

## ま え が き

わが国では、これまで、台風、豪雨、豪雪、地すべり、地震、火山噴火などの数多くの自然災害が発生して多大な被害を受けてきており、今後も引き続き各種の自然災害による被害を受けやすい状況にあると考えられる。建設系の工学の分野は、社会資本を整備・維持し、人々の暮らしや各種の社会・経済活動を支える工学であり、このような自然災害の脅威に対して人々の暮らしや種々の活動を安全なものとするのがその使命の一つといえる。すなわち自然災害が社会資本に及ぼす影響を可能な限り軽減することが、建設系分野に課せられた大きな役割といえる。社会の急速な変化に応じて災害の形態や影響も変化しており、その変化や影響を適切に予測して事前の対策により自然災害を軽減することは、調和的かつ安全な社会環境づくりに欠かせない重要な課題である。このようなことから、高等専門学校において建設系分野を専攻する学生にとって、防災工学を学ぶことは重要な意味をもつといえる。

本書は、今後の社会資本の整備や維持の面で重要となる防災に関わる工学的な知識を幅広く学ぶことを目的としている。取り上げる自然災害は、地震災害、河川・土石流災害と海岸災害、地盤災害、火山災害など多岐に亘っており、また、各災害の内容やその原因、対策等に関する記述は、専門分野の広い範囲に及んでいる。このため、本書の内容を学習する対象学生の学年は、専門分野の基礎的事項を学習した後の、高専の高学年である5年次あるいは4年次後半が望ましいと考えられる。

これまで防災工学は大きな自然災害を経験するたびにその内容を常に発展させてきているが、近年の自然災害の影響が急激に増大する傾向にあることから、自然災害の影響を軽減すべき課題も増加するという面を有している。例えば、近年、近代都市で生じる巨大災害に備えることが特に重要な問題となって

いることなど、自然災害の影響は拡大化・複雑化し、防災工学が対処すべき問題や課題には解決の困難なものも増えているのが現状と考えられる。このため学生諸君には、本書の内容を基礎的事項として学習した後、各種災害や専門分野に応じて解決すべき課題に対処すべく、さらに学習内容を発展させるように考えてもらいたい。そのような意味で、高等専門学校で学ぶ建設系の学生諸君には、技術者として、自然災害軽減のために、どのようなことを考え、実現すべきかを常に意識するように心掛けてほしい。本書が、防災工学の基礎的内容の学習に資することを期待する。

本書の執筆担当は、1章（淵田）、2章（淵田）、3章（疋田）、4章（吉村）、5章（檀）、6章（淵田）、7章（塩野）である。著者らはいずれも高専の環境都市工学系にあって、各種の自然災害に関連する分野で幅広く活動している。なお、ページ数の制約などで十分に説明できていない箇所や、また、著者らの力不足で不十分な表現や誤った表現をしている箇所があるかもしれない。読者のみなさまのご叱正を乞う次第である。

最後に、本書の執筆では多くの資料や文献を参考にしており、章末に参考とした文献や URL を示しているが、これら著者の方々に対して深甚なる謝意を表する次第である。また、本書が出版されるまでの長い間、ご尽力いただいたコロナ社をはじめ、関係者のみなさまにも厚くお礼を申し上げます次第である。

2014年1月

著 者

# 目 次

## 1. 自然災害と防災概説

1.1	地震災害	1
1.2	河川・土石流災害と海岸災害	4
1.3	地盤災害と火山災害	5
1.4	災害対策と防災計画	6

## 2. 地震災害

2.1	おもな地震災害	7
2.2	地震のメカニズム	9
2.2.1	地震断層	9
2.2.2	地震の発生する場所とメカニズム	10
2.2.3	マグニチュードと震度階	12
2.3	地震動とその特性	18
2.3.1	地震波とその性質	18
2.3.2	地震計と強震観測	19
2.3.3	地震動の特性	22
2.3.4	地盤の震動特性	22
2.4	各種構造物の地震被害と対策	24
2.4.1	橋 梁	24
2.4.2	ライフライン（地下構造物）	25
2.4.3	土 構 造 物	27
2.4.4	河川関係施設	28
2.4.5	港湾・海岸構造物	28

2.5	耐震設計法・免震・制震	29
2.5.1	耐震設計の流れ	29
2.5.2	震 度 法	32
2.5.3	地震時保有水平耐力法	34
2.5.4	応 答 変 位 法	37
2.5.5	動的解析法	38
2.5.6	不規則振動解析	42
2.5.7	免 震・制 震	43
	演 習 問 題	44

