

特集 「自然災害にそなえる」

解説

自然災害と対策技術

Natural Disasters and Countermeasure Technologies

長 沼 一 洋 Kazuhiro Naganuma

1. はじめに

太平洋の西端に位置する我が国は、台風や季節風の影響を受けやすく、地震や火山が多いという特徴があり、世界でも特に自然災害の多い国の一つに挙げられる。加えて、近年では世界各地で地球温暖化が原因の一つと考えられる巨大台風や集中豪雨などの異常気象が増加し、我が国においても大きな災害をもたらす地震が多発しており、自然災害に対する備えの重要性に関心が高まっている。

自然現象に起因する建設分野での災害はTable 1 に示すように様々であるが、今回の特集では、これらの中でも頻度と災害規模が大きい地震、津波、大雨、強風を対象として取り上げる。国内で発生したこれらの自然災害は、最近3年間だけでもTable 2に示すように18件に上っており、自然災害に対する備えは必須であると言える。特に、ここ数年では、上陸する台風の数の増加、過去の統計を上回る強風や豪雨の観測、地震が起りにくいとされてきた地域での地震の発生など、災害を引き起こす自然現象の性質や規模、頻度などが、従来とはやや異なる様相を示し始めている点も懸念される。

例えば、台風による強風災害に着目すると、2002年の茨城県潮来市での送電線鉄塔の倒壊や、2003年の沖縄県宮古島の風力発電タワーの倒壊に続き、2004年には観測史上最多の10個の台風が日本に上陸し、各地で屋根や外装材が飛散するなどの被害が多発したことは記憶に新しい。

このような背景から、2005年7月には国の防災基本計画が修正され、自然災害対策に係る各編が改訂された。具体的には、大規模地震に対する被害軽減目標を示した地震防災戦略の策定や、津波避難ビル等の整備・指定、津波や洪水ハザードマップの整備などが目標に挙げられている。さらに、2005年9月には「建築物の耐震化緊急対策方針」が中央防災会議で決定され、住宅や公共建築物の耐震化率の向上が国家的な緊急課題と位置づけられた。これに呼応して、同年11月には「建築物耐震改修促進法」が改正され、大地震で倒壊する危険性が高いにもかかわらず、所有者が改修指示に従わなければ、自治体が施設名を公表、あるいは改修命令を出せるようになった。

また、相次ぐ土砂災害を踏まえて、2001年には「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律(土砂災害防止法)」が施行され、対策工事等のハード対策だけでなく、都道府県が土砂災害警戒区域を指定し、警戒避難体制の整備や一定の開発行為の制限等を取り込んだソフト対策も推進されてきている。2007年には国交省によって土砂災害対策懇談会が設置され、大規模土砂災害時の危機管理のあり方等、中長期的な展望に立った土砂災害対策に関する審議を進めてきている。

一方、災害時の事業継続計画 (BCP ; Business Continuity Plan) の策定は企業の社会的責務 (CSR ; Corporate Social Responsibility) であるとの認識が高まっており、そのための運営管理手法 (BCM ; Business Continuity Management) の構築に着手する企業が増え始めている。

Table 1 自然現象と災害の種類

自然現象	建設分野における災害
津波	護岸の損傷・破壊 建物への浸水、建物の損傷・倒壊
大雨	斜面崩壊 鉄道や道路の路盤崩壊 橋脚の損傷、橋梁の流失 建物や地下街への浸水
強風	建物外装材の損傷・飛散 送電鉄塔・風力発電タワーの倒壊
大雪	屋根の損傷 建物の崩壊
落雷	建物外装材の損傷 情報関連設備の損傷
竜巻	建物外装材の損傷・飛散、建物倒壊
火山噴火	溶岩流や火砕流による道路や橋梁の崩壊

