

序

日本はアジアの東端、太平洋の西端に位置し、周囲を海に囲まれた、南北に連なる美しい島国である。山地が多く、国土の3分の2は森におおわれ、多くの湖があり100本以上の急峻な川にはきれいな水が流れ、四季の変化があり、素晴らしい自然に恵まれた国といえる。一方、世界の大きな地震の10%以上は日本及びその周辺で起き、大津波に襲われ、毎年のように大きな台風や冬の豪雪に襲われるなど、自然の猛威の厳しい国でもある。

この地に日本人は暮らし、自然への尊敬と畏怖の気持ちを持ち、互いを思いつつ暮らす心を培ってきた。明治の開国を機に、我が国は欧米の文明・科学・技術を導入し発展させ、先進国として世界を率いるまでに成長してきた。

大きな地震はいつかどこかを襲うとほとんどの人々は考えていたが、津波の恐ろしさを指摘する専門家は一部であり、この声は人々に伝わっていなかった。非常に辛いことであるが、2011年3月11日に起きた東日本大震災では、青森県から宮城県の三陸海岸、そして仙台の南の平野で多くのまちや村が大津波の大災害を受けた。警察庁（2014年10月10日）の報告によると、1万5,889人の尊い命が奪われ、2,598人の方々が行方不明といわれる。福島県では原子力発電所の事故が起き、広範囲に広がった放射能の除染作業が続き、放射能汚染水の処理対策、燃料の取り出しなど、廃炉に向けた難しい作業が続けられている。

人や社会は遠くで起きたこと、遠い昔に起きたことなど、体験していないことへの想いは薄い。数十年後、数百年後に日本のどこかを襲うといわれる大地震や大津波は、事実、東日本を襲ったが、明日にも次の大地震・大津波が日本のどこかを襲うかも知れない。しかし、人々は今を生き活動することに懸命である。専門家や研究者が同じように、遠い過去から未来へと繰返される自然や地球の動きを忘れることは許されない。さらに、科学・技術への過信、驕りはあってはならず、寺田寅彦が指摘していたように、文明の進化が災害を激化することを忘れてはならない。

地震や津波に対して安全で人々が安心して暮らすことのできる社会を目指して研究・技術開発を進め、これらの知見を蓄積し、日本を形造ってきた地盤工学会、土木学会、日本機械学会、日本建築学会、日本原子力学会、日本地震学会、日本地震工学会および日本都市計画学会の8学会は協力して、東日本大震災の合同調査報告をここに出版することになった。

地球の歴史、地球の営みに比べ人類の歴史は非常に短く小さいが、我々は基本的に言葉を持ち、文字を持っている。それぞれの時代に起きたことを文字や写真を用いて書物に残し、後世の人々に伝えることが重要である。これらの貴重な情報は後世の人々にだけでなく、国内の各地域、そして世界の国々に伝えることができる。

この合同調査報告は上記の8学会の会員・委員・事務局の努力によって纏められた東日本大震災の貴重な合同調査報告である。執筆に携われた多くの方々のご尽力に感謝致します。この合同調査報告が多くの関係者、あとに続く人々に読まれ、参考にいただき、次に大地震や大津波に襲われる国内外の地域の人々に警告を与え、防災・減災の対策に努めて欲しい。明日起こるか、数十年、数百年後に起こるかもしれない大地震・大津波によって、次に同じ災害が起こらないことを祈る。

2014年11月

東日本大震災合同調査報告書編集委員会

委員長 和田 章

東日本大震災合同調査報告書編集委員会

- 委員長 和田 章（東京工業大学名誉教授，日本建築学会）
- 副委員長 川島 一彦（東京工業大学名誉教授，日本地震工学会）
- 委員 日下部 治（茨城工業高等専門学校校長，地盤工学会，～2015年10月30日）
- 委員 末岡 徹（地圏環境テクノロジー顧問・技師長，地盤工学会）
- 委員 岸田 隆夫（地盤工学会専務理事，地盤工学会，2013年1月10日～2015年10月30日）
- 委員 東畑 郁生（関東学院大学客員教授，地盤工学会，2015年4月6日～）
- 委員 阪田 憲次（岡山大学名誉教授，土木学会）
- 委員 佐藤 慎司（東京大学教授，土木学会）
- 委員 白鳥 正樹（横浜国立大学名誉教授，日本機械学会）
- 委員 中村いずみ（防災科学技術研究所主任研究員，日本機械学会）
- 委員 長谷見雄二（早稲田大学教授，日本建築学会）
- 委員 壁谷澤寿海（東京大学地震研究所教授，日本建築学会，2013年4月1日～）
- 委員 腰原 幹雄（東京大学生産技術研究所教授，日本建築学会，2015年4月6日～）
- 委員 平石 久廣（明治大学教授，日本建築学会，～2013年3月31日）
- 委員 平野 光将（元東京都市大学特任教授，日本原子力学会）
- 委員 田所 敬一（名古屋大学准教授，日本地震学会）
- 委員 岩田 知孝（京都大学防災研究所教授，日本地震学会）
- 委員 若松加寿江（関東学院大学教授，日本地震工学会）
- 委員 本田 利器（東京大学教授，日本地震工学会）
- 委員 高田 毅士（東京大学教授，日本地震工学会）
- 委員 後藤 春彦（早稲田大学教授，日本都市計画学会，～2014年10月9日）
- 委員 竹内 直文（(株)日建設計顧問，日本都市計画学会）
- 委員 中井 検裕（東京工業大学教授，日本都市計画学会，2014年10月9日～）

