

耐震性能評価に基づく PC 構造の優位性

平井 圭*

1. はじめに

国民の社会生活基盤を支えている建築構造物は、近年の活発な技術開発によって多岐にわたる構造形式が確立されつつあり、デザイン性、構造安全性、耐久性といった複雑に相関する要求についても対応可能となってきた。

一方で、直近の発生が危惧されている震度 5 以上（レベル 2）の大地震に関する対策は、耐震構造、制震構造、免震構造などの単独あるいは組み合わせた構造形式の採用によって、一定基準の性能は確保されるようになっている。

しかしながら、阪神・淡路大震災においては、1981 年以降の新耐震基準にて設計された構造物は、破壊・倒壊等の被害は免れたが、被災後の構造物の使用性は確保できておらず、「人命保護」という役割は果たしたものの、構造物の資産価値を保持することは困難なものであった。

建物の資産価値を評価する概念として、PML（Probable Maximum Loss：予測最大損失率）による評価が注目されてきている。PML とは、保険業界で使われてきた地震リスクに対する不動産の資産価値を表す指標であり、最近では、建築業界においても地震に対する構造性能の評価方法として採用して、当該建物の耐震性を構造計算以外の方法で評価している。従来の構造計算のみならず、資産価値をも含めた耐震性能評価を行うことで、使用性や修復性を考慮することができる。

本稿では、過去に行われた試験結果をもとに、コンクリート系構造形式の違いによる耐震性能を比較検討するとともに、PC 構造の耐震性に関する優位性を紹介する。

2. 構造形式の違いによる性能比較

2.1 PC 圧着工法の地震時変形性能

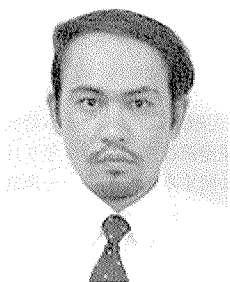
従来、RC 造は耐震性に優れ、PC 造は耐震性が劣るといわれてきた。これは、地震による入力エネルギーが部材によって分散・吸収された方が建物全体の破壊や倒壊に至らないという考えに基づいたものであるが、近年の研究によ

って PC 造においても PC 圧着関節工法を用いることによりエネルギー吸収させる場所を限定したり、エネルギー吸収を起こさせる時期をコントロールしたりすることが可能となり、耐震性向上につながるという報告がなされている。ここでいう PC 圧着関節工法とは、プレキャスト PC 部材の接合部にコーベルを設け、部材同士（柱-梁）の接合に PC ケーブルを使用して、その緊張導入力を降伏荷重の 50% とする工法である。図 - 1 に従来の PC 圧着工法と PC 圧着関節工法の柱-梁接合部の概要図を示す。PC 圧着関節工法では、地震時の入力エネルギーに対して、接合目地部に破壊を集中させる（目地を離間させる）ことによってエネルギー吸収を局限化し、他の部分に損傷を与えないようにする。また、緊張材は一般の PC 圧着工法に比して初期導入力が小さいため、緊張材の降伏は遅くなる。さらに梁端部に作用するせん断力は柱に設けられたコーベルによって負担させるため、層間変形角が増大した場合でも梁の圧着面が鉛直方向にずれることはない。

写真 - 1 に RC 試験体、従来 PC 圧着工法試験体、PC 圧着関節工法試験体の正負交番載荷を行ったひび割れ発生状況を示す。いずれの試験体も層間変形角 $1/25$ rad 時のひび割れ発生状況である。RC 試験体では、パネルゾーンに著しいひび割れの発生が認められ、さらに梁にもひび割れが多数発生している。従来 PC 圧着試験体では、梁のひび割れは少なく RC 試験体よりは損傷が少ないものの、やはりパネルゾーンには多数のひび割れが確認できる。一方、PC 圧着関節工法試験体では、梁、柱にはひび割れはほとんど発生しておらず、パネルゾーンのひび割れも非常に少ないことから、エネルギー吸収が目地部で行われていることがわかる。この結果から、PC 圧着関節工法は、地震時の損傷を能動的に制御することが可能であり、地震後の修復性も優れていることがわかる。

2.2 耐震性能評価による比較

各工法の正負交番載荷試験から判明したように、RC 構造、従来 PC 圧着工法は、ごくまれに発生する震度 5 以上の地震に対して、建物の著しい破壊や倒壊はしないが、地震後の建物の使用性は損なわれ、資産価値が著しく低下する。一方、PC 圧着関節工法は、地震後も損傷部が軽微で、また損傷箇所もかぎられていることから修復が可能であり、資産価値の低下がほとんどないといえる。このことを耐震性能レベルマトリクス²⁾によって評価すると表 - 1 に示す結果となる。表中の●印よりも右側は、耐震基準を満たしていない構造である。●印は基本目標性能であり、RC 構造はこのレベルに対応している。○印は、RC 構造と従来 PC 圧着工法と免震や制震構造を組み合わせた構造に対応



