

# 地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の 耐震設計法の開発

—地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会研究報告書—

登録 番号	平成13年11月20日 第 48899 号
社団法人 土木学会	
附属 土木図書館	

平成13年3月

土木学会地震工学委員会・  
地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に  
関する研究小委員会

## まえがき

平成7年1月17日は大正12年9月1日と並んで、我が国の震災対策上、歴史に残る日となった。世界的に見て最も優れた耐震性を有するといわれてきた我が国の橋梁があのように無惨に倒壊した姿をだれが想像したであろう。大正12年関東大震災を契機として、我が国では橋梁の設計に地震の影響を考慮するようになった。世界一の地震国であり、幾多の苦い地震被害の経験から世界に先駆けて震度法や落橋防止構造、液状化の判定法や液状化に対する耐震対策を設計に取り入れ、耐震設計技術に関しては世界のトップランナーであったはずの我が国であったが、兵庫県南部地震後に冷静に振り返ってみると、旧態依然たる震度法からの脱皮が遅れ、従来の震災経験の枠の中からだけ耐震設計を覗いてきたという点で、いつのまにか世界のトップランナーから大きく離されてしまっていたと考えられる。

兵庫県南部地震の前の耐震設計観がどのようなものであったかは、設計震度がどのような地震動に相当するかに関してさえ、専門家間で合意がなかったことから明らかである。設計震度とは、「単純に構造物に作用する最大加速度ではない」とか、「長年の震災経験に基づく総合化された地震力の大きさを表す」等々といわれてきた。現に、今でもこのようなご意見の専門家も少なからず存在する。

一方、耐震設計の導入に関しては我が国よりも遅れた米国であったが、技術開発の初期の段階から動的解析をベースとした設計体系が構築されてきた。設計震度という概念にそれほどこだわる必要がなかったため、動的解析の結果求められる加速度を表す尺度が設計震度だと割り切った考え方がされてきた。特に、1971年サンフェルナンド地震を契機として、ニュージーランドや米国では、震度法ベースの耐震設計に見切りを付け、構造部材のねばりを重視したじん性設計法とも呼ぶべきキャパシティデザインに基づく設計体系が開発されてきた。

兵庫県南部地震を経験して、「訳が分からなくても震度法で設計しておけば被害は出ないのだから」という従来の設計体系から、地震時保有耐力法の設計体系に切り替わってわかった最も大きな点は、何を目標にどのような状態を目指して設計しているかを実感として持てるようになったことだと思われる。これが、現在さらに性能設計の途を強力に押し進めつつあることも当然の帰結だと考えられる。

本研究小委員会は、大地震時に生じ得る現実的な地震力を設計地震力として見込み、構造物の非線形応答を考慮し、構造物のじん性と動的耐力に基づいて構造物の耐震設計を準静的に行う地震時保有耐力法に基づく耐震設計体系を構築するために必要な学術的な研究課題に対して、専門領域を越えて、研究、技術情報の交流を図り、今後の耐震設計技術の向上に資することを目的として、平成9年8月に地震工学委員会の下に設けられた。これまでの研究成果は、3回の橋梁等構造物の耐震設計法に関する講習会（第1回（平成9年9月）、第2回（平成11年10月）、第3回（平成12年10月）において公表するとともに、研究ニーズを明らかにし、研究成果の発表の場を提供することを目的として、4回の地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム（第1回（平成10年1月）、第2回（平成10年12月）、第3回（平成11年12月）、第4回（平成12年12月））を行った。

本報告書は、本小委員会の第I期の活動の最終成果としてとりまとめたものである。本小委員会の活動の成果が、多くの橋梁技術者、研究者に受け入れられ、今後の我が国の橋梁の耐震設計に少しでも貢献することを祈念するものである。