（学会名アイウエオ順）

まえがき

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、その規模が日本における地震観測史上最大、世界的に見ても20世紀以降4番目に大きいとされる巨大地震であった。被害は、余震によるものをあわせて、東日本のほぼ全域に及び、その内容も極めて多方面にわたっている。地震の影響には長期化しているものもあり、また、地震から5年以上を経た現在も続く復興活動の中でも、少なからぬ課題が認められている。

東日本大震災合同調査報告は、この地震が、都市などの地域・生活空間に及ぼした影響を、学術的な見地から、できるだけ広範に把握できるようにするために、地盤工学会、土木学会、日本建築学会、日本地震工学会、日本機械学会、日本原子力学会、日本地震学会及び日本都市計画学会の8学会が協力して、各学会で取り組まれてきた調査の成果をとりまとめようとするものである。

調査報告は、被害をもたらした地震・津波・地盤災害に関する記録・情報が共通編1～3として刊行されたほか、学会ごとに編集委員会を設置して、分野別に地盤編2、土木編8、建築編11、機械編1、原子力編1、都市計画編1の刊行を行っている（予定を含む）。合同調査報告の刊行は、この未曾有の災害を分野横断的に俯瞰できるようにすることであったが、調査報告全体の情報は膨大であり、また、高度に専門分化した各分野の調査報告を通読するのは困難である。そのため、各分野の調査報告の要点をまとめた総集編を、日本建築学会が幹事学会となって編集することとなった。本編を読まれて分野ごとの調査内容に関心を持たれた読者には、是非、分野別に刊行されている調査報告をご覧になっていただきたい。

総集編の編集自体が分野横断的な取り組みであり、本編が実際に世に出ることになったのは、編集委員会の腰原幹雄委員長を始めとする委員、執筆者の方々の並々ならぬご尽力の賜物である。刊行にあたり、心よりお礼申し上げたい。

2016年12月

日本建築学会

東日本大震災合同調査報告書（建築）編集委員会

委員長 長谷見 雄二

東日本大震災合同調査報告書（建築）編集委員会

委員長	長谷見雄二（早稲田大学）
副委員長	緑川 光正（北海道大学名誉教授）
副委員長	壁谷澤寿海（東京大学地震研究所）
副委員長	平石 久廣（明治大学，～2013年3月31日）
副委員長	竹脇 出（京都大学，～2015年5月29日）
副委員長	時松 孝次（東京工業大学，2015年5月29日～2016年5月30日）
幹事	加藤 孝明（東京大学生産技術研究所）
幹事	腰原 幹雄（東京大学生産技術研究所）
幹事	前田 匡樹（東北大学）
幹事	村尾 修（東北大学災害科学国際研究所）
委員	石川 孝重（日本女子大学）
委員	大橋 竜太（東京家政学院大学）
委員	川瀬 博（京都大学防災研究所）
委員	後藤隆太郎（佐賀大学）
委員	清家 剛（東京大学）
委員	瀧口 克己（東京工業大学名誉教授）
委員	瀧澤 重志（大阪市立大学）
委員	堤 洋樹（前橋工科大学）
委員	中井 正一（千葉大学）
委員	中西 三和（日本大学）
委員	久田 嘉章（工学院大学）
委員	北後 明彦（神戸大学）
委員	増田 光一（日本大学）
委員	三浦 秀一（東北芸術工科大学）
委員	村上 公哉（芝浦工業大学）
委員	米野 史健（国立研究開発法人建築研究所）
委員	森 傑（北海道大学）

はじめに

「東日本大震災合同調査報告 総集編」（以下、総集編）は、東日本大震災を引き起こした「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」に関する報告である。

地震工学及び地震防災に関する学術・技術の進歩発達をはかることを目的とする学術団体である日本建築学会、地盤工学会、土木学会、日本機械学会、日本原子力学会、日本地震学会、日本地震工学会、日本都市計画学会の 8 学会が協力して東北地方太平洋沖地震の合同調査報告書を 2013 年 8 月の「機械編」を皮切りに全 28 編（予定）を刊行してきた。発災から 5 年以上が経過した現在も、復興活動が継続的に実施されているため、すべての報告が完成してはいない段階ではあるが、震災を振り返るひとつの節目として震災の全容を俯瞰するために総集編を刊行することになった。