* Kei HIRAI

黒沢建設(株) 技術部

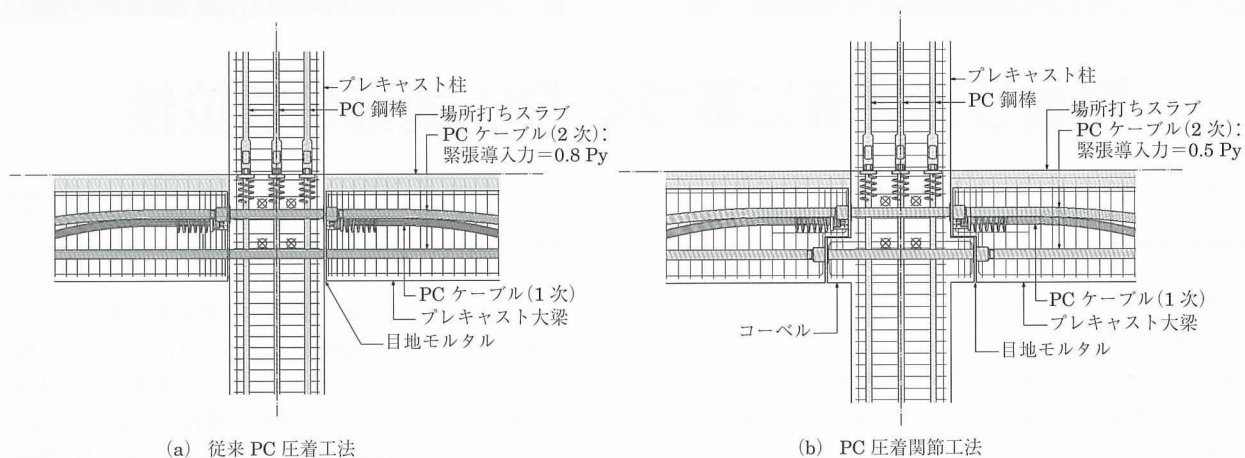


図 - 1 PC 圧着工法の部材接合部概要図

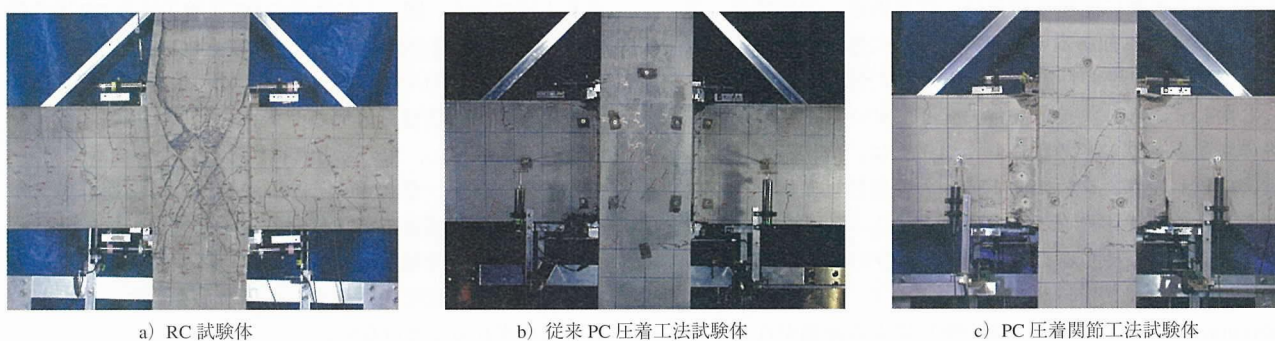


写真 - 1 正負交番載荷終了後のひび割れ状況 (層間変形角 1 / 25 rad)

表 - 1 耐震レベルマトリクス

設計地震レベル	再現期間	耐震性能レベル			
		完全に使用可	使用可	人命保護	崩壊寸前
頻繁 (43年)	頻繁 (43年)	●	×	×	×
	時どき (72年)	○	●	×	×
	まれ (475年)	◎	○	●	×
	非常にまれ (970年)	◎	◎	◎	◎
		PC 圧着関節構造	PC 構造	RC 構造	基本性能

表 - 2 PML と予想される被害の例

PML (%)	危険度	予想される被害
0 ~ 10	きわめて低い	軽微な構造体の被害
10 ~ 20	低い	局所的な構造体の被害
20 ~ 30	中位	中破の可能性が高い
30 ~ 60	高い	大破の可能性が高い
60 ~	非常に高い	倒壊の可能性が高い

し、◎印は、PC 圧着関節工法に対応している。

これらの性能をさらに定量的に区分して表現する方法として PML 評価がある。PML 評価では、地震によって想定される被害の大きさから PML 値を算出している。PML は、予想される最大の損失（補修して再使用するための費用）と再調達費用（新築した場合の費用）の百分率で求められる。表 - 2 に PML の区分と予想される被害の例³⁾を示す。新耐震基準によって設計された建物は、PML が 10 ~ 20 % 程度になることが一般的とされている。PC 圧着関節工法は、前述の載荷試験の結果から PML が 10 以下となると考えられる。

3. おわりに

以上、建物の構造形式による耐震性能の比較検討について

て述べてきた。PC 建築は、耐震性に優れ、プレストレス導入効果によって部材応力を積極的に制御することが可能な構造である。とくに、プレキャスト PC 建築は、品質管理の行き届いた工場で作材が製作され、施工現場においても型枠材等の廃材が最小化でき、工程も短縮できることから構造的な性能のみならず、さまざまなメリットが発生する工法である。

超高層集合住宅においては、RC 積層工法に先行を許しているが、これからは PC 構造の耐震性が評価され PC 建築が超高層集合住宅にも積極的に採用されることを願っている。

参考文献

- 1) 中野清司，他：PC 圧着関節工法による損失制御設計に関する研究（その 1～その 6），日本建築学会大会学術講演梗概集，2003 年 9 月
- 2) 損害保険料算出機構：地震危険度指標に関する調査研究，～地震 PML の現状と将来～，2002 年 12 月
- 3) 日本建築構造技術者協会 HP：地震リスクと予想最大損失率

【2006 年 10 月 11 日受付】