

技術会議報告 T1

地震地域におけるプレストレストコンクリートおよび
パーシャルプレストレストコンクリートの設計

井上 晋*

1. セッション全体の概要

本テーマは、各国の耐震設計の現状と今後の展望、構造物・部材の地震荷重下の挙動に関する実験的および解析的検討、じん性の改善手法やその評価法など、プレストレストコンクリート(PC)およびパーシャルプレストレストコンクリート(PPC)構造物の耐震設計に関連した発表を対象として設けられたものである。

本テーマに関しては、プログラム(本誌88頁「発表論文一覧」)に示すように、4セッション、24件の口頭発表および7件のポスター発表が予定されており、口頭発表で3件、ポスター発表で3件の欠講があったものの、各セッションでは活発な質疑応答・意見交換がなされ、本テーマに関する関心の高さが感じられた。

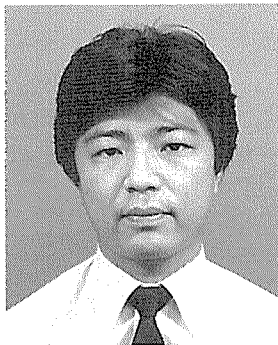
論文数の内訳は、口頭発表で海外14件、国内10件、ポスター発表で海外2件、国内5件であった。それらを種々のジャンル別に分類すると表-1のようになる。

表-1に示すように、土木・建築の内訳では、口頭発表、ポスター発表ともほぼ同数であり、両分野でPC構造が有効に活用されていることがうかがえる。

以下、発表論文をその内容ごとに分類して簡単に紹介する。

1.1 PC杭

T1(a)-1では、強震時にPC杭に要求される性能が地盤との相互作用に着目して述べられ、その技術の発展



* Susumu INOUE
京都大学 工学部土木工学科

表-1 発表論文の分類

口頭発表		ポスター発表	
海外14編(うち欠講3編)	計 24編	海外2編(うち欠講2編)	計 7編
国内10編		国内5編(うち欠講1編)	
内容の内訳		内容の内訳	
・PC杭	2編	・骨組の応答・設計	2編
・プレキャスト骨組	4編	・部材特性(変形特性・ねじり)	2編
・骨組の応答	2編	・最適設計	1編
・タンク	1編	・橋梁	1編
・橋梁	3編	・卵形浄化槽	1編
・プレファブ建築物の耐爆発性	1編		
・橋脚の耐震補強	1編		
・PCポール	1編		
・部材特性 (ひび割れ・終局耐力・靱性・エネルギー消散・せん断・ねじりなど)	8編		
・PC建築物のコストスタディ	1編		
土木関係 13編	建築関係 11編	土木関係 3編	建築関係 4編

の現状と適用例が紹介された。また、T1(c)-4では、インドネシアで使用されているプレキャストPC杭の変形性能の評価とその改善策について述べられた。

1.2 プレキャストPC骨組

T1(a)-2では、米国のプレキャスト/プレストレストコンクリート建築物の耐震規定の最新の考え方の紹介がなされた。また、T1(a)-3では、15階建てプレキャストPC骨組建築物の非線形応答解析結果が報告され、T1(b)-3では、6階建てプレキャストPC骨組建築物の耐震性について、特にプレキャスト部材の接合部の詳細設計をメインで紹介がなされた。さらに、T1(b)-4では、骨組中のプレキャストPC梁部材の耐震性状に及ぼすスラブの影響について、その実験結果が紹介された。

1.3 骨組の応答

T1(a)-4では、新しいインドネシア規準におけるPPC骨組の設計法と非線形時刻歴応答解析結果が紹介された。また、T1(a)-5では、PC、PPCおよびRC建築骨組の地震応答解析結果に基づき、現行のニュージーランド規準がPC骨組の設計に対して安全側すぎる