東日本大震災に関する 8 学会によって実施されてきた研究調査報告は、各学会、専門分野ごとに詳細に行われており、その地域、分野、領域は非常に多岐に渡っている。これらの報告をすべて熟読し一度に理解することは困難であるが、地震防災研究は個々の専門分野の研究とともに周辺の研究と互いに関連付け、総合的に行っていく必要がある。「総集編」は、こうした分野横断研究の手助けとなるべく、各報告の要旨を各担当委員がとりまとめ直したものである。それぞれの報告書は、大震災による膨大な調査データにもとづいて詳細にまとめられている中、総集編ではページ数の制約のなかで各分野の要点をできるだけ俯瞰できるようにとりまとめたものである。各分野のより詳細な内容については、ぜひ元の報告書を手にとって参照していただきたい。参考に、総集編の目次と報告書の対応関係を以下に示しておく。

本報告書が、有効に活用され、さまざまな視点から研究が行われ、今後の地震災害の軽減に大きく資することを祈念するものである。

2016 年 12 月

総集編編集委員会

委員長 腰原 幹雄

総集編目次と対応報告書

総集編目次	対応報告書
第1章 被災地域の概要および耐震基準の変遷	
第2章 地震・地震動	共通編 1 地震・地震動
第3章 津波の特性と被害	共通編 2 津波の特性と被害
第4章 地盤災害	共通編 3 地盤災害
第5章 土木構造物の被害とその社会経済的影響	
5.1 土木構造物の地震被害	土木編 1 土木構造物の地震被害と復旧
5.2 土木構造物の津波被害	土木編 2 土木構造物の津波被害と復旧
5.3 ライフライン施設の被害と復旧	土木編 3 ライフライン施設の被害と復旧
5.4 交通施設の被害と復旧	土木編 4 交通施設の被害と復旧
5.5 原子力施設の被害とその影響	土木編 5 原子力施設の被害とその影響
5.6 緊急・応急期の対応	土木編 6 緊急・応急期の対応
5.7 土木構造物の機能停止と社会経済的影響	土木編 7 社会経済的影響の分析
第6章 建築物の被害	
6.1 まえがき	
6.2 鉄筋コンクリート造建築物	建築編 1 鉄筋コンクリート造建築物
6.3 プレストレストコンクリート造建築物	建築編 2 プレストレストコンクリート造建築物/ 鉄骨鉄筋コンクリート造建築物/ 壁式構造・組積造
6.4 鉄骨鉄筋コンクリート造建築物	
6.5 壁式構造・組積造	
6.6 鉄骨造建築物	建築編 3 鉄骨造建築物/シェル・空間構造
6.7 シェル・空間構造	
6.8 木造建築物	建築編 4 木造建築物/歴史的建造物の被害
6.9 歴史的建造物の被害	
6.10 建築基礎構造	建築編 5 建築基礎構造/津波の特性と被害
6.11 津波の特性と被害	
6.12 非構造部材の被害	建築編 6 非構造部材/材料施工
6.13 火災の概要	建築編 7 火災/情報システム技術
6.14 情報システム技術	
6.15 建築設備・建築環境	建築編 8 建築設備・建築環境
6.16 社会システム	建築編 9 社会システム/集落計画
6.17 集落計画	
6.18 建築計画	建築編 10 建築計画
6.19 建築法制	建築編 11 建築法制/都市計画
6.20 都市計画	
第7章 地盤構造物の被害と復旧	地盤編 1 地盤構造物の被害, 復旧, 地盤編 2 資料編
第8章 機械設備の被害と教訓	機械編
第9章 都市の被害と復興まちづくり	都市計画編
第10章 原子力発電所と関連施設の被害	原子力編
第11章 被害統計	
第12章 震災後の対応	

総集編編集委員会

委員長	腰原 幹雄 (東京大学生産技術研究所教授, 日本建築学会)
委員	糸井 達哉 (東京大学准教授, 日本原子力学会/日本地震工学会)
委員	加藤愛太郎 (東京大学地震研究所准教授, 日本地震学会)
委員	佐藤 慎司 (東京大学教授, 土木学会)
委員	白鳥 正樹 (横浜国立大学名誉教授, 日本機械学会)
委員	東畑 郁生 (関東学院大学客員教授, 地盤工学会)
委員	中村いずみ (防災科学技術研究所主任研究員, 日本機械学会)
委員	本田 利器 (東京大学教授, 日本地震工学会)
委員	吉田 充 (日本都市計画学会事務局, 日本都市計画学会)

