都圏に至るまで広範囲に渡り発生している。

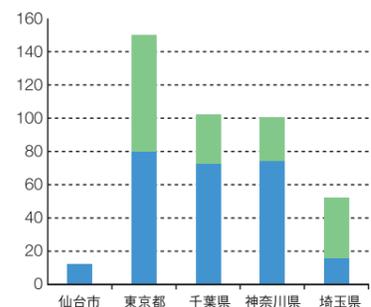
仙台市内に存在するUR賃貸住宅のうちラーメン構造は全て1981年以前の旧耐震基準に基づいて建設されたものであり、9棟全てにおいて損傷が生じた。そのほとんどが二次壁のせん断破壊あるいはひび割れであり、柱・梁・耐力壁の構造部材の被害は僅かであった。壁式構造については全体の3%程度にひび割れ等が発生した程度である。

東京都、千葉県、神奈川県、埼玉県におけるUR賃貸住宅の被害率は、ラーメン構造で2~9%、壁式構造では0~3%程度となっており、その多くが、二次壁等の損傷と住棟間にあるエキスパンションジョイントの損傷であった。

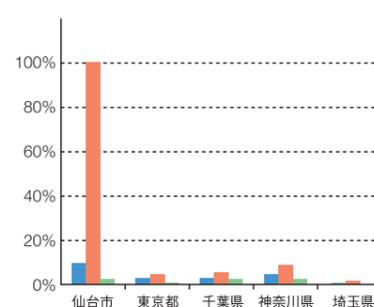
東日本地域におけるUR賃貸住宅の住棟数



東日本地域におけるUR賃貸住宅の被害住棟数



UR賃貸住宅の構造形式別被害発生率



損傷した二次壁の補修方法

二次壁が損傷したことにより開閉が困難になった玄関扉は扉枠周りのコンクリートをはつき取り、ポリマーセメントモルタルによる躯体断面修復、扉枠の修復を行った。

せん断破壊した二次壁は、破壊した部分及びその周囲をはつき取り、配筋後に型枠を設置しコンクリートを打設した。

ひび割れ幅が0.3mm以上のひび割れは、目止め施工後にエポキシ樹脂を圧入した。



UR都市機構職員による被害調査(仙台市のUR賃貸住宅)



エキスパンションジョイント部の手摺壁の損傷(東京都のUR賃貸住宅)