Table 2 過去3年間の国内における主な自然災害と被害の概要

発生時期	災害の原因	被害の概要	特徴
2004年8月	台風16号	死者・行方不明者17名 床上浸水14,565棟	瀬戸内海沿岸で高潮被害
2004年9月	台風18号	死者・行方不明者45名 住宅全壊132棟・半壊1,396棟	九州から東北に至る広範囲で 暴風による強風被害大
2004年10月	台風23号	死者・行方不明者98名 住宅全壊893棟・半壊7,762棟 床上浸水14,289棟	超大型台風 大規模な水害
2004年10月	新潟県中越地震	行方不明者46名 住宅全壊2,827棟・半壊12,746棟	活発な余震活動 震度6強を複数回観測
2004年12月～ 2005年2月	豪雪	行方不明者88名 住宅全壊56棟	新潟中越地震の被災地で20年 ぶりの豪雪
2005年3月	福岡県西方沖地震	行方不明者1名 住宅全壊133棟・半壊244棟	ビルの窓ガラスが大量に割れ て落下
2005年7月	千葉県北西部地震	負傷者38名	首都圏の交通が麻痺 建物エレベーターの故障多数
2005年8月	宮城県沖地震	負傷者100名 住宅全壊1棟	天井・外壁など仕上げ材の剥 落が多く発生
2005年8月～9月	台風14号（大雨）	死者・行方不明29名 住宅全壊1,178棟・半壊3,692棟 床上浸水7,159棟	九州，中国，四国を中心とす る全国に被害
2005年12月	突風	J R羽越線特急が脱線 死者5名	低気圧の通過によるダウンバ ースト現象や竜巻の可能性
2005年12月～ 2006年3月	豪雪	死者152名 住宅全壊18棟・半壊26棟	北陸地方を中心とする日本海 側全域に被害
2006年6月～7月	梅雨前線による豪雨	死者・行方不明者32名 住宅全壊300棟	河川，道路などの公共土木施 設にも被害
2006年9月	台風13号（大雨）	死者・行方不明者10名 住宅全壊159棟	九州各県に大きな被害
2006年10月	低気圧による大雨・強風	死者1名・負傷者300名以上 住宅全壊1棟	東北地方を中心に被害
2007年3月	能登半島沖地震	死者1名・負傷者191名 住宅全壊609棟	これまで地震活動の少ない地 域での地震
2007年4月	三重県中部地震	負傷者13名 住宅被害122棟	震源から離れた関東で長周期 地震動を観測
2007年7月	梅雨前線による豪雨 台風4号（大雨・強風）	死者・行方不明者7名 住宅全壊18棟・半壊18棟 床上浸水205棟	九州で600mmを越える総雨量 を記録
2007年7月	新潟県中越沖地震	死者・行方不明者11名 住宅全壊342棟・半壊99棟	震源近くの原子力発電所にも 被害

注) 被害の数値は平成17～19年度版防災白書および新聞報道より

2. 災害対策技術の現状と課題

2.1 地震対策

地震対策の第一歩は地震動の大きさや地震の起こりやすさを予測することである。近年、震源の複雑な破壊過程や地盤の不整形構造の影響を考慮できる強震動予測手法が急速に実用に供されるようになってきている。これらの手法は将来発生する地震の破壊の不確かさや地盤構造のモデリングの不確かさなどに多くの課題は残されているものの、震源近傍での強震動の特徴や、堆積平野での表面波の影響を時刻歴で評価できるという点に優れた特徴を持っており、計算機能力の進歩とともに更なる発展が期待されている。

地震動が想定できれば、次の段階として、構造物の被害予測が必要となる。建築構造物については、日本建築防災協会の耐震診断基準により、簡単な構造計算を行って耐震性能を算出し、診断結果はIs指標という数値で示される。この値は予想最大損失額（PML；Probable Maximum Loss）の評価に応用されている。インフラ施設に関しては、国土交通省が道路、鉄道、港湾、空港、上下水道、共同溝のうち主要設備に対して具体的な地震対策を示している。これ以外の施設に関しては、簡易診断や詳細解析が必要になるが、建築構造物のように統一された診断法は存在せず、構造種別ごとの簡易診断手法が提案されている。

一方、コンピュータを用いた高度な解析によって、構造物の地震時の挙動を詳細に予測する技術も開発されている。建物を対象としたフレーム解析では、地震時の応答加速度や変形分布に加えて、部材や層の損傷度が予想できるようになってきた。また、より詳細な材料モデルに基づく有限要素法（FEM；Finite Element Method）による解析も、従来は建物の構成部材を対象として、地震力を静的な荷重に置き換えて計算していたが、近年では、建物や構造物の形状を忠実にモデル化した3次元解析により、地震波を直接与える時刻歴応答解析も可能な段階に入っている。

構造物が震度6強を超える大きな地震力を受けると、ある程度の損傷は免れないが、倒壊や落階のように、人命を保護できないような破壊を生じないようにすることが、地震対策の最低限の目標である。一方、震度6弱以下の地震に対しては、継続使用を可能に、あるいは補修費用をできるだけ少なくするための対策が求められている。建築分野では1995年に「耐震改修促進法」が制定されて、国レベルでの取り組みが始まっている。例えば、不特定多数が利用する建物、幹線道路沿いの建物、などは重点的に耐震改修を進める対象とされている。

「耐震改修促進法」の対象建物は、耐震基準が強化された1981年以前の建物であり、実際、兵庫県南部地震の被害調査でも、1982年以降の建物では重大な被害はほとんど生じていないことがわかっている。小中学校の建物に関しては文部科学省から公立・私立を問わず、多くの補助金が支出されているので耐震改修は進んでいるものの、Fig.1に示すように、全国でまだ5万棟以上の公立学校の建物が耐震性に問題があるとされている。戸建住宅や集合住宅を含む民間建物に関しては、権利関係、資金調達、一時移転や休業補償など、解決しなければならない問題が多く、ローコストかつ短工期で、建物を使いながら施工できる耐震改修技術が求められている。