平成13年3月

土木学会地震工学委員会  
地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会  
委員長 川島一彦

**土木学会地震工学委員会**  
**地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会**  
**委員名簿**

委員長	川島 一彦	東京工業大学大学院理工学研究科教授土木工学専攻
幹事長	小長井一男	東京大学生産技術研究所教授人間社会大部門
委員	阿部 雅人	東京大学大学院工学研究科助教授社会基盤工学専攻
	家村 浩和	京都大学大学院教授土木システム工学専攻
	伊津野和行	立命館大学理工学部土木工学科教授
	運上 茂樹	(独) 土木研究所耐震研究グループ上席研究員 (前国土交通省土木研究所耐震研究室長)
	大塚 久哲	九州大学大学院工学研究院教授建設デザイン部門
	岡本 裕昭	(平成9年度～平成10年度) 鹿島(株) 土木設計本部第二設計部
	山野辺慎一	(平成10年度～) 鹿島(株) 土木設計本部第二設計部 (鹿島技術研究所土木技術研究部構造・耐震グループ)
	小川 篤生	(平成9年度～平成10年度) 日本道路公団関西支社建設第一部部長 (技術部構造技術課課長)
	多久和 勇	(平成11年度～) (株) 復建エンジニアリング常務取締役 (日本道路公団試験研究所橋梁研究主幹)
	加藤 敏明	(平成10年度～) 大林組土木技術本部設計第一部課長
	北沢 正彦	(平成9年度～平成10年度) 阪神高速道路公団工務部部長 (工務部設計課課長)
	幸左 賢二	(平成11年度～) 九州工業大学工学部建設社会工学科助教授
	工藤 浩史	(株) ドーコン橋梁部主任技師 (前北海道開発コンサルタント(株) 研究開発部技術開発室主任技師)
	黒田 修一	(株) 建設企画コンサルタント環境技術本部耐震技術室課長
	小坂 寛巳	(平成9年度～平成10年度) 首都高速道路公団工務部工務部工事検査担当調査役 (工務部設計技術課課長)
	高野 晴夫	(平成10年度～平成11年度) 首都高速道路公団工務部次長 (工務部設計技術課課長)
	小沼恵太郎	(株) アンジェロセック コンサルタント部主任 (新構造技術(株) 総合技術本部主任)
	栗根 聡	(平成11年度～) 新構造技術(株) 本社事業部設計部第二設計グループ課長 (東京支店土木設計部一課課長)
	寺山 徹	(平成10年度～) 首都高速道路公団工務部工務企画課課長補佐 (神奈川建設局調査課課長補佐)
	中島 章典	宇都宮大学工学部教授建設学科建設工学コース
	西村 昭彦	(株) テス土木事業部 ((財) 鉄道総合技術研究所構造物技術開発事業部担当部長)
	藤野 陽三	東京大学大学院工学研究科教授社会基盤工学専攻
	星隈 順一	(独) 土木研究所耐震研究グループ主任研究員 (前国土交通省土木研究所耐震研究主任研究員)
	前原 康夫	八千代エンジニアリング東京事業部耐震保全部部長 (技術開発本部耐震保全部部長)
	睦好 宏史	埼玉大学工学部建設工学科教授
	松田 泰治	九州大学大学院工学研究院助教授建設デザイン部門

目黒 公郎	東京大学生産技術研究所助教授都市基盤安全工学国際研究センター（国際災害軽減工学研究センター）
森 敦	日本技術開発（株）環境防災事業部地震防災部課長
矢部 正明	（株）長大構造事業部構造防災室ディレクティングマネージャー
山本 洋一	（株）白石営業本部技術コンサルティング室次長
横田 弘	（独）港湾空港技術研究所構造強度研究室室長 （前国土交通省港湾技術研究所構造強度研究室室長）