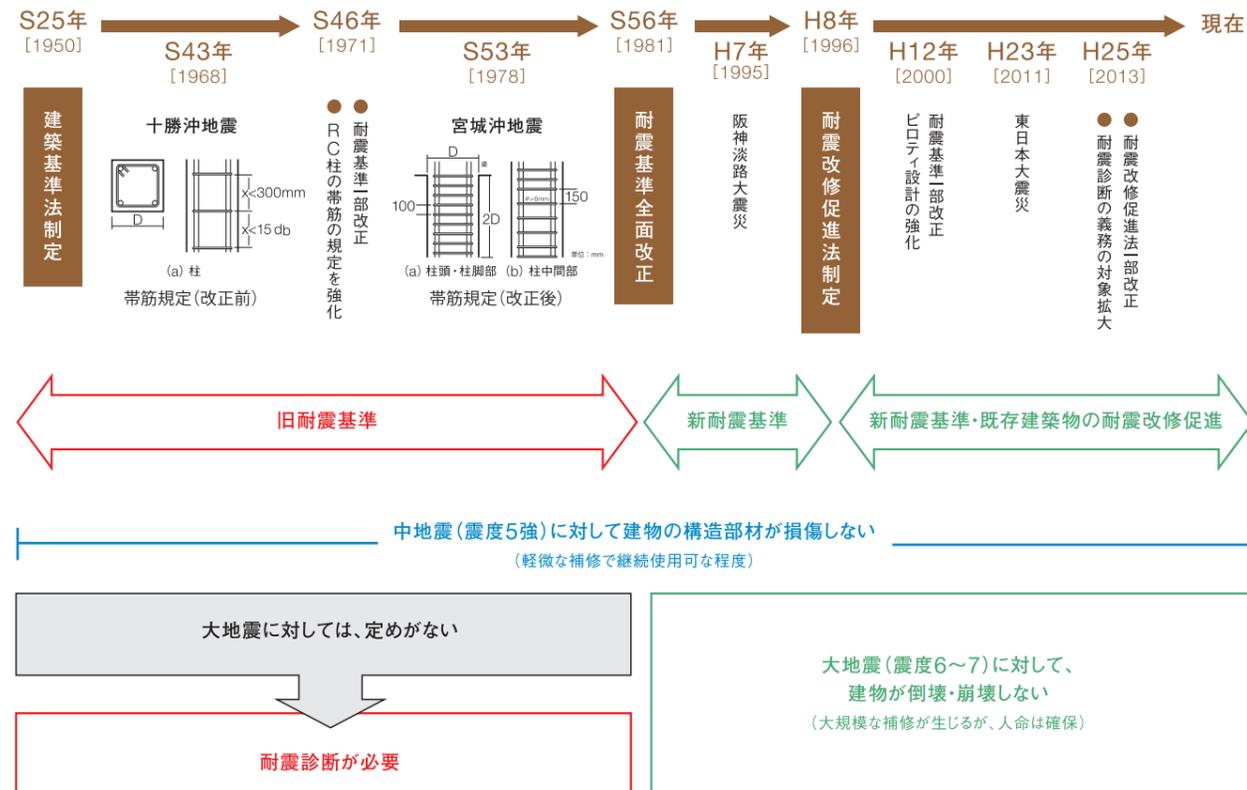
二次壁のせん断破壊(仙台市のUR賃貸住宅)

耐震診断と耐震改修

1981年以前の旧耐震基準で設計された建物に対し、将来起こるかもしれない大地震時に対する安全性を確認し、安全性が確保されていない建物については、耐震改修を施していく必要がある。

耐震診断はなぜ必要か？

1950年に制定された建築基準法の耐震基準（旧耐震基準）に基づいて設計された建物が、1968年に発生した十勝沖地震、1978年に発生した宮城沖地震で多数大きな被害を受けた。旧耐震基準では、震度5強程度の地震に対して建物の安全性は確保していたが、震度6～7の大規模地震からも人命を守るために、建物が倒壊しないことが強く求められ、1981年、建築基準法の耐震基準が改正（新耐震基準）された。新耐震基準で設計された建物は、阪神・淡路大震災でも倒壊を免れ、その実効性が証明された。しかし、1981年以前の旧耐震基準で設計された建物は、まだ数多く残っている。これらの建物に対し、将来起こるかもしれない大地震に対する安全性を確認し、安全性が確保されていない建物については、耐震改修を施していく必要がある。この安全確認を行う作業が「耐震診断」である。



耐震診断による耐震性の評価

Is:各階の構造耐震指標		Is<0.3	0.3≦Is<0.6	0.6≦Is
耐震改修促進法で規定する安全性評価		地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が高い	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性がある	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が低い
UR都市機構における耐震性に関する分類	住宅階	[分類II] 耐震改修を速やかに実施することが必要	[分類III] 耐震改修を実施することが必要	[分類IV]改修不要の建物
	ピロティ階	[分類I] ピロティ階の耐震改修を速やかに実施することが必要		

