

## アンボンドPC圧着プレキャストコンクリート造実大2層骨組の施工実験及び水平載荷実験 (その9 ヘルスマニタリング)

東急建設(株)	正会員	○竹田	史朗
東北大学	正会員	前田	匡樹
(株)日建設計		朝賀	亮太
(株)フジタ		高森	直樹

### 1. はじめに

本研究は、アンボンドPC鋼材を用いた架構による、生産性・改修性・解体性能の向上や地震時の損傷制御などを研究対象として、事務所ビルへの適用を目指している。新構造システムの有する長期耐久性能を活かし、長寿命化を実現するには、建築物の状態を把握し、必要な維持管理を行なうことが求められる。また、本システムは、事務所ビルであることから、BCP（事業継続計画）を策定することを想定し、緊急時に事業の継続・早期復旧を可能とすることが重要である<sup>1)</sup>。

ヘルスマニタリングに関する研究は、センサの開発と解析手法に大別され、多くの研究成果が報告されている。しかし、ヘルスマニタリング技術がますます注目される一方で、その普及は未だ限定的である<sup>2)</sup>。その要因の一つとして、市販のセンサやシステムが高価であることが考えられる。

本報では、新構造システムによる構造形式と、対象とする建物用途を考慮して、ヘルスマニタリングの計画および運用について報告し、現実的な手法を提案する。また、本手法を実大架構試験体に適用し、大規模地震を想定した水平載荷実験によって、提案した手法の実用性を検証する。

### 2. 新構造システムの導入

対象とする建物について、既往のセンサとシステムを利用した、ヘルスマニタリングの例を図1に示す。建物用途が事務所ビルであることから、各リスクへの対応と経済性に配慮して、ヘルスマニタリングにより得られる情報と、要するコストとのバランスを考慮する必要がある。しかし、地震後のPC鋼材の状態を把握し、建物全体としての健全性を判断するためには、多量のセンサを設置し、高価なシステムを構築することが必要となる。そのため、新構造システムの導入には、安価で簡易な仕組みのセンサを考案することが重要となる。

本構造形式の特徴は、アンボンドPC鋼材で部材が接続されていることである。これより、アンボンドPC鋼材の交換が可能であり、PC鋼材の状態を把握することが、下記に関する部材交換の判断指標となる。

- ①地震や火災後にPC鋼材が降伏していないか
- ②経年劣化に伴うPC鋼材破断の危険性はないか

本報では特に、上記①の地震に着目し、地震後にPC鋼材が降伏していないか判断するための仕組みを提案する。

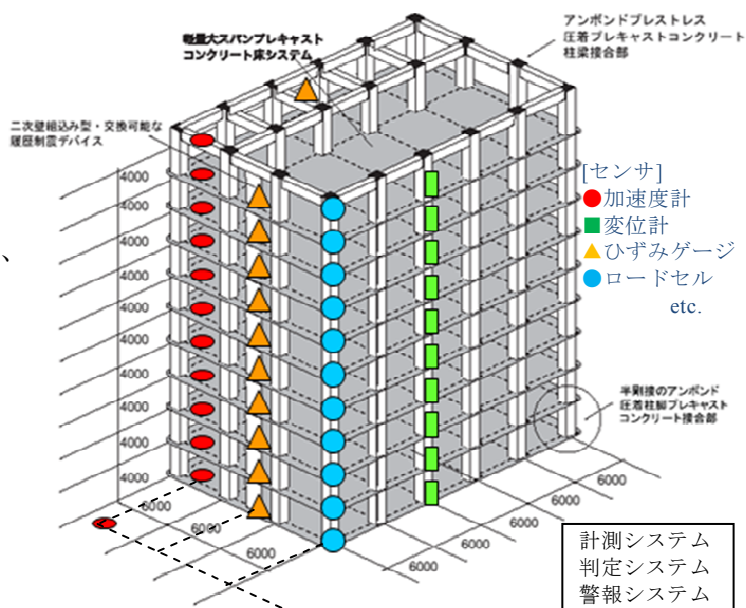


図1 既往のセンサによるヘルスマニタリングの例

### 3. ヘルスモニタリング

#### 3.1 ヘルスモニタリングの計画

建築物のヘルスマニタリングは一般に、建築物全体の状態変化を対象とするものと、部材・材料レベルなど建物内の局所的な状態変化を対象とするものに大別される。

前者は加速度計等のモニタリングにより、建物全体の動特性の変化を把握するもので、比較的少数のセンサにより建物全体の状態を把握することが可能であるが、新構造システムの特徴であるアンボンドPC接続部の状態を把握することは困難である。後者はアンボンドPC接続部の状態を把握することが可能であるが、建物全体の状態を把握することに適さない。しかし、新構造システムは、高い弾性復元性の特色を有しており、アンボンドPC接続部の状態を把握することで、建物全体の健全性を把握することが可能であると考え、本報では後者についてヘルスマニタリングを計画する。