# 地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計法

—地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会研究報告書—

## 目 次

1章 地震時保有耐力法の現状と課題	1
1. 1 地震時保有耐力法の始まり	1
1. 2 構造物の破壊現象と地震時保有耐力法の位置付け	2
1. 3 地震時保有耐力法の今後の課題	2
2章 構造部材の非線形応答を考慮した静的耐震設計法	5
2. 1 はじめに	5
2. 2 荷重ベース設計法	6
2. 2. 1 荷重ベース設計法	6
2. 2. 2 橋に作用する地震力	8
2. 2. 3 橋脚に必要とされる水平耐力とその照査	8
2. 3 変位ベース設計法	10
2. 3. 1 変位ベース設計法	10
2. 3. 2 変位ベース設計を適用した等価線形化法によるRC橋脚の耐震設計	10
2. 3. 3 変位ベース設計法による鉄筋コンクリート橋脚の耐震設計計算例	14
2. 4 エネルギーベース設計法	18
2. 4. 1 はじめに	18
2. 4. 2 エネルギーベース設計法の概念	18
2. 4. 3 エネルギーの釣り合いに基づく単独非線形系の応答推定	21
2. 4. 4 エネルギーの釣り合いに基づく多重非線形系における応答推定	22
2. 4. 5 まとめ	34
2. 4. 6 今後の課題	34
2. 5 キャパシティデザイン	36
2. 5. 1 キャパシティーデザインとは	36
2. 5. 2 キャパシティーデザインに用いられる耐力に関する用語	37
2. 5. 3 キャパシティーデザインの手順とそのポイント	38
2. 5. 4 キャパシティーデザインによるRC橋脚の設計例	39
2. 6 プッシュオーバーアナリシス	42
2. 6. 1 はじめに	42
2. 6. 2 コンクリートラーメン橋への適用例	43
2. 7 性能に基づく耐震設計	50
2. 7. 1 はじめに	50
2. 7. 2 性能設計	50
2. 7. 3 道路橋示方書耐震設計編の性能設計型基準体系	57
3章 非線形応答に関する検討	63
3. 1 荷重ベース設計法に用いる荷重低減係数	63
3. 1. 1 現状と課題	63
3. 1. 2 荷重低減係数の定義と定式化	63
3. 1. 3 荷重低減係数の特性と定式化	65
3. 1. 4 減衰定数の設定の影響	69

3. 2	全体系じん性率と部分系じん性率	73
3. 2. 1	現状と課題	73
3. 2. 2	橋脚系じん性率と全体系じん性率	73
3. 2. 3	地震力分散支承で支持された場合に対する適用	76
3. 2. 4	免震支承で支持された場合に対する適用	78
3. 3	非線形応答に伴う残留変位の特性	82
3. 3. 1	残留変位に対する配慮の目的	82
3. 3. 2	残留変位の定義	82
3. 3. 3	代表的な強震記録に対する残留変位比応答スペクトル	83
3. 3. 4	設計用残留変位比応答スペクトル	84
3. 3. 5	残留変位比応答スペクトルの耐震設計への適用	85
4 章	構造部材の基本的な履歴復元力特性	87
4. 1	はじめに	87
4. 2	横拘束を受けるコンクリートの応力度～ひずみ関係	88
4. 2. 1	現状と課題	88
4. 2. 2	横拘束されたコンクリートの応力度～ひずみ関係	88
4. 2. 3	除荷・再載荷履歴	94
4. 2. 4	長方形断面に対する中間帯鉄筋の拘束効果	100
4. 3	鉄筋コンクリート橋脚の曲げ耐力、せん断耐力の評価	105
4. 3. 1	はじめに	105
4. 3. 2	鉄筋コンクリート橋脚の破壊モード	105
4. 3. 3	せん断耐力の評価に関する研究	106
4. 3. 4	おわりに	112
4. 4	塑性ヒンジ長	114
4. 4. 1	RC橋脚の塑性変形性能の評価と塑性ヒンジ長	114
4. 4. 2	RC橋脚の塑性曲率分布と塑性ヒンジ長	115
4. 4. 3	軸方向鉄筋の座屈解析に基づく塑性ヒンジ長の検討	116
4. 5	軸方向鉄筋のフーチングからの伸び出し	120
4. 5. 1	軸方向鉄筋の伸び出し現象	120
4. 5. 2	軸方向鉄筋のフーチングからの伸び出しによる橋脚の変形	120
4. 5. 3	軸方向鉄筋のフーチングからの伸び出し変位の推定式	122
4. 6	鉄筋コンクリート橋脚に生じる塑性応答回数と正負交番載荷実験の載荷方法	126
4. 6. 1	正負交番載荷実験の目的とその載荷方法	126
4. 6. 2	鉄筋コンクリート橋脚の非線形繰返し応答特性の解析	126
4. 6. 3	塑性応答の繰返し回数	127
4. 6. 4	累積塑性率	128
4. 6. 5	履歴吸収エネルギー	129
4. 7	実大鉄筋コンクリート橋脚による正負交番載荷実験と寸法効果	132
4. 7. 1	寸法効果	132
4. 7. 2	実大橋脚に対する正負交番載荷実験	135
4. 7. 3	正負交番載荷実験における模型供試体の設計上の留意点	137
4. 8	引張力を含む変動軸力を受けるRC橋脚の履歴特性	140
4. 8. 1	はじめに	140
4. 8. 2	引張軸力が作用する場合のRC橋脚の破壊性状	141
4. 8. 3	引張軸力が作用する場合のRC橋脚の 曲げ塑性変形性能、復元力特性	144
4. 9	RCラーメン橋脚の履歴特性	147
4. 9. 1	はじめに	147
4. 9. 2	RCラーメン橋脚の地震被害事例とその解析	147
4. 9. 3	RCラーメン橋脚の履歴特性	151