ことが指摘された。さらに、PT 1-1 では、PC 骨組の履歴復元力モデルの提案と提案モデルの実験結果への適用性に関する発表がなされ、また、PT 1-5 では、3 スパン 14 階建て PPC 骨組の設計の考え方が紹介された。

1.4 貯蔵施設・タンク

T 1 (a)-6 では、液化ガス貯蔵タンクを例にとり、その内容物の危険性から耐震設計上特に考慮しなければならない事項とその設計理念が述べられた。さらに、PT 1-6 では、卵形浄化槽における地震時の水圧の解析手法および耐震設計手法が示された。

1.5 橋 梁

T 1 (b)-1 では、免震支承を用いた PC 連続桁橋の設計と実験および解析結果が紹介された。また、T 1 (b)-2 では、台北における MRT (Mass Rapid Transit) および MCTS (Medium Capacity Transit System) の高架橋を対象とした耐震設計の考え方、T 1 (b)-6 では台湾の地震域における PC ブロック箱桁橋の耐震設計と動的解析結果が紹介された。さらに、PT 1-4 では、LRB (Laminated Rubber Bearing) を用いた PC 連続橋の振動実験と解析結果の紹介がなされた。

1.6 プレファブ建築物の耐爆発性

T 1 (b)-5 では、耐爆発性を有するプレファブ建築物の設計と爆発のモデル化およびその解析結果が紹介された。

1.7 橋脚の耐震補強

T 1 (c)-3 では、震害を受けた橋脚のガラス繊維/エポキシ樹脂被覆 (GFRP シート) による耐震補強とその効果が報告された。

1.8 PC ポール

T 1 (c)-6 においては、遠心成形 PC ポールの曲げ剛性を改善するための各種補強法について、実験的に検討を行った結果が紹介された。

1.9 部材特性

(1) ひび割れ幅、たわみ

T 1 (c)-2 では、実験結果に基づく新しい PPC 部材のひび割れ幅算定法が紹介された。また、同様に、T 1 (b)-2 でも、ひび割れ進展モデルの提案とそれに基づく PPC 部材のひび割れ幅およびたわみ算定法が紹介された。

(2) 曲げ (耐力・変形特性・靱性・エネルギー消散特性)

T 1 (c)-1 では、大地震時の PC 構造物の抵抗メカニズムと耐力の算定法が、また、T 1 (c)-5 では、中空 PC 桁の曲げ耐力と変形特性が述べられた。さらに、T 1 (d)-1 では、PPC 梁部材のエネルギー消散特性に及ぼす

各種要因の影響を実験的に検討した結果より、消散エネルギーに基づく損傷評価指標の提案が行われ、PT 1-2 では、PPC 梁部材の非線形履歴応答特性を実験的に検討した結果が紹介された。

(3) せん断 (耐力・破壊モード)

T 1 (d)-3 では、ウェブ開口を有する PC 梁部材の設計法が示され、また、T 1 (d)-4 では、PC 部材のせん断挙動に及ぼす軸力の影響を FEM により解析的に検討した結果が紹介された。

(4) ね じ り

T 1 (d)-5 では、純ねじりを受ける PC 部材の挙動に及ぼす断面形状・プレストレス量・かぶり厚の影響を実験的に検討した結果が、また、PT 1-7 では、実験結果に基づいた T 形 PC 梁部材のねじり耐力算定式が示された。

1.10 コストスタディ、最適設計

T 1 (d)-6 では、場所打ち PC 建築物とプレキャスト PC 建築物のコストスタディ結果が、また、PT 1-3 では、PPC 部材の最適設計法が紹介された。