### 3. 河川・土石流災害

3.1	水文学の知識	46
3.1.1	豪 雨 災 害	46
3.1.2	超 過 確 率	47
3.2	水 文 統 計	47
3.2.1	確率密度関数	47
3.2.2	確率水文量の推定	50
3.3	河 川 災 害	51
3.3.1	治水の歴史と河川法の改正	51
3.3.2	都市水害のメカニズム，問題点とその対策	52
3.3.3	都市化と水害に対する住民の対応	53
3.3.4	事例：鹿児島豪雨災害	54
3.3.5	事例：川内川の洪水ハザードマップ	61
3.4	土 石 流 災 害	64
3.4.1	土石流災害の特徴	64
3.4.2	土石流発生の予知	65
3.4.3	土石流災害の問題点とその対策	67
3.4.4	事例：土石流災害	69
	演 習 問 題	69

## 4. 海岸災害

4.1	おもな海岸災害と波の種類	70
4.2	高波災害	72
4.2.1	高波災害の実態	72
4.2.2	高波災害の対策	79
4.3	高潮災害	81
4.3.1	高潮災害の実態	81
4.3.2	高潮の予知と災害対策	86
4.4	津波災害	89
4.4.1	津波災害の実態	89
4.4.2	津波の規模の表示	101
4.4.3	津波の予測と防災対策	108
4.5	海岸侵食と堆積災害	118
4.5.1	海岸侵食と堆積の実態	118
4.5.2	海岸侵食・堆積災害の対策工法	122
4.6	地球温暖化による海面上昇	126
4.6.1	地球温暖化による海面上昇の実態	126
4.6.2	地球温暖化による海面上昇の予測	127
4.6.3	地球温暖化による海面上昇への対策	128
	演習問題	129

## 5. 地盤災害

5.1	地質学の基礎（地盤の生成）	132
5.2	土質力学の基礎（有効応力）	135
5.3	地盤調査と土質試験	137
5.4	地盤沈下	138
5.4.1	地盤沈下のメカニズムと実態	138
5.4.2	地盤沈下の対策工	144

5.5	地盤の液状化	144
5.5.1	液状化のメカニズムと実態	144
5.5.2	液状化の予測と対策工	146
5.6	斜面災害	149
5.6.1	斜面災害のメカニズムと実態	149
5.6.2	斜面災害の対策工	153
	演習問題	154

## 6. 火山災害

6.1	火山噴火のメカニズム	155
6.2	火山噴火の種類	156
6.3	火山噴火災害の例	158
6.3.1	日本での火山噴火	158
6.3.2	外国での火山噴火	163
6.4	火山災害対策	165
	演習問題	166

## 7. 災害対策と防災計画

7.1	災害対策の全体像	167
7.1.1	防災基本計画	167
7.1.2	災害の種類	169
7.1.3	対策の種類—災害発生との時間的關係	171
7.1.4	災害対策の背景	173
7.1.5	災害対策の主体	177
7.2	予防対策	180
7.2.1	予防対策の目標	180
7.2.2	災害に強い国づくり，まちづくり	181
7.2.3	応急対策や復旧・復興への「備え」	185
7.2.4	国民の防災活動の推進	186
7.2.5	研究や観測の推進	186

7.3 応急対策	190
7.3.1 応急対策の組立て	190
7.3.2 活動体制の構築	192
7.3.3 被災者の救済	193
7.3.4 住宅の被害調査	197
7.3.5 被災地域の救済	198
7.4 復旧・復興対策	199
7.4.1 復旧・復興体制	199
7.4.2 復旧・復興計画	200
7.4.3 被災者の生活再建	200
7.4.4 公共施設の復旧事業費	203
演習問題	206
引用・参考文献	207
演習問題解答	212
索引	221

---

# 自然災害と防災概説

わが国は、台風、豪雨、豪雪、地すべり、地震、火山噴火などの自然災害が発生しやすい気象的、地形・地質学的特性を有しており、世界でも有数の大災害が頻発する国といえる。このため災害防止に種々の施策がなされてきているが、社会の急速な変化に応じて災害もその形態や影響が変化しており、自然災害を軽減することが、調和的かつ安全な社会環境づくりに欠かせない重要な課題といえる。