4. 9. 4	RCラーメン橋脚の変形性能の解析方法	158
4. 10	PC箱桁の履歴特性	163
4. 10. 1	はじめに	163
4. 10. 2	実験概要	163
4. 10. 3	PC箱桁の履歴特性	167
4. 10. 4	まとめ	171
5 章	2方向地震動を受ける構造物の応答性状に関する検討	173
5. 1	2方向地震動が作用する単柱式RC橋脚の弾塑性地震応答解析法	173
5. 1. 1	はじめに	173
5. 1. 2	解析モデルと解析方法	173
5. 1. 3	解析結果	176
5. 1. 4	まとめ	178
5. 2	仮動的実験を用いた2方向地震力を受けるRC橋脚の 弾塑性応答性状に関する実験	180
5. 2. 1	はじめに	180
5. 2. 2	実験システムの概要	180
5. 2. 3	実験概要	181
5. 2. 4	実験結果	183
5. 2. 5	まとめ	186
5. 3	2方向免震を考えた高架橋システムの弾塑性地震応答性状	187
5. 3. 1	はじめに	187
5. 3. 2	免震橋の3次元動的解析	189
5. 3. 3	まとめ	193
5. 4	2方向地震動を受ける曲線ラーメン橋の耐震解析	194
5. 4. 1	曲線ラーメン橋の特徴	194
5. 4. 2	解析モデルの例	194
5. 4. 3	固有振動特性の特徴	195
5. 4. 4	非線形地震応答特性	196
5. 4. 5	耐震設計における問題点の整理	197
6 章	新しい高じん性構造	201
6. 1	鋼管・コンクリート複合構造橋脚	201
6. 1. 1	まえがき	201
6. 1. 2	鋼管・コンクリート複合構造橋脚の構造特性	201
6. 1. 3	耐震設計の流れ	203
6. 1. 4	耐震設計照査	204
6. 1. 5	高耐震機能橋脚の開発	205
6. 1. 6	まとめ	207
6. 2	プレストレスを導入したRC橋脚の残留変位の制御と耐震設計	208
6. 2. 1	序論	208
6. 2. 2	PRC橋脚の復元力モデル	208
6. 2. 3	残留変位応答スペクトル	211
6. 2. 4	PC鋼材の配置方法	212
6. 3	基部をアンボンドにしたRC橋脚	215
6. 3. 1	現状と課題	215
6. 3. 2	実験的検討	216
6. 3. 3	ファイバー要素解析	221
6. 4	アンボンド高強度芯材を用いたRC橋脚	226
6. 4. 1	はじめに	226
6. 4. 2	アンボンド高強度芯材入りRC橋脚構造	226