総集編編集担当委員

※第2章から第10章は東日本大震災合同調査報告各編の概要になっています。

本文および執筆者は必要に応じて各編をご参照ください。

第1章	福士 謙介 (東京大学, 5.3)
腰原 幹雄 (東京大学)	鋤田 泰子 (神戸大学, 5.3)
古屋 治 (東京電機大学, 1.6)	永井 孝弥 (東日本旅客鉄道, 5.4)
	大友 敬三 (電力中央研究所, 5.3, 5.5)
第2章	新 孝一 (電力中央研究所, 5.5)
本田 利器 (東京大学, 2.3, 2.4)	野田 徹 (国土交通省, 5.6)
加藤愛太郎 (東京大学, 2.1, 2.2, 2.5)	大原 美保 (土木研究所, 5.6)
	奥村 誠 (東北大学, 5.7)
第3章	
越村 俊一 (東北大学)	第6章
	壁谷澤寿海 (東京大学, 6.1, 6.2.1)
第4章	谷 昌典 (京都大学, 6.2.2)
古関 潤一 (東京大学, 4.1~4.5)	福山 洋 (国土技術政策総合研究所, 6.2.2)
乾 徹 (京都大学, 4.6)	前田 匡樹 (東北大学, 6.2.3)
第5章	北山 和宏 (首都大学東京, 6.2.4)
高橋 良和 (京都大学, 5.1)	楠 浩一 (東京大学, 6.2.5)
細田 暁 (横浜国立大学, 5.2)	西山 峰広 (京都大学, 6.3.1, 6.3.2)

- 大迫 一徳 (ピーエス三菱, 6.3.2)
坂下 雅信 (建築研究所, 6.3.3)
堺 純一 (福岡大学, 6.4)
田中 照久 (福岡大学, 6.4)
時田 伸二 (都市再生機構, 6.5)
黒木 正幸 (崇城大学, 6.5)
緑川 光正 (北海道大学名誉教授,
6.6.1, 6.6.5)
寺田 岳彦 (清水建設, 6.6.2)
多田 元英 (大阪大学, 6.6.3, 6.6.4)
西山 功 (建築研究所, 6.6.4)
石原 直 (建築研究所, 6.6.5)
山田 哲 (東京工業大学, 6.6.6)
竹内 徹 (東京工業大学, 6.7.1, 6.7.2)
新宮 清志 (日本大学名誉教授, 6.7.1)
立道 郁生 (明星大学, 6.7.3)
松本 幸大 (豊橋技術科学大学, 6.7.3)
槌本 敬大 (建築研究所, 6.8)
大橋 竜太 (東京家政学院大学, 6.9)
金子 治 (戸田建設, 6.10)
鈴木 康嗣 (鹿島建設, 6.10)
中西 三和 (日本大学, 6.11)
濱本 卓司 (東京都市大学, 6.11)
清家 剛 (東京大学, 6.12)
廣井 悠 (東京大学, 6.13)
岩見 達也 (建築研究所, 6.13)
村岡 宏 (大林組, 6.13)
近藤 史朗 (清水建設, 6.13)
瀧澤 重志 (大阪市立大学, 6.14)
佐土原 聡 (横浜国立大学, 6.15.1)
田辺 新一 (早稲田大学, 6.15.1)
村上 公哉 (芝浦工業大学, 6.15.1)
一方井孝治 (鹿島建設, 6.15.2)
結城 晶博 (TOTO, 6.15.2)
吉田 聡 (横浜国立大学, 6.15.3)
大嶋 拓也 (新潟大学, 6.15.4)
長谷川兼一 (秋田県立大学, 6.15.4)
渡邊 浩文 (東北工業大学, 6.15.4)
吉田 涼二 (環境調査事務所, 6.15.4)
岩田 利枝 (東海大学, 6.15.5)
柳 宇 (工学院大学, 6.15.6)
槇 究 (実践女子大学, 6.15.7)
国松 直 (産業技術総合研究所,
6.15.7)
福田 展淳 (北九州市立大学, 6.15.8)
杉田 洋 (広島工業大学, 6.16.1)
阪東美智子 (国立保健医療科学院,
6.16.2)
志手 一哉 (芝浦工業大学, 6.16.3)
堤 洋樹 (前橋工科大学, 6.16.4)
後藤隆太郎 (佐賀大学, 6.17)
森 傑 (北海道大学, 6.18)
米野 史健 (建築研究所, 6.19.1,
6.19.3, 6.19.5)
姥浦 道生 (東北大学, 6.19.2, 6.19.4,
20.3)
村尾 修 (東北大学, 20.1, 20.2, 20.5)
牧 紀男 (京都大学, 20.4)
- 第7章
村上 章 (京都大学, 7.1~7.7)
東畑 郁生 (関東学院大学客員教授,
7.8~7.14)
- 第8章
白鳥 正樹 (横浜国立大学名誉教授)
中村いずみ (防災科学技術研究所)
- 第9章
鳴海 邦碩 (大阪大学名誉教授)
竹内 直文 (日建設計)
後藤 春彦 (早稲田大学)
大沢 昌玄 (日本大学, 9.1, 9.2)
片山 健介 (長崎大学, 9.1)

北原 啓司 (弘前大学, 9.1)
小泉 秀樹 (東京大学, 9.2, 9.3)
中村 仁 (芝浦工業大学, 9.3)
中林 一樹 (明治大学, 9.3)
相羽 康郎 (東北芸術工科大学, 9.4)
吉田 樹 (福島大学, 9.4)
苦瀬 博仁 (流通経済大学, 9.5)
城所 哲夫 (東京大学, 9.5)
岩尾詠一郎 (専修大学, 9.5)
福島 徹 (兵庫県立大学, 9.5)