本格的な耐震補強の技術開発は1968年の十勝沖地震の被害を受けて始まり、1995年の兵庫県南部地震の前には主要な耐震補強技術は開発されていた。ただし、それらは工事中に大きな振動や騒音が発生するなど、欠点が多いものであった。1995年以降は耐震改修工事が数多く実施されているが、前述したような欠点が解消された訳ではなく、耐震改修の対象建物が拡大しているためである。当初は、学校の校舎が対象であったのが、共同住宅、事務所、工場なども補強を行うようになった。学校では長期休暇を利用して耐震補強工事を行うことができるが、共同住宅などでは住み続けながらの施工が求められる。工場では設備機器を移設または盛り替えするだけで相当なコストがかかり、既設設備と干渉しない補強方法が望まれている。従って、外部から補強材を取り付ける「外付け補強」が第一に選択され、建物内部を一部占有して補強をすることは好まれないのが現状である。

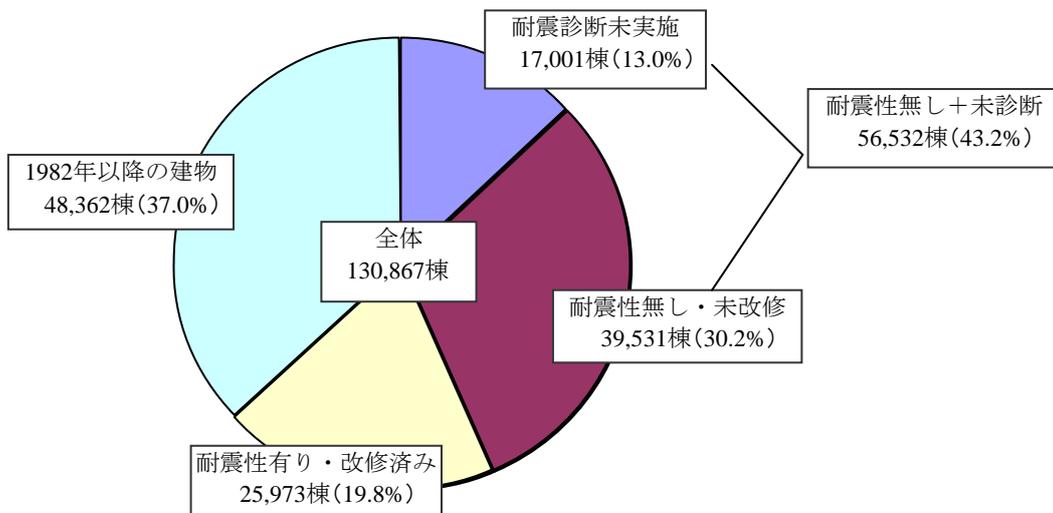


Fig.1 2006年度公立学校施設の耐震改修状況調査結果（文部科学省）

コンクリート強度が低い建物は解体や新築が一般的であったが、コスト削減、地球環境保護、歴史的文化的な保存の観点から補強して使い続けようという事例も増えている。また、既存建物の地下を免震構造とすれば、既存躯体は補強せずに済むため、建物を使い続けながら工事ができる上に、建物の外観も変えずに済むため、最善の耐震補強工法と言える。但し、地下工事に費用がかかり、隣地との離間距離を確保しなければならないため、歴史的建物の保存や地震時の防災拠点となる庁舎建築の補強に免震の適用は限られる傾向にある。

一方、制振技術を適用する事例も増えている。制振装置による地震エネルギー吸収を考慮すると、在来の耐震補強技術より効率的であり、同一の耐震性能を得るには設置箇所を少なくできる。但し、免震も同様であるが、制振技術を耐震補強に適用するには高度な設計手法を駆使する必要がある。また、小規模な建物に対しては、補強箇所数が顕著に減少することはないので、制振技術の適用は大規模建築に限られているのが現状である。

土木構造物においては、RC構造物から土構造物まで検討対象の力学特性が大きく異なるので耐震補強の方法は様々である。RC構造物に関しては基本的に建築構造物と同様の工法が用いられる。柱の耐震補強は、比較的安価な鋼板巻き補強が主流であるが、鋼板巻きがやりにくい箇所も存在するため、適用範囲の広い補強法が望まれている。