2. 本テーマに関する研究の現状と動向

全体概要でも示したように、PC および PPC の耐震に関する研究について言えば、建築の分野ではプレキャスト構造を含む骨組の耐震性に関するものが多く、一方、土木の分野では、橋梁、タンク等の貯蔵施設に関するものが多い。これは、建築構造物を設計する際には、地震力の影響が支配的となるためであり、建築分野のコンクリート構造物の耐震設計イコール骨組の耐震設計といえることができる。一方、土木分野において、地震力の影響が支配的となる PC および PPC 構造物は、建築の場合と比べると相対的に少なく、その結果として、橋梁を例にとれば、上部工をいかにして地震から守るかという観点から、免震支承に関する研究や、橋梁全体の地震時の振動特性に関する研究が多くなっている。さらに、本テーマでは、コンクリート構造物の地震時の諸特性に関連するような、曲げ、せん断、ねじり等の部材特性に関する研究も数多く発表されており、よりよい耐震設計法の確立に向けての基礎研究の重要性もうかがえる。

以上のように、PC および PPC の耐震に関する研究の範囲はかなり広いが、地震力の影響が支配的であり、かつ、近年その施工の省力化から注目を浴びているプレキャスト骨組の耐震設計について以下に詳しく述べることにする。

3. プレキャスト骨組の耐震設計

近年、都市空間の有効利用という目的から、建築物の高層化および大型化に対する要求が強まっている。高層

および大型建築物を構造的にも経済的にも合理的に施工するためには、場所打ち RC 部材だけでなく、プレキャスト部材やプレストレスト部材を従来の RC 構造に積極的に導入せざるを得なくなってきた¹⁾。

我が国においても、建設省建築研究所の国際共同研究（日米共同研究：プレキャストコンクリート構造）をもとにプレキャスト部材を用いた建築物の耐震設計体系の確立に向けて研究が進められており（Precast Seismic Structural System, 通称 PRESSS）、その成果が期待されているところである。

また、本シンポジウムにおいても、セッション T 5 で「プレストレストコンクリート構造におけるプレファブリケーション技術」がテーマとしてとり上げられ、その中にはプレキャスト骨組建築物に関する研究も多数見られる。その具体的な内容は、後出のセッション T 5 に関する報告に譲るとして、ここでは、プレキャスト部材による骨組の耐震設計について、イリノイ大学の Hawkins 教授が、米国におけるプレキャスト/プレストレストコンクリート建築物の耐震設計規定に関する現状とその考え方について発表（T 1 (a)-2）を行っている。その内容を詳しく紹介することとする。なお、筆者の専門は土木分野であるため、用語の使い方に誤り等があるかもしれない。したがって、以下の記述において、主たる用語は原文のまま表記することをご容赦願いたい。

3.1 米国におけるプレキャスト骨組の耐震規定

現在、米国においては、プレキャスト耐震構造システムに関する規定を最新のものにすべく、BSSC (Building Seismic Safety Council) 内の小委員会 TS 4 (Cast-in-Place and Precast Concrete) を中心として、1991 NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings (以下 NEHRP 規定, NEHRP : National Earthquake Hazards Reduction Program) の第 11 章 Reinforced Concrete の改訂作業を行っている。

BSSC は、FEMA's 1985 NEHRP Provisions (FEMA : Federal Emergency Management Agency) と補助的なコメントを 1985 年に、また、FEMA's "Guide to Application of NEHRP Recommended Provisions" を 1987 年に発行した。

1985 年の NEHRP 規定の第 11 章には ACI 318-83 の Appendix A の耐震設計に関する規定が直接取り込まれていた。そこでは、プレキャスト PC 部材は、通常の場所打ち構造と同等の安全性と供用性が確保できることが証明されれば耐震部材として用いて良いことになっていた。しかし、現存するプレキャスト/プレストレストコンクリートの設計細目に関して、その安全性を証明

するデータはほとんどなく、結果として、1985 年の NEHRP 規定は、地震危険度の高い地域におけるプレキャスト/プレストレストコンクリートの使用を禁じていた。

