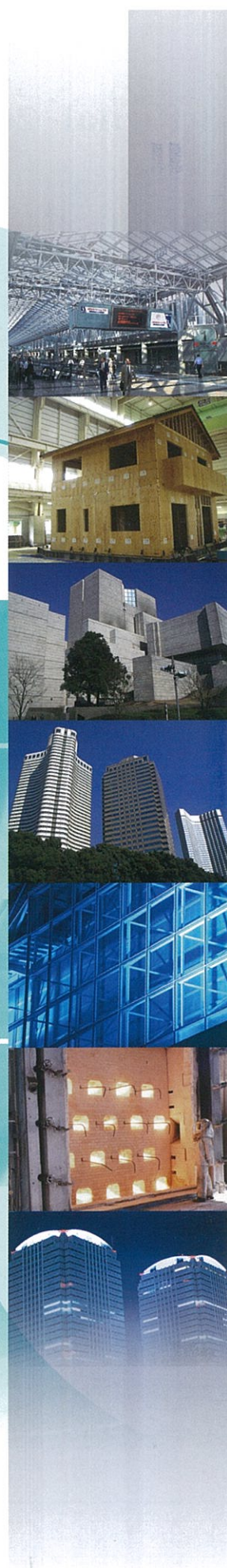


建材試験

J T C C M J O U R N A L

情報

JANUARY 2012.1
Vol.48



巻頭言 ————— 長田直俊

自然・環境との共生

特集

よりよい建材・部材をめざして

— 材料をめぐる最近の取組みと
未曾有の災害に備えて —

21世紀の建築生産のありかたを探る

ねばり強いコンクリート材料の開発とその適用の提案

東日本大震災における外装仕上げ材の被害について

非構造部材の接合部について — 耐震設計にむけての情報整備 —

建物の温熱環境と省エネルギーの課題

(財)建材試験センターの取組み



財団法人 **建材試験センター**

Japan Testing Center for Construction Materials

I n d e x

- p2 卷頭言
自然・環境との共生
／(財)建材試験センター 理事長 長田 直俊
- p4 特集／よりよい建材・部材をめざして
— 材料をめぐる最近の取組みと未曾有の災害に備えて —
- p5 21世紀の建築生産のありかたを探る
／明治大学 教授 菊池 雅史
- p11 ねばり強いコンクリート材料の開発とその適用の提案
／東北大学大学院 助教 菊田 貴恒
東北工業大学 教授 三橋 博三
- p17 東日本大震災における外装仕上げ材の被害について
／芝浦工業大学 教授 本橋 健司
- p21 非構造部材の接合部について
— 耐震設計にむけての情報整備 —
／東京大学大学院 准教授 清家 剛
- p27 建物の温熱環境と省エネルギーの課題
／(財)建材試験センター 中央試験所 所長 黒木 勝一
- p36 (財)建材試験センターの取組み
／中央試験所 副所長 川上 修
性能評価本部 主任 常世田 昌寿
工事材料試験所 副所長 小林 義憲
製品認証本部 課長 丸山 慶一郎
ISO 審査本部 本部長 森 幹芳
- p45 技術レポート
外付け片面補強された鉄筋コンクリート造十字形部分架構の構造性能
— 骨格曲線を用いた際の検討結果と地震応答解析 —
／構造グループ 主幹 伊藤 嘉則
- p53 創立50周年企画
草加でのツーバイフォーの実大実験
／東京大学 名誉教授 坂本 功
- p54 建材試験センターニュース
- p56 年間総目次(2011)
- p58 あとがき・たより

謹賀新年

本年もよろしくお願ひ申し上げます。

2012年 元旦



財団法人 **建材試験センター**

Japan Testing Center for Construction Materials

巻頭言

自然・環境との共生

財団法人建材試験センター 理事長 長田 直俊

新年明けましておめでとうございます。

2012年の新しい年を迎えるにあたって、今年はやはり前年2011年の鮮烈な出来事を思い出さずにはられません。500年に一度とも、1000年に一度ともいわれる巨大な地震によって引き起こされた未曾有の惨事、またそれによって生じた原発の長く大きな被害。

従来から、我が国は繰り返し、繰り返し自然災害の襲来によって多大な被害を被ってきました。地震、台風、強風豪雨、火山の噴火等々、そしてそれに起因する津波高潮、火災、浸水、地滑り等の数々。日本の地理的、地質学的位置が、他の地域より高い頻度で、大規模な災害の発生をもたらしてきました。

日本列島に住んだ私たちの祖先は、平素は自然の力をきめ細かく活用し、自然と共生する数々の知恵と技術を生み出してきましたが、時として起こるこうした自然の猛威にはなすすべを知らず、ただその終結を待って、黙々と復興に取り組んできました。こうした繰り返しの中で、少しずつ災害時の被害を減らす努力を積み重ねてきたのです。通常の風水害に対しては、こうした過去の経験と努力の結果、ある程度まで被害の減少を図ることができました。

不幸にして今回の地震は、近年私たちが経験したものの中で突出した大きさであり、近代技術をもって実証的に分析した経験を持たない規模のものでした。わずかに阪神・淡路大震災などの経験が役に立っているとはいえ、地震に伴って発生した津波に見られるように、全体としては自然の巨大な力に圧倒されたという印象でしょう。今生きている私たちがもう恐らく二度と見ることはないほど（ぜひ、そうあって欲しいものですが…）の自然の力の大きさをまざまざと見せつけられたといえます。

同じく昨年タイで起きた洪水の被害も、国際的なサプライチェーンの機能停止という事態を通じて、我が国を初め国際経済に大きな影響を与えています。こちらは、地震、津波といった一過性の自然災害とはいえない面



もありますが、グローバルな経済社会において、国内外の経済に長期的に深刻な損害を与えているのです。

自然は、普段は多くの恵みを私たちに与えてくれます。しかし、時として強烈なエネルギーをもった破壊者に変貌するのです。

土木・建築といった技術は、こうした自然の変化に対応する手段として発展してきましたし、ある程度の成果はあげてきました。しかし自然の計り知れない大きさを目の当たりにすると、物理的に対抗するハード面の技術だけでは対応に限界があり、損害の発生を最小化するハード・ソフト両面での柔軟なシステムの開発が大変重要に思われます。

復興に際しては、まずその地域の自然・環境との融合と活用が必要でしょう。また、地域の風土・文化を積極的に取り入れた方法で行うことも重要です。そこには、過去のいろいろな経験と知恵が凝縮されているからです。これに最新の環境技術を導入しソフト面での充実も図る。こうしてようやく効果的な復興がなされることとなります。真の意味での自然との共生にさらに一歩近づくこととなります。

住環境に関していえば、昨年引き続き住宅のエコポイント制度が好評でした。自然・環境と調和し、共生する親和性・機能性の高い住宅への国民のニーズは、従来にも増して大きいものがあります。こちらの面でも、引き続き諸技術の開発・改良とその実用化・普及が望まれます。

他方、世界の経済・社会の変化という側面では、昨年は中東の民主化の波、ヨーロッパのユーロ圏の信用不安という大きなうねりもありました。

本年はこうした大きな動きや新しい課題に関し、どういった展開が図られるのか、いろいろな意味で注目される年です。

おかげさまで、当センターは今年で創立49周年を迎えます。来年で半世紀の節目を迎えるわけです。この間、関係機関、建材企業、工業会の皆様、それに消費者の方々のご支援をもとに、土木・建築技術の進歩に微力ながら貢献してまいりました。奇しくも、今年新しい法人形態への移行を予定しております。『第三者証明事業を通し住生活・社会基盤整備に貢献する』という社会的使命を引き続き掲げつつ、役職員一丸となって技術・サービスの向上に取り組んでまいります。本年も変わらぬご指導ご支援を心からお願い申し上げます。

特集

よりよい建材・部材をめざして

—材料をめぐる最近の取組みと未曾有の災害に備えて—

昨年の東日本大震災では、観測史上最大級の地震と、想像を絶する巨大津波を体験しました。そしてそれらは原発事故を引き起こす原因にもなりました。今回の地震は、完全に防ぐことのできない自然災害が発生することを我々に示すとともに、防災対策、リスク対策、電力危機などの問題をあらわにしました。現在、様々な分野で震災調査が行われ、今回の震災に対する反省点や課題点が明らかになりつつあります。

建築物の地震被害に関していえば、現行の設計基準を満たす建築物における主要構造部の被害は比較的軽微又は限定的であったことが報告されています。しかし、主要構造部以外の建築部位では、人命や生活機能に影響を及ぼすような新たな課題が顕在化しました。

建材・部材に関する試験・評価・認証に携わっている建材試験センターでは、これらの課題に対して積極的に関わり、よりよい建材・部材の開発・普及に貢献していきたいと考えています。

