

論文題目：建築における長寿命化・省資源化に係る構造技術に関する研究

著 者：西 村 勝 尚

研究科、専攻名：環境科学研究科、環境計画学専攻

学位記番号：環課第5号

博士号授与年月日：2006年3月23日

論文の要旨

持続可能な建築の創造に関して、構造面ではリサイクル材の使用や鉄骨造における高力ボルト接合によるリユースが一部提案されているが広範囲での実用化には至らず、建築構造技術の立場からの持続可能な建物の創造に係わる積極的な提案や実用化は少ない。

本研究は、持続可能な建物を実現するための長寿命化・省資源化に係わる構造技術に関して考察するとともに、長寿命化・省資源化を推進するために有効利用できる構造技術の提案を行なうものである。さらに、提案技術を実用化するため、実験や解析により有効性あるいは性能を明らかにすることを目的とする。

第1章 建物の長寿命化・省資源化を実現するための構造技術の課題と計画手法

建物の長寿命化・省資源化を図るための一般的な課題に関して考察し、課題は高耐久・高耐震性能、可変可能な空間、省資源・省エネルギーであるとした。

建物の長寿命化・省資源化を図る計画に際し、建物全体の目標耐用年数を設定しライフサイクルコストが最小になるよう維持保全計画を収斂させる建物の長寿命化を図る耐久設計の概要フローを示した。さらに、ライフサイクルコスト算出のための確率論に基づく限界状態設計法を利用した構造性能評価法および構造性能提示方法を示した。

建物の長寿命化・省資源化の方策である長寿命化・再利用・再生に関して構造種別ごとに考察し、コンクリート系は長寿命化・再生、鉄骨系は長寿命・再利用・再生、木質系は長寿命・再利用・再生を長寿命化・省資源化の方向性とした。さらに、構造種別ごとの方向性と構造上の技術的課題の関連について考察し、コンクリート系は耐久性・構造性能の向上および機能性の高い架構形式、省資源・省力化構工法を、鉄骨系は耐久性・構造性能の向上、機能性の高い架構形式および再利用が容易な構工法を、木質系は材料面での耐久性の向上および構造性能の向上を重要課題とした。また、これらの重要課題と次章以降の個別課題に対する提案・検証・考察の位置付けを示した。

第2章 長寿命化・省資源を目的としたプレキャスト化構工法

コンクリートの本来の耐久性能に関して考察し、スケルトンの長寿命化を図るためには、単に材料の観点だけではなく構工法の観点から収縮に伴うひび割れ低減を図る必要があることを指摘した。さらに、P C a 化構工法による二つの事例を検証し、耐久性・省資源・生産性・建設環境・コストの観点から有効性を明らかにした。

以下に示すような新たな提案を含む実用化した種々の部位別のP C a 部材、架構システムとしてのP C a 化構工法に関して概要・特徴・メリットを考察した。

- ・梁P C a 部材の梁主筋を柱梁接合部内で接続する構工法（図1参照）
- ・下端主筋およびせん断補強筋を打込んだU字型P C a 部材を用いた縦重ね継手工法（図2参照）
- ・壁筋を打込んだ薄肉両面P C a 板（ダブルウォール）による合成壁