第 10 章

泉 端郎 (元 原子力安全基盤機構)
宇井 淳 (電力中央研究所)
遠藤 寛 (電力中央研究所)
小倉 克規 (電力中央研究所)
酒井 俊朗 (元 東京電力)
野村 進吾 (元 原子力安全基盤機構)
平野 光將 (元 東京都市大学特任教授)
舟山 京子 (元 原子力安全基盤機構)
堀野 知志 (元 原子力安全基盤機構)
本橋 章平 (元 原子力安全基盤機構)
山下 正弘 (電力中央研究所)
山田 博幸 (元 原子力安全基盤機構)

第 11 章

腰原 幹雄 (東京大学)

第 12 章

腰原 幹雄 (東京大学)

総集編

目次

巻頭

第1章 被災地域の概要および耐震基準の変遷

1.1 被災地域の地勢	1
1.2 過去の災害	4
1.2.1 地震災害	4
1.2.2 津波	4
1.3 人口	5
1.3.1 各県の人口の動向	5
1.4 耐震基準の変遷	5
1.4.1 土木の基準の変遷	5
1.4.2 建築の基準の変遷	12
1.4.3 機械の基準の変遷	16

第2章 地震・地震動

2.1 地震環境	19
2.1.1 東北地方のテクトニクス	19
2.1.2 歴史地震と長期評価の概要	19
2.1.3 本震前の地殻活動	20
2.1.4 本震・余震・誘発地震活動	21
2.1.5 本震時・本震後の地殻活動	22
2.1.6 沖合での津波の観測結果	23
2.2 本震の震源過程	26
2.2.1 震源インバージョンによる震源過程	26
2.2.2 強震記録等を用いた震源モデル	27
2.3 強震記録	29
2.3.1 観測ネットワークによる強震記録	29
2.3.2 公共構造物等における強震観測	30
2.3.3 建築物等における強震観測	31
2.3.4 強震観測の今後の課題	32
2.4 地震動特性	33
2.4.1 地震動特性の概要	33
2.4.2 各地域での地震動	33

2.4.3	震度7の地震動記録について	34
2.4.4	液状化地盤における地震動	35
2.4.5	長周期地震動	36
2.5	余震・誘発地震	37
2.5.1	2011年3月11日15時15分の最大余震	37
2.5.2	2011年3月12日長野県北部の地震	37
2.5.3	2011年3月15日静岡県東部の地震	37
2.5.4	2011年4月7日宮城県沖のスラブ内地震	37
2.5.5	2011年4月11日福島県浜通りの地震	38

第3章 津波の特性と被害

3.1	はじめに	39
3.1.1	東北地方太平洋沖地震津波の発生	39
3.1.2	報告書の構成と総集編の位置づけ	39
3.2	東北地方の津波災害の歴史	40
3.3	2011年東北地方太平洋沖地震津波の発生機構	42
3.4	津波の伝播・観測状況	44
3.4.1	沖合水圧式津波計による津波観測	44
3.4.2	千島海溝ならびに日本海溝沿いで観測された津波	44
3.4.3	まとめ	45
3.5	陸上および河川に遡上した津波の調査・解析	47
3.5.1	津波痕跡の全国調査とその結果	47
3.5.2	合同調査グループによる調査と統一データセットの概要	48
3.5.3	痕跡データをもとにした遡上高の特徴	49
3.5.4	まとめ	51
3.6	数値シミュレーションによる津波の再現	51
3.6.1	津波発生・伝播状況の再現	51
3.6.2	深い領域と浅い領域のすべり	51
3.6.3	水平変動の効果	52
3.6.4	沿岸での津波高分布（すべり遅れの効果）	53
3.7	津波災害による人的・社会的影響	54
3.7.1	はじめに	54
3.7.2	人的被害	54
3.8	海岸堤防・防波堤の被災メカニズムと粘り強い構造の要件	56
3.8.1	海岸堤防・防波堤の被災メカニズムと粘り強い構造	56
3.8.2	海岸堤防の被災メカニズム	56
3.8.3	海岸堤防の粘り強い構造	59
3.9	復旧・復興	60