6. 4. 3	正負交番載荷実験結果による特性把握	228
6. 4. 4	まとめ	230
6. 5	スパイラルカラムで高密度に横拘束したRC橋脚	232
6. 5. 1	現状と課題	232
6. 5. 2	じん性向上に対する実験的な検討	232
6. 5. 3	DASC橋脚の耐震性	235
6. 5. 4	ファイバー要素による解析	235
6. 6	損傷の低減を図ったRC橋脚	240
6. 6. 1	はじめに	240
6. 6. 2	塑性化領域の制御に着目した橋脚構造	240
6. 6. 3	正負交番載荷実験による検証	241
6. 7	塑性ヒンジ領域に免震層を設けたRC橋脚	244
6. 7. 1	はじめに	244
6. 7. 2	基本コンセプト	244
6. 7. 3	実験供試体及び実験方法	246
6. 7. 4	繰り返し載荷実験からみた耐震性	247
6. 7. 5	ファイバー要素解析	249
6. 7. 6	まとめ	253
7章	基礎・地盤系の耐震解析	255
7. 1	概要	255
7. 1. 1	はじめに	255
7. 1. 2	地盤の応答	255
7. 1. 3	慣性力相互作用の評価	256
7. 1. 4	全体解析の流れと検討された課題	257
7. 2	地盤反力の評価	260
7. 2. 1	はじめに	260
7. 2. 2	簡便な表現へのシナリオ	260
7. 2. 3	実験による検討	263
7. 2. 4	おわりに	266
7. 3	杭基礎の耐震解析	267
7. 3. 1	はじめに	267
7. 3. 2	杭基礎の耐震解析モデル	267
7. 3. 3	杭基礎に生じる損傷をおさえるために 必要な橋脚と杭基礎の降伏耐力比	274
7. 4	フーチングの損傷メカニズムと耐力評価	282
7. 4. 1	まえがき	282
7. 4. 2	フーチング損傷状況	282
7. 4. 3	プロトタイプ供試体による実験	283
7. 4. 4	せん断スパン比に着目した実験	286
7. 4. 5	まとめ	290
7. 5	直接基礎の耐震解析	292
7. 5. 1	直接基礎の安定について	292
7. 5. 2	試設計例による比較、検討	295
7. 5. 3	今後の課題	298
7. 6	直接基礎の浮き上がりと橋脚の塑性応答への影響	299
7. 6. 1	現状と問題点	299
7. 6. 2	解析対象橋	299
7. 6. 3	標準フーチングで支持された場合の地震応答特性	302
7. 6. 4	フーチング幅の異なる直接基礎の地震応答特性	306
7. 6. 5	まとめ及び今後の課題	308