1988 年の NEHRP 規定では、骨組の曲げ部材に対して、付着のある異形鉄筋とともにポストテンションの PC 鋼材を曲げ補強筋として使用することが認められたものの、その使用量は抑制されていた。しかし、ACI 318-83 の Appendix A を満足するプレキャストシステムの開発のためには何が必要かという詳しいコメントが付加された。そこでは 3 つのステップ、すなわち、①接合部や部材に対して、機能的で矛盾がなくまた信頼できる構造細目を選択すること、②接合部の塑性域における荷重-変形関係を実験的に検証すること、③接合部の荷重-変形関係と予測される地震動を用いた建築物の応答解析を行うこと、が必要であることを述べている。

1991 年の NEHRP 規定では、ボルトやスタッドアンカーに対する規定が取り入れられ、これにより、プレキャスト構造に対して更なる門戸が開かれたといえる。

3.2 1994 年の NEHRP 規定に対する TS 4 小委員会のプレキャストコンクリートに関する提案

TS 4 小委員会は、1994 年の改訂の最重要項目として、プレキャスト耐震構造システムの設計規定の開発を挙げている。しかし、1992 年までの研究の現状をレビューした結果、現状の知識では、場所打ち RC 構造と同等の性能を有するプレキャストシステムに対する設計規定を決めることしかできないと結論づけた。したがって、第 11 章の規定は、プレキャスト部材からなる構造システムが、場所打ち RC 構造と同等の強度および剛性に関する特性を有することを保証することを目的としている。しかし、一方では、ドライコネクションを用いて接合されたプレキャスト部材による耐震構造システムの開発に関して何が必要とされているかに関する附属書を第 11 章に加えるべき努力をしている。

1994 年の NEHRP 規定の第 11 章は、1992 年の改訂版 ACI 318-89 の耐震設計に関する第 21 章の規定を採用している。しかし、第 11 章ではプレキャストコンクリート構造を取り扱うため、ACI 318-89 にはない新しい 4 つの定義、すなわち、connection, joint, joint region および non-linear action location に関する定義を導入している。connection は 2 つのプレキャスト部材あるいはプレキャスト部材と場所打ち部材が相互連結される面をいう。joint は、交差する部材に共通な幾何学的部分（柱梁接合部）である。骨組に対する joint region は joint プラス joint 面から測って部材の断面域の 2 倍の長さ以内の部分と言う。パネルに対する joint region も同様に定義される。non-linear action loca-

tion は、塑性ヒンジ領域の中央、せん断すべり線あるいはそこから伸びている部材の midpoint である。

プレキャスト部材の connection は、strong, ductile あるいは extensible に分類され、ここでは 2つの方法を示している。1つは、strong connection を用いたプレキャストコンクリート骨組構造、もう1つは ductile connection を用いたプレキャスト骨組と壁を用いた構造である。

(1) 場所打ち RC 構造との同等性の確保

1) strong connection 構造

non-linear action location は、地震荷重下の骨組に対して強柱/弱梁の変形メカニズムが形成されるように選択しなければならない。連続する柱への梁の connection に対しては、non-linear action location は、梁高さの 3/4 より柱に近づいてはならない。梁と梁の connection に対しては、その位置は骨組の曲げ部材のどこでもよいが、梁高さの 3/4 より connection に近づいてはならない。連続する梁への柱の connection および柱と柱の connection に対しては、その場所は joint 外側の梁の長さのうちのどこでもよい。柱基部でのエネルギー消散が要求される柱のフーチングへの connection に対しては、connection は、考慮されているメカニズムの方向における柱の幅の 3/4 よりフーチングに近づいてはならない。ウェットコネクションは strong connection に対しては許容されているが、ヒンジ部では許容されていない。

strong connection の断面設計は以下の式に基づいて行わなければならない。

$$\phi S_n^{connection} \geq 1.1 S_n^{frame} \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 S_n は断面の公称強度（モーメントあるいはせん断）、 ϕ は強度低減係数（モーメントに対して 0.80、せん断に対して 0.85）、 S_n^{frame} は non-linear action location を考慮して決定された荷重（モーメントあるいはせん断）である。strong connection に対して要求される強度は、non-linear action location と connection の間の距離、その場所での非線形挙動の強さおよび予想される非線形変形メカニズムに影響される。