本書は、これからの社会で必要となる防災に関わる工学的な知識を学ぶことを目的として、自然災害として、地震災害、河川・土石流災害と海岸災害、地盤災害、火山災害をおもなものとして取り上げ、各災害の内容やその原因、対策等について記述し、防災工学が対象とする自然災害の概要について把握することを目指すものである。さらに近年、近代都市で生じる巨大災害に備えることが特に重要な問題となっていることから、都市災害の種類、特色、原因とその対策等について、防災基本計画の内容を中心に記述して理解を深めることとする。

このような理解をもとに、今後、自然災害軽減のためにどのようなことを考え実現すべきかについて、技術者として具備することをねらいとする。

本章では、過去に起った各種の自然災害について、おもなものを取り上げて歴史的な経緯について述べる。

## 1.1 地震災害

わが国で明治以降に生じた自然災害で最大規模のものとして、死者が10万人を超えた関東地震による大震災が挙げられる。1923年9月1日に発生したこの震災では、強い地震動の揺れに伴い各種の構造物に多数の被害が生じた



## 2 1. 自然災害と防災概説

が、同時に発生した火災は多くの家屋焼失と人命損失の原因となり、約70万棟の建築物の被害と、死者・行方不明者14万人以上の未曾有の大災害となった。この地震を契機として、各種構造物の耐震設計に関する検討が開始され、震度法による耐震設計が採用されるなど、この地震はその後の耐震設計の発展へとつながる出発点として位置付けられる。

関東地震以降も地震災害はたびたび生じており、1927年3月の北丹後地震では内陸部直下型地震の大きな揺れで死者2925人、1933年3月の昭和三陸沖地震では大津波の影響で死者・行方不明3064人、1943年9月の鳥取地震では火災発生もあり死者1083人、1944年12月の東南海地震では死者・行方不明1251人、1945年1月の三河地震では死者1961人、1946年の南海地震では死者1330人、さらに1948年の福井地震では内陸直下型地震で死者3769人と、それぞれ1000人以上の多数の犠牲者を生じる大災害が続いて発生した<sup>1)†</sup>。

その後も大きな地震は数多く発生し、それに伴う大きな地震災害を経験するたびに、新しい被害状況や現象が確認され、課題として研究され、その成果が耐震設計に反映されることが繰り返されて、わが国の耐震設計は徐々に発展してきている。

1964年の新潟地震では、信濃川に沿って形成された新潟市において液状化現象が顕著に観察され、これを契機として液状化に関する研究が活発に行われるようになった。現在では、研究の成果によって各種の耐震基準類に液状化に対する規定が盛り込まれている<sup>2)</sup>。1978年の宮城県沖地震では、水道管、ガス管などのいわゆるライフラインとよばれる都市施設の被害が都市における社会活動や一般市民の生活に大きく影響を及ぼしたことから、都市災害という観点が目目されるようになった。1983年の日本海中部地震と1993年の北海道南西沖地震では津波による多数の犠牲者が出たことから、地震による津波への対策の重要性が改めて認識されることになった。

1948年の福井地震以降の約50年間は、1000人を超える多数の死者が生じ

---

† 肩付き数字は、巻末の引用・参考文献の番号を表す。

るような地震による大災害の脅威を経験することがなく、歴史的には空白ともいえる期間が経過した。

しかし、1995年の兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災は、近代都市が直下地震の直撃を受けて死者6308人の大災害となり、壊滅的な被害を生じた巨大災害として数多くの問題を露呈することとなった。規模の大きな地震に対して大都市がもつ脆弱な点は地震に対する備えが不十分であることを示しており、地震防災の重要性を再認識することとなった。この地震を契機として、通常の地震よりもより強い地震動である、いわゆるレベル2地震動に対する耐震設計法が検討され<sup>3)</sup>、多くの基準が改定されるとともに地震観測網が整備され、多種多様な地震防災への取組みも行われるようになった。

兵庫県南部地震以降もたびたび地震が発生して被害を生じているが、2011年の東北地方太平洋沖地震は、地震の規模がマグニチュード9.0という日本周辺における観測史上最大の地震であった。一般には東日本大震災といわれている。この地震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖までの南北約500km、東西約200kmのおよそ10万平方キロメートルという広範囲に及んでおり、最大震度は宮城県栗原市で観測された震度7で、震度6強を観測した地域も宮城・栃木・福島・茨城の4県に及んでいる。2012年11月時点で、震災による死者・行方不明者は約19000人に達している。

