

第 2 回 被災構造体の補修補強後の耐力変形状評価研究委員会 議事録

日時：2004 年 9 月 24 日（金）16:30～19:00

場所：（社）日本コンクリート工学協会 12F 会議室

出席者：白井（委員長）、中村（副委員長）、北山（幹事）、衣笠（幹事）、小林（幹事）、岡野、河野、斉藤、鈴木、宗、滝本、松田（事務局）、田嶋（記録）、以上 13 名

欠席者：伊藤、田才

資料

No.FS-2-0 第 2 回 被災構造体の補修補強後の耐力変形状評価研究委員会 議事次第

No.FS-2-1 第 1 回 被災構造体の補修補強後の耐力変形状評価研究委員会 議事録（案）

No.FS-2-2 各委員の貢献内容

2-2-1 中村副委員長、2-2-2 北山幹事、2-2-3 小林幹事、2-2-4 衣笠幹事、
2-2-5 鈴木委員、2-2-6 斉藤委員、2-2-7 宗委員、2-2-8 滝本委員、2-2-9 河野委員、
2-2-10 田嶋委員・白井委員長

No.FS-2-3 コンクリート工学会告「塑性域の繰返し耐力劣化と耐震性能」に関する
シンポジウム

No.FS-2-4 「塑性域の繰返し耐力劣化と耐震性能研究委員会」報告書 4.1 & 4.2 節 抜粋

議事内容

1. 各委員の紹介

鈴木委員、河野委員、岡野委員および衣笠幹事より自己紹介が行われた。

2. 第 1 回委員会議事録の確認

田嶋委員より、資料 No.FS-2-1 にもとづいて、第 1 回委員会での議事内容が確認された。

3. 各委員の貢献内容（資料 No.FS-2-2）

資料 No.FS-2-2 に従って、各委員から本委員会における 5 つのキーワード（「損傷評価」「復旧性評価」「補修・補強方法」「補修後の性能評価」「損傷度とコスト」）に対する考えおよび貢献内容について発表された。さらに、各委員の発表に関して議論を行った。以下に、各委員の発表内容および議論の内容を整理する。

中村副委員長（資料 No.FS-2-2-1）

- 1) 「損傷度」に関する限界値指標を「損傷 - 復旧性 - 地震後性能」と関係させて定義し、指標作成を行う必要がある。そのためにも、イベント（ひび割れ発生等の現象）を明確化して定義しなければならない。
- 2) 「復旧性評価」は性能評価の柱となる項目であり、独立して検討できる項目ではない。損傷、補修・補強方法、コストと絡めた議論が必要である。
- 3) 「補修後の性能評価」では、応急復旧的な補修と長期的な性能の補修の 2 つに分けて考え、目

標性能に関して議論する必要がある。特に、目標性能に関しては、既往の文献においても明確になっていない場合が多く、しっかりとした議論が必要となるだろう。

- ・今後、塑性域における評価が重要となる。ポストピーク領域の指標点を明確にすると良いだろう。(鈴木)
- ・指標点については、イベントと補強方針を一組にして考えるべきである。(中村)
- ・「復旧性評価」はあいまいな部分が多い。きちんとした定義が必要である。(北山)
- ・「復旧性評価」の定義に関しては、衣笠幹事が考えているように、コストとの関連が重要なのでは。(白井)
- ・部材の損傷評価から構造物の性能評価を実施するまでのストーリーは？(白井)
- ・土木の場合、単純な構造物が多く、部材の損傷評価のみを考える場合が多い。(中村)
- ・鉄道の場合、ラーメン構造が多いが、プッシュオーバー解析や地震応答解析で構造物としての性能をモーメント - 回転角関係等から評価する。(小林)
- ・地震応答解析に使用する地震波はどのようなものか？(白井)
- ・地盤面の特性毎に地震波を作成している。(小林)
- ・部材の損傷評価に基づいて構造体(フレーム)の性能を評価する際の問題は重要である。オーストラリアの研究者がヒンジ発生別の解析を実施しているので参考にすると良いだろう。(鈴木)