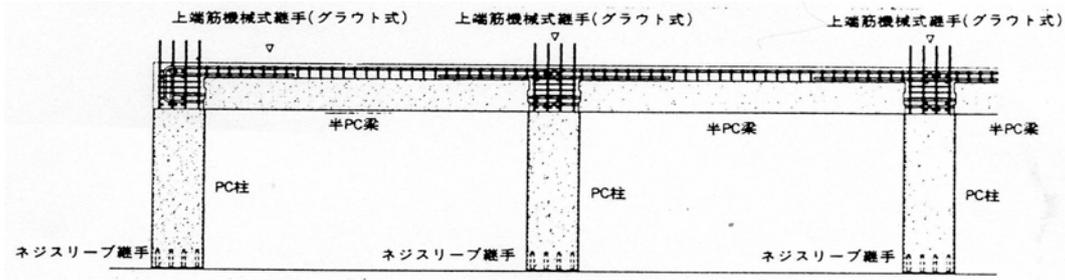


図1 梁PC a部材の梁主筋を柱梁接合部内で接続する構工法

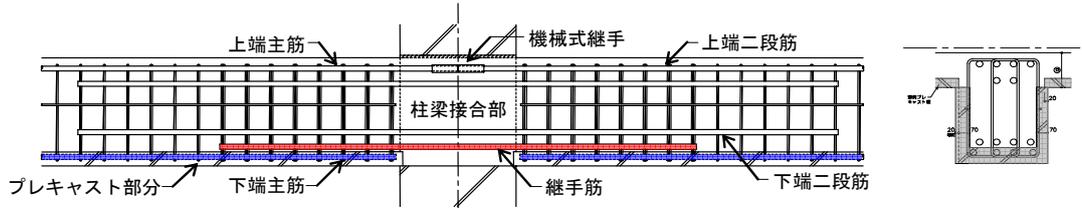


図2 U字型PC a部材を用いた縦重ね継手構工法概要

提案構工法の「梁PC a部材の梁主筋を柱梁接合部内での接続する構工法」の柱梁接合部構造性能実験を実施し、従来構工法と同等以上の構造性能を有することを確認し、現場打設により一体化された鉄筋コンクリート造の設計法が適用可能であることを示した。

さらに、提案構工法の「下端主筋およびせん断補強筋を打込んだU字型PC a部材を用いた縦重ね継手工法」の構造性能実験を実施し、実用化可能な性能を有することを確認した。また、付着割裂強度は付着力とコンクリートの圧縮ストラットによる力の釣合いから求まる継手筋の付着力伝達に必要な鉛直方向拘束力に依存すると仮定し、単独の鉄筋に関する既往の付着割裂強度式に縦重ね継手の有無による鉛直方向拘束力の比を乗じた縦重ね継手の付着割裂強度評価法を提案し、提案評価法の妥当性を示した (図3参照)。

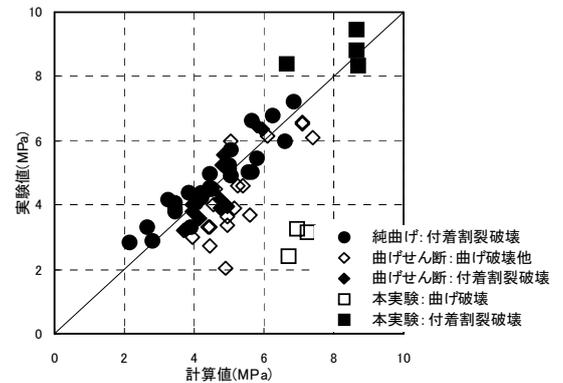


図3 付着割裂強度の実験値と提案評価法による計算値との対応

第3章 鉄骨造における再利用容易性向上および構造性能向上を目的とした構造技術

鉄骨造建物を対象とした再利用するための既存技術の問題点を考察し、最も重要な課題として解体・組立が容易な接合方法を掲げ、耐震性能を向上させ、解体・組立てが容易で再利用可能な外ダイアフラムを用いた簡易な溶接による柱・梁架構システムを提案した。

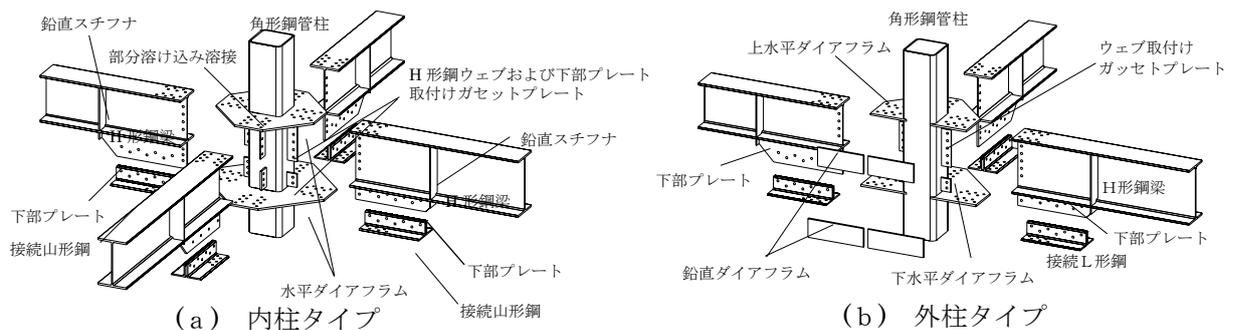


図4 提案構工法概要

提案架構システムは、性能が溶接技能に左右されない簡易な溶接である部分溶け込み溶接により柱とダイアフラムとを接合した柱材にH形鋼梁端部の下フランジに鉛直プレートを簡易な溶接により取付けた梁を挿入し、上ダイアフラムとH形鋼梁上フランジは直接、下ダイアフラムと下部プレートとは接続L形鋼を介して高力ボルト接合し、柱梁架構を構築する柱・梁架構システムである（図4参照）。