この地震により波高10m以上、最大遡上高40.1mにも上る津波が発生し、東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらした。東京電力福島第一発電所では、全電源を喪失して原子炉を冷却できなくなり、水素爆発と炉心溶融（メルトダウン）により大量の放射性物質の漏洩を伴う重大な原子力事故に発展した。さらに、地震の揺れや液状化現象、地盤沈下、ダムの決壊などによって、北海道南岸から東北を経て東京湾を含む関東南部に至る広大な範囲で被害が発生し、各種ライフラインが寸断された。

大震災による影響の新たな面を見せるこの地震により、今後の地震防災がいろいろな面で改善を余儀なくされており、近い将来発生が予想される巨大地震に対して取り組むべき課題はさらに増大し、社会の要求として地震防災への取

組みをこれまで以上に強化し継続していく努力が求められている。

## 1.2 河川・土石流災害と海岸災害

一方、地震災害以外に目を向けると、河川や海岸で生じる災害が注目される。これらの災害はその原因から気象災害ともいわれるものであり、台風によるものと梅雨時期の集中豪雨によるものとに大別される風水害とも捉えられる。豪雨に伴い発生する河川の氾濫は洪水を引き起こすことになり、台風の際には沿岸部での高潮による被害が生じる場合がある。1938年には阪神地方に記録的な大雨があり、六甲山で大規模な山崩れが発生して神戸市などで大水害が起きている。1953年に北九州地方、1961年に関東・長野地方、1967年に西日本、1972年に九州から関東までの広い範囲において梅雨期の豪雨災害が発生している。

また7月中旬から下旬にかけての梅雨末期には、しばしば局地的な集中豪雨があり、特に西日本で現れやすい。1957年の長崎県諫早市周辺、1982年の長崎市とその付近、1983年の山陰地方西部、さらに1993年の鹿児島県においてそれぞれ短時間に記録的な集中豪雨が降り、甚大な災害が起きている<sup>1)</sup>。集中豪雨の最大の特徴は短時間に大量の雨が降ることであり、特に梅雨前線が停滞して雨が続いた後に局地的な大雨が降ると、洪水や土石流などの土砂崩壊が起りやすくなる。

1934年の室戸台風は、四国の室戸岬付近に上陸して淡路島を通り大阪を襲った。大阪湾の平均潮位が上昇して高潮が発生し、大阪市内の西半分が冠水して多くの木造家屋が倒壊するという被害が起った。1959年の伊勢湾台風は伊勢湾に未曾有の高潮を発生させて、愛知県・三重県の沿岸に甚大な被害を及ぼし、数万人の死者が出て台風による災害では過去最大規模のものとなった<sup>1)</sup>。

このような激甚災害をもたらした台風の襲来が1934年から1959年までに集中しているのは近代における台風災害の大きな特徴であり、1931年から1960年までの30年間における台風による死者数は、10年当たり5000人から1万人

にも達している。これに対して、1961年以降の死者数が大きく減少しているのは、台風に関する情報が正確になったこと、防災対策が進んで大洪水や高潮災害が少なくなったことなどが理由と考えられる。

2004年の台風18号、2011年の台風12号、2012年の梅雨前線性豪雨など、2000年以降の台風や梅雨前線性の豪雨は時間雨量が数10～100mm以上、数日間の総雨量が数100～1000mm以上の集中的かつ超大規模となり、それに伴い予想をはるかに超える大被害が発生している。

### 1.3 地盤災害と火山災害

わが国の地形はその大半を山地が占めて平野部は限られていることから、平野に近い山や丘陵地などが開発されて社会活動に供されている。このため、平野部でも背後に接する山や丘陵地では地質不良や地形不良による斜面崩壊・地すべりなどの災害が、また山間部では土石流などが多数生じている。

これらの災害は特に梅雨の時期を中心に大雨による影響を受けて数多く発生しており、地盤災害として日本全体で毎年いずれかの場所で生じている。地震時にも斜面崩壊などの土砂災害が発生することが多いが、これらに加えて沿岸部付近では液状化現象が生じる事例が多く、港湾施設やライフラインなどへの影響が大きい。

このような地盤災害の危険地区は全国に無数にあり、限られた安全な場所を超えて市街地が開発されて拡大してきたことも影響している。災害の影響を受けやすい場所で社会生活が営まれていることから、地盤災害への備えも重要な課題の一つとして認識されるべきものといえる。