例えば図-1 に示した連続する柱への梁の connection について考える場合、A-A における strong connection は降伏したり滑動したりすることを許されないため、曲げおよびせん断の両者に対する公称強度 $S_n^{connection}$ は、ヒンジ位置における強度 M_{pr1} および M_{pr2} に対応する強度よりも大きくななければならない。図-1 (b) は曲げに対する状況を表し、A-A 断面が設計されるべきモーメント $S_n^{connection}$ に対する S_n^{frame} の求め方を示している。A-A 断面が設計されるべきせん断力は、 M_{pr1} および M_{pr2} を伴うせん断力から求めることができる。ACI 318-89 では、 M_{pr1} および M_{pr2} は $\phi=1.0$ および鉄筋の応力として少なくとも $1.25 f_y$ 以上を用いて計算される。

1階より上の柱に対しては、joint におけるモーメントは、joint に連結される梁の曲げ強さによって制限される可能性がある。強柱/弱梁の変形メカニズムに対しては、梁端部のモーメントは、上下の柱が同等の剛性を持っていても、上下の柱には均等に分配されないことが示されている。したがって、柱と柱の connection で

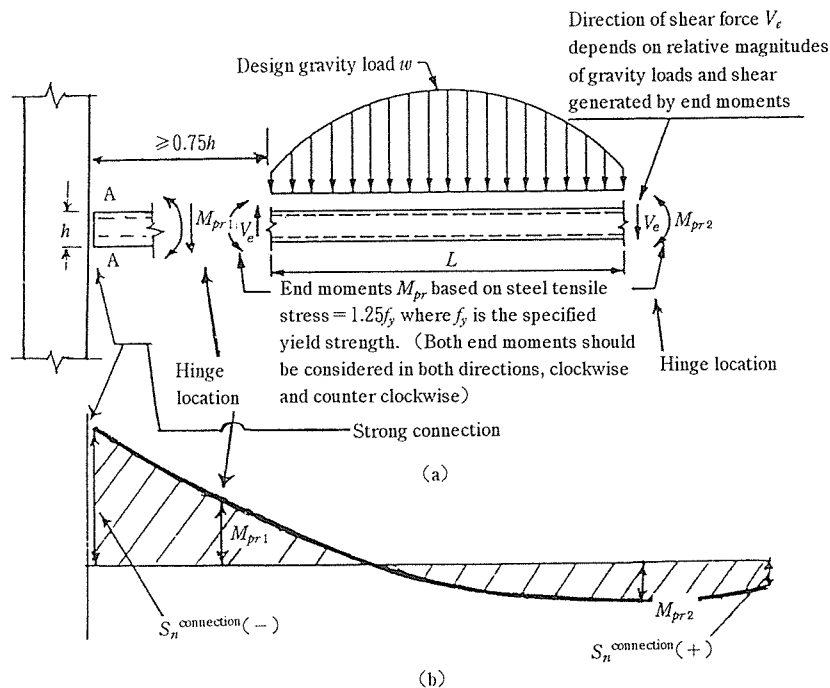


図-1 連続する柱と梁の Strong connection に対する設計力

は、公称モーメント耐力の ϕ 倍は、階高以内の柱に対して最大予測モーメント M_{pr} の0.4倍以下とならなければならない。この規定は中層階の柱の connection に対して適切な強度を確保するために必要なものである。