この提案架構システムを実用化するために構造実験を行い、性能を確認するとともに実験結果を基に剛性評価法、曲げモーメントとせん断力に対するトラスモデル（図5参照）による梁鉛直ハンチ部の耐力評価法、下部プレート接合部耐力評価、側柱タイプの鉛直ダイアフラムの耐力評価、変形性能を明らかにした（図6参照）。

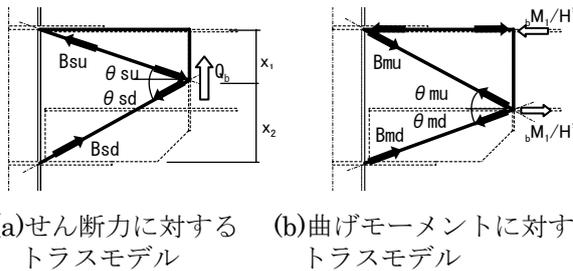


図5 せん断力と曲げモーメントに対するトラスモデル

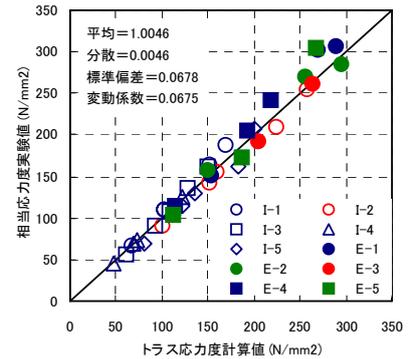


図6 下部プレートトラス応力度の計算値と実験値の比較

第4章 建物のコンバージョンを可能にする構造技術

コンバージョンを実現するために必要な構造技術として、耐震診断・補強技術、鉛直荷重に対する補強技術、振動・遮音性能向上技術を提示し、事務所建物から住宅へコンバージョンに際し、床の振動性能および遮音性能の居住性能を向上させる必要があることを示した。さらに、既往の実測結果より伝達インピーダンスレベルと衝撃音レベルとの相関関係に関して考察し、遮音性能に関する既往の実測結果より伝達インピーダンスレベルと音圧レベル（床衝撃音レベル）とは31.5、63Hz帯域で相関性が認められ、伝達インピーダンスレベルにより床衝撃音レベルを推定できる可能性を示した。

床の鉛直振動性能向上技術として上下階の床を鉛直剛性の高い鉛直支持部材あるいは減衰性能を有する鉛直支持部材で接続する技術（図7参照）、遮音性能向上技術として既存スラブの上に鉄骨大引を配し既存スラブと大引との接続部に粘弾性体を取付けた二重床形式のシステムを提案した。図8に鉄骨大引取り付け詳細を示す。

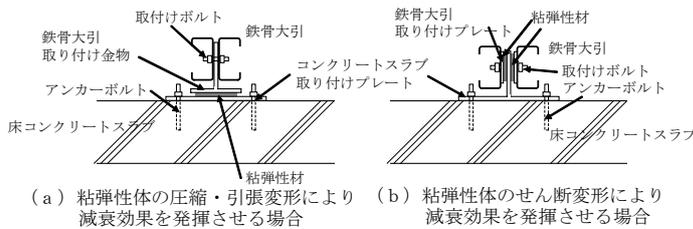


図8 鉄骨大引取り付け詳細

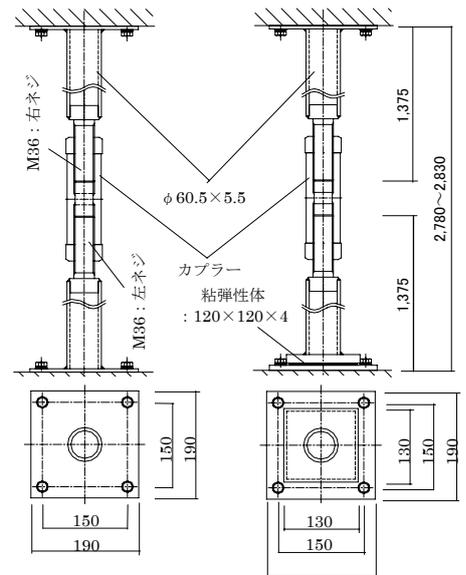


図7 鉛直支持部材詳細図

これらの提案技術に関して、床の鉛直振動性能向上技術に関する実建物によるインパルスハンマー打撃試験によるインピーダンスレベル実測、および事務所建物から住宅へのコンバージョンモデルを