そこで、今回の特集では、「よりよい建材・部材をめざして」をテーマに、震災からの教訓や知見を踏まえた建材・部材に関する今後の課題・取組みなどを取り上げ紹介します。



21世紀の建築生産のありかたを探る

明治大学 教授
菊池 雅史



1. 生活・生産基盤としての建築の位置づけ

1.1 安全・安心と建築

「安住」という言葉がある。辞書には「安心して落ち着いて住むこと」とある。この安住を脅かすのが、瞬時に生命と財産を奪う災害そして戦争、世界的規模の疫病である。人は人生の大半を建物の中で過ごす。従って、建物の中にいるときに災害に遭遇する確率が高くなる。

(1) 東日本大地震の人的被害の位置づけ

未曾有の災害といわれる今回の東日本大震災の被害程度を明確に把握するため、1900年以降から2010年間に発生した死者1,100人以上に達した自然災害113件の中から、死者10,000人以上の災害43件についてまとめたものが表1である。東日本大震災では、人的犠牲としては死者・行方不明者の計で2万人弱であり、過去10年間に限定すれば2004年のスマトラ島地震（23万人）、ハイチ地震（22万人）、2008年の中国四川省地震（8.7万人）、パキスタン地震（7.4万人）に次ぐ地震による被害の位置づけとなる。

(2) わが国の大震災における犠牲者の死因

地震の被害は、震源地、規模、季節、時刻、気象等により異なるといわれている。表2は日本の代表的な大震災の犠牲者数を死因別にまとめたものである。これによると、東日本大震災では津波による犠牲者が全体の92%を占め、関東大震災では焼死が87%、阪神・淡路大震災では建物の倒壊による圧死が83%である。また、表3は「首都圏直下型地震（東京湾北部地震）の想定被害」を示したものである。これによると、建物被害棟数は、地震の発生時刻・風速により約4倍近い差が生じること、とりわけ火災による焼失棟数に極めて大きな影響を及ぼすと推定している。この傾向は人的被害についても同様にみられる。なお、この推定には津波の発生による犠牲が含まれていないが、仮に津波が発生すれば犠牲者の数はきわめて大きくなるといえる。

(3) 我が国の災害による被害の特徴

我が国の災害被害を特徴付けるものとして、災害発生数の多さに比較して犠牲者数が少ないことと、被害額が大きいことがある。図1は地震および火山災害における被害状況を示したものである。

表1 自然災害により10,000人以上が犠牲となった災害と被害の例

災害の種類	発生状況			被害:死者・行方不明者数 10,000人以上の災害例
	発生年の範囲	回数	発生地域	
地震 地震/津波 地震/火災 地震/地滑り 地滑り	1906-2011	28	アジア : 10	10,000-250,000
			中近東 : 9	1976:中国唐山大地震 250,000
			中南米 : 5	2004:スマトラ沖地震/津波 229,652
			イタリア : 3	2010:ハイチ大地震 220,000
			アフリカ : 1	1923:関東大震災地震/火災 143,000
				2011:東日本大震災/津波 20,000
				(参考)阪神・淡路大震災/火災 6,433
台風 洪水 サイクロン ハリケーン	1971-2000	12	アジア : 10	10,000-500,000
			南米 : 2	1971:バングラデシュ 500,000
				1991:バングラデシュ 140,000
				(参考)1959:伊勢湾台風 5,098
火山噴火	1902-1985	3	中南米 : 3	17,000-29,000
				1902:西インド・プレー山 29,000
				1985:コロンビアルイス火山 22,000

出典:世界統計白書2009年版(木本書店)に掲載されている113件の災害の中から、10,000人以上の犠牲者が記録されている災害について、筆者が整理した。

表2 大被害地震における犠牲者の死因

死 因	死者・行方不明者			
	東日本大震災 岩手・宮城・福島	関東大震災	阪神・淡路大震災	
合 計	15,270人 (5/30)	105,385人	6,347人	
内 訳 %	家屋倒壊・圧死	4.4	10.5	83.3
	火災・焼死	1.1	87.1	12.8
	溺 死	92.4	—	—
	流失・埋没	—	1.0	—
	工場等の被害	—	1.4	—
	不 詳	2.0	—	3.9

出典：防災白書 平成23年版 内閣府の図より、筆者が表に構成

表3 東京湾北部地震による被害想定(1都8県)

震源地:東京湾北部 地震規模:M7.3		冬季夕方・18時 風速:15m/s		冬季早朝・5時 風速:3m/s	
建物全破棟数・火災焼失棟数		約85万棟	100%	約23万棟	100%
内 訳	火 災 焼 失	65万棟	77%	4万棟	17%
	揺 れ	15万棟	18%	15万棟	64%
	液 状 化	3.3万棟	4%	3.3万棟	14%
	急傾斜地崩壊	1.2万棟	1%	1.2万棟	5%
死 者 数		約11,000人	100%	約5,300人	100%
内 訳	火 災	6,200人	57%	70人	1%
	建 物 崩 壊	3,100人	28%	4,200人	89%
	急傾斜地崩壊	900人	8%	1,000人	19%
	ブロック塀等の崩壊	800人	7%	—	—
	交 通 被 害	200人	2%	10人	—
負 傷 者 数		210,000人		160,000人	
ライフライン 施設被害	電 力	約160万軒	支障率: 6.1%	約86万軒	支障率: 3.3%
	上 水 道	約1,100万人	25.7%	約1,100万人	25.7%
	ガ ス	約120万軒	12.3%	約120万軒	12.3%
	通信:固定電話	約110万回線	4.8%	約21万回線	0.9%
経 済 被 害 額		約112兆円		約82兆円	

出典：内閣府防災担当 HP

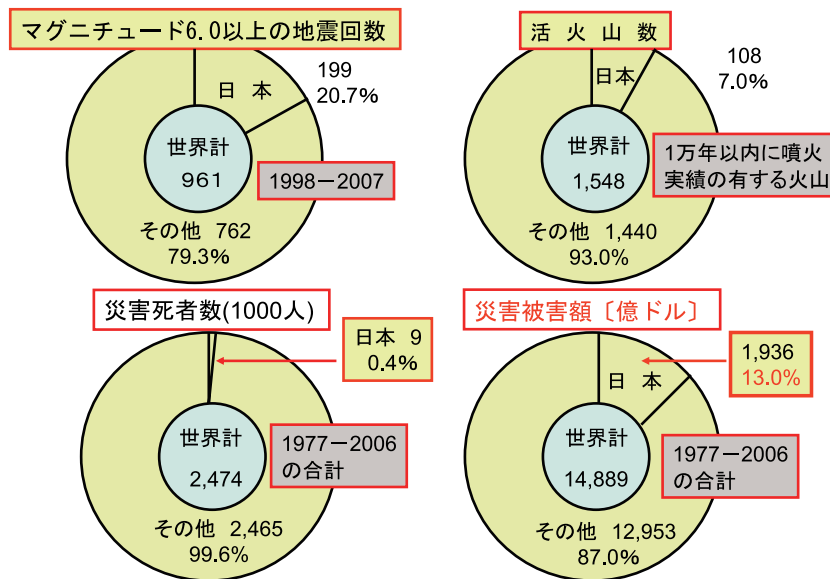


図1 自然災害による日本の被害状況(出典：内閣府「平成20年版防災白書」)

また、表3に示す想定被害額は、今日の国家予算と同等以上と推定されている。我が国はこれまで甚大な被害に繰り返し遭遇しているが、その都度見せてきた迅速な復興と被災前に比べて高水準の経済発展を示すことは世界の注目するところである。しかし、この迅速な復興が、逆に抜本的な対策を施すことを困難にしている大きな理由となっていることも否めない事実である。

1. 2 産業としての建築

第二次世界大戦の敗戦後の二十年ほどで、1964年には新築着工床面積が1億㎡を越し、1965年には早くも貿易黒字に転換し、1967年にはアメリカに次いで世界第2位のGDPを示した。この急速な経済発展を根底で支えたのが建設業である。復興事業はインフラに重点を置く関係上、公共工事が中心であったが、民間工事も諸外国に比べてきわめて大きな額を示し続けた。このこともあり、全就労者に対する建設関連従事者の比率は長い間約10%を占め、また生産額もGDPの約10%を占める巨大な産業の地位を確立していた。一方、その生産形態は戦後から一貫して「スクラップアンドビルド」であり、現在でも新築着工床面積に対してその約13～15%に相当する床面積の建物が除却されている。このような生産形態は膨大な資源を消費し、大量の産業廃棄物を排出し続けてきた。地球的規模の資源枯渇と環境汚染が顕在化しはじめるとともに、ライフサイクル全体を通じて、省資源・省エネルギー・環境保全に対して積極的な取組みが急務とされる産業として指摘されはじめた。「スクラップアンドビルド」は、資源・環境に及ぼす悪影響以外にも建設投資額が巨額であるにもかかわらず、良質な社会資産の蓄積に直結していないという社会的な問題として指摘されはじめた。