2) ductile connection 構造

ductile connection の設計は、場所打ち RC 構造と同等あるいは優れた特性を構造物に付与するような joint region の設計を行うことに帰着する。connection が要求される非線形特性を有しているかを検証するためには、通常試験が必要とされる。

ductile connection は骨組あるいは壁システムとともに用いることができる。しかしながら、水平荷重下でのその構造物の変形形状は、場所打ち RC 構造と同等でなければならず、構造物全体の変形に対する connection での rocking や sliding の影響を考慮しなければならない。骨組部材の上下軸方向主鉄筋および壁の付帯柱の主筋等の境界鉄筋 (boundary reinforcement) は connection を貫通して連続していなければならない。また、引張・圧縮の両方において少なくとも $1.25 f_y$ 以上の応力を発揮できなければならない。スリーブによる継手や鉄筋の溶接など特別な機械的な接続具 (connector) が通常必要とされる。

ductile connection の設計は、connection モーメントに対する耐力 M_{pr} は予想される強度に達していること、あるいは connection せん断力に対する耐力 S_{pr} は予想される強度に達しているという仮定に基づかなければならない。connection 耐力が M_{pr} のとき、同時に存在するせん断力 S は、非線形挙動修正係数 $0.47 \phi_s$ の $\phi S_n^{\text{connection}}$ 倍を超えてはならない。 ϕ_s は、正負交番繰返し載荷に対する係数であり、最大値の50%以下での交番せん断に対しての1.0から、完全な交番せん断に対しての0.8の間で、線形的に変化する。逆に、connection 耐力が S_{pr} のとき、同時に存在する曲げモーメント M は $\phi M_n^{\text{connection}}$ を超えてはならない。予想されるモーメント耐力 M_{pr} は、 $\phi=1.0$ および鉄筋応力を少なくとも $1.25 f_y$ として決定される。せん断すべりに対して予測されるせん断耐力 S_{pr} は、せん断摩擦の考え方に基づいて決定される。予測されるモーメントおよびせん断強度、および公称モーメントおよびせん断強度を計算する際には、軸力の影響を考慮しなければならない。また、connection に対するせん断強度は、その connection に接続されている部材のせん断強度よりも大きいと考えるべきではない。

図-2に示すようなプレキャストパネルからなる壁を考える。ここでは、connection A-Aに作用しうるせん断力を以下の3つのうちの最小値以下に制限している。①A-Aより上のプレキャスト部材のせん断耐力、

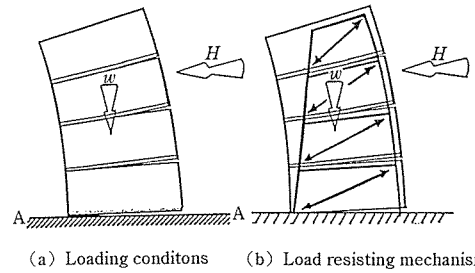


図-2 壁に対する条件

②A-Aに沿ったすべりに対するせん断耐力、③予想される connection モーメント耐力 M_{pr} に関連するせん断耐力。そのモーメント耐力は、A-A面を横切る boundary reinforcement に $1.25 f_y$ の応力を生じさせる荷重作用高さ H に対応する。 H によるモーメントが boundary reinforcement に $1.25 f_y$ の応力を生じさせる場合、connection に沿うすべりを生じさせるせん断力は、もし鉄筋応力が $1.25 f_y$ 以下なら、それより小さな値となる。すべりを生じさせるせん断力は、ひび割れ幅が増加すると減少する。鉄筋応力が f_y 以下に制限される時のみ、せん断強度はせん断摩擦理論によって与えられる値となり、そのせん断摩擦値は交番せん断の影響を考慮して修正しなければならない。場所打ち壁とプレキャスト壁のせん断抵抗メカニズムは、作用するモーメントが水平 connection の開口を生じさせるような場合は、明白に異なることを念頭においておかなければならない。プレキャスト壁に対しては、水平方向のせん断力は、圧縮されたコンクリートのみによって有効に伝達され、壁は、図-2 (b)のトラスメカニズムが生じるように補強しなければならない。横方向の鉄筋は、圧縮対角線における力の水平成分と十分釣り合うようにパネルの上縁に配置しなければならない。