一方、わが国は環太平洋火山帯に位置して多くの火山を有しており、火山の近くで生活を営むことも多いことから、古くから火山活動に伴う災害を数多く受けてきている。近年でも雲仙普賢岳の噴火など日本各地で火山活動に伴う災害の影響を数多く受けている。

現在も活動を続けている活火山として、北海道の有珠山、長野・群馬の境に

位置する浅間山，伊豆大島の三原山，伊豆諸島の三宅島の火山，大分県の九重連山，熊本県の阿蘇山，長崎県の雲仙普賢岳，鹿児島県の桜島などが代表的な火山の例として挙げられる。火山活動による影響は長期化することが多く，これに対処する方策も重要な課題である。

## 1.4 災害対策と防災計画

1959年の伊勢湾台風の災害を契機として1961年に「災害対策基本法」が制定され，その後の防災関係行政の基本方針とされてきている<sup>4)</sup>。そのおもな内容は，防災責任の明確化，防災体制，防災計画，災害予防，災害応急対策，災害復旧対策，災害などに対する財政措置および災害緊急事態に対する措置である。組織として国レベルでは中央防災会議が設けられており，中央防災会議は各種防災計画の基本となる防災基本計画の策定とその実施の推進，防災に関する重要事項の審議などを行っている。

しかしながら，災害対策基本法は台風による大災害を契機として制定されたことから，都市の成長に伴う大規模な地震による巨大災害の可能性の高まりなどへ対応できていない面もあり，1995年の阪神淡路大震災に見られたような新たな課題が露呈してきたため，1995年に改訂され，その後，何度か修正が行われている。社会全体が早いスピードで変化している状況の中で自然災害も変化してきており，災害に対して行政的に対応するためには各種の法整備も課題となっている<sup>4)</sup>。

# 索 引

<b>【あ】</b>		応答変位法	31	間隙水圧	136
圧密沈下	139	大津波警報	93	間欠泉	157
アテニューション式	22	オープンスペース	183	慣性力	13, 32
尼崎閘門	88	<b>【か】</b>			
安全性	30	海岸災害	71	環太平洋火山帯	5
安定重量	128	海岸侵食	118	関東地震津波	96
<b>【い】</b>		海岸法	72	岩盤崩落	152
異形コンクリートブロック	77, 79	海水の吹き寄せ	86	管路構造物	19
異常気象	54	改正メルカリ震度階	14	<b>【き】</b>	
伊勢湾台風	72, 81, 83, 168	回折	105	危険半円	83, 86
位相差	20	海面上昇	126, 128	気候変動に関する政府間 パネル	127
移動限界水深	120	海面の吸い上げ	86	基準海水面	101
稲村の火	117	確率水文量	50	基準振動形	40
<b>【う】</b>		確率的解析	42	気象災害	4
有珠山	158	火口	156	基礎地盤	19
打上げ高さ	77	河口導流堤	125	既存不適格	184
うねり	73	河口閉塞	119	キティ台風	71
裏込め土砂	28	火砕物	158	逆断層	9
<b>【え】</b>		火砕流	159	逆変換	41
エアロゾル層	164	火山ガス	156	救助	195
液状化	2, 22, 24, 144	火山岩塊	157	橋脚	24
越波	77, 128	火山砕屑物	165	共助	179
越波量	79	火山性微動	161	強震観測	21
沿岸砂州	121	火山弾	157	強震記録	21, 22
円振動数	19	火山灰	157	強度定数	136
<b>【お】</b>		火山噴火	155	供用性	30
応急危険度判定	197	河川激甚災害対策特別緊急 事業	55	巨大地震	3
応急対策	171	河川法	51	許容塑性率	34
応答スペクトル	31, 38	加速度応答スペクトル	38	距離減衰	22
		活火山	157	緊急地震速報	108
		活断層	11, 30	<b>【く】</b>	
		活動体制の構築	192	屈折図	105
		カルデラ	156	国づくり	181