2.2 津波対策

2004年スマトラ沖大地震での津波被害は、記憶に新しくこの面の防災意識を再認識させた。国内では、1993年北海道南西沖地震で、最大29mの波高を有する津波によって奥尻島などで多数の死者を出した。津波被害の特徴は、地震発生から時間差があること、波力による構造物の倒壊と浸水による被害に分けられることである。これらの被害の特徴に対して津波対策がとられ、例えば、「地震発生から時間差があること」に対しては避難対策であり、波力に対しては低減対策と防護対策になる。いずれにしろ、想定を超える波高の来襲もありうることから、復旧対策の準備も必要である。

避難対策としては、迅速な津波情報の発信と避難ルートを含めた避難施設の整備が必要である。津波の到達時間に配慮して、避難施設の配備を決める必要がある。防護対策には津波波高低減対策、浸水対策、流出対策がある。津波波高低減対策とは一般に防潮堤や防波堤になるが、重要沿岸域のうち地域中枢機能集積地区においては、開口部の水門等の自動化・遠隔操作化等を計ると共に、堤防等の耐震化が行われている。堤防や岸壁の耐震化は、津波に先行する地震で防護対策工が損傷を受けないことが目的の一つになっている。

現在設置されている防波堤の多くは設置ケーソン式になっている。この問題は、船舶の航行のため開口が必ず必要となる。そのため、津波の波力低減効果には限界があり、全面封鎖による波力低減効果の増大が望まれている。

2.3 土砂災害対策

国土の70%を山地あるいは丘陵地が占めるわが国では、必然的に斜面が多く存在し、毎年数多くの土砂災害が発生し、人的被害あるいは家屋の倒壊・流出、道路・鉄道の寸断といった多額の経済的損失を被っている。土砂災害の原因には、大雨や地震といった自然的要因から、開発行為による人的要因まで様々なものがあるが、圧倒的に多いのは大雨に起因するものである。この大雨が、Fig.2に示すように、最近の気候変動の影響から増加する傾向にある。

土砂災害とは、斜面の強度が不足してその一部が崩壊する現象の総称であるが、分類すると、①落下（落石）、②すべり（斜面崩壊）、③転倒（岩盤崩壊、落石）、④流動（土石流）の4つのパターンがある。それぞれが全く異なるメカニズムで発生することから、土砂災害対策を有効に行うためには、それぞれの災害ごとに崩壊危険度をできるだけ正確に予知し、最も適切な対策方法を決定していくことが重要である。しかしながら、土砂災害危険箇所は国土交通省の調査によると全国で52万箇所にも上るとされており、予算処置が追いつかないというのが現状である。そのため、2001年に施工された土砂災害防止法では、ハード対策だけでなく、土砂災害危険区域における危険の周知や警戒避難体制の整備、住宅等の新規立地の抑制、既存住宅の移転促進などのソフト対策も促進されてきている。

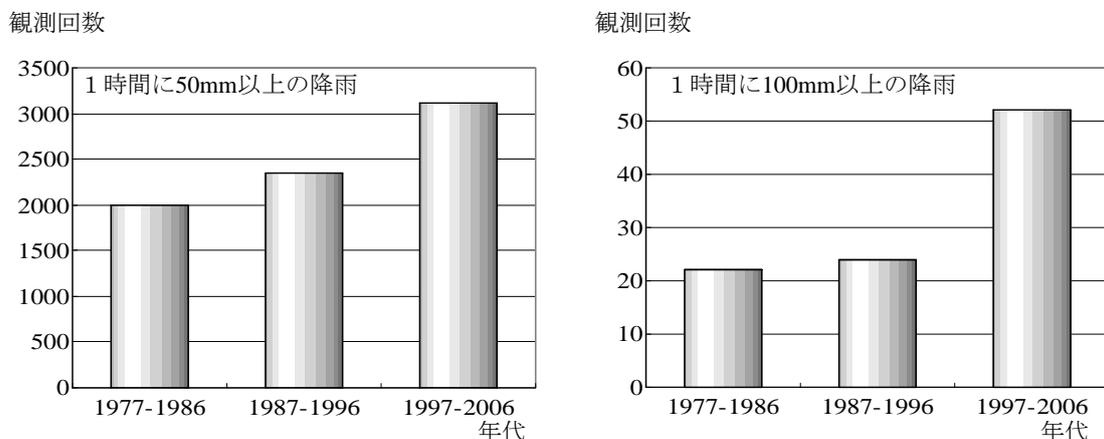


Fig.2 大雨の発生回数の推移（2007年度防災白書より）

2.4 水害対策

都市型水害の最大の特徴は地下街や地下鉄の水没である。都市の構造として、市街地に降った雨は、道路側溝から排水され、下水管あるいは都市内河川に放流される。当然、排水能力を越す降雨に対しては、オーバーフロー分が地盤の低いところに溜まり出し、その集積が更に地下部分に入り込むことになる。都市内の集中豪雨はごく短時間に想像を絶する降雨量（例えば、時間100mm）をもたらす、鉄砲水となって局所に侵入する。また、その降雨予測は困難であり、避難者が水の勢いに流されたり、水圧によって扉の開閉が不能となることもある。

水害対策の基本は、都市内地下河川の構築による洪水調整である。その代表例として、首都圏における環七地下河川や近畿圏における寝屋川地下河川の構築にある。また、首都圏外郭放水路は、洪水時の中川、倉松川、大落古利根川の洪水の一部を、流量余裕のある江戸川へ放流するために建設される地下河川シールドトンネルであり、都市流入前に排水を調整する機能を有している。このほか、最近多くの道路で採用され始めた排水性舗装や排水性舗装も降雨対策として有効である。これらの舗装は、舗装面に雨水を排水溝に導くのではなく、路下に浸透させるもので、排水総雨量の調整もなっている。

一方、氾濫した水の浸入を防ぐ対策も必要である。この対策は、原始的なものが多く、止水板、防水扉や土のうの設置と排水機能の増大になる。地下に洪水が侵入した場合、避難経路が限定されると共に、電気設備が停止するため、照明が消えたり、エレベータが停止したりすることもあり、二次災害の危険も指摘されている。

2.5 風害対策

建築物の強風災害の多くは屋根や外装材の飛散であり、建物が強風により倒壊することはまれである。また最近では、高層建物の居住性に対する風揺れ船酔い現象を強風災害に加えることもある。建物が強風災害に遭遇する事態は、耐風設計の際に設定した設計風速と風力特性、そして外装部材あるいは構造部材の耐風強度のいずれかが、適切でないことが原因と考えられる。したがって、上記3項目のそれぞれの段階で適切に予測評価して設定することができれば、それが一番の強風災害対策といえる。

まず、設計風速を設定する際に基準となる規基準の風速は地域性を考慮されているが、極めて局地的な地形要因は反映されていない。そこで、状況によっては過去に発生した強風災害を調査してそれらの影響を予測評価することが必要になる。また、高層建物ほど上空の強い風の影響を受けるので、その状況を適切に予測評価することも肝要である。そして長寿命化する建物に対しては、共用期間中に遭遇する可能性のある強風を予測し、総合的に強風災害リスクとして評価することも必要になると考える。さらに、地域開発に伴う周辺建物環境の変化の影響をどのように取り込むかも重要であり、今後の強風災害対策の課題のひとつである。

建物の壁面に作用する風力の特性は建物形状とその部位に大きく依存する。したがって、その特性を精度よく適正に設定する必要がある。重要建物の耐風設計の実施にあたっては、規基準に規定された類似形状の風力特性値を参考にだけでなく、風洞実験により縮尺模型に作用する風力を調査して、部材の動特性を加味した応答の予測評価後に設計風荷重を設定することもある。また、風洞起振動が一層振動を激しくさせる空力不安定現象が心配される建物に対しては、それらの動特性を再現した模型による風洞実験で現象の再現性を調査して、耐風安全性を確認することもある。最近では、数値モデルによるコンピュータシミュレーションによる風力評価手法も開発されている。一方、生産工場などの強風災害の調査では、建物の現実の運用状況が耐風設計時に想定した建物の密閉度の状況と異なることがあり、これらの改善も強風災害対策になると判断する。

最後に、外装部材や構造部材の耐風強度についてであるが、風工学会から国土交通省大臣宛の提言で指摘されているように、部材の経年劣化や疲労損傷に対する管理の徹底を進めることも必要である。特に、工場や倉庫で多用されている二重折板屋根では、上葺き折板が強風により飛散する被害が数多く発生しており、耐風安全性の確保は重要な課題となっている。

なお、竜巻の襲来（例えば、H18年9月17日宮崎県延岡市：藤田スケールF2、H18年11月7日北海道佐呂間町：藤田スケールF3）は家屋全体の崩壊を招くが、家屋の共用期間中に襲来する確率が低く未だ法的な規定はない。現状の対策として、気象庁が中心となって観測体制の整備と予測技術の研究に着手したところである。

3. 自然災害に対する大林組の取り組み

大林組では自然災害に強い建物やインフラ施設を構築するための様々な技術を開発している。Table 3 にそれらの一覧を示す。これらの技術は自然災害の予測や評価に関するものと、設計法や対策技術に関するものに大別できる。さらに、企業が災害や事故などにより被害を受けても重要業務を中断させない、あるいは中断した場合でもできるだけ早期に復旧させるためのBCMやBCPに関しても開発を進めている。最近BCMが注目されてきた理由として、ここ数年地震や台風による自然災害が多発し、大きな損害を受けた企業が多かったこと、内閣府がガイドラインを公表するなど国をあげた取組みが進んだこと、海外の取引先企業が日本企業にBCP策定を求めていることなどが挙げられる。ここでは、自然災害に対する当社の取組みを、予測・評価技術、被害低減技術、早期復旧の観点から紹介する。

3.1 予測・評価技術

大林組では、地震、風害、水害などの自然災害による構造物の損傷度を簡易から詳細にわたって定量的に評価するソフト技術を有している。これらの技術により、災害が顧客の構造物およびビジネスに及ぼす影響を的確に把握することができる。

本特集では、地震に関しては、長周期地震動やインフラ施設の地震対策効果の評価法、強風に関しては、確率的評

価に基づく設計荷重の評価法、陸屋根上の風圧特性の予測手法、局地風のシミュレーション、風外力に対する免震・制震ダンパーの損傷評価法などの各種の評価技術を紹介している。また、大雨に対しては、水害ハザードマップを用いた建物の設計法を提案している。土砂災害の予知・予測で最も重要なのは降雨量である。テレビの天気予報で、大雨が予想されるときには必ず「土砂災害にご注意を」とコメントされることを思い出していただきたい。道路や鉄道では、場所によっては限界降雨量を設定して、それ以上の降雨量になると、通行止めあるいは運行停止処置がとられる。地滑りの予測システムとして当社が開発した「遠隔地地滑り自動計測システム」でも、降雨量を重要な計測項目として設定している。土砂災害の予知・予測に関するその他の研究成果としては、土石流、落石、岩盤崩壊へのDEM(個別要素法)解析の適用、リモートセンシング手法を用いた地滑り危険度評価、等がある。さらに、BCMの簡易評価システムとして、「BCM達成度診断システム」「自然災害リスク診断システム“てんさい診たろう”」「生産施設の地震リスク評価システム」を紹介している。

3.2 対策・施工技術

大林組では、自然災害の防止や低減という世の中の要請に応えることと、工事中の安全な施工管理を目指して精力的に技術開発に取り組んでいる。地震対策工法、津波対策工法、耐風設計技術など、豊富な技術を取り揃えており、既に多くの施工実績を積んでいる。これら技術により、顧客の復旧方針・目標設定に応じ費用対効果の観点から最適な工法の提案が可能である。耐震補強工法の開発に関しては、供用中のサービスを停止することなく、しかも、低騒音、低振動など環境対策を重視している。Fig.3はRC造壁フレーム模型に様々な耐震補強工法を適用した場合の効果を震動台実験と「耐震予報」によるフレーム解析で確認した例であり、適切に耐震補強を行うことで、損傷度を大幅に低減できることが分かる。この他、一部の補強は他の部位への損傷を招くことにもなるので、構造物全体の耐震性を検討しておくことが重要である。例えば、上部構造物の補強によって、基礎へ作用する地震力は大きくなる場合があり、一般的に補強の困難な基礎のダメージにつながる。このためには、構造物に作用する地震力そのものを低減できる工法や、その地震時挙動を精度良く評価する手法が重要になってくる。

本特集では、地震に対しては、エネルギー吸収をさせて建物の損傷を防ぐための「間柱型ブレーキダンパー」や、RC造壁型制振装置「ウォールダンパーSWA」、制振装置の橋梁への適用、低強度RC躯体のための耐震補強工法、護岸や岸壁の耐震補強工法を紹介している。津波に対しては、通常時は海底に格納されている防波堤が、津波来襲時に海面上に浮上することで波力低減機能を果たす「直立浮上式防波堤」を開発している。土砂災害に関しては、地山補強工法（「アースネイリング工法」、 「ハイスpekクネイリング工法」）、変位吸収型アンカー工法（「D&Sアンカー工法」）、石積壁の耐震補強工法（「ピンナップ工法」；JR総研との共同開発）、等を開発している。強風に対しては、二重折板屋根の耐風性能に及ぼす熱伸縮の影響解析を紹介している。

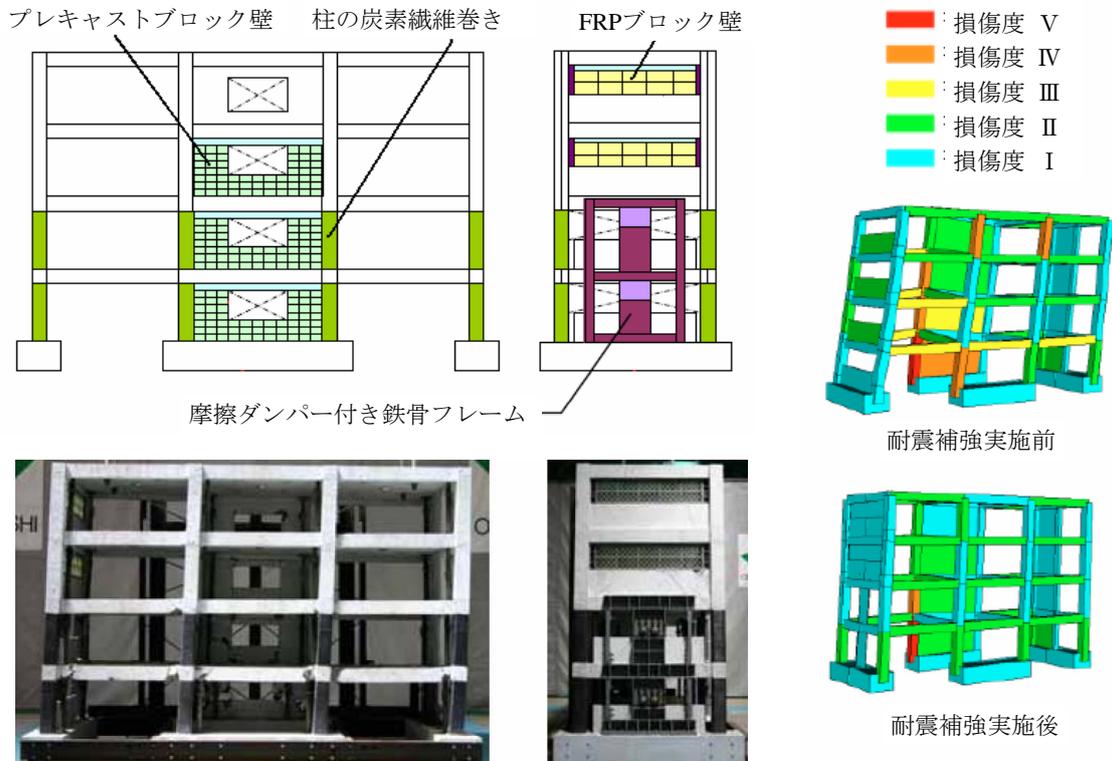


Fig.3 RC壁フレーム模型の耐震補強効果確認実験と解析による損傷度の評価結果

3.3 早期復旧に向けて

当社では2006年に「大林組震災時BCP」を策定しており、これに基づいて、インフラや当社施工物件などを早期復旧する体制を整えている。技術的には、BCPを効果的に推進するため、防災情報集約システム、地震被害予測システム、安否確認システムなどから構成される総合防災情報システムを保有している。また、緊急地震速報をオフィスや建設現場に配信するシステムを開発しており、地震発生直後の被害低減を図っている。

兵庫県南部地震において、当社は数多くの復旧救援活動に携わってきた。また、新潟県中越地震においては、上越新幹線の再開において最も重要であった魚沼トンネルの復旧に携わり、この分野における復旧方法の確立に寄与した。これらの経験を各種構造物に対する標準的復旧工法の策定につなげ、早期復旧を可能にしている。例えば、鉄道盛土の場合、天端幅員と高さの早期確保が運転再開に必要なが、破壊形態によって残存部分の再利用可能な部分が異なることから、Fig.4 に示すように、合理的な復旧工法は異なってくる。この他、災害時の物資調達に不可欠な輸送ルートの検索と、調達可能な物量の予測も早期復旧には欠かせない。輸送ルートの検索においては地理情報システム（GIS ; Geographic Information System）を利用したシステムを有しており、あらかじめ予想している資機材保管場所と被災地を効率的に結ぶことが可能となっている。