#### 3.2 ヘルスモニタリングの運用

ヘルスマニタリングの運用にあたっては、事業継続計画を策定することを想定して、計画から対応までを考えた実行性のあるPDCAサイクルを考える。さらに、リスクマネジメントや地震損失コストも考慮したライフサイクルコストの検討を行い、リスク評価の精度を高めることが望ましい。新構造システムにおいては、PC鋼材に対する判断基準と対処方法などの明確化によって、より実行性のある事業継続計画を策定することが可能である。

#### 3.3 ヘルスモニタリングの手法

建築物のヘルスマニタリングは、大きく2つの目的に分類される<sup>3)</sup>。新構造システムに適用する、ヘルスマニタリングの目的と対処を表1に示す。ここでは(2)を対象として、大規模地震の発生後に、建物の継続・復旧・排除を早急に判断する手法を報告する。

ヘルスマニタリングによる診断フローの一例を図2に示す。判断指標はPC鋼材の緊張力として、PC鋼材の緊張力を検査することで、再緊張や部材の交換、解体・廃棄を判断する。

しかし、緊張力を計測するようなセンサを設置し、計測システムを構築することは、経済性の観点から導入が難しい。そのため、梁端の目地部に生じる離間幅を計測することで、PC鋼材に発生する降伏の有無を確認する。

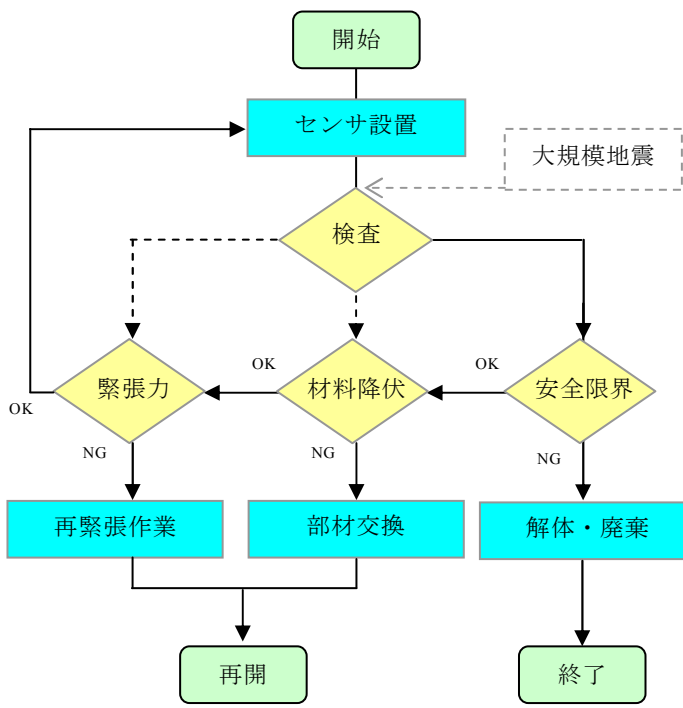


図2 診断フローの一例

表1 ヘルスモニタリングの計画

目的	検査	対処
(1)地震の発生時に新構造システムの有する耐震性能を発揮する	平常時にPC鋼材の緊張力が適切であるか確認	緊張力の低下が見られたら、再緊張作業により性能を回復させる
	平常時にPC鋼材が健全であるか確認	腐蝕や疲労が見られたら、部材交換により建物を修復する
(2)大規模地震の発生後に事業を継続する	地震発生時に生じるPC鋼材降伏の有無を確認	建物の継続・復旧・排除を早急に判断する

#### 4. 簡易な離間計測

本報では、結束バンド（写真1）を利用した離間計測装置を紹介する。結束バンドは、1方向にのみ進行する機構を持ち、バンドとロック用部品で構成される。バンドは歯形の形状を有するため、一度ロック用部品を通過すると、もとは戻らない。この性質を利用して、部材端部が開くときに、バンドがロック用部品を通過する量を計測し、最大の離間幅を記憶する（図3）。判定指標の例を表2に示す。ロック用部品を通過するバンドの色を確認することによって、PC鋼材が降伏したかを判定する。また、離間幅より層間変形角を推定することを考え、アンボンドPC接続部の状態と併せて、建物全体の健全性を把握することを可能とする。

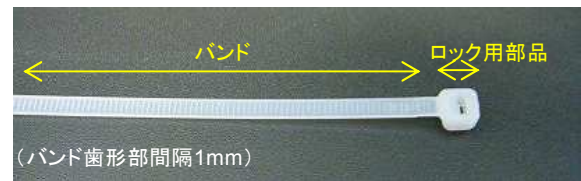


写真1 結束バンド

**表2 ヘルスモニタリングに関する判定指標の例**

限界状態	軟化開始時	圧縮強度時	材料降伏時	終局限界時
柱梁接合部	離間発生	損傷限界	PC鋼棒降伏	安全限界
層間変形角	R=1/400	R=1/200	R=1/100	R=1/50