3.9.1	復旧・復興計画の理念	60
3.9.2	復旧・復興とまちづくり計画	62
3.9.3	津波に強いまちづくりに向けて	64
第4章 地盤災害		
4.1	被災地域の地形・地質・地盤の概要	67
4.2	地表地震断層の発生	69
4.2.1	誘発地震による地殻変動の概要	69
4.2.2	2011年4月11日福島県浜通りの地震による地殻変動と被害	69
4.3	造成宅地の被害と復旧	72
4.3.1	造成宅地の被害の概要	72
4.3.2	宮城県仙台市内における造成宅地の被害と復旧	74
4.4	液状化による被害と復旧	76
4.4.1	液状化発生状況の概要	76
4.4.2	千葉県	77
4.4.3	茨城県	80
4.4.4	東京都	82
4.4.5	神奈川県	82
4.4.6	埼玉県	82
4.4.7	栃木県	83
4.4.8	東北地方	83
4.5	斜面の被害と復旧	85
4.5.1	分布傾向と類型化	85
4.5.2	宮城県	85
4.5.3	福島県	86
4.5.4	栃木県	86
4.5.5	茨城県	87
4.5.6	新潟県・長野県	87
4.6	地盤環境の被害と復旧	89
4.6.1	地震・津波で発生した地盤環境問題の概要	89
4.6.2	地盤・地下水環境への影響	89
4.6.3	災害がれき・廃棄物の処理・有効利用に関する地盤工学的課題とその対応	91
4.6.4	放射能物質による汚染に関する地盤工学的課題とその対応	93
第5章 土木構造物の被害とその社会経済的影響		
5.1	土木構造物の地震被害	95
5.1.1	概説	95
5.1.2	橋梁・高架橋	95

5.1.3	土構造物の被害	103
5.2	土木構造物の津波被害	107
5.2.1	はじめに	107
5.2.2	港湾・海岸構造物	107
5.2.3	橋梁構造物	109
5.2.4	土構造物	111
5.2.5	河川構造物	113
5.2.6	下水道構造物	114
5.3	ライフライン施設の被害と復旧	116
5.3.1	はじめに	116
5.3.2	水道施設	116
5.3.3	下水道施設	117
5.3.4	廃棄物管理	119
5.3.5	電力施設	120
5.3.6	都市ガス施設	121
5.3.7	通信施設	122
5.3.8	ライフラインの相互連関	123
5.4	交通施設の被害と復旧	126
5.4.1	道路の被害と復旧	126
5.4.2	鉄道の被害と復旧	130
5.4.3	港湾の被害と復旧	135
5.4.4	空港の被害と復旧	140
5.5	原子力施設の被害とその影響	143
5.5.1	概説	143
5.5.2	震災以前の原子力土木技術	143
5.5.3	原子力土木構造物等の地震・津波被害と復旧	143
5.5.4	震災後の原子力土木技術への影響	147
5.5.5	放射性汚染廃棄物	149
5.6	緊急・応急期の対応	152
5.6.1	国の対応	152
5.6.2	地方自治体の対応	155
5.6.3	情報伝達と避難の課題	159
5.6.4	被災者の生活再建支援	161
5.7	土木構造物の機能停止と社会経済的影響	163
5.7.1	はじめに	163
5.7.2	インフラ機能の停止と復旧過程	164
5.7.3	直接被害額の計測	167
5.7.4	地域人口への影響	169

5.7.5 経済活動への直接的影響	171
5.7.6 広域的な影響と間接被害額推計	176

第6章 建築物の被害

6.1 はじめに	183
6.2 鉄筋コンクリート造建築物	183
6.2.1 調査の概要	183
6.2.2 構造設計に関する諸基規準の変遷	186
6.2.3 被害統計と分析	188
6.2.4 被害形態	196
6.2.5 個別事例	201
6.3 プレストレストコンクリート造建築物	206
6.3.1 被害調査概要	206
6.3.2 地震動による被害	206
6.3.3 津波による被害	210
6.4 鉄骨鉄筋コンクリート造建築物	212
6.4.1 調査概要	212
6.4.2 被害形態の概要	213
6.4.3 建物被害の概要	216
6.4.4 まとめ	217
6.5 壁式構造・組積造	218
6.5.1 鉄筋コンクリート造系壁式構造	218
6.5.2 各種組積造	221
6.5.3 コンクリートブロック塀・石塀	222
6.5.4 被災度区分判定	222
6.6 鉄骨造建築物	225
6.6.1 はじめに	225
6.6.2 地震動による被害	225
6.6.3 津波による被害	227
6.6.4 その他の被害	233
6.6.5 個別事例	233
6.6.6 鉄骨造文教施設の被害	234
6.7 シェル・空間構造	238
6.7.1 要因・構造形式・地域と被害概要	238
6.7.2 共通に見られた被害の傾向	240
6.7.3 被害の統計と分析	245
6.8 木造建築物	248
6.8.1 はじめに	248

