

**被災構造物の復旧性能評価研究委員会**  
**H17年度 WG2「損傷評価ワーキング」 第2回議事録(案)**

日時：2005年12月2日(金) 14:00～17:00

場所：(社)日本コンクリート工学協会 12F 第1会議室

出席者：河野(幹事), 小林(幹事), 稲熊, 鈴木, 田才, 北嶋, 林(事務局), 田嶋(記録)  
以上8名

欠席者：岡野, 北山, 前田

資料

WG2-2-1 H17年度 WG2「損傷評価ワーキング」第2回議事次第

WG2-2-2 第2回WG2：損傷評価 資料(田嶋)

WG2-2-3 キーワード一覧(河野)

WG2-2-4 RCラーメン高架橋の地震時損傷度評価法に関する実験的研究(稲熊)

WG2-2-5 RCラーメン高架橋の地震時損傷レベルの評価に関する研究(稲熊)

WG2-2-6 キーワードに関する資料集(北嶋)

WG2-2-7 文献 Damage Spectra : Characteristics and Applications to Seismic Risk Reduction (田嶋)

WG2-2-8 文献 Automated Multicriterion Building Damage Assessment From Seismic Data (田嶋)

WG2-2-9 既存RC造建物の弾塑性挙動に関する3次元FEM解析(田嶋)

WG2-2-10 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説  
6. 柱部材の性能評価法(河野)

WG2-2-11 JCI被災構造物の復旧性能評価研究委員会(WG2-2)資料(稲熊)

議事内容

1. WG2の活動について(資料No.WG2-2-1)

河野幹事より, 資料No.WG2-2-1に基づいて, 今後のWG2の活動について説明があった。

- ・次回, 本委員会までにWG2の具体的な活動内容を示せるように早急に準備を進める。各WGの位置付けを考えた場合, 外乱による性能の劣化程度を指標化する方法を本WGにおいて提案することも, 活動内容の大きな柱としたい。
- ・今回および次回WGにおいては, 本研究委員会(本WG)に関するキーワードの定義を毎回3つ程度示すこと。これにより, WGメンバーの意識がどの方向に向いているかも確認したい。
- ・損傷評価に関連する文献に関して, 国内の基本的な文献(例えば, 耐震診断基準や被災度判定など)を整理するとともに, 海外の文献(FEMA関連他)も収集する。

上記に関連して, 鈴木委員よりWGの位置付けを示した図の表現について指摘があった。WG1は復旧性能を考慮した耐震設計であるのだから, 図の表現としては設計の段階も含めた表現を考えた方が良いとのことであった。

## 2. キーワードについて

各委員が資料に基づいて、WG2に関するキーワードについて説明をした。以下、順番に概要を示す。

田嶋委員（資料 No.WG2-2-2）

- ・先日、白井委員長から送付されたキーワード一覧から WG2 に関係すると思われるものを抜き出した。
- ・「損傷」「損傷評価」「損傷予測」「損傷指標」など重要なキーワードについては、まだ定義が示されていない状態であるので今後調査が必要である。

河野幹事（資料 No.WG2-2-3）

- ・「降伏ヒンジ」「使用限界状態」「設計限界状態」「終局限界状態」について定義を示した。
- ・同じキーワードであっても、建築と土木で定義が異なっている例<sup>1</sup>や建築学会が発刊している2つの指針で若干定義が異なる例<sup>2</sup>もある。
  - 1 「終局限界状態」：建築は人命に対する安全性の確保，土木は機能の保持が対象。
  - 2 「使用限界状態」：靱性保証型指針には「中小地震に対して」と記述されているが，耐震性能評価指針には特に地震に対する記述はない。

稲熊委員（資料 No.WG2-2-11）

- ・「応答塑性率」「塑性ヒンジ」「復旧性」「損傷に関する復旧性」「限界状態」「設計塑性率」というキーワードに関して、鉄道構造物設計標準における定義を示した。
- ・「耐震性能」「耐震補強」「損傷評価」という3つのキーワードに関して、稲熊委員が考える定義を示した。

北嶋委員（資料 No.WG2-2-6）

- ・様々な文献資料（以下参照）に記載されているキーワードを紹介した。

建築構造における性能指向型設計法のコンセプト，鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説，パッシブ制振構造設計・施工マニュアル，応答制御構造設計法，建築物の損傷制御設計
- ・損傷制御設計の考え方の1つとして、制振構造が考えられる。ダンパーに損傷を集中させることができ、かつダンパーを交換することが可能である。

続いて、キーワードに関連した議論を行った。以下に概要を示す。

- ・土木と建築で異なるものの1つとして、地震の入力レベルが挙げられる。土木の方が建築に比べて厳しい入力を考慮して設計を行っている。（鈴木）
- ・地震動の入力レベルを考える場合、有効入力についても考える必要がある。観測波と設計入力は異なるものである。（北嶋）
- ・兵庫県南部地震が契機となっていると思われる。土木構造物は多大な被害を被ったが、建築構造物の場合、目立った被害は新耐震設計法以前の建物に集中しており、新耐震設計法の有効性が確認される結果となった。（小林）
- ・土木の場合、地盤との共振や不整形地盤の影響も考慮している。（小林）

- ・建築では「修復限界状態」において「建物を無理なく現状に修復することができる・・・」と記述されているが、土木（鉄道）の場合は倒壊しない限り修復ができる。（小林）
- ・土木において修復限界状態は設定されているのか？（河野）
- ・土木では構造物の性能を3段階に分類しており、それに対応して部材の損傷を制御するように設計している。（小林）
- ・復旧しやすい箇所に損傷を集中させるという考え方もあるし、構造物の重要度に応じて同じ構造物であっても設計を変える場合がある。例えば、在来線と新幹線では新幹線の方が重要度が高い。（稲熊）
- ・「建造物」という言葉を今回用いてキーワードを定義したが、これは土木：構造物，建築：建物という使い分けを意識した上で、両者を同時に表す言葉として使用している。（稲熊）
- ・建築構造物，土木構造物という具合に使い分ける場合もある。（河野）
- ・土木の「靱性率」の定義では「部材が10回程度の交番载荷を受けたとき・・・」と記述されているが、これはどういうことか？（河野）
- ・10回程度の繰り返しで荷重が安定することからこのような記述がある。ただし、現行の規準では3回になっている。（稲熊）
- ・10回なら10回に対する意味づけが必要であろう。例えば、直下型地震の主要動の回数も10回程度である。（鈴木）

### 3. 文献について

各委員が収集した本WGに関連する文献資料について説明を行った。以下に概要ならびに質疑の内容を示す。

稲熊委員（資料No.WG2-2-11，No.WG2-2-4，No.WG2-2-5）

- ・損傷度を評価する既往の研究は、「固有振動数の低下程度から損傷度を推定」する研究と「RC部材の損傷状況から損傷度を推定」する研究が中心である。
- ・資料No.WG2-2-4，No.WG2-2-5は固有振動数の低下程度から損傷度を推定している研究の例である。
- ・RCラーメン高架橋に関して、固有振動数の低下程度から損傷度を推定する方法を検討しているが、最大荷重に達するまでは固有振動数の低下が明確であるものの、それ以降の低下は明確ではないようである。しかし、損傷度評価の有効な手法の一つであると思われる。
- ・荷重 - 変位曲線が紡錘型であるので、実験に用いている試験体は性能の良い試験体であると思われる。例えば、スリップが生じるような比較的性能の悪い試験体については検討しているのか？（北嶋）
- ・それらについてはまだ検討していない。実務的な観点から考えた場合、地震時にせん断破壊など大きな損傷を受けたRCラーメン高架橋はすぐに補修・補強されてしまうのが現状である。そのため、地震時損傷度評価は比較的軽微な損傷が生じた性能の良いRCラーメン高架橋が対象となってしまう。（稲熊）

- ・固有振動数の低下程度を評価するのに、微動を利用する事はできないのか？微動が利用できるのであれば、建築物にも適用が考えられると思われる。(田才)
- ・既往の研究において微動を用いた事例はあるが、雑音が多いために評価に必要な波形が埋没してしまうなどの欠点が指摘されている。(稲熊)
- ・固有振動数の低下度から損傷度を評価するためには、初期値となる値が必要である点に注意が必要である。(稲熊)
- ・振動測定に関して、建研の楠氏が建築学会構造系論文集に発表した論文も参考になる。(田才)

田嶋委員(資料 No.WG2-2-7~9)

- ・資料 No.WG2-2-7 および No.WG2-2-8 は損傷指標に関する海外の文献である。昨年度 WG2 において配布された論文 "Seismic Damage Indices for Concrete Structures: A State-of-the-Art Review" (M.S. Williams and R.G. Sexsmith) において 1994 年までの研究成果がまとめられているため、それ以降における海外の文献調査を行った際にみつけた文献である。
- ・資料 No.WG2-2-7~8 については紹介にとどめ、次回 WG までに整理して説明する。なお、これらの論文の特徴として損傷指標に地震動を関連づけている点が挙げられる。
- ・資料 No.WG2-2-8 は研究室で進めている研究の内容をまとめた論文である。以前、北嶋委員が実施した RC 造学校校舎の実大耐震実験を対象として、3 次元 FEM 解析を行い、特に非構造部材が RC 構造物の耐震性能に及ぼす影響を検討している。なお、損傷評価に本研究をどう結びつけるかという点については検討が必要である。
- ・論文中でスラブ筋の効果について検討しているが、スラブの下端筋も効くのか？(田才)
- ・スラブはウォールガーダー形式の梁の梁せい中央に取り付いている。この梁の中立軸は引張縁にひび割れが発生する事により圧縮側へ移動する。その結果、スラブの鉄筋は下端であっても効くことになる。(北嶋)
- ・袖壁の影響などを解析的に検討できるのは非常に有効である。袖壁の厚さや長さなどを連続的に検討して、構造物に及ぼす影響などを確認できると良い。(鈴木)
- ・それらに関する検討は本研究のターゲットの 1 つであり、今後検討する予定である。(田嶋)
- ・非構造部材を積極的に壊すような設計をすることによって、部材や構造物の破壊モードをコントロールすることが可能になるのではないかと？(複数意見)
- ・WG2 における損傷制御の考え方は、部材での工夫をイメージしているのか？それともダンパーなどを用いた制御をイメージしているのか？(北嶋)
- ・WG2 ではダンパーを用いた損傷制御も扱いたいと考えている。(河野)

河野幹事(資料 No.WG2-2-10)

- ・資料 No.WG2-2-10 は建築学会が発刊した鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説から柱部材の性能評価法を抜粋したものである。今回は建築での取り組みを紹介したい。
- ・解図 6.1 は若干わかりにくい表現ではあるものの、柱部材の復元力特性と限界状態を損傷度や残留ひび割れ幅と対応付けて表現している。さらに、繰り返し载荷についても示している。

以上