8章	非線形動的解析法	311
8.1	現状と問題点	311
8.2	鉄筋コンクリート構造の非線形動的解析	318
8.2.1	部材モデルと材料モデルを用いた非線形動的解析の現状と方向性	318
8.2.2	橋梁の耐震設計に用いる非線形動的解析ソフトの比較	320
8.2.3	等価線形化法による非線形応答の簡易推定法	325
8.3	鋼構造物の非線形動的解析	333
8.3.1	はじめに	333
8.3.2	幾何学的非線形性	333
8.3.3	材料非線形性	333
8.3.4	1自由度系モデル	334
8.3.5	動的解析による耐震性の照査	334
8.3.6	今後の課題	335
8.4	破壊をシミュレーションする応用要素法 (AEM)	337
8.4.1	はじめに	337
8.4.2	応用要素法 (Applied Element Method, AEM) とは	339
8.4.3	要素の定式化	340
8.4.4	材料のモデル化	342
8.4.5	破壊基準	344
8.4.6	解析プログラムの流れ	345
8.4.7	解析例	346
8.4.8	まとめ	357
9章	各種橋梁の非線形応答特性	361
9.1	コンクリートラーメン橋	361
9.1.1	はじめに	361
9.1.2	静的非線形特性	361
9.1.3	動的非線形特性	367
9.1.4	まとめ	371
9.2	RCアーチ橋	372
9.2.1	はじめに	372
9.2.2	アーチリブ模型実験	372
9.2.3	耐震性の検討	374
9.3	鋼アーチ橋	378
9.3.1	はじめに	378
9.3.2	解析モデルと解析条件	378
9.3.3	解析結果	379
9.3.4	まとめ	382
9.4	鋼斜張橋	383
9.4.1	はじめに	383
9.4.2	対象とした斜張橋と解析モデル	383
9.4.3	斜張橋の固有振動特性	385
9.4.4	斜張橋の非線形応答	386
9.4.5	Pushover 解析に用いる地震荷重の載荷方法	388
9.4.6	地震荷重の載荷方法が非線形応答の再現性に与える影響	389
9.4.7	斜張橋の耐震性能の評価	391
9.4.8	まとめ	391
9.5	エクストラードード橋	393
9.5.1	はじめに	393
9.5.2	エクストラードード橋の構造特性と実績	393
9.5.3	対象橋梁の耐震設計条件	396

9. 5. 4	固有値解析結果	402
9. 5. 5	大規模地震動に対する照査結果	403
9. 5. 6	まとめ	408
10章	鋼杭式港湾構造物の耐震解析	409
10. 1	現状と問題点	409
10. 1. 1	地震時の栈橋の動的応答特性	410
10. 1. 2	保有耐力法導入の可能性	412
10. 2	鋼直杭式栈橋の基本的な履歴復元力特性	414
10. 2. 1	載荷試験による復元力特性の検討	414
10. 2. 2	静的非線形解析による復元力特性の評価	418
10. 3	鋼直杭式栈橋の耐震解析	421
10. 3. 1	解析方法	421
10. 3. 2	解析方法の検証	424
10. 4	保有耐力法による耐震設計	426
10. 4. 1	地震時に栈橋に求められる性能	426
10. 4. 2	栈橋の地震時保有耐力	427
10. 4. 3	弾塑性解析による保有耐力評価	427
10. 4. 4	保有耐力法に基づく簡便照査法の提案	428
11章	免震構造	433
11. 1	現状と課題	433
11. 2	免震設計に必要な長周期化	434
11. 2. 1	現状と課題	434
11. 2. 2	解析対象とする免震橋とそのモデル化	434
11. 2. 3	支承剛性比を変化させた場合の免震橋の地震応答	435
11. 2. 4	免震化に必要な長周期化	441
11. 3	免震支承/橋脚の履歴特性	443
11. 3. 1	現状と問題点	443
11. 3. 2	免震支承とRC橋脚の履歴特性の変化	443
11. 3. 3	降伏耐力比と平均相互作用係数 $\bar{\gamma}$	446
11. 3. 4	非線形地震応答解析に基づくシミュレーション	448
11. 4	免震橋の地震応答の推定法の検討	450
11. 4. 1	はじめに	450
11. 4. 2	模型振動台実験による免震支承 — 橋脚系の非線形地震応答特性の検討	450
11. 4. 3	模型振動台実験結果のシミュレーション解析	460
11. 4. 4	まとめ	464
11. 5	複雑な載荷履歴を受けるゴム支承の挙動	467
11. 5. 1	はじめに	467
11. 5. 2	水平1方向モデル	467
11. 5. 3	水平2方向モデル	470
11. 5. 4	まとめ	474
11. 6	鋼製リンク支承を用いた橋梁の耐震解析	475
11. 6. 1	まえがき	475
11. 6. 2	鋼製リンク支承の特徴とモデル化	475
11. 6. 3	解析手法および解析条件	476
11. 6. 4	解析結果	477
11. 7	桁間衝突の影響	481
11. 7. 1	現状と課題	481
11. 7. 2	桁の衝突のモデル化とその精度	481