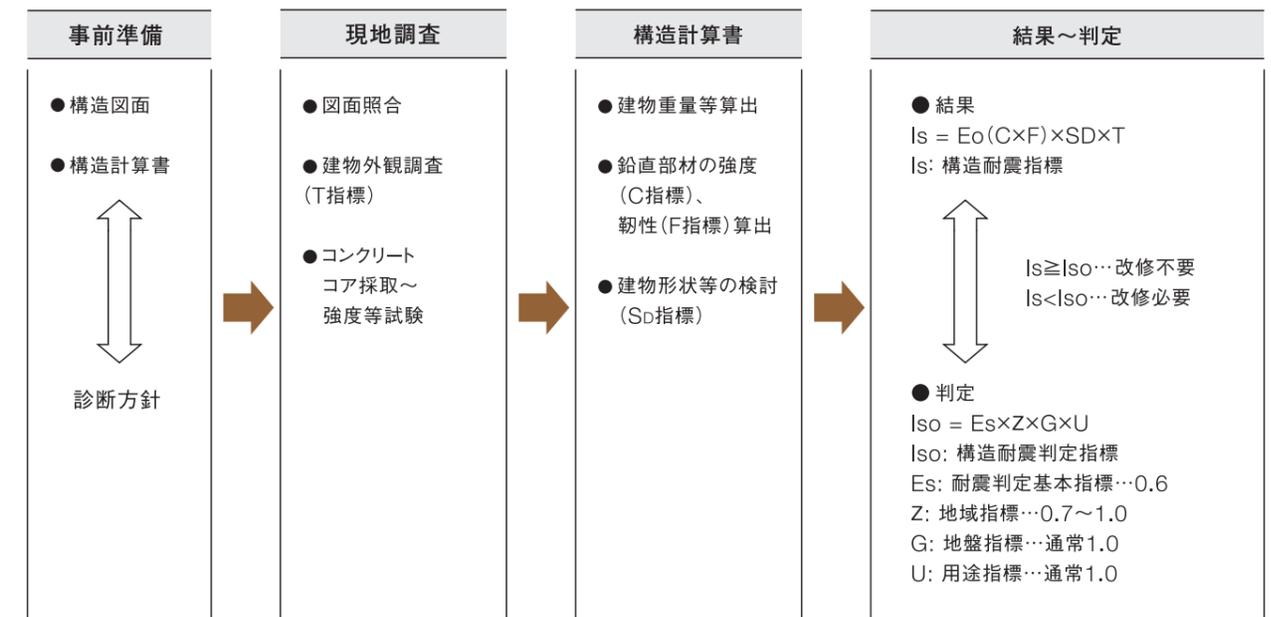
Is値とは

既存建物の耐震診断で算定する建物の耐震性能を表す指標で数字が大きいくほど耐震性能が高いことを示す。1968年の十勝沖地震及び1978年の宮城沖地震で中破以上の被害を受けた建築物のIs値を計算したところ、全てが0.6未満であったことによる統計的な数値を判断基準として定められた。

耐震診断の状況

UR都市機構では、旧耐震基準で建設されたUR賃貸住宅について、耐震改修促進法の趣旨に従い、耐震性の向上を図り、より安全安心にお住まいいただくため、耐震診断を行い、その結果に基づき、順次、必要な耐震改修等を行っている。

耐震診断の流れ



耐震改修工法の選定

耐震診断の結果、「要改修」と判定された建物は、計画条件や施工性・コスト等の各種配慮事項等を踏まえて構造的に適切な改修工法を選定する。
改修工法には様々な種類がある。