6.8.2	各地の被害分布	248
6.8.3	構法・建築年代と地震動被害の形態	249
6.8.4	個別建築物の地震動被害	252
6.8.5	建築構法・年代と津波被害	253
6.8.6	津波浸水深と被害の分布	256
6.8.7	津波浸水深と被害の分布	257
6.8.8	まとめ	257
6.9	歴史的建造物の被害	258
6.9.1	歴史的建造物の被災調査	258
6.9.2	指定文化財建造物の被害とその対応	258
6.9.3	地域別の被害	259
6.9.4	歴史地区の被害	260
6.9.5	主な被災建造物	261
6.9.6	歴史的建造物を災害から守るために	262
6.10	建築基礎構造	264
6.10.1	被害の概要	264
6.10.2	液状化による被害	264
6.10.3	震動による被害	267
6.10.4	津波による被害	272
6.10.5	まとめ	273
6.11	津波の特性と被害	275
6.11.1	津波被害の概要	275
6.11.2	沿岸地形	275
6.11.3	沿岸利用	276
6.11.4	建築物の被害	277
6.11.5	インフラの被害	278
6.11.6	津波防護施設の被害	279
6.11.7	耐津波設計から対津波設計へ	280
6.11.8	人命保護と機能維持	280
6.11.9	ハード対策とソフト対策の融合	280
6.11.10	想定を超えた津波に対するロバスト性	281
6.11.11	津波荷重の軽減	281
6.11.12	上方避難経路の確保	281
6.11.13	フローティング・シェルター	282
6.11.14	建物性能の早期回復	282
6.11.15	避難情報ネットワークの多重化	282
6.11.16	前後事象のリスク連鎖	282
6.11.17	性能設計法の構築	283

6.11.18	構造材と非構造材の破壊シーケンス	283
6.11.19	津波被害からの復旧・復興	283
6.11.20	南海トラフ地震大津波への備え	283
6.12	非構造部材の被害	285
6.12.1	被害の概要	285
6.12.2	木造住宅などにおける瓦と湿式外壁	285
6.12.3	天井の被害	286
6.12.4	外壁・外装材・開口部の被害	287
6.12.5	その他非構造部材の被害	291
6.12.6	学校建築における非構造部材の被害	292
6.12.7	まとめ	294
6.13	火災の概要	296
6.13.1	地震火災の全体像	296
6.13.2	非木造建物の火害	300
6.13.3	防火関連設備の地震被害	300
6.13.4	危険物施設の火災と対応	301
6.14	情報システム技術	302
6.14.1	災害時の情報通信システムの様相	302
6.14.2	早期地震警報の利活用状況	302
6.14.3	震災時の避難情報に必要な情報システム技術	303
6.14.4	情報システム分野における行政の災害対策	304
6.14.5	BIM および 3 次元データの可能性	304
6.14.6	被災地のスマートシティ計画	305
6.14.7	震災アーカイブ	305
6.14.8	阪神・淡路大震災との被害と復旧状況の違い	306
6.14.9	おわりに	307
6.15	建築設備・建築環境	308
6.15.1	大震災と環境工学	308
6.15.2	建築設備の被害	309
6.15.3	都市設備の被害と復旧・復興対策	310
6.15.4	建物機能・環境への影響（被災地：東北地方）	311
6.15.5	首都圏の建物機能への影響と節電	312
6.15.6	地域環境への影響	313
6.15.7	被災に伴う行動と心理	313
6.15.8	節電対策とエネルギー消費	314
6.16	社会システム	315
6.16.1	震災の被害と社会システム	315
6.16.2	住宅分野の震災対応	316

6.16.3	建築生産分野の震災対応	317
6.16.4	マネジメント分野の震災対応	317
6.17	集落計画	320
6.17.1	はじめに	320
6.17.2	農漁村地域の津波被災と集落計画上の諸問題	322
6.17.3	集落社会の被災と復興支援ネットワーク	323
6.17.4	集落の被災と再建計画ー各集落のケーススタディー	324
6.17.5	おわりに	325
6.18	建築計画	326
6.18.1	建築計画分野における調査研究	326
6.18.2	人間の行動	327
6.18.3	避難所・避難生活	328
6.18.4	住宅	329
6.18.5	公共建築	330
6.18.6	応急仮設住宅	331
6.18.7	震災復興と計画技術	332
6.19	建築法制	334
6.19.1	はじめに	334
6.19.2	被災市街地における建築制限	334
6.19.3	仮設建築物に対する制限の緩和	335
6.19.4	復興段階における建築制限	336
6.19.5	復興事業に係る特例措置	338
6.20	都市計画	340
6.20.1	復興の全体像と復興政策の概要	340
6.20.2	復興計画（市町村レベル）	341
6.20.3	復興事業の実際（市町村レベル）	342
6.20.4	コミュニティの再生と被災者の生活再建	343
6.20.5	論考および復興計画カタログ	344

第7章 地盤構造物の被害と復旧

7.1	鉄道・道路の被害と復旧	345
7.1.1	鉄道の被害と復旧	345
7.1.2	道路の被害と復旧	346
7.2	河川堤防・フィルダム・鈹滓堆積場の被害と復旧	347
7.3	海岸・港湾構造物および空港施設の被害と復旧	348
7.3.1	海岸・港湾及び空港施設の被害の概要	348
7.3.2	岸壁・護岸	349
7.3.3	防波堤	349