用いた床の鉛直振動性能あるいは遮音性能向上技術に関する解析的検証を行ない、以下の提案技術に関する知見を得た。

- ・鉛直振動性能向上技術に関する実建物による実測結果と解析結果がよく対応していることより、解析的によりインピーダンスレベルを推定することが可能である。
- ・提案する鉛直振動性能向上技術は、最大振幅あるいは加速度を低減する効果が顕著であり、鉛直振動性能の向上に有効である（図9参照）。また、粘弾性体を取付けた鉛直支持部材を敷設した方が歩行階と連結階へ及ぼす影響は小さい（図10参照）。
- ・提案の遮音性能向上技術の大引あるいは大引+鉛直支持部材を敷設することにより伝達インピーダンスレベルが増加し遮音性能の向上が期待できることが推察される。

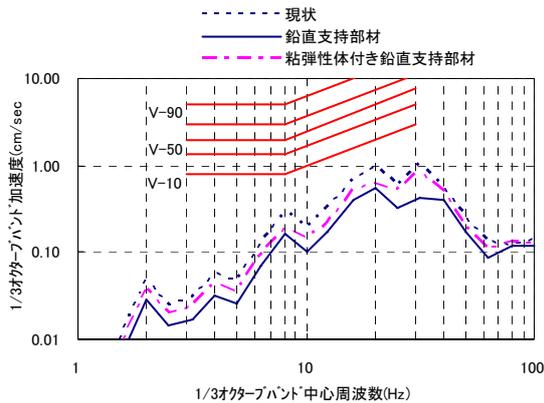


図9 鉛直支持部材の有無による1/3オクターブバンド加速度の比較

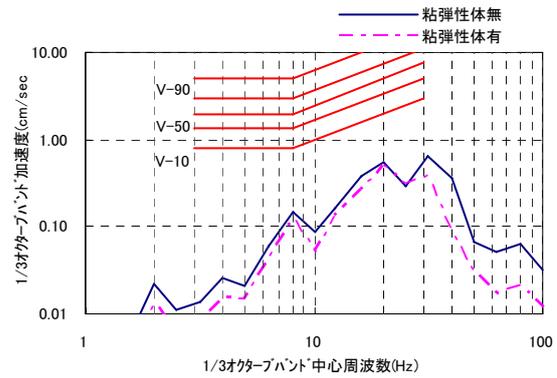


図10 歩行階直下階の鉛直支持部材の粘弾性体の有無による1/3オクターブバンド加速度の比較

第5章 長寿命化建物への構造計画からのアプローチ

—— 空間の可変性・対応性と高い耐震性能を図る構造計画 ——

可変性・対応性を有する空間、および高い耐震性能の保有に關しての構造計画の観点からアプローチし、以下に示すような提案を行った。

- ・長寿命化に対応するフレキシビリティに優れた構造システムの考え方は、「建築計画と構造計画のユニットを一致させる」とことと、スケルトンへの「入力地震動の軽減による構造要素の付加の軽減」である。
- ・ワイドスパンS I住宅の構造計画に關して詳細に考察し、住戸規模を変化させることが可能な集合住宅のスケルトン計画の提案を行った。
- ・耐震性能の向上およびフレキシブルな空間の創造を目的とした建物の中に独立した二つのストラクチャーを構成し両者の変形差を利用し大きな制震効果を期待する分離ストラクチャーによる連結制振（震）システムを提案し、概略地震応答解析により有効性・実現性の検証を行った。
- ・建物を階層にユニット化し、各ユニットごとに時代あるいは社会のニーズに対応して建替える考えによるメガストラクチャーによる積層制振（震）構造を提案し、地震応答解析によりこの構造システムの有効性および実現性を検証した。