- |             |             |            |        |            |            |
|-------------|-------------|------------|--------|------------|------------|
| グリーンの法則式    | 103         | 再現期間       | 47     | 地盤沈下       | 3, 26, 138 |
| <b>【け】</b>  |             | 最高波高       | 74     | 地盤ひずみ      | 24, 25     |
| 慶長地震津波      | 97          | 最大応答       | 29     | 地盤変位       | 19         |
| 激甚な災害       | 205         | 砕波         | 73     | 斜面崩壊       | 5, 151     |
| 激甚法         | 205         | サウンディング    | 137    | 周期         | 19         |
| ケーソン        | 28          | 砂嘴         | 121    | 集中豪雨       | 4          |
| 減衰1自由度系     | 19          | 砂防ダム       | 165    | 周波数応答関数    | 42         |
| 減衰定数        | 20          | サンドバイパス工法  | 124    | 周波数領域解析    | 39         |
| <b>【こ】</b>  |             | サンドリサイクル工法 | 124    | 修復性        | 30         |
| 広域の地盤沈下     | 140         | 三陸型津波      | 103    | 重力式岸壁      | 28         |
| 豪雨災害        | 46          | <b>【し】</b> |        | 照査         | 31         |
| 公助          | 179         | ジェーン台風     | 71     | 常時微動       | 23         |
| 高所移転        | 110         | 市街地再開発事業   | 182    | 消波工        | 77, 79     |
| 洪水ハザードマップ   | 54, 61      | 時間領域解析     | 39     | 昭和三陸津波     | 91         |
| 構造物特性補正係数   | 35          | 時刻歴応答解析法   | 31     | 震央         | 11         |
| 降灰          | 158         | 事故災害       | 169    | 震央距離       | 12, 22     |
| 閘門          | 74          | 事後対策       | 172    | 震源         | 11         |
| 港湾施設        | 28          | 自助         | 179    | 震源要素       | 108        |
| 港湾埋没        | 119         | 支承部        | 24     | 人工地盤       | 116        |
| 護岸          | 79          | 地震計        | 19     | 人工リーフ      | 123        |
| 心のケア        | 197         | 地震時保有水平耐力法 | 31     | 侵食         | 79         |
| 固有円振動数      | 20, 21      | 地震断層       | 9      | 侵食対策工法     | 120, 122   |
| 固有周期        | 19, 23      | 地震動        | 19     | 深層崩壊       | 151        |
| 固有振動数       | 22          | 地震のエネルギー   | 13     | 震度         | 12, 13     |
| コリオリ効果      | 74          | 地震の強さ      | 13     | 振動数        | 19, 21     |
| <b>【さ】</b>  |             | 地震波        | 18     | 振動制御       | 44         |
| 災害応急対策      | 171         | 地震波動       | 25     | 振動特性       | 32         |
| 災害救助基金      | 195         | 地震被害想定     | 188    | 振動モード形     | 39         |
| 災害救助法       | 190         | 地震防災       | 3      | 震度階        | 13, 14     |
| 災害時要援護者     | 176         | 地震マグニチュード  | 107    | 震度法        | 2, 31      |
| 災害時要援護者避難支援 |             | 地震モーメント    | 13     | 振幅         | 19         |
| 制度          | 62          | 地すべり       | 5, 149 | <b>【す】</b> |            |
| 災害脆弱性       | 173         | ——による津波    | 92     | 水蒸気爆発      | 157        |
| 災害対策基本法     | 6, 110, 167 | 自然災害       | 169    | 水蒸気噴火      | 156        |
| 災害の進化       | 169         | 事前対策       | 172    | 吹送距離       | 72         |
| 災害復旧・復興     | 171         | 実体波        | 19     | 吹送時間       | 73         |
| 災害予防        | 171         | 室内土質試験     | 138    | 水門         | 74         |
| サイクロン       | 86          | 質量         | 20, 32 | 水文学        | 47         |
|             |             | 地盤改良       | 147    | 水文統計学      | 50         |
|             |             | 地盤種別       | 22, 33 | 水量         | 47         |