7.3.4	防潮堤・海岸堤防・樋門等	350
7.3.5	空港	350
7.3.6	海岸・港湾・漁港及び空港施設の今後の在り方	350
7.4	ライフラインの被害と復旧	351
7.4.1	上水道	351
7.4.2	下水道	351
7.4.3	電力	352
7.4.4	都市ガス設備	353
7.4.5	通信	353
7.5	産業施設の被害と復旧	354
7.5.1	産業施設	354
7.6	農業用施設の被害と復旧	355
7.6.1	農業用ダムの被害の特徴と復旧	355
7.6.2	ため池被害の特徴	355
7.6.3	パイプラインの被害の特徴と復旧	358
7.7	建築基礎の被害	358
7.7.1	概要	358
7.7.2	液状化による基礎の被害	359
7.7.3	津波による被害	359
7.7.4	震動による杭基礎の被害	360
7.7.5	おわりに	361
7.8	地盤工学会の震災対応活動の概要	361
7.8.1	学会調査団活動	361
7.8.2	震災によって示された地盤工学的課題	363
7.9	4つの会長特別委員会の活動内容について	363
7.9.1	地盤変状メカニズム研究委員会	363
7.9.2	土構造物耐震化研究委員会	365
7.9.3	地盤構造物耐津波化研究委員会	365
7.9.4	地盤環境研究委員会	366
7.10	二度の提言	367
7.10.1	第一次提言（2011年7月）「地震時における地盤災害の課題と対策 —2011年東日本大震災の教訓と提言」	367
7.10.2	第二次提言（2012年6月）「地震時における地盤災害の課題と対策」	369
7.11	関東地方の液状化実態解明活動について	369
7.12	自治体との協力について（復興に向けて）	370
7.12.1	仙台市	370
7.12.2	関東地方で宅地の液状化災害を被った自治体	371
7.13	地盤品質判定士制度の創設	372

7.14	福島第一原発問題の収束に向けて地盤工学からの貢献	372
7.14.1	原子力発電所構内および周辺の地下水環境〔放射能環境〕の超長期予測	373
7.14.2	放射能遮蔽に有効な土質材料の開発（超重泥水）	373
7.14.3	発電所解体と廃棄物処分の技術の開発（デコミッション）	373
7.14.4	以上を総合した廃炉地盤工学の学術・技術体系の創出	373
7.15	活断層の問題について	373

第8章 機械設備の被害と教訓

8.1	はじめに	375
8.2	各WGの調査報告	375
8.2.1	機械設備の被害状況と耐震対策技術の有効性（WG1）	375
8.2.2	力学体系に基づく津波被害のメカニズムの理解（WG2）	378
8.2.3	被災地で活動できるロボット課題の整理（WG3）	380
8.2.4	被災地周辺の交通・物流分析（WG4）	383
8.2.5	エネルギーインフラの諸問題（WG5）	385
8.2.6	原子力規格基準等の課題と今後の方向性（WG6）	388
8.2.7	地震・原発事故等に対する危機管理（WG7）	390
8.3	大震災に学ぶ機械工学のあり方に関する提言	391

第9章 都市の被害と復興まちづくり

9.1	震災と日本都市計画学会の取り組み	397
9.2	今般の災害の特徴と復興まちづくりの枠組み	398
9.2.1	東日本大震災の特徴、被害実態、復興計画の策定体制等	398
9.2.2	復興まちづくり支援等	400
9.3	復興まちづくりの貫徹とさらなる展開に向けて	401
9.3.1	東日本大震災 復興まちづくりの視点からみた課題と提案	401
9.3.2	地域コミュニティを基点とした復興まちづくり	404
9.4	原発事故からの復興まちづくり	405
9.5	大震災への備えと復興まちづくり	406
9.5.1	災害に備える都市計画・社会システム	406
9.5.2	自治体による被災地の人的支援	408
9.6	まとめ	408

第10章 原子力発電所と関連施設の被害

10.1	原子力発電所及び周辺施設の被害状況	411
10.1.1	原子力発電所の地震・津波安全	411
10.1.2	福島第一原子力発電所およびその周辺の被害状況	412
10.1.3	周辺環境	419

10.1.4 その他の原子力発電所	420
10.2 まとめ	421

第11章 被害統計

11.1 はじめに	423
11.2 人的被害	427
11.2.1 人的被害の発生状況	427
11.2.2 死亡原因	429
11.2.3 死傷者の属性	429
11.2.4 外国人の死傷者	430
11.3 経済的被害	430
11.3.1 物的被害額	430
11.4 社会的被害	433
11.4.1 交通施設の被害	433
11.4.2 ライフラインの被害	435
11.5 建築物の被害	435
11.5.1 地域別被害統計	435
11.5.2 その他の被害統計	444

第12章 震災後の対応

12.1 行政対応	445
12.1.1 対策本部設置・状況把握・調査	445
12.1.2 救援活動・二次災害防止	452
12.1.3 弔慰金・義援金	456
12.1.4 将来に備えた防災対策（全国対応）	457
12.1.5 保険	462
12.2 学会の対応	464
12.2.1 提言	464