北山幹事(資料 No.FS-2-2-2)

1)COE の課題の一つとして、「建物改修時の耐震補強技術に関する調査・研究」を実施している。調査対象は、日本建築防災協会や日本総合試験所で技術評価を得た耐震補強工法が中心であり、約 50 例ある。これらの調査は「補修・補強方法」における補強工法の分類や調査結果に役立つと考えられる。

- ・土木では、このような調査例はあるのか？(白井)
- ・土木の場合、民間が相手ではなく、情報が非公開になっている場合が多い。(中村)
- ・補強時の費用、例えば震災後の補強費用の調査は可能か？データはあると思うが、公表されていないので調べるのが難しい。(衣笠)
- ・具体的な金額ではなく、震災後の補強で何が重要であったり、何が大変であったりという順番を聞くだけでも良い。設計を考えた場合には多くの情報が必要である。(衣笠)
- ・震災後に復旧し、その後再使用するのか、それとも壊すのかという点に関して、どういう判断が行われるのか？また、震災後に復旧した建物が再使用されているのか、事後保全についても調べるべきだろう。(宗)
- ・マンションに関して言えば、マンション学会という学会があり、事後保全に関する調査は可能であるかもしれない。(鈴木)
- ・阪神大震災で被災したマンションに関して建替えか補修かで住民による裁判が行われており、先日最高裁で判決が出た。その結果、補修側が負けてしまった。(鈴木)
- ・建物としての資産価値も重要だと思われる。それにしても、判例は社会的な基準になるので重要である。(衣笠)

小林幹事（資料 No.FS-2-2-3）

- 1) 「損傷評価」は地震後の復旧性を明確にするために必要であり、復旧性と関連した損傷評価法が必要である。
- 2) 損傷分岐点の力学的指標を明確にし、力学特性、時間、費用などの面から復旧性能の評価指標を作成する必要がある。さらに、損傷レベルに応じた修復後の性能についても議論が必要である。
- 3) 部材の損傷レベルと構造系の損傷レベルとの関連性について検討が必要である。
- 4) 本委員会では、「損傷評価」「復旧性能（補修・補強方法を含む）」「復旧後の性能評価」に基づいて、耐震設計体系への提言を行うべきであろう。

- ・ 建築では、柱や梁の損傷度のばらつきによって構造物の損傷を決定する方法を考えている。なお、この方法では、杭は健全と仮定している。（北山）
- ・ 震災では杭の損傷が見られているので、杭についても考えるべきであろう。（中村）
- ・ 耐震性能評価指針では、M - 関係によって損傷度や耐震性能を評価しているが、実際の構造物との対応はとれているのか？（白井）

衣笠幹事（資料 No.FS-2-2-4）

- 1) 復旧性能を「地震が発生し損傷が生じた場合でも、経済的に無理なく補修が出来て、計画共用期間を全うできる性能」と定義する。
- 2) 安全性向上と復旧性向上の相反する点および安全性向上だけではカバーできない点に着目して、復旧性を適切に評価できる耐震性能評価法の枠組みを考えたい。

- ・ 結局のところ、重要なことは損傷制御である。（北山）
- ・ 高層建築に関しては、ソフトストーリーの考え方で対応できるだろう。（鈴木）
- ・ 復旧性能は各種限界状態と分けて考えるのか？（滝本）
- ・ 設計においては、復旧性能と安全性能のせめぎ合いになると考えられるため、種々の要因に対して重要度を設定する必要があるだろう。そのためにも、コストに関する事例を収集する必要がある。（衣笠）
- ・ 震災後の復旧に関しては、土木の場合はコストを考えない場合が多い。（滝本）
- ・ JR においては復旧性をどのように考えているか？（白井）
- ・ JR では、時間とコストが復旧方法を判断する。復旧とは元に戻すことであり、損傷状態を見て復旧方法を考えている。
- ・ 元に戻すのは固定資産税の問題のためであり、性能を上げてしまうと資産価値が高くなってしまふ。（中村）