耐震改修工法

耐震改修工法は下表のように大きく「強度靱性型補強」と「応答制御型補強」に分かれる。「応答制御型補強」には、「免震補強」と「制震補強」がある。

種別 の分類	強度靱性型補強				応答制御型補強		
	部材・架構補強		外部架構増設補強		免震補強	制震補強	
	RC巻立て補強 鋼板巻立て補強 耐震壁の増設 既存壁の増打ち 壁開口の閉塞	架構内ブレース設置 架構内パネル設置 外壁直付フレーム設置 外壁直付ブレース設置	耐震スリット設置	バットレス増設	フレーム架構増設 ブレース架構増設	中間階免震 1階免震 基礎免震	架構内制震ブレース 外壁直付制震ブレース 設置
模式図							
影響への 景観への	影響小	外壁直付の場合影響有	影響小	影響大	影響大	影響小	外壁直付の場合影響有
へ居住性 の影響	耐震壁の新設、 壁開口の閉塞の場合、 影響大	架構内の場合、 影響大	影響小	影響小	バルコニー側に 増設する場合影響有	影響小(ただし中間階免 震の場合、EVIに影響大)	架構内の場合、 影響大
住宅用途 廃止の有無	耐震壁の新設の場合、 用途廃止の可能性有	架構内の場合、 用途廃止の可能性有	無	無	無	無	架構内の場合、 用途廃止の可能性有



耐震改修の取組事例

耐震改修は単に建物の補強検討をするだけではない。
お住まいの方が「居付き」のまま行う住宅階での工事では、施工時に様々な対策が必要となる。
また、最近では耐震改修とあわせて団地・建物全体の魅力を向上させる取組みを展開している。

UR高島平団地の取組

UR都市機構では、2006年度に高島平団地で初めて住宅階の改修工事に着手した。団地にお住いの皆様にご協力をいただきながら、工事で発生する騒音・振動に対する対策等を行い、円滑に工事進むように配慮した。

相談窓口の設置

居住者の理解を得るため、住民説明会を開催するだけでなく、施工中には工事に関して何でも相談ができる相談事務所を団地内の別棟に設置し、居住者の不安を解消する工夫を行った。

日中避難住宅の設置

大規模団地であることを活かして、団地内の空室を利用し、施工中の避難住居を設け、振動や騒音の多い時間帯などに開放し、居住者への負担を軽減する工夫を行った。

騒音・振動対策

躯体部のはつり作業については、騒音が軽減できるハンドブレイカーやバキュームバーストを用いた撤去工法を採用し、居住者の工事に伴う騒音・振動に対する負担を最小限に抑える工夫を行った。



建物外観

鉄骨ブレース



エレベータコア部の補強

鉄骨ブレース(共用廊下より)

高島平団地 概要

住所：東京都板橋区高島平 / 建物棟数：高層30棟
住宅戸数：8,287戸 / 供用開始：1971年～

UR館ヶ丘団地の取組

耐震改修工事とあわせて団地の魅力をより高めるために、住戸、玄関や共用部、外装の機能・性能を向上するリノベーション(改修)の実施、さらに子供からお年寄りまで、みんながHappy!!になれるコミュニティ形成の取組(Happy!!design project)を展開している。

住戸のリノベーション

あえてもともとあった建材を残すなど、40年以上住み継がれてきた「歴史」を「味」に転換。優れた部分を活かしつつ今の生活様式に合わせる改修で新しいライフスタイルの提案をしている。



鉄骨ブレース

居室のリノベーション

UR初「ソーラーバスシェルター」

バスを利用する方々の利便性、快適性の確保と地域の防災機能の向上を図るため、バス停にソーラーパネルを利用した「自立型ソーラーバスシェルター」及び「防災倉庫」を設置した。

コミュニティ施設の紹介やサービスの実施

高齢者交流に取り組んでいるコミュニティ施設の紹介や、子育てファミリーが健やかに過ごせるよう、教育施設や公園、医療施設の紹介や家賃割引制度を実施している。



バス待合所と防災倉庫

屋根にソーラーパネル設置

館ヶ丘団地 概要

住所：東京都八王子市館ヶ丘 / 建物棟数：高層15棟・中低層38棟
住宅戸数：2,847戸 / 供用開始：1975年～



'ING REPORT

第1版 令和2年4月発行

構

発行：独立行政法人 都市再生機構
技術・コスト管理部
〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町6-50-1横浜アイランドタワー
TEL.045-650-0660 www.ur-net.go.jp
企画：独立行政法人 都市再生機構
技術・コスト管理部 設計課
製作：(株)URリンクージ
デザイン：氏デザイン(株)

街に、ルネッサンス



UR都市機構