数値積分	39	耐震診断	184	津波警報	111
スコリア	160	耐震性能	30, 31	津波到達時間	105
ステップ	121	耐震設計	2, 19, 29	津波マグニチュード	107
ストロンボリ式噴火	157	耐震設計指針	32	津波予報区	108
スネルの法則	105	堆積	79, 118	<b>【て】</b>	
スマトラ沖地震	93	体積変化	19	伝播	18
駿河・南海トラフ	92	台風	71, 74	伝播経路	18
<b>【せ】</b>		高潮	4, 71, 81	伝播図	105
生活再建	200	高潮災害	83	伝播速度	18, 105
正規分布	49	高潮予報	86	天文潮位	81
正弦波	20	高波	71	<b>【と】</b>	
正常海浜	121	卓越振動数	23	動的解析	32
制震	29, 43	多自由度系	38	東北地方太平洋沖地震	70, 91
成層火山	157	縦波	18	導流堤	165
正断層	9	弾性応答	34	道路橋示方書	32
静的解析	32	弾性係数	19	十勝沖地震津波	96, 99
積層ゴム支承	43	弾性波	18	都市施設	2
設計地震動	29	断層角度	102	都市水害	47, 52
設計震度	32	弾塑性応答	34	土砂災害	47
設計水平震度	32	ダンパー	43	土砂災害警戒情報	67
ゼロアップクロス法	74	<b>【ち】</b>		土砂災害ハザードマップ	67
線形加速度法	39	地域防災計画	110, 177	土砂災害防止法	67
浅水変形	76	地球温暖化	126	土石流	5, 65, 162
せん断振動	23	治水三法	51	土石流災害	65
せん断弾性係数	19	中央防災会議	167	土地区画整理事業	182
せん断強さ	136	超過確率	47, 50	土地利用管理	183
せん断波	19	潮汐	73	突堤群	122
<b>【そ】</b>		長大橋梁	19	トンボロ	121
早期被害推定システム	193	直接数値積分法	39	<b>【な】</b>	
総合治水対策	53	直下型地震	10	南海地震	71
相對変位	37	直交性	41	南海地震津波	97
想定地震	188	チリ地震	106	<b>【に】</b>	
速度応答スペクトル	38	チリ地震津波	93, 102	日本海型津波	103
塑性率	35	<b>【つ】</b>		入力地震動	29
<b>【た】</b>		継手	26		
大規模構造物	19	土かぶり圧	136		
耐震改修	184	津波	2, 70, 89		
耐震工学	21	——の大きさ	101		
		津波警告板	114		



- |             |            |              |             |              |            |
|-------------|------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| <b>【は】</b>  |            | プリニー式噴火      | 158         | <b>【め】</b>   |            |
| バ ー         | 120        | 浮 力          | 26          | 明治三陸津波       | 91         |
| 背後地盤        | 28         | ブルカノ式噴火      | 157         | 免 震          | 29, 43     |
| 爆 風         | 163        | プレート境界型地震    | 10, 91      | 免震設計         | 43         |
| 波 長         | 19         | プレートテクトニクス理論 | 10          | <b>【も】</b>   |            |
| 波 動         | 18         | 噴 煙          | 157         | モード解析法       | 38, 39     |
| 波動インピーダンス   | 23         | 分散性          | 19          | モーメントマグニチュード | 13         |
| ハドソン式       | 80         | <b>【へ】</b>   |             | 盛土構造物        | 27         |
| ハリケーン       | 86         | 平衡断面形状       | 120         | <b>【や】</b>   |            |
| ハリケーン・カトリーナ | 86         | ヘッドランド工法     | 123         | 八重山地震津波      | 101        |
| 波力発電        | 77         | <b>【ほ】</b>   |             | <b>【ゆ】</b>   |            |
| バルネラビリティ    | 173        | ポアソン比        | 19          | 有義波          | 74         |
| 波浪警報・注意報    | 74         | 防災基本計画       | 6, 110, 167 | 有義波高         | 74, 77     |
| ハワイ式噴火      | 157        | 防災業務計画       | 177         | 有義波周期        | 74, 77     |
| 阪神・淡路大震災    | 168        | 防潮施設         | 111         | 有限複素フーリエ級数   | 41         |
| <b>【ひ】</b>  |            | 防潮堤          | 74          | 有効応力         | 136        |
| 被害情報        | 192        | 防潮鉄扉         | 87          | 揺れもどし        | 86         |
| ——の空白期      | 192        | 防波堤          | 74          | <b>【よ】</b>   |            |
| 被害認定        | 197        | 暴風海浜         | 121         | 溶 岩          | 156        |
| 東日本大震災      | 169        | 崩 落          | 152         | 溶岩ドーム        | 159, 161   |
| 被災者生活再建支援法  | 201, 202   | 北海道東方沖地震     | 99          | 養浜工法         | 124        |
| 非線形応答       | 39         | 北海道南西沖地震     | 101, 106    | 横ずれ断層        | 9          |
| 避難階段        | 116        | ボランティア活動     | 192         | 横 波          | 19         |
| 避難訓練        | 111        | <b>【ま】</b>   |             | 予防対策         | 171        |
| 避難タワー       | 116        | 埋設管路         | 25          | <b>【ら】</b>   |            |
| 避難命令        | 88         | マグニチュード      | 3, 9        | ライフライン       | 2, 25, 174 |
| 水河性海面変動曲線   | 133        | マグマ          | 155         | 落 石          | 152        |
| 漂 砂         | 120        | 枕崎台風         | 83          | 落橋防止         | 24         |
| 表層崩壊        | 151        | まちづくり        | 181         | ラブ波          | 19         |
| 表面波         | 12, 13, 19 | マントル         | 10, 155     | <b>【り】</b>   |            |
| 表面波マグニチュード  | 12         | <b>【み】</b>   |             | 離岸堤          | 123        |
| <b>【ふ】</b>  |            | 密 度          | 19          | り災証明         | 197        |
| 風化作用        | 133        | <b>【む】</b>   |             | 量的津波予報       | 108        |
| 風 波         | 73         | 室戸台風         | 83          |              |            |
| 複素振幅        | 41         |              |             |              |            |
| 復旧・復興対策     | 171        |              |             |              |            |
| フーリエ変換      | 41         |              |             |              |            |