(2) structural diaphragms

プレキャスト床および屋根システムのダイアフラムとして用いられる topping slab の最小厚さは、2.5インチとする。それらの connection は、せん断力を chords, collector および抵抗部材に伝達するための完全な荷重経路が得られるように詳細設計されなければならない。

untopped プレキャスト部材は、以下の場合ダイアフラムとして用いることができる。①水平力を chords, collector および抵抗部材に伝達する完全な荷重経路が存在する場合、②chords および collector が連続しており、connection が補強材の強度および chord を与える部材の強度を発揮させることができる場合、③各部材がそれを支持する部材に対して、部材質量の少なくとも $0.33 A_v$ (A_v : effective peak velocity-related acceleration) 倍の力を発揮できるタイで接続されている場合。そのようなタイは、ダイアフラムの力が水平力に対

する抵抗システムに伝達されることを確実なものにする必要があるとともに、部材が大地震時に支持部材から脱落しないことを保証する必要がある。タイとして機械的な connection が用いられる場合、それらは2つの基本的な役割を有すると考えられる。すなわち、connection に対する定着を与える embedment および接合面を横切る connector としての役割である。embedment の耐力は、connector の耐力よりもかなり大きくなければならない。結果として、embedment は予測される connector の耐力の1.4倍で設計される。また、connector は、もし embedment が部材を横切って連続的にタイで繋がれていなければ、 $\phi=0.5$ を用いて設計される。したがって、 $\phi=0.7$ を用いてよい。タイの設計は、温度、乾燥収縮とクリープ、地震による支持部材の塑性変形、建設方法および建設中の考えられる動きを考慮しなければならない。

3.3 第11章附属書 interconnected プレキャスト部材からなる構造システムに対する提案

地震危険度がそれほど高くない地域では、適切な強度、剛性およびエネルギー消散特性を有する構造システムは、ボルト、溶接あるいはドライコネクションのみからなる同様の方法を用いてプレキャスト部材で建設してもよいと考えられる。しかし、プレキャストコンクリート構造に典型的に用いられるドライコネクションのうちのいくつかは、一方向荷重下では適切な強度を有しているものの、正負交番荷重下ではそうでないことが示されている。正負交番荷重下では、ボルトであろうが溶接であろうがそのような connector は靱性に欠ける。例えば、コーベル (corbel) は靱性に対して障害となる。なぜなら、支持物が適切に設計されていない場合、梁端部はコーベルの縁部で回転し、その結果、柱に対する負方向モーメント connection にてこ作用 (prying action) を生じさせ、また、connection を構成する鉄筋、inserts, welds にかんがりの2次応力を生じさせるからである。てこ作用は鉄筋のよじれ、鉄筋を囲むコンクリートの剝離・剝落を生じさせ、その結果、正負交番作用および回転の増大ともなって強度が許容レベル以下に急速に低下する。このようなことを考慮すれば、ドライコネクションを用いて建設されるシステムに対して用いられる応答修正係数 R および変形増幅係数 C_d が、場所打ち RC 構造のそれらより小さいものになることは避けられない。

附属書の提案においては、interconnected プレキャスト部材からなる RC 構造システムは、以下の場合水平力に対する抵抗システムとして許容される。① connection region の荷重-変形関係が試験、および試験結果に基づき建築物の connection region を綿密にシ

ミュレートしている解析モデルの使用により確認されており、かつ、②建築物の応答が、connection および joint region の荷重-変形関係とそれらに接続されているプレキャスト部材の荷重-変形曲線を用いて解析される場合。

基本的な構造および地震力抵抗システム、地震に対する挙動の分類、建築物の高さの制限値は、NEHRP の本文に規定されているものと同様にすること、表-2に示すように、 R および C_d は、connection の挙動カテゴリーと場所打ち RC 構造の R および C_d の関数とすることが提案されている。ただし、設計に際しては以下のことを確認しなければならない。①弾性変形の C_d 倍の変形における全荷重経路の完全さ、② connection と joint region の荷重-変形曲線、これは、水平力が構造物の頂部に任意の方向に作用する場合、構造物の基部より上の高さが増加すれば変形が増加するような構造に対しては横方向の変形状態に帰着する。これらに加えて、てこ作用あるいは弾性変形の C_d 倍の水平変位における rocking の可能性を照査しなければならない。