1 1. 7. 3	桁間衝突を考慮した高架橋の地震応答	486
1 1. 7. 4	桁間桁衝突が必要桁かかり長に及ぼす影響	488
1 2 章	海外における耐震設計基準と橋梁の比較設計	497
1 2. 1	はじめに	497
1 2. 2	道路橋示方書との比較から見た海外の耐震設計の特徴	498
1 2. 2. 1	耐震設計の基本方針	498
1 2. 2. 2	地盤種別	501
1 2. 2. 3	設計地震力	503
1 2. 2. 4	荷重低減係数	503
1 2. 2. 5	残留変位とP～Δ効果	506
1 2. 2. 6	設計計算法	506
1 2. 2. 7	橋脚部材設計（鉄筋コンクリート構造）	508
1 2. 2. 8	基礎設計（鉄筋コンクリート構造）	510
1 2. 2. 9	免震設計	510
1 2. 2. 10	落橋防止システム等	513
1 2. 3	ニュージーランド基準と道路橋示方書における橋脚の比較設計	514
1 2. 3. 1	概要	514
1 2. 3. 2	設計条件	514
1 2. 3. 3	ニュージーランド基準による設計計算の流れおよびポイント	515
1 2. 3. 4	設計結果の比較	522
1 2. 4	比較設計された橋脚の動的解析にもとづく挙動特性の対比	527
1 2. 4. 1	解析条件	527
1 2. 4. 2	解析結果	527
1 2. 4. 3	道路橋示方書標準波タイプ I 地震動を入力した場合の比較	528
1 2. 4. 4	道路橋示方書標準波タイプ I I 地震動を入力した場合の比較	531
1 2. 4. 5	まとめ	531
1 2. 5	おわりに	534
	付属資料	536
1 3 章	台湾地震による被害と解析	551
1 3. 1	地震動の特徴	551
1 3. 1. 1	地震	551
1 3. 1. 2	強震記録と強震動特性	551
1 3. 2	橋梁被害の概要	562
1 3. 3	集鹿大橋の被害分析	567
1 3. 3. 1	橋梁全体系の挙動	567
1 3. 3. 2	主桁一主塔剛結部の被害分析（桁の切り吹きが応答に及ぼす影響）	572
1 3. 4	猫羅溪橋	577
1 3. 4. 1	はじめに	577
1 3. 4. 2	橋梁モデル	577
1 3. 4. 3	解析方法	578
1 3. 4. 4	解析結果と考察	579
1 3. 4. 5	まとめ	581
1 3. 5	石圍橋の被害分析	582
1 3. 5. 1	構造条件	582
1 3. 5. 2	被害状況	582
1 3. 5. 3	被害メカニズムの推定	582
1 3. 5. 4	まとめ	588
1 3. 6	鳥溪橋の被害分析	589
1 3. 6. 1	鳥溪橋の被害状況	589

13.6.2	断層変位に基づく被害解析 (その1)	596
13.6.3	断層変位に基づく被害解析 (その2)	600
13.6.4	地表地震断層に基づく被害解析	605
13.7	卑豊橋の被害分析	613
13.7.1	卑豊橋の被害状況	613
13.7.2	地表地震断層に基づく被害解析	618
13.8	長庚橋の被害分析	621
13.8.1	損傷概要	621
13.8.2	損傷メカニズムの推定	621
13.8.3	構造諸元調査	621
13.8.4	保有水平耐力法による評価	623
13.8.5	動的解析による評価	623
13.8.6	まとめ	625
13.9	一江橋の被害分析	626
13.9.1	構造概要	626
13.9.2	被害の特徴	626
13.9.3	被害メカニズムの仮説	629
13.9.4	地表地震断層に基づく被害解析	634
13.10	断層変位に対する橋梁の設計手法に関する考察	638
13.10.1	はじめに	638
13.10.2	断層変位が橋梁の耐震性に及ぼす影響	638
13.10.3	断層変位に強い橋梁の耐震構造	648