<p><b>【れ】</b></p> <p>レイリー波 19</p> <p>レベル1地震動 29, 30</p>	<p>レベル2地震動 3, 29, 30</p> <p><b>【ろ】</b></p> <p>老朽化 184</p>	<p>ローカルマグニチュード 12</p>
<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 10px 0;"/>		
<p><b>【数字】</b></p> <p>1/3 最大波高 74</p> <p>1 自由度系 19</p>	<p><b>【欧文】</b></p> <p>P 波 19</p> <p>S 波 19</p>	

— 著者略歴 —

**澗田 邦彦** (ふちだ くにひこ)

- 1978年 熊本大学工学部土木工学科卒業
- 1978年 八代工業高等専門学校助手
- 1991年 博士(工学)(京都大学)
- 1992年 八代工業高等専門学校助教授
- 2002年 八代工業高等専門学校教授
- 2009年 熊本高等専門学校教授  
現在に至る

**疋田 誠** (ひきだ まこと)

- 1967年 山口大学工学部土木工学科卒業
- 1969年 九州大学大学院工学研究科修士課程修了(水工土木学専攻)
- 1974年 鹿児島工業高等専門学校助教授
- 1989年 工学博士(九州大学)
- 1990年 鹿児島工業高等専門学校教授
- 2008年 鹿児島工業高等専門学校名誉教授

**檀 和秀** (だん かずひで)

- 1976年 神戸大学工学部土木工学科卒業
- 1978年 神戸大学大学院工学研究科修士課程修了(土木工学専攻)
- 1984年 明石工業高等専門学校助手
- 1985年 明石工業高等専門学校講師
- 1991年 明石工業高等専門学校助教授
- 1993年 博士(工学)(神戸大学)
- 2002年 明石工業高等専門学校教授  
現在に至る

**吉村 優治** (よしむら ゆうじ)

- 1983年 長岡技術科学大学工学部建設工学課程卒業
- 1985年 長岡技術科学大学大学院工学研究科修士課程修了(建設工学専攻)
- 1985年 岐阜工業高等専門学校助手
- 1991年 岐阜工業高等専門学校講師
- 1994年 博士(工学)(長岡技術科学大学)
- 1994年 岐阜工業高等専門学校助教授
- 2003年 技術士(建設部門)
- 2004年 岐阜工業高等専門学校教授  
現在に至る

**塩野 計司** (しおの けいし)

- 1973年 東京都立大学工学部土木工学科卒業
- 1975年 東京都立大学大学院工学研究科修士課程修了(土木工学専攻)
- 1979年 北海道大学大学院工学研究科博士課程単位修得退学(建築工学専攻)
- 1979年 東京都立大学助手
- 1982年 工学博士(北海道大学)
- 1994年 長岡工業高等専門学校助教授
- 1999年 長岡工業高等専門学校教授  
現在に至る

# 防 災 工 学

Disaster Mitigation Engineering

© Fuchida, Hikida, Dan, Yoshimura, Shiono 2014

2014年3月17日 初版第1刷発行

検印省略

著 者 瀧 田 邦 彦  
 疋 田 誠  
 檀 和 秀  
 吉 村 優 治  
 塩 野 計 司  
発行 者 株式会社 コロナ社  
代表 者 牛来真也  
印刷 所 新日本印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-05520-7 (高橋) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします