

被災建造物の復旧性能評価 研究委員会

報 告 書

- 損傷評価：「限界状態」「残存性能」「耐震補強」
- 補修・補強後の性能評価：「補修・補強後の力学的性能指標」
- 復旧性を考慮した耐震設計法：「復旧性評価」「損傷度とコスト」

2007年8月



社団法人 日本コンクリート工学協会

被災建造物の 復旧性能評価研究委員会

報告書

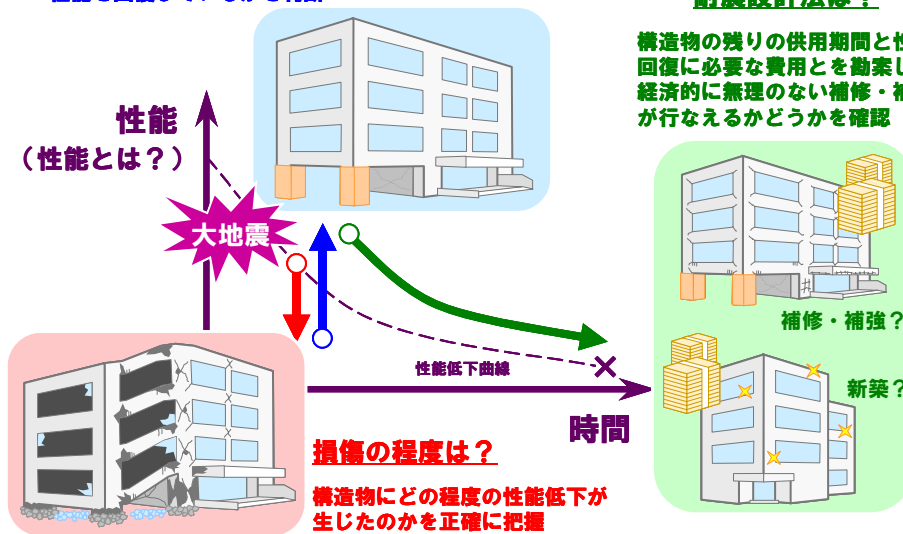
- 損傷評価：「限界状態」「残存性能」「耐震補強」
- 補修・補強後の性能評価：「補修・補強後の力学的性能指標」
- 復旧性を考慮した耐震設計法：「復旧性評価」「損傷度とコスト」

補修・補強した後の性能は？

補修・補強後の建造物が所定の性能を回復しているかを判断

復旧までを考慮した耐震設計法は？

建造物の残りの供用期間と性能回復に必要な費用とを勘案し、経済的に無理のない補修・補強が行なえるかどうかを確認



2007年8月

まえがき

地震により被災した鉄筋コンクリート構造物を対象とした補修・補強に関する既往の研究論文数の年代別推移には2つのピークが見られる。最初のピークは1984年頃であり、1978年の宮城県沖地震や1983年の日本海中部地震による被害が契機となっている。次に、2番目のピークは1999年頃であり、1995年の兵庫県南部地震による被害および同年に施行された「耐震改修促進法」が契機となっている。本協会においてもこのテーマに関連した2つの専門委員会（「耐震補強の評価研究委員会（1997～1999年；委員長：広島大学 菅野俊介教授）」、「コンクリート構造物の補強技術研究委員会（2001～2003年；委員長：北海道大学 上田多門教授）」）が設置され、有用かつ貴重な活動成果が報告書として公表されている。

このように免震・制震を含めた補修・補強に関する技術開発はめざましいものがある。当初、本委員会は被災した構造物の補修・補強後の耐力変形性状を向上させるための技術・研究開発に焦点をあてて活動を行う予定であった。しかし、被災構造物の復旧を体系的に考える場合、上記以外にも、例えば① 構造物にどの程度の性能低下が生じたかを把握すること、② 適切な補修・補強を施し、それによって構造物が所定の性能を回復しているか判断すること、および③ 構造物の残りの供用期間と性能回復に必要な費用とを勘案して、経済的に無理のない補修・補強が行えるかどうかを確認すること、などが重要であり、これらを包括的に議論・検討する必要があるとの認識に至った。

本委員会の目的は「修復（復旧）性能を明確にした耐震設計法」を構築することにある。すなわち、これまでの大地震、特に兵庫県南部地震とその被害性状などを教訓として、設計仮定値を上回る強い地震動に対しても、これまでに蓄積してきた補修・補強に関する技術を有効に活用しつつ、修復を考慮した経済的かつ安全な構造物の提供およびその設計法を確立することである。本報告書は、3つのワーキンググループ「WG1：復旧性を考慮した耐震設計法」、「WG2：損傷評価」および「WG3：補修・補強後の性能評価」の活動成果をまとめたものである。

これらの成果は本委員会の継続が認められた場合における次年度以降の活動の方向を示す指針と位置づけるものとした。本委員会の活動成果が、多くの研究者・技術者の共感を呼び、安全性だけでなく復旧性能までも考慮した新たな耐震設計法の構築に貢献できれば幸いである。

平成19年8月1日

（社）日本コンクリート工学協会
被災構造物の復旧性能評価研究委員会
委員長 白井 伸明

被災建造物の復旧性能評価研究委員会

委員長	白井 伸明	日本大学 理工学部 建築学科
副委員長	中村 光	名古屋大学 大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻
幹事	衣笠 秀行	東京理科大学 理工学部 建築学科
幹事	河野 進	京都大学 大学院 工学研究科 建築学専攻
幹事	小林 薫	東日本旅客鉄道株式会社 研究開発センター フロンティアサービス研究所
委員	伊藤 睦	中部大学 工学部 都市建設工学科
委員	稲熊 弘	東海旅客鉄道株式会社 総合技術本部 技術開発部 コンクリートグループ
委員	岡野 素之	株式会社大林組 技術研究所 土木構造研究室
委員	河野 隆史	竹中工務店大阪本店設計部構造部門
委員	北山 和宏	首都大学東京 大学院 工学研究科 建築学専攻
委員	斉藤 成彦	山梨大学 大学院 医学工学総合研究部 社会システム工学系
委員	堺 淳一	独立行政法人土木研究所 耐震研究グループ
委員	鈴木 計夫	福井工業大学 工学部 建設工学科
委員	宗 栄一	ショーボンド建設株式会社 営業本部 工事技術部
委員	滝本 和志	清水建設株式会社 技術研究所 社会基盤技術センター
委員	田才 晃	横浜国立大学 大学院 工学研究院 システムの創生部門
委員	田嶋 和樹	日本大学 理工学部 建築学科
委員	前田 匡樹	東北大学 大学院 工学研究科 都市・建築学専攻
委員	牧 剛史	埼玉大学 工学部 建設工学科
委員	向井 智久	独立行政法人建築研究所 構造研究グループ
通信委員	勝俣 英雄	株式会社大林組 技術研究所
通信委員	北嶋 圭二	青木あすなろ建設株式会社 技術研究所
通信委員	藤永 隆	神戸大学 工学部 建設学科

復旧性を考慮した耐震設計ワーキンググループ

主査	衣笠 秀行	東京理科大学 理工学部 建築学科
委員	斉藤 成彦	山梨大学 大学院 医学工学総合研究部 社会システム工学系
委員	白井 伸明	日本大学 理工学部 建築学科
委員	中村 光	名古屋大学 大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻
委員	牧 剛史	埼玉大学 工学部 建設工学科
委員	向井 智久	独立行政法人建築研究所 構造研究グループ

損傷評価ワーキンググループ

主査	河野 進	京都大学 大学院 工学研究科 建築学専攻
委員	稲熊 弘	東海旅客鉄道株式会社 総合技術本部 技術開発部 コンクリートグループ
委員	岡野 素之	株式会社大林組 技術研究所 土木構造研究室
委員	北山 和宏	首都大学東京 大学院 工学研究科 建築学専攻
委員	田才 晃	横浜国立大学 大学院 工学研究院 システムの創生部門
委員	田嶋 和樹	日本大学 理工学部 建築学科
委員	前田 匡樹	東北大学 大学院 工学研究科 都市・建築学専攻
通信委員	北嶋 圭二	青木あすなろ建設株式会社 技術研究所

補修・補強後性能評価ワーキンググループ

主査	小林 薫	東日本旅客鉄道株式会社 研究開発センター フロンティアサービス研究所
委員	伊藤 睦	中部大学 工学部 都市建設工学科
委員	河野 隆史	竹中工務店大阪本店設計部構造部門
委員	堺 淳一	独立行政法人土木研究所 耐震研究グループ
委員	鈴木 計夫	福井工業大学 工学部 建設工学科
委員	宗 栄一	ショーボンド建設株式会社 営業本部 工事技術部
委員	滝本 和志	清水建設株式会社 技術研究所 社会基盤技術センター
通信委員	勝俣 英雄	株式会社大林組 技術研究所
通信委員	藤永 隆	神戸大学 工学部 建設学科

目 次

1. 委員会の目的	*
1.1 委員会の趣旨	*
1.2 委員会の活動内容	*
1.3 キーワード	*
2. 復旧性が問題となった被害事例の調査・分析	**
2.1 土木	**
2.1.1 鉄道構造物	**
2.1.2 道路構造物	**
2.2 小千谷総合病院の地震被害と復旧に関する検討	**
3. 損傷評価および損傷制御	**
3.1 既存の損傷評価法の紹介	**
3.1.1 はじめに	**
3.1.2 建築	**
3.1.2.1 国内	**
3.1.2.2 海外	**
3.1.3 土木	**
3.1.3.1 鉄道構造物	**
3.1.3.2 道路構造物	**
3.2 既存の損傷評価法の紹介	**
3.2.1 損傷評価の位置づけ	**
3.2.2 部材および構造物全体の限界状態の設定	**
3.2.3 被災した構造物の残存性能の予測と評価	**
3.2.4 耐震補強した構造物の性能評価	**
3.3 損傷制御	**
4. 被災構造物の補修後の性能評価	**
4.1 被災構造物の補修方法	**
4.1.1 ひび割れ注入、断面修復時の留意点	**
4.1.2 被災構造物の鉄筋残留ひずみ除去方法	**
付属資料（鋼材のひずみ除去に関する既存の研究事例）	**
4.2 補修後の力学挙動に関する既往の研究事例	**
4.2.1 補修後構造物の剛性評価に関する既往の研究	**
4.2.2 建築構造物	**
4.2.2.1 耐震補修・補強したRC造4層立体フレーム構造の振動台実験	**
4.2.2.2 SRC・RC骨組およびSRC柱の実験	**
4.2.3 土木構造物	**
4.2.3.1 実構造物の柱部材を用いた補修効果の確認実験	**
4.2.3.2 損傷度をパラメータとした柱部材の補修効果の確認実験	**
4.2.3.3 繰返し回数をパラメータとした柱部材の補修効果の確認実験	**
4.2.3.4 補修材料をパラメータとした柱部材の補修効果の確認実験	**
4.2.3.5 RC柱の補修後の性能	**

4.3	補修後の力学的性能評価	**
4.3.1	ファイバー解析による補修後 RC 柱の検討	**
	付属資料	
	(鉄筋コンクリート柱の軸方向鉄筋量がファイバー解析の精度に及ぼす影響)	**
4.3.2	ファイバー解析による補修後 S R C 部材の検討	**
4.3.3	部材モデルを用いた補修後 RC 柱の検討	**
4.3.4	部材モデルを用いた RC 柱のプッシュオーバー解析による検討	**
4.3.5	FEM 解析による補修後 RC 梁の検討	**
4.4	補修後構造物の動的挙動に関する検討	**
4.4.1	ファイバー解析による補修後 RC 柱の動的挙動に関する検討	**
	付属資料 (修復後の力学特性と耐震性：初期剛性の低下の影響)	**
4.4.2	補修後の剛性低下を考慮した 5 層建物の動的挙動に関する検討	**
4.5	補修構造物の性能評価における今後の課題	**
5.	復旧性を考慮した耐震設計法	**
5.1	復旧性を考慮した耐震設計法の必要性	**
5.2	既往の耐震設計法における復旧性能の扱いに関する調査・比較	**
5.2.1	国内の状況	**
5.2.1.1	土木	**
5.2.1.2	建築	**
5.2.2	海外の状況	**
	付属資料 (米国基準・指針作成機関一覧)	**
5.3	復旧性能を考慮した耐震設計法の枠組	**
5.3.1	復旧費用と復旧時間に基づく設計法の枠組	**
5.3.2	復旧費用・復旧時間の推定の考え方	**
5.3.3	復旧費用推定の具体的手法	**
5.3.3	復旧時間推定の具体的手法	**
5.4	軽微被害と復旧性を考慮した耐震設計手法の一例： Soft-story (免震層) 構造の利用	**
6.	まとめ	**