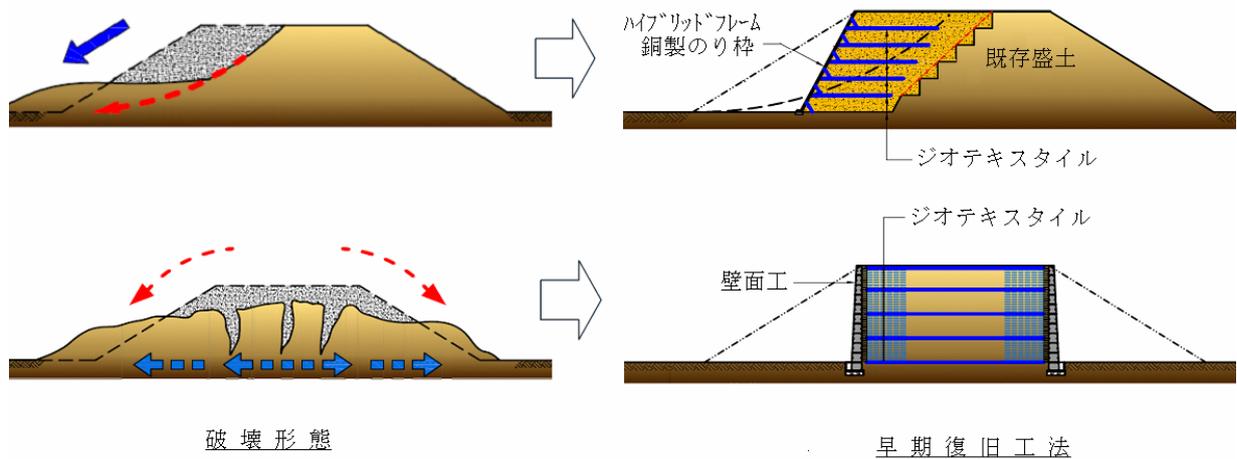


Fig.4 鉄道盛土の破壊形態と早期復旧工法

4. おわりに

夏目漱石の門下生で関東大震災の被害調査に当たった寺田寅彦は「天災は忘れた頃にやってくる」という名言を残した。しかし、昨今のように自然災害の頻度が高くなると、忘れるどころか、いつどこで災害が発生しても不思議ではないという感がある。加えて、繰り返される災害の報道に対して、やや鈍感になっているのではないかという危惧もある。地震に関して言えば、明日にも大地震に遭遇するかも知れず、誰も被害者にならないという保障はないことを認識する必要がある。過去の災害から得た教訓は対策として活かされているはずであるが、まだ様々な面で十分とは言えず、災害の規模や様相を予測して、最適な対策を講じる必要がある。そのために大林組では、災害の防止や被害低減に有効な技術開発に取り組んでおり、それらの技術を提供することで、より一層の社会貢献を目指している。

Table 3 自然災害対策技術の一覧

自然現象	災害の種類	予測・評価技術	設計・施工技術
全般		自然災害リスク診断システム(てんさい診たろう) BCM達成度診断システム	
地震	基礎・地下構造の 損傷・破壊	地盤液状化解析技術(EFFECT) 群杭基礎地震応答解析 遠心実験を用いた建築基礎の耐震性評価対応技術 杭支持建物の非線形地震応答解析	地中連続壁工法による高耐震杭(WF工法) 免震基礎地盤改良工法 耐震杭基礎構造 地下構造物の免震構法 高耐震性新型基礎構造 IST-ダンパーを用いたロッキング基礎
	建物・インフラ施設の 損傷・破壊 斜面崩壊	生産施設の地震リスク評価システム 設計用入力地震同策定技術(QquakeNavi) 地震ハザード解析 広域地盤の地震動評価 地震動予測シミュレーション技術 長周期地震動の評価技術 3次元弾塑性地震応答解析プログラム(DREAM-3D) RC造建物の耐震性能評価システム(耐震予報) コンクリート系構造の非線形FEM解析技術(FINAL) 地盤～構造物系地震応答解析 GIS利用地震被害予測システム PML簡易評価ソフト 総括的被害予測に基づく地震対策効果評価法 DEM(個別要素法)解析	免震建物用摩擦皿ばねダンパー ブレーキダンパー Y型ブレース・ダンパー 並列型制震システム (PYOダンパー) ダブルカラム・ダンパー (横型制震装置) 粘弾性カラムダンパー ウォールダンパー (SWA) 連結制振システム (STS) ガラス制振壁 ウィングビーム工法 (S造柱梁接合部) 炭素繊維による補強工法 (CRS工法) CFRP板による補強工法 PCa/FRPブロック耐震壁 (3Q-Wall工法) 低強度鉄筋コンクリート耐震補強工法 ストランドフープ工法 (橋脚施工法) 壁式橋脚の耐震補強工法「SSRS工法」 ダンパー・ブレース鉄道高架橋下部構造 鋼製パネル組立てによる耐震補強工法 護岸・岸壁の耐震補強工法 (UGET) ハイスペックネイリング工法 石積壁の耐震補強工法 (ピンナップ工法) 変位吸収型アンカー工法 (D&Sアンカー工法)
津波	護岸の損傷・破壊	津波・高潮数値シミュレーション	直立浮上式防波堤
大雨	斜面崩壊 建物の浸水	地すべり・斜面崩壊のための遠隔地自動計測システム リモートセンシング手法を用いた地滑り危険度評価 浸水予測シミュレーション解析	水害ハザードマップを用いた建物の設計法 アースネイリング工法
強風	橋梁・橋脚の 損傷・破壊	鋼管・コンクリート複合構造橋脚の風荷重評価技術 長大PC斜長橋の風応答シミュレーション技術	鋼管・コンクリート複合構造橋脚の耐風設計技術 長大PC斜長橋に関する耐風設計技術
	建物屋根・外装材 の飛散・破損	広域風況予測評価技術 地形影響評価型台風シミュレーション 陸屋根の台風性能に関する確率的評価 高層建物の耐風性能設計支援システム 強風による外装材被害のリスク評価 免震・制震構造用ダンパーの損傷評価法 風圧特性を予測する数値計算法	外装材設計用風荷重の設定 折板屋根の耐風設計