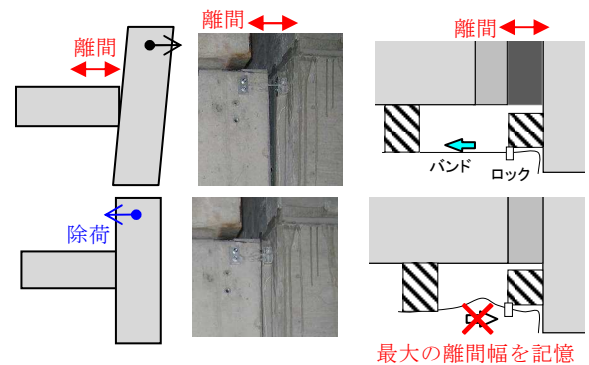


図3 結束バンドによる計測

#### 5. 実大架構試験体による検証

前報(その1)から(その8)で報告した実大架構試験体による水平荷重試験において、梁端部の簡易な離間計測を実施した。図4に、実大架構試験体と計測位置を示す。離間計測装置は、2階梁の上端と下端に設置した（写真2）。計測位置には、変位計が設置されており、結束バンドを利用した簡易な離間計測装置との対応関係を検討する。各実験に使用したPC鋼棒と試験体の状況を表3に示す。

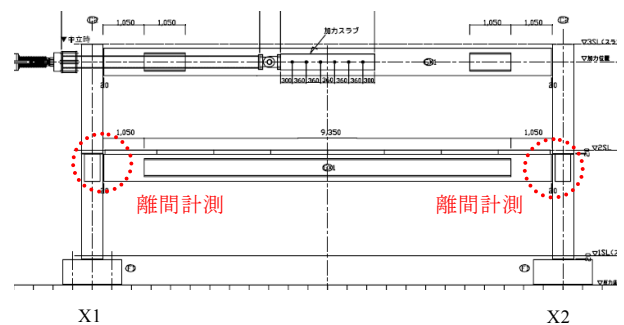


図4 実大架構試験体と計測位置

表3 各実験に使用したPC鋼棒と試験体の状況

実験VI-2	PC鋼棒 13φ	損傷限界の前
実験VI-3	PC鋼棒 17φ	PC鋼棒が降伏する
実験VI-4	PC鋼棒 17φ(交換)	降伏カニズム形成

梁端における離間計測値の一部を図5に示す。離間計測装置が、荷重実験によって生じる最大の離間幅を記憶していることが分かる。加力サイクルの各ピークにおいて、最大の離間幅と変位計による計測値との対応を検討する。層間変形角R=1/200までは、離間計測装置と変位計との対応は良好でない。これは、バンドの歯型部の形状により、1mm間隔の計測になるためである。層間変形角R=1/200以降は、離間計測装置と変位計は良好に対応している。

装置の機構上、計測装置として十分な精度を有していないものの、中～大変形時においては、離間計測装置が変位計の最大値を概ね記憶していることを示した。

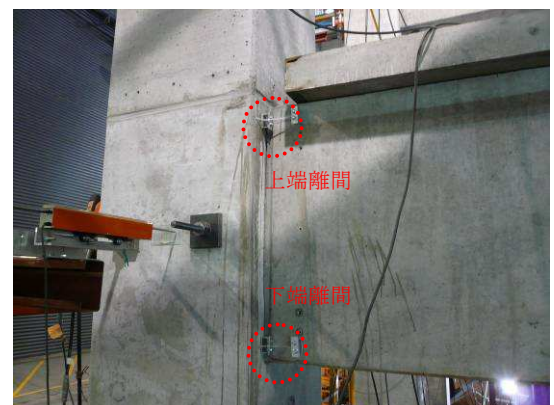


写真2 離間計測装置の設置状況

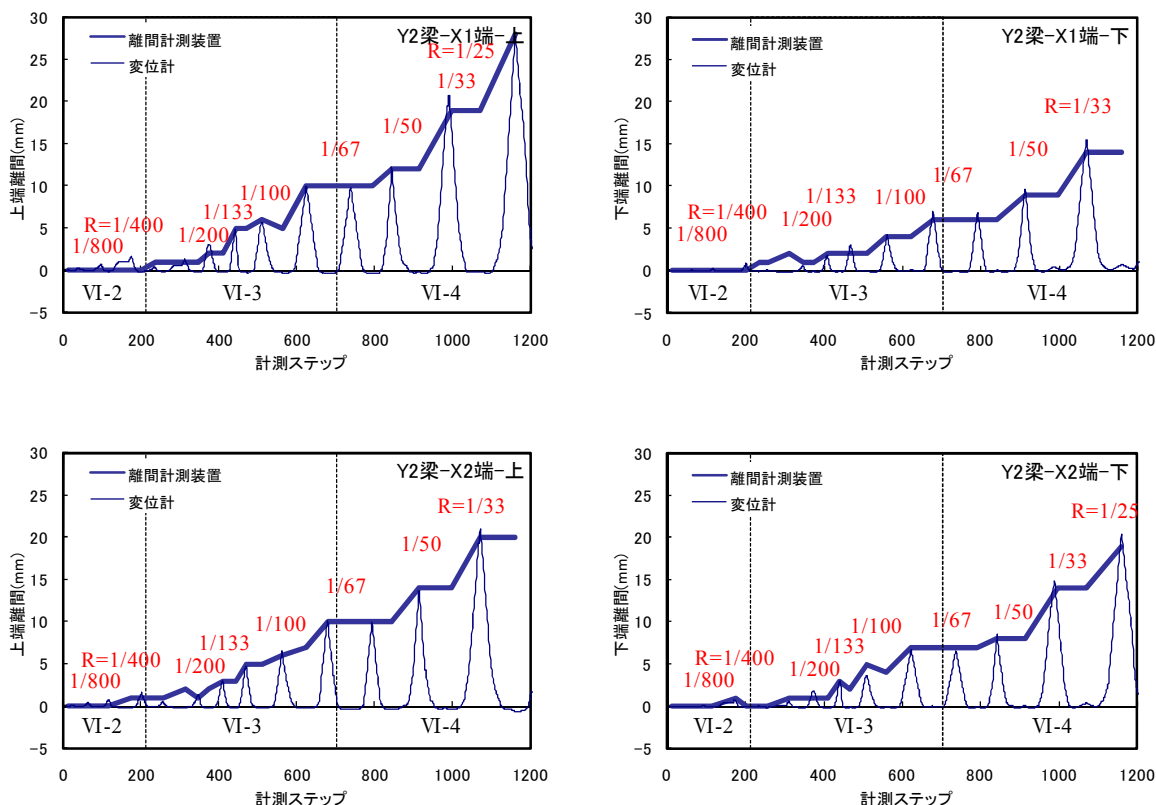


図5 梁端の離間計測値

6. BCPの策定

BCP (事業継続計画) を策定することを想定して、目標復旧時間を設定するための復旧曲線の例を図6に示す。大規模地震が発生したときに、ヘルスマonitoringを活用することで、建物の継続使用や再緊張作業、部材交換やリユース、解体・廃棄処分を行なうことを判定する。これによって、事業継続計画における目標復旧時間の設定と災害発生時の事業の早期復旧を可能とする。

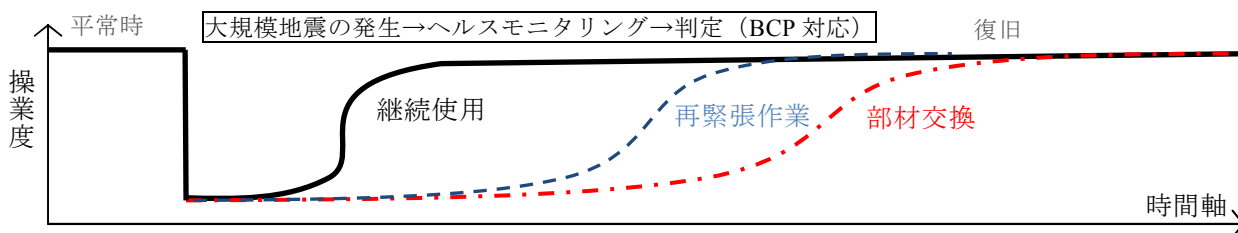


図6 BCPによる復旧曲線の例

7. まとめ

ヘルスマonitoring導入計画の一例を提案し、安価で簡易な計測装置の一例を報告した。今回確認したのは静的繰り返し载荷によるもので、実際の地震でモニタリングが可能であるか確かめる必要がある。新構造システムの長期耐久性能を活かし、本システムの耐震性を適切に判定するため、特にフロー図や判定指標、計測項目について、今後も検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) 民間と市場の力を活かした防災力向上に関する専門調査会：事業継続ガイドライン,内閣府防災担当,2005.8
- 2) 日本建築学会構造委員会振動運営委員会：構造ヘルスマonitoringがつくる安全・安心な建築空間,2008年度建築学会大会 (中国) 構造部門 (振動) パネルディスカッション資料,2008.9
- 3) 楠浩一：建築物の地震後の残余耐震性能評価,コンクリート工学,Vol.44,No.5,pp.102-105,2006.5