鈴木委員（資料 No.FS-2-2-5）

- 1) 神戸大学の藤永先生より、補修補強に関する実験の連絡があった。実験目的は、SRC 骨組の試験体を補修補強して再載荷実験を行い、耐力および変形性能の回復状況を確認することである。
- 2) ピロティ建物の柱の耐震補強を対象に、鋼板巻きたて補強 RC 柱の構造実験を実施した。その結

果，RC 柱の柱頭・柱脚部に鋼板のはらみを抑制するアングル材を付加したことによる変形性能の向上が確認された。今後，試験終了後の試験体を補修・補強して再載荷する予定である。

3)RC および PC 門型フレーム載荷実験を行い，さらに試験後の試験体を補修して再載荷し，補修後の耐力・変形性能の回復状況を検討した。

- ・柱の実験において，鋼板が 4mm となっているが，スケール則にのっとっていないのではないかと（北山）
- ・柱の実験において，アングル補強によりモーメント耐力を上げたのか？それとも上がってしまったのか？また，モーメント耐力を上げた場合に，崩壊機構が変わってしまうのではないかと（河野）
- ・アングル補強は変形性能を高めるためのものである。耐力の上昇は，鋼板とスタブの接触による可能性がある。（鈴木）
- ・鋼板で補強した柱を再補強する場合の方法は？（中村）
- ・支保工に柱にかかる自重を負担させてから，鋼板をはがし，再度鋼板を巻く。（鈴木）
- ・今後，神戸の地震後に鋼板で補強した柱の被害が増える可能性がある。（中村）
- ・PC は，復元性は良いが，エネルギー吸収は悪いので，PC + エネルギー吸収部材の組み合わせにするべきでは？（河野）
- ・PC 自体にエネルギー吸収能力を付与できる可能性もある。（鈴木）
- ・PC 門型フレームの耐力は PC 鋼材の降伏で決まるのか？その場合，PC 鋼材の伸び能力は十分なのか？（北山）

齊藤委員（資料 No.FS-2-2-6）

- 1)数値解析の利用により，地震入力を受ける構造物の挙動を評価する。特に，破壊性状や損傷の程度の評価に着目する。
- 2)「損傷評価」に関しては，材料，部材および構造の損傷に分けて考えることができるのではないかと。
- 3)過大な入力に対しては，部材を積極的に損傷させることにより，復旧性を向上させることができると思われる。
- 4)補修・補強により，他の箇所への損傷の集中や破壊性状の変化が生じる恐れがないか検討する必要がある。

- ・数値解析はどのレベルのものを考えているのか？（白井）
- ・比較的詳細な解析を考えており，材料の損傷を数値解析によって評価する。（齊藤）
- ・数値解析によって損傷評価をする場合，P- による評価だけで良いのか？（岡野）
- ・土木では，示方書において FEM による数値解析を要求している。しかし，P- 以外のアウトプットの必要性や，アウトプットの利用方法などが問題である。今後，数値解析をどのように利用していくのかという点についても議論が必要である。（中村）

宗委員（資料 No.FS-2-2-7）

- 1)実務を専門としており，多くの事例に関わっているが，緊急または応急復旧の場合はほとんど

データが残っていない。また、損傷判定のための写真等に関しても、調査の際に危険と判断された部分は叩いて落としてしまうため、被害直後の状況が分かる写真はない。

2)新潟地震において落橋した昭和大橋の補修・補強に関するデータは保有しており、追跡調査も行っている。その他、昭和50年代後半に実施された補修・補強関連の情報を保有している。

- ・昭和大橋のデータはどのようなものか？（白井）
- ・昭和大橋は昭和39年に建設されたが、建設後すぐ新潟地震によって落橋した。その後、落橋部分を引き上げ、樹脂注入等の補修を行い、実供載荷試験を行っている。その他、コアを抜いて圧縮強度試験を実施したり、直接引張試験を実施している。また、樹脂に関する試験データもある。これら復旧後、20年、30年の追跡調査のデータがある。（宗）

滝本委員（資料 No.FS-2-2-8）

- 1)「損傷評価」に関して、耐震補強によって鋼板や連続繊維シートを巻き立てた部材にも適用できる評価指標について検討する必要がある。その場合、非破壊検査技術の適用も考えられる。
- 2)「損傷度とコスト」に関しては、耐用期間中に構造物に損傷を与える自身の発生確率の設定方法や人命の喪失や負傷者、復旧にかかる時間等に対する損害評価等について検討する必要がある。
- 3)土木の分野では数少ない、載荷 補修・補強 載荷の実験を行っている。

- ・補修・補強に関して、広い範囲に目を向ける必要があるだろう。その中で、変形の戻し方などの工法にも触れるべきである。（中村）

河野委員（資料 No.FS-2-2-9）

- 1)現在、(1)改修工事費の削減、(2)地震被害後の修復の容易性、(3)建物機能維持、(4)居ながら補強、(5)補強工事期間の短縮、(6)補強設計期間の短縮の6課題を満足するような技術開発を目的とした研究活動を行っている。
- 2)構造物の設計において、初期投資が期待できる場合は無損傷建物を目指し、そうでない場合は、どの程度の損傷が予想されるかを明確に示すというような考え方も必要である。

- ・定着を必要としない装置とはどのようなものか？（北山）
- ・建物の継続使用を前提としており、居ながら補強を行い、工期を短縮することが目的である。そのためには、定着を必要としない装置を配した耐震補強技術の開発が必要であると考えている。（河野）

田嶋委員・白井委員長（資料 No.FS-2-2-10）

- 1)「損傷評価」では、損傷の定義と分類および構造物の調査 損傷評価 残余耐震性能の推定へのプロセスの確立が必要である。
- 2)補修後の性能評価は、補修前に決定した想定入力地震動レベルに対する目標性能を満たしているか確認する作業であり、想定する入力地震動に対してどのように目標性能を設定するのかについて検討が必要である。

4. ワーキンググループの発足について

本委員会のワーキンググループ(以下, WG)案が白井委員長から提案された。この件に関して議論した結果, 白井委員長の案に従い, 以下の3つのWGを発足させることになった。

WG1: 耐震設計WG(「復旧性評価」+「損傷度とコスト」)

WG2: 損傷評価WG

WG3: 補修・補強後性能評価WG(「補修・補強方法」+「補修後の性能評価」)

次に, WGのメンバーを各委員の希望に従って決定した。以下に各WGのメンバーを示す。

WG1: 衣笠(主査), 中村, 斉藤, 田嶋(記録)

WG2: 北山(主査), 岡野, 河野, 斉藤, 田嶋(記録)

WG3: 小林(主査), 鈴木, 宗, 滝本, 田嶋(記録)

伊藤委員, 田才委員については未定であるが, 中村副委員長が対応する。

白井委員長は可能であればすべてのWGに参加する予定である。

5. 今後のスケジュールについて

今後の委員会の活動スケジュールについて議論した結果, 以下の方針が確認された。

- ・全体委員会はあと2回開催する。
- ・全体委員会の開催時期は, 12月上旬(第3回)および1月中旬(第4回)とする。
- ・第3回全体委員会では, 報告書の目次を決定する。
- ・各WGを第3回全体委員会までに適宜開催し, 目次案を作成しておく。
- ・WGの開催は本委員会MLを通じて全員に連絡し, WGメンバー以外の委員の参加も奨励する。
- ・1年目の活動報告書では, WG1およびWG2では今後の活動ガイドラインを示し, WG3では活動ガイドラインの作成に加えて既往の研究成果をまとめる方針とする。
- ・報告書は1月末までに作成し, 2月の研究委員会に提出される。

6. その他

次回の全体委員会は, 以下の日時を候補にして開催日を調整する。

- ・第1候補: 12月6日(火) 16:30~
- ・第2候補: 12月10日(金) 16:30~
- ・第3候補: 12月13日(火) 16:30~

以上