表-2 R および C_d と挙動カテゴリー

Response Modification Coefficient R	Deflection Amplification Factor C_d	Seismic Performance Category A & B C D E			Connection Performance Category
1 1/2	1 1/2	P	NNN		A
$1\ 1/2 \leq R \leq R_m/2$	$1\ 1/2 \leq C_d \leq C_{dm}/2$	P	PNN		B
$R_m/2 \leq R \leq R_m-1$	$C_{dm}/2 \leq C_d \leq C_{dm}-1$	P	PPP		C

$R_m=R$ value for monolithic concrete construction
 $C_{dm}=C_d$ value for monolithic concrete construction
 P=Permitted, N=Not Permitted

connection およびある部材においてそれらを囲む connection region および joint region は、試験結果に基づき、挙動カテゴリー A, B および C に分類しなければならない。①カテゴリー A に対しては特別な要求事項はない。②カテゴリー B に対しては、connection およびそれを取り囲む connection region, joint region は、建築物システムに対する強度レベルが公称強度に等しい場合は、それらに課せられた要求に対して安定した繰返し塑性変形特性を有しなければならない。③カテゴリー C に対しては、connection およびそれを取り囲む connection region, joint region は、選定された R 値に対して要求されるものと等価な建築物の挙動を確保するために、適切な剛性、強度およびエネルギー消散能を有していなければならない。

与えられた connection の挙動カテゴリーは、①接続されるプレキャスト部材間あるいはプレキャスト部材と場所打ち部材の接合面を横切る connector の特性、②connector における力をプレキャスト部材に伝達するための手段である connection に対する定着部の特性お

よび③定着部からの力がそこを通過して部材に対して一様な応力になるように流れる部分である connection region の特性に影響される。

カテゴリー B および C に分類される connection に対しては、connector における引張あるいはせん断伝達力に対する定着部は、溶接または同様の方法あるいは適切なラップ長によって、プレキャスト部材あるいは場所打ち部材の主鉄筋に直接接続されなければならない。カテゴリー C に分類される connection に対しては、公称強度時に接合面において応力が作用する領域の面積は、接合面から測定して断面最大寸法と等しくなる距離における部材断面積の少なくとも 30 % 以上でなければならない。この制限は、connection における塑性変形の集中を、それらが隣接するプレキャスト部材のかなりの部分に応力を伝え、場所打ちコンクリート構造の挙動をより近く模倣するように設計することにより減じるためのものである。

4. ま と め

以上に示したように、建築の分野においては、近年、我が国をはじめ米国においても、その施工の省力化から

プレキャスト部材を骨組の部材として使用することが注目されてきており、官学が一体となって日米間でも共同研究がなされているようである。本報告では、米国におけるプレキャスト/プレストレストコンクリート耐震構造システムの設計法について詳しく述べたが、T 1 (b)-3 においても、プレキャスト耐震建築物の接合部の詳細設計に関する発表が行われており、この方面の研究者には大いに参考になるものと思われる。

一方、土木の分野においては、橋梁、タンク、杭をはじめ、種々の分野で耐震に関する研究が行われていることがわかる。特に、橋梁の分野では、上部工に作用する地震力を緩和するための免震支承を用いた橋梁の耐震設計に関する研究が近年多くなりつつあるようである。

さらに、地震時に要求される靱性や変形性能、エネルギー消散能に関する基礎的な研究も数多く行われており、PC 構造物のよりよい耐震設計法の確立に向けて今後も更なる研究が進められていくものと思われる。

参 考 文 献

- 1) 中田慎介：建築におけるプレキャスト化の現状と将来、コンクリート工学, Vol. 30, No. 11, pp. 8-11, 1992