1. 3 社会資産としての建築

(1) 建物のストック量とその資産価値

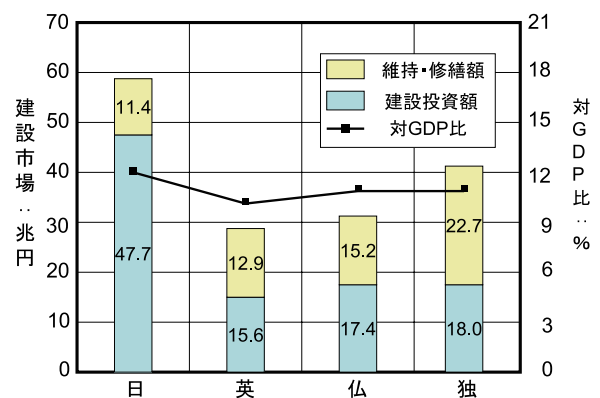
21世紀に入り、「持続可能な経済社会の構築」が全ての生産活動の共通認識として定着しはじめた。我が国の建築形態も「スクラップアンドビルド」から、新築建物にあっては高耐久・長寿命化が、既存建物にあってはその延命化に転換し始めた。いわゆる「フロー社会からストック社会」への転換である。現在の我が国の建物のストック量は74億3249万㎡と試算されており、そのうちの73%（54億2600万㎡）が住宅とされている（表4参照）。

我が国の土地・建物等の不動産資産は表4に示すように2,300兆円である。内訳としては土地1,300兆円、建物1,000兆円である。

表4 日本の施設(建物等)のストックの現状

区 分	金 額・面 積 等
不 動 産	1,300兆円
土 地	
建物等	1,000兆円
	・法人所有の不動産 :490兆円 ・政府・自治体所有不動産(道路、橋等のインフラを含む) :470兆円 ・個人所有の住宅等 :40兆円
ストック建物の総床面積	74億3249万㎡(うち、住宅54億2600万㎡:73%)

出典：不動産関係：日本の施設ストック(建築と積算2011秋号8-11五十嵐健)
床面積関係：国土交通省資料



出典：建設経済レポート(2010.5)投資幅減の中で変革に直面する建設産業 国土交通省建設工事施工指針

表5 リフォーム・リニューアル市場の現状(平成22年度上半期)

区 分	住 宅			非 住 宅		
	業者数 (社)	受注件数 (件)	受注高 (億円)	業者数 (社)	受注件数 (件)	受注高 (億円)
計	88,610	1,699,694	13,962	58,489	591,925	27,932
一般土木建築工事業	3,795	24,188	681	3,649	45,936	6,270
土木工事業	4,085	7,369	121	4,185	7,062	183
建築工事業	52,286	1,094,719	9,213	25,912	203,849	12,534
職別工事業	16,234	512,174	3,431	9,593	133,995	2,783
管工事業	5,450	36,204	314	5,982	127,544	3,862
電気機械器具設置工事業	6,760	25,040	201	9,168	72,999	2,300

出典：国土交通省総合政策局建築統計室 建築物リフォーム・リニューアル調査報告

(2) リニューアル・維持管理に関する市場

建物のストック量が多くなるのに伴いリニューアル・維持管理等に対する投資額が多くなる。図2は日本と西欧の主要国の比較を示したものである。我が国の建設投資額の比率も将来的には既存建物に対する比率が徐々に大きくなっていくといえる。建物のリニューアル等に関する統計調査については、国土交通省が平成20年度から実施している。これをまとめたものが表5である。これによると、平成22

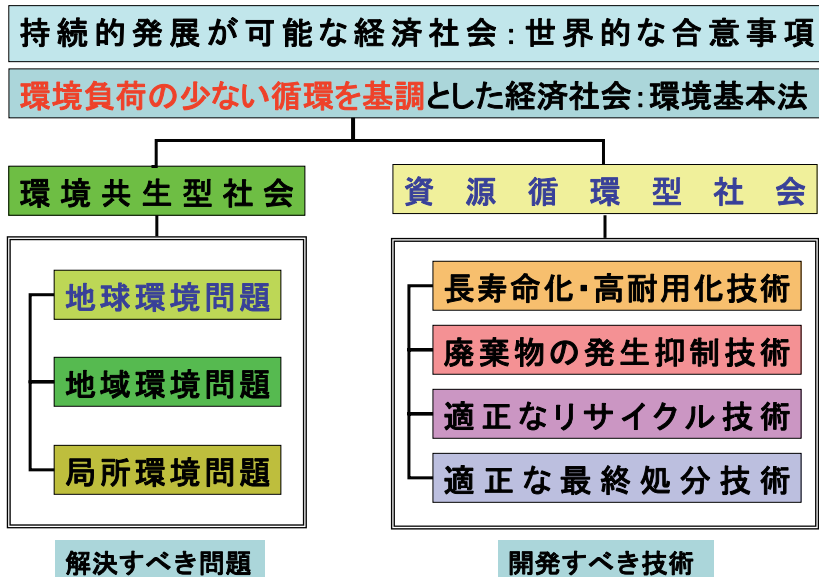


図3 持続的発展に係わる概念図（明治大学：1998年）

年度（2010年）上半期（4～9月）の改修工事の総額は、4兆2000億円、前年同期比6.4%増と推定されている。

2. 21世紀における建材・部材の開発の方向性

2.1 安全・安心に対する対応

今回の東日本大震災は歴史的にみて、世上でいわれるほどの「未曾有の大震災」ではないことはすでに述べた。また、今回の地震と同規模のマグニチュード9.0クラスの地震の発生頻度および近い将来において発生確率が高いとされている東海・東南海地震や東京湾北部地震に対する不安もあり、建築物の安全・安心はこれまで以上に強く要求されることになる。激甚被害をもたらす因子としては、以下の3つに大別できる。

- ①地震・風による水平荷重：揺れによる建物倒壊，圧死等
- ②地震発生後の火災：焼死，焼失等
- ③津波・洪水（土砂災害を含む）等による水圧・浮力：溺死，流失等。

このうち、①および②については建築基準法で対応されているが、③の水圧・浮力についてはこれまで法的な基準は示されていない。今回の津波被害を踏まえて、津波荷重に関する検討が開始されているとのことである。

2.2 21世紀の生産活動の指標に対する対応

(1) 法制度との関連

循環型社会形成推進基本法は、環境基本法を具現化するための枠組みを示したものであり、その骨子は「環境負荷の少ない循環を基調とした経済社会の構築」にある。

(2) 国際規格等との関連

また、環境管理、環境監査等に関する国際的な取組みとしては、ISO 14000sがある。図3は21世紀の生産活動の指標として、環境保全についてはISO 14000sを、資源循環については循環型社会形成推進基本法を根幹として、「持続的発展が可能な経済社会」のシステム構築の概念を示したものである。建材・部材の開発にあたっては、関連法や国際規格等の目的や技術指標を遵守する必要がある。

2.3 建築・建材のライフサイクルアセスメントに対する対応

(1) 適切な耐用年数の設定

建築に要求される機能・性能を満たすためには、建築のライフサイクルの各段階で確保した品質とそのグレードを積み重ねていくことになる。この品質のグレードを決定づける最大の支配因子が「建物の想定耐用年数」である。建物に使用する材料・部品，設計，施工等の水準・グレード，建物として利用してからの維持保全の水準などは，設定した耐用年数にあわせて合理的に決定する必要がある。建物の用途・規模・構造・建物の初期品質，等によっては，長

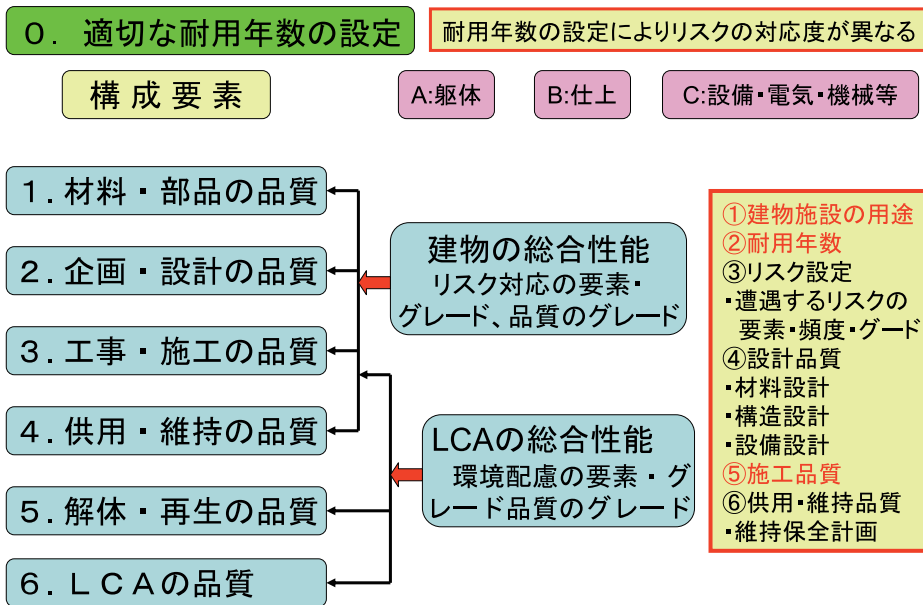


図4 建築のライフサイクルと必要とされる技術要素

寿命化や延命化を図ることにより、逆に環境負荷の増加が懸念される例もある。実りあるストック型社会を構築するためには、良質な建築資産を整備しなければならず、その過程で既存建物と新築建物の間で合理的な代謝を進めていくため、「適切な耐用年数の設定」が不可欠といえる。

(2) 最終的な建築品質を確保するための技術要素

建築は多くの場合発注者の要求に対応した一品生産であることが、他の耐久消費財に比べて最も異なる点である。また、ライフサイクルが長い、現場での施工工程が多い、多種多様の部品・部材で構成される、多数の職種が関連する等の特徴を有している。このため、建築物として要求される所定の性能を発揮するためにはこれらの特徴を十分認識した上で、建物を建設する必要がある。図4は建物の最終品質を確保するための技術要素を、建築のライフサイクル別に示したものである。

(3) 建物の長寿命化・延命化に対する対応

成熟社会を迎えた欧米諸国の建築市場は、新築工事からストック建物のリニューアル市場へと移行していることはすでに述べた。我が国においてもリニューアル市場が徐々に拡大していることを踏まえて、国土交通省ではリニューアル・リフォーム市場の把握と建築物ストックの有効利用を促進するための基礎的資料として、平成20年度上半期受注分から建築物リニューアル・リフォーム調査を実施している。表6および表7は平成20年度下半期、21年度上半期、

22年度上半期の調査結果を示したものである。

a) リフォーム・リニューアル工事の目的

表6によると、ここ数年の半期間におけるリフォーム・リニューアル工事件数は、住宅・非住宅の合計で300万件弱である。その目的は、第1位が「劣化や壊れた部位の更新・修繕」であり、全体の60%前後を占めている。次いで多いのが省エネルギー対策であり7%強を占め、防犯・防災・安全性および耐震性向上のいわゆる安全性能がこれに次いでいる。高齢者・身体障害者対策、用途変更など、いわゆるバリアフリー・ユニバーサルデザインや用途変更(コンバージョン)によるものなどは、現状での事例は少ないが今後、事例の増大が予想される。

b) リフォーム・リニューアルの工事部位

表7は2010年度上半期の工事部位別建築物リフォーム・リニューアル工事受注件数をまとめたものである。これによると、建築では住宅・非住宅とも内装が最も多く全体の約1/3を占めている。屋根・屋上、外壁、建具等は15から20%の間にある。

設備に関しては、住宅では給水・給湯・排水衛生機器設備が過半を占めているのに対して、非住宅では空気調和・換気設備、電気設備、給水・給湯・排水衛生機器設備がそれぞれ25~30%を占めている。建築および設備に関するこれらの傾向は2008年度下半期期、2009年度上半期においても同様の傾向である。

表6 リニューアル工書の目的(H20下半期,H21上半期,H22上半期の平均)

区 分	住 宅		非 住 宅	
	件	(%)	件	(%)
工 事 の 目 的	2,068,214	100	796,028	100
劣化や壊れた部位の更新・修繕	1,355,458	65.2	453,283	57.0
省エネルギー対策	143,721	7.0	60,075	7.6
高齢者・身体障害者対策	135,607	6.6	17,082	2.1
防災・防犯・安全性向上	954,803	4.6	55,137	6.9
用途変更	25,756	1.2	23,347	2.9
耐震性向上	47,914	2.3	27,369	3.5
屋上緑化・壁面緑化	3,200	0.1	604	0.1
アスベスト対策	2,343	0.1	5,340	0.7
その他	216,250	10.5	137,484	17.3
不 明	42,546	2.1	16,308	2.0

出典：国土交通省総合政策局建築統計室 建築物リフォーム・リニューアル調査報告

表7 リニューアル工書の部位(H22上半期分)

区 分	住 宅		非 住 宅	
	件	(%)	件	(%)
工 事 の 目 的	1,928,104	100	451,295	100
基礎・躯体	81,134	4.2	30,775	6.8
屋根・屋上	309,545	16.1	65,327	14.5
外 壁	399,517	20.7	71,788	15.9
内 装	613,308	31.8	171,022	37.9
建 具	334,911	17.4	72,864	16.1
その他建築	189,689	9.8	39,519	8.8
外 構	80,604	—	11,344	—
そ の 他	30,197	—	8,218	—
不 明	18,722	—	7,137	—

出典：国土交通省総合政策局建築統計室 建築物リフォーム・リニューアル調査報告

3. 目的指向型材料設計システムの構築が急務

3.1 建築物に対する建築主および設計者・施工者の社会的責任

建築には、建築本来の用途に応じた要求があると同時に、社会基盤の形成、都市・街区の構成、文化の継承、という社会的な役割も担わされる。これまで我が国の建築主や設計者等は、建築物およびその所有者の社会的責任という意識が欠落していた、と感じているのは筆者だけではあるまい。ストック型社会においては、低質な建築の存在は単に社会資産価値の低下に留まらず、種々の環境に悪影響を及ぼすことになる。このことから、建築主および設計者・施工者の社会的責任を明確にする制度の整備が急がれる。

3.2 より良い建築をつくるための「建築企画書（ブリーフ）」

日本建築学会の建築設計ブリーフ特別調査委員会は、建築物に対する建築主および設計者・施工者の社会的責任を明確にしつつ、「より良い建築をつくるための提言～建築企画書（ブリーフ）の活用に向けて～」を、2007年5月に提言している。この内容についての詳述は避けるが、その概要は「建築主・発注者がその責任の下で建築企画書としてのブリーフを作成し、ブリーフに基づいて建築の設計、生産、運用、維持管理が遂行されていくというプロジェクトの進め方を、一般的なものとして社会に普及させるために、建築主、設計者、制度整備者、建築各界がなすべき基本事項を取りまとめた」ものである。この提言を出発点として、関係者の間でブリーフに関する論議をさらに深め、その普及に取り組むことが期待されている。

3.3 目的指向型材料設計システム構築の意義

ブリーフの作成が建築主の責任によって作成されることになる、当然のことながら多種多様な建築ごとにその目的・機能に応じた要求がブリーフに盛り込まれることになる。これらの要求をたたき台として建築主と設計者の間で、企画、設計、生産、運用、維持管理、廃棄に至る一連のライフサイクルの中で、建築の全体像をよりの確に構築していくことになる。当然のことながら、要求事項やそのグレード、材料の選定等の最終的な意思決定は建築主の責任で行われる。しかし、その意思決定に至るまでの、共通認識や合意形成のためのドキュメント等の提示や説明は、設計者側に課せられる、いわば説明責任の一部となる。建築物に使用される材料の開発研究も重要であるが、ブリーフが建築主から提示されたとき、設計者が適正な対応が可能な「目的指向型材料設計システム」の構築が急務と考える。このシステムこそ、実り多いストック型社会を形成するための大前提であり、建築界が至急取り組まなければならない責務と考える。

プロフィール

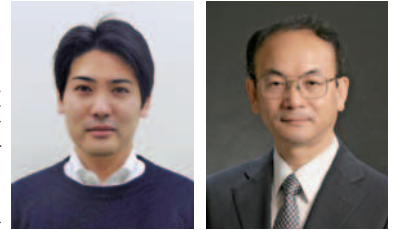
菊池 雅史（きくち・まさふみ）
明治大学 理工学部建築学科 教授

資格：工学博士

研究分野：コンクリート工学、資源・材料・循環システム、建築材料設計

ねばり強いコンクリート材料の 開発とその適用の提案

東北大学大学院 助教
菊田 貴恒
東北工業大学 教授
三橋 博三



1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、私達が経験したことのないほどに多くの犠牲者と甚大な被害を出す大災害を引き起こした。この地震や津波でお亡くなりになられた方々に心から哀悼の意を表するとともに、住居や仕事を奪われて未だに不自由な生活を余儀なくされている被災者の方々に御見舞い申し上げたい。

地震発生以後、精力的な被害調査がなされその結果が次第に明らかになってきたが、総じて言えることは地震動そのものによる構造物の被害は比較的限定的であったことである。中でも1982年以降に建築され現行の耐震設計基準に合致した建築構造物では、主要構造部の被害は免れた一方で、非構造部材の大きな損傷や崩落が目立った。また、1981年以前に建設されたものでも、適切な耐震補強がなされたものは、主要構造部の被害を免れている点も特筆される。

一方、沿岸部では多くの家屋が流され、この大震災で亡くなられた方々と未だ行方不明の方々の合計約2万人弱のほとんどが津波による犠牲者であったことが明らかとなった。また、全滅に近い地域の中でも、指定された津波避難ビルへの避難により、全国で600人以上の方々が助かった。津波被害の大きかった地域では、残存している鉄筋コンクリート造建築物が目立った（写真1）が、その他にも基礎と主要構造部のしっかりした鉄骨造の建築物には、少なくともその骨組みだけは残存しているものが多かった。中でも、津波で外壁が破壊した結果、あたかもピロティ形式の建築物となって残っているものが目立った。そのような結果を踏まえて、津波対策としてピロティ形式建築物を推奨する提案も出されている（田中礼治・源栄正人 2011）¹⁾。震災後約7～8カ月を経てようやく各地域の復興計画案が示されつつあるが、漁業・水産業が中心であることから海岸近くに産業基盤を再構築せざるを得ない地域や津波時に高台への避難が困難なほどに平野部が広く続く地域では、適



写真1 津波から残存した建物の一例

切な距離ごとに津波避難ビルを建設・確保することが求められている。

ところで、一般に建築物を設計する際には供用期間中に遭遇するであろう荷重・外力を想定して、それに耐えられるように建築物を造る必要がある。とはいうものの、今回の地震と津波はそれまでの記録や経験から想定できるものであったかどうか大きな話題となり、「想定外」という言葉が頻繁に耳にされた。そのような状況の中で、その後の議論を踏まえて得られた国民的な総意としては、想定を超える事態になってもお手上げとならないように、「多重防御」と「ねばり強さ」が強く求められている。

現行の耐震設計法によれば、所定の保有耐力を確保することで、少なくともその主要構造部は巨大地震にも耐えられる十分なねばり強さを発揮できる建築物を実現できることが、今回の東日本大震災で大方明らかになった。しかしながら、ここで1995年に起きた阪神・淡路大震災のことを思い起こすと、注意すべき点の一つ思い起こされる。現行の耐震設計法の元となっている1981年に改定されたいわゆる「新耐震設計法」により、1982年以降に建てられたものはそれ以前の建築物に比べて耐震性が明らかに向上したものの、ピロティ形式の建築物はその他の一般建築物と比べ

て約2.5倍の被害率であったことが報告されている（日本建築学会 1998）²⁾。従って、津波対策として、沿岸部の鉄筋コンクリート造建築物をピロティ形式とする際には、特別な配慮が求められるとともに、塩害対策などの耐久性付与にも十分な配慮が求められる。このことは、東日本大震災からの復旧・復興に伴う建築計画の立案に際してはもちろんのこと、近い将来起こることが予想される新たな巨大地震への対策としての既存構造物の耐震補強策でも同様である。

本稿では、材料自体に大きなねばり強さと耐久性を付与した新しいコンクリートの開発動向と、既存のピロティ形式建築物の耐震補強にも有効な柱部材への応用例について紹介する。

2. HPFRCCの材料開発

1990年代、アメリカやヨーロッパを中心として、従来のFRCCの引張側の変形性能を大幅に高めた高靱性セメント複合材料（High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite、以下HPFRCC）と呼ばれる材料が開発された。HPFRCCは曲げ応力下あるいは引張応力下において、最初のひび割れが発生した後もひび割れ面を繊維が架橋し、写真2に示すように次々に新しい微細なひび割れが生じる（以下、マルチプルクラック）ことで、引張応力-ひずみ関係（図1）において鋼材の降伏に似た、疑似ひずみ硬化挙動を示す特徴を有している³⁾。

これらHPFRCCの特徴を発揮できる材料は様々ある。例えば、モルタルマトリクス中に短繊維を分散混入させるタイプには、ミシガン大学のLiらが破壊力学に基づく材料設計法⁴⁾により開発したECC（Engineered Cementitious Composite）があり、合成繊維を体積混入率で1.5～2.0%程度混入することにより、5%を超える引張ひずみを実現している。また、1994年にP. Richardらは、最密充填理論に基づいて開発されたセメント系マトリクスに鋼繊維もしくは合成繊維を混入し、超高強度、高靱性、高耐久性を実現している。一方、D. R. Lankardにより1984年に提案されたSIFCON（Slurry Infiltrated Fiber CONcrete）は、鋼繊維をあらかじめ型枠内に配置したところへセメントスラリーを浸透させることにより製造されるため、繊維体積混入量は最大で20%に達することも可能である。従って、その多量の繊維による拘束効果から圧縮強度は200MPaを超え、またその架橋効果により引張応力下ではひずみ硬化挙動を示す⁵⁾。

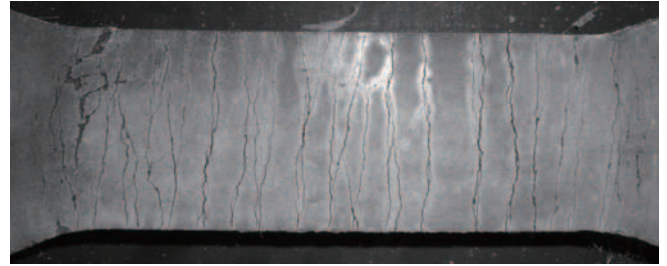


写真2 マルチプルクラックの一例

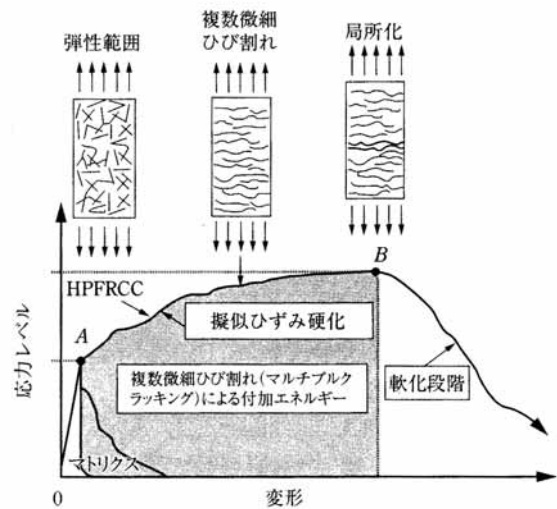


図1 HPFRCCの典型的な応力ひずみ関係

HPFRCCはその優れた材料特性により、従来のセメント系材料に代わる高性能な補修用材料や鋼材の被覆材などとして、新しい用途を切り開くものと期待され、1990年代以降その材料特性評価や有効な利用方法などに関する研究開発が積極的に行われている⁶⁾。現在、HPFRCCは社会的関心が最も高まっているセメント系材料の一つといえる。

2.1 HPFRCCの開発

LiらのECCに代表されるように一種類の繊維を用いてHPFRCCを構成する場合、合成繊維だけでは繊維の剛性が低いためにHPFRCCのひび割れ後の引張剛性が低く、圧縮応力下での高い拘束効果は得られない。また、鋼繊維だけでは、ひび割れを架橋する繊維がせん断力を受けてその周囲のマトリクスを破壊するため、力学的特性が安定し難いとされている⁶⁾。

そこで筆者らは、HPFRCCの新たなアプローチとして2種類の繊維を混入し、それぞれの繊維の弱点を補い、なおかつ、それぞれの繊維の複合効果により、より安定した材

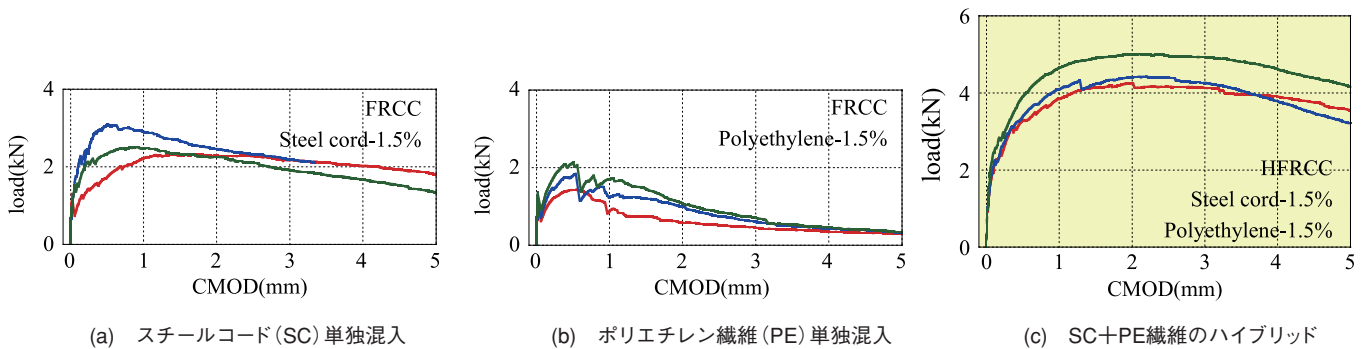


図2 繊維のハイブリッド化による靱性能向上の一例

料特性を得ることを目標とした、ハイブリッド型高靱性繊維補強セメント複合材料 (Hybrid Fiber Reinforced Cement-based Composites, 以下HFRCC) を提案してきた⁷⁾。このHFRCCは「ひび割れのレベル」に着目し、そのレベルに応じた最適な形状の繊維によりひび割れに抵抗することを基本として⁸⁾、「ひび割れのレベル」をマイクロクラックとマクロクラックの2段階に分けて材料設計を行っている。つまり、ひび割れ開口の小さなマイクロクラックには、できるだけ高密度でそのひび割れを架橋する繊維本数が重要となるため、径が細く長さが短い繊維を多量に用いてひび割れに抵抗し、ひび割れ開口がある程度開いたマクロクラックには、ひび割れをそれ以上拡大させないために十分に長い高靱性繊維が用いられる。

HFRCCの一例として、川又ら⁹⁾は撚り線状に特殊加工されたスチールコードとポリエチレン繊維を混合したHFRCCに関する研究を実施し、それぞれの繊維の複合特性を明らかにしている。図2は切欠き梁の三点曲げ荷重試験から求められた荷重-CMOD (ひび割れ開口変位) 関係であり、(a)はスチールコードのみ、(b)はポリエチレン繊維のみ、(c)はスチールコードとポリエチレン繊維を混合したHFRCCの試験結果を示したものである。図2(c)より明らかなように、物性の異なる2種類の繊維を混合することで最大荷重値が大幅に向上し、更に大きく変形が進んでも高い曲げ荷重に耐えられる、より靱性的な挙動を示していることがわかる。

従って、適切な繊維のハイブリッド化を行うことで、それぞれの繊維を混入した性能の単純な足し合わせだけではなく、足し合わせ以上の相乗効果が発現されることが明らかとなった。

2. 2 HFRCCに埋設された異型鉄筋周りの付着ひび割れ挙動

マトリクスに埋め込まれた鉄筋を引っ張ると、マトリクスのひび割れ箇所から鉄筋は降伏するといわれている。そこで、ひび割れに対してねばり強いHFRCCをマトリクスとして用いひび割れを微細化させることにより、鉄筋の降伏領域は拡大すると考えられる。また、ひび割れの微細化は、鉄筋コンクリート構造物で多くの場合に問題となる耐久性の向上にもつながるものと考えられる。

三橋ら¹⁰⁾は図3に示す鉄筋を埋設した角柱試験体の両引き試験を実施し、埋設された鉄筋周りの微細なひび割れ状況をX線による透過撮影で明らかにしている。写真3は埋設された鉄筋が降伏を開始した時点での試験体内部のひび割れ発生状況を示し、(a)はポリエチレン繊維のみを混入した試験体であり、(b)はスチールコードとポリエチレン繊維を混合したHFRCCの試験体の結果である。写真3(a)のひび割れ状況から、ポリエチレン繊維を単独で混入した場合は、鉄筋の節から発生する付着ひび割れが試験体中央上下両端の切欠き部を中心に部分的に生じる程度であり、付着ひび割れの微細化とまではいっていない。一方、写真3(b)に示すHFRCCの場合、鉄筋による付着ひび割れは撮影範囲のすべての節から発生しており、なおかつそれぞれの節から生じるひび割れも非常に微細であることがわかる。

従って、繊維をハイブリッド化することで、鉄筋周りの付着ひび割れが微細化され、その結果鉄筋の降伏領域が拡大すると報告されている。鉄筋の降伏領域が拡大することで、鉄筋が局所的に降伏するときよりも部材のねばり強さが向上するため、鉄筋コンクリート構造部材の靱性向上に大きく貢献できる。

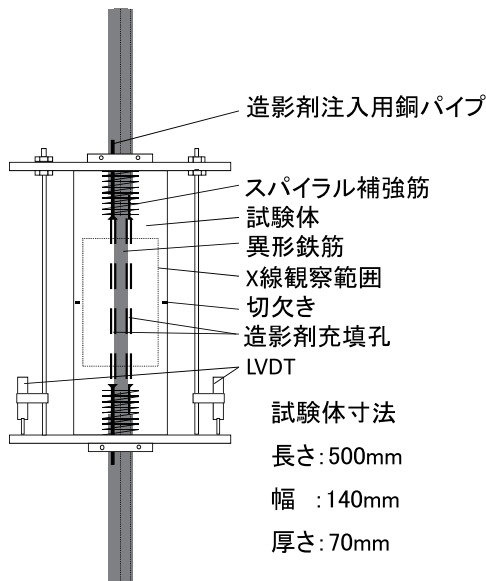
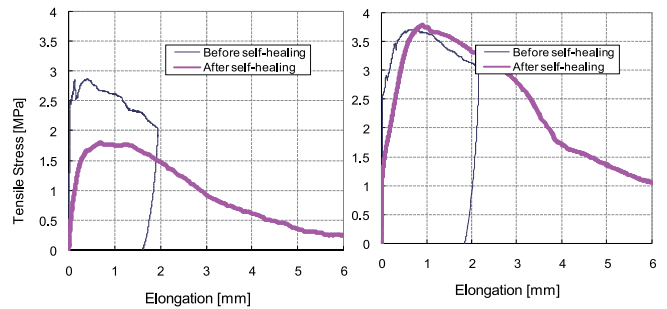
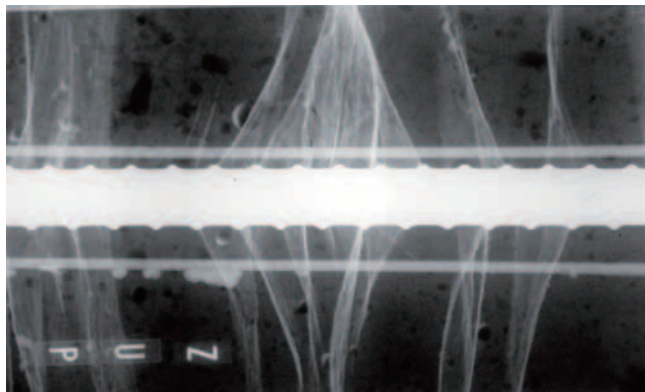


図3 X線造影両引き試験体概要

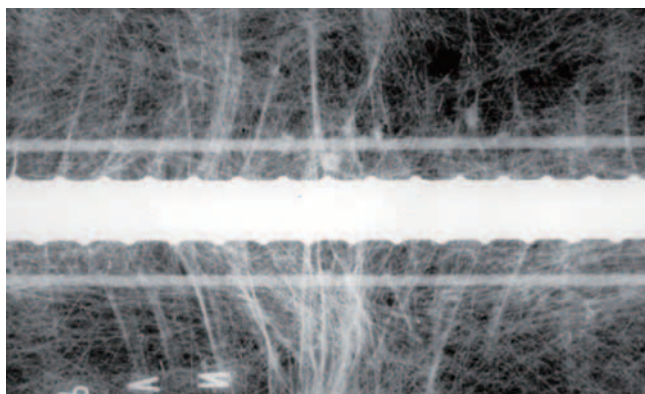


(a) SC (b) HFRCC (SC+PE)

図4 HFRCCの自己修復特性



(a) PE繊維単独混入 (1.5Vol.%)



(b) SC+PE繊維のハイブリッド (各1.5Vol.%)

写真3 X線撮影による試験体内部のひび割れ発生状況 (鉄筋降伏開始時点)

2. 3 HFRCCの自己修復特性

コンクリートのひび割れ自己修復は炭酸カルシウム結晶がひび割れに蓄積されることで起こる現象で、ひび割れ幅および水圧により影響されることがEdverdsenら¹¹⁾によって明らかにされている。本間ら¹²⁾はスチールコードのみ混入した試験体とスチールコードとポリエチレン繊維を混合したHFRCCについて、それぞれの自己修復特性と修復後の引張強度回復特性について検討している。図4よりHFRCC (SC+PE) の場合は水中養生3日目において試験体表面、および繊維表面に炭酸カルシウムが多く付着していることが確認された。しかしSCについては、繊維架橋が少ないため炭酸カルシウム結晶の付着はほとんどみられなかった。力学的特性を比較しても、前者は自己修復後の引張強度が除荷時の引張強度のみならず初期荷重時の引張強度よりも高い結果となった。一方、後者は除荷時の強度を上回るものもなかった。このことから、HFRCCでは炭酸カルシウムの付着が容易となり、強度回復が期待できると考えられる。

2. 4 HFRCCによる鉄筋防食特性

ECCに代表される高靱性繊維補強セメント複合材料や筆者らが提案するHFRCCは、発生するひび割れが微細であるため普通コンクリートと比較して、中に埋設された鉄筋の腐食が抑制されると考えられる。また、前節で述べたようにHFRCCの場合、繊維架橋の効果によりひび割れ面への自己修復物質の蓄積が増大するため、ひび割れ面への塩分の

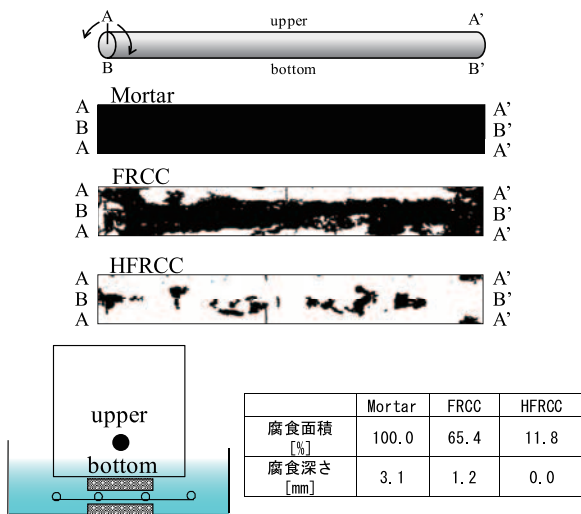


図5 HFRCCによる鉄筋防食特性

侵入が抑制され、それにより内部の鉄筋の腐食がより発生し難いことが小早川ら¹³⁾により報告されている。図5は、その試験体概要と埋設された鉄筋の腐食状況を示している。試験体には事前にひび割れが導入され、塩水による腐食促進試験が行われている。図5より、モルタルの場合は埋設された鉄筋の全表面が腐食しているが、HFRCCでは全表面の11.8%のみの腐食に留まっており、HFRCCによる鉄筋防食効果が顕著に現れている。これには、ひび割れ面への自己修復物質の蓄積や試験体内部のスチールコードが鉄筋に代わって腐食する「犠牲防食」効果などの複合的要因が関係していると考えられており、今後の更なる研究が期待される。

3. HFRCCの構造利用提案—津波避難ビルへの適用—

前述したように、1995年1月に発生した阪神・淡路大震災において、新耐震設計法に基づいて建設された鉄筋コンクリート構造物の中、人命は守られたものの建築物の損傷が大きく、更なる対策強化が求められたものに、ピロティ形式建築物がある。このような大地震に対しても建築物の損傷を抑制・防止するために、構造物全体の応答変位を低減させ構造部位の損傷を低減させる応答制御要素として、前述のねばり強い新しいコンクリート・高靱性繊維補強セメント複合材を用いた短スパン柱部材の利用が提案されて

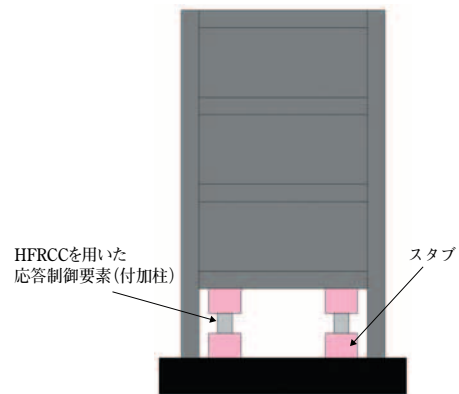


図6 ピロティ形式構造物の補強案

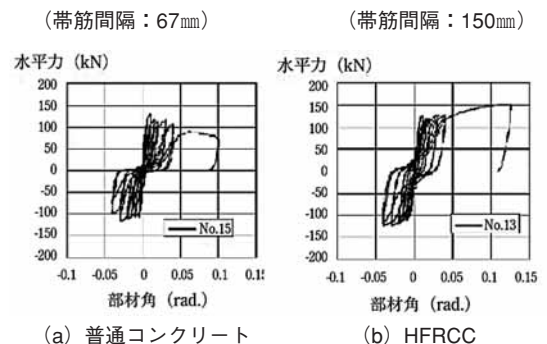
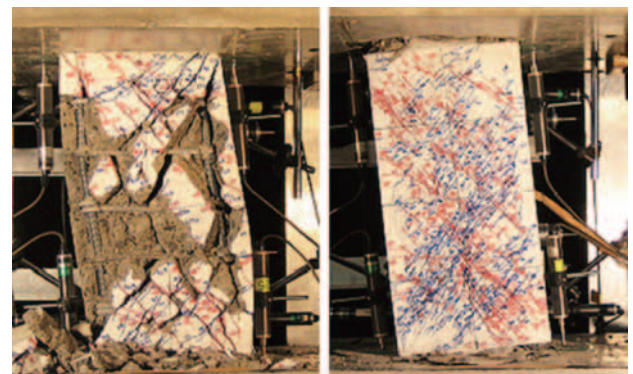


図7 普通コンクリートとHFRCCを用いた柱のせん断破壊挙動の比較

いる (SS-DFRCC補強工法研究会 2010)¹⁴⁾。これは、高い剛性と強度およびねばり強さを兼ね備えた構造要素であり、小さな変形の段階から高い応力を負担し効率的に応答制御を行うことができるために、鋼構造の他それに比べて比較的剛性の高いコンクリート系構造物の応答制御にも適したものである。例えば典型的なピロティ形式の既存建築物の1階にこの応答制御要素を付加して耐震性能を大きく向上することができる (図6)。

諏訪田・福山は、このような応答制御要素の構造性能を

静的繰り返し加力実験により調べた(図7)¹⁵⁾。普通コンクリートを用いたRC部材では、帯筋間隔が67mmと小さいにもかかわらず損傷が大きく、最終的には大きなせん断力と圧縮力の作用により破壊し、十分な変形能力とエネルギー吸収性能が得られなかった。それに対して、高靱性繊維補強セメント複合材を用いた部材では、帯筋間隔が150mmと2倍以上であるにもかかわらず、極めて大きな変形能力とエネルギー吸収性能を示すとともに、ひび割れ幅も小さく抑制され、損傷の低減効果が確認された¹⁵⁾。

4. 結び

想定外の大きな地震や津波に対しても、「多重制御」と「ねばり強さ」を基本とした復興計画や防災計画にもねばり強いコンクリート系新材料が積極的に利用され、安全・安心な地域社会の構築に貢献することが期待される。

【参考文献】

- 1) 田中礼治, 源栄正人(監修) : 東日本大震災における建築物の被害報告・Part 1 東北, 建築技術, No.740, pp.91-171, 2011.9.
- 2) 日本建築学会 : 阪神・淡路大震災と今後のRC構造設計—特徴的被害の原因と設計への提案—, 601p, 1998.
- 3) Naaman, A.E and Reinhardt, H.W. : Characterization of High Performance Fiber Reinforced Cement Composites — HPRFRC, High Performance Fiber Reinforced Cement Composites 2 (HPRFRC2), RILEM Proceedings 31, edited by A.E Naaman and H.W. Reinhardt, E & FN SPON, pp.1-24, 1995.
- 4) Li, V.C. and Leung, K. Y. : Steady-state and Multiple Cracking of Short Random Fiber Composites, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.118, No.11, Nov., 1992.
- 5) 福山洋, 六郷恵哲 : 高靱性セメント複合材料の概要とJCI-DFRCC研究委員会の活動, 高靱性セメント複合材料に関するシンポジウム 論文集, pp.1-12, 2003.
- 6) (社)建築研究振興協会, 東北大学, (株)建築研究所 : 高靱性セメント複合材料・部材の製造システムと損傷制御要素の設計法に関する研究委員会報告書「高靱性セメント複合材料・部材の製造システムと損傷制御要素の設計法に関する共同研究報告書」, 2006.
- 7) 川又篤, 三橋博三, 金子佳生, 福山洋 : ハイブリット型繊維補強セメント系複合材料の靱性能に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.2, pp.235-240, 2001.
- 8) P. Rossi : Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concretes (UHPRC) -An overview, Fiber-Reinforced Concrete (FRC) BEFIB' 2000, RILEM, pp.87-100, 2000.
- 9) 川又篤 : 多段階補強型高靱性セメント系複合材料の開発に関する基礎的研究, 東北大学学位論文, 2003.
- 10) 三橋博三ほか : 高靱性セメント複合材料に埋め込まれた異型鉄筋周りの付着ひび割れとテンションスティフニング, JCI高靱性セメント複合材料に関するシンポジウム, pp.1-8, 2003.
- 11) Edvardsen C : Water Permeability and Autogenous Healing of Cracks in Concrete, ACI Materials Journal, 96 (4), pp.448-454, 1999
- 12) 本間大輔, 三橋博三, 西脇智哉 : 繊維補強セメント系複合材料のひび割れ自己修復機能に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.693-698, 2008.
- 13) 小早川鮎子, 本間大輔, 三橋博三, 下澤和幸 : 繊維補強セメント系複合材料の鉄筋の耐腐食性能に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, A-1, 材料施工, pp.177-178, 2009.
- 14) SS-DFRCC補強工法研究会 : SS-DFRCC補強工法 (SSD補強工法) 技術評価資料, (財)日本建築防災協会, 建防災発第2529号, 2010.2
- 15) 諏訪田晴彦, 福山洋 : 高靱性セメント系複合材料を用いたダンパー部材のせん断耐力と変形能に影響を及ぼす要因に関する実験および解析的検討, 日本建築学会構造系論文集, 第612号, pp.171-178, 2007.

プロフィール

菊田 貴恒 (きくた・たかつね)
 東北大学大学院 都市・建築学専攻 助教

専門分野：建築材料

最近の研究テーマ：高靱性繊維補強セメント系複合材料の開発, 高靱性繊維補強セメント系複合材料の性能評価手法に関する研究, 高強度・高靱性な超軽量モルタルの開発, 等

プロフィール

三橋 博三 (みはし・ひろぞう)
 東北工業大学建築学科 教授

専門分野：建築材料

最近の研究テーマ：高靱性繊維補強セメント系複合材料の開発, マイクロカプセルを用いたインテリジェントコンクリートの開発, コンクリートの収縮ひび割れ軽減に関する研究, 既存コンクリート構造物の性能評価, 等

東日本大震災における外装仕上げ材の被害について

芝浦工業大学 教授
本橋 健司



1. はじめに

筆者自身は東北地方太平洋沖地震による外装仕上げ材の被害調査を直接実施していない。しかし、いくつかの団体や研究委員会等を通じて外装仕上げの被害に関する情報を得ることができた。本文ではこれらの点について紹介したい。

また、日本建築学会では東日本大震災直後から「東日本大震災調査復興支援本部」を立ち上げている。その中には「研究・提言部会（部会長 中島正愛 京大教授）」が設けられており、東日本大震災を受けて今後どのような研究が必要かを検討している。最初の成果は第一次提言¹⁾としてまとめられている。建築学会の常置委員会はこの提言を参考にして、今後の研究活動を進めていくことになる。筆者の属している材料施工委員会でも、必要に応じて日本建築学会建築工事標準仕様書（JASS）の内容を検討する予定である。

2. タイル張り仕上げの被害について

写真1にコンクリート躯体のせん断ひび割れに沿って発生したタイル張り仕上げ層のひび割れを示す。RC造建築物のコンクリート下地にどのような被害が発生するかは構造耐力上の問題が大きい。写真1に示したように下地コンクリートにせん断ひび割れが発生した場合、タイル張り仕上げ層におけるひび割れの発生は避けられない。このような場合においても、写真1では、タイルは下地コンクリートに確実に接着しており、避難の際に支障となるような大面積での剥落は認められない。

一方、写真2に示すようにタイル仕上げ層の下地コンクリートへの接着が充分でない場合は、下地コンクリートのひび割れや地震動によって比較的大面積にわたってタイル張り仕上げ層が剥落する。このような場合は避難等の障害になり危険である。重要なことは外壁の日常点検を確実に実施し、地震時の大規模な剥落を防止することである。



写真1 躯体のせん断ひび割れに伴うタイル張り仕上げ層でのひび割れの発生



写真2 地震動により比較的大面積にわたって剥離したタイル張り仕上げ層

周知のように建築基準法12条による定期調査報告の内容が見直され、2008年4月から施行されている。特定行政庁が指定した特殊建築物等の外部の外装仕上げ材等については平成20年国土交通省告示282号により、表1の（い）欄に掲げる項目について、表1の（ろ）欄に掲げる方法により調査を実施し、その結果が表1の（は）欄に掲げる基準に該当しているかどうかを判定し、基準に該当する場合は「要是正」とし、基準に該当していない場合は「指摘なし」とする。

ここで、「要是正」とは補修・改修等により是正することが必要な状態であり、所有者等に対して是正を促すものであり、報告を受けた特定行政庁は、所有者等が速やかに

表1 平成20年国土交通省告示282号の別表抜粋

(い) 調査項目	(ろ) 調査方法	(は) 判定基準
外装仕上げ材等〔タイル、石貼り等（乾式工法によるものを除く。）,モルタル等の劣化および損傷の状況〕	開口隅部、水平打継部、斜壁部等のうち手の届く範囲をテストハンマーによる打診等により確認し、その他の部分は必要に応じて双眼鏡等を使用し目視により確認し、異常が認められた場合にあっては、落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分を全面的にテストハンマーによる打診等により確認する。 ただし、竣工後、外壁改修後若しくは落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分の全面的なテストハンマーによる打診等を実施した後10年を超え、かつ3年以内に落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分の全面的なテストハンマーによる打診等を実施していない場合にあっては、落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分を全面的にテストハンマーによる打診等により確認する（3年以内に外壁改修等が行われることが確実である場合又は別途歩行者等の安全を確保するための対策を講じている場合を除く。）。	外壁タイル等に剥落等があること又は著しい白華、ひび割れ、浮き等があること。

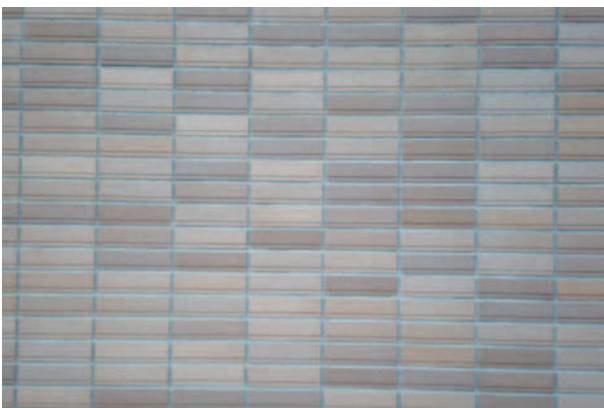


写真3 有機系接着剤によるタイル張り仕上げ外壁（セメントモルタルによるタイル張りと比較して、ひび割れや剥落の発生が著しく少ない）



写真4 木造店舗併用住宅のモルタル塗り仕上げの落下

是正する意志がない等の場合に必要に応じて是正状況の報告聴取や是正命令を行うこととなる。

このような定期調査は、日常的な剥落防止を目的としているが、前述したような地震時における外装仕上げ材の剥落を防止するためにも重要である。そして、表1（ろ）欄に掲げられているように、湿式のタイル張り仕上げやモルタル塗り仕上げ外壁の剥落安全性を確認するためには、目視のみでは不十分であり、テストハンマーによる打診や赤外線カメラ等による全面調査が必要になる。

次に、写真3は写真1や写真2と異なり、下地追随性を有する柔軟な有機系接着剤でタイル張り仕上げを行った外壁である。タイル陶片のひび割れや欠けは認められない。柔軟性のある有機系接着剤を使用したタイル張り外壁におけるひび割れや剥落の発生は、セメントモルタルによるタイル張り仕上げと比較して著しく少ないことが確認できた。

3. 木造軸組住宅のモルタル塗り外壁の被害について

被害例を写真4～写真7に示す。写真4は店舗併用木造住宅のモルタルが落下した例である。写真から明らかなよう



写真5 木造事務所のモルタル塗り仕上げの落下



写真6 木造住宅のモルタル塗り仕上げの落下



写真7 モルタル塗り仕上げ落下後のラス下地板の状態

に柱とラス下地板の一部に著しい腐朽が認められる。また、健全なラス下地板部分においてもラスを固定するタッカー釘の本数が少なくなっていた。写真5は木造事務所のモルタル塗り外壁の落下を示している。ラス下地板の腐朽が著しい。また、写真6は木造住宅のモルタル塗り外壁の落下例である。木造の躯体（柱、筋交い）が腐朽している。写真7はラス下地板が健全でありながらモルタルが落下した例である。下地板を詳細に観察した結果から、タッカー釘の本数が少ないことが判明した。

以上の例から、ラスモルタル塗り仕上げの落下防止のためには、標準仕様書等で指定されるラス金網、タッカー釘、ステーブルを適切に取り付けること、取り付け間隔を守ることが大切である。このことは、阪神・淡路大震災の時の木造住宅の被害調査からも指摘されていることである。決められた材料を使用し、適切な施工標準に従うことが重要である。

もう一つ重要な点は、維持保全による耐久性の確保である。最近の木造住宅では屋根の出が少なくなり、外壁に雨水が作用しやすい。モルタル塗り外壁にひび割れ等が生じた場合は、雨水の浸入等により木材腐朽の可能性が高くなる。腐朽が進んだ場合は、地震力が作用しなくても剥落する恐れがある。下地が腐朽したセメントモルタル塗り外壁は剥落する可能性が極めて高いので、適切な維持保全が必要になる。

4. ALC外壁の被害について

ALC外壁の被害については、ALC協会が水戸市と宇都宮市近郊において309件の調査を行い、被害状況をまとめて報告書を作成している²⁾。

その結果をまとめると、以下のようになる。



写真8 隣り合うALCパネル角部の亀裂(挿入筋構法で比較的多くみられる被害であり、地震によりパネル角部が競り合い、亀裂が発生した。)



写真9 パネル横目地に沿って連続した亀裂と角部の浮き(地震時に目地シーリング材によりALCパネルが引っ張られ、パネル表層部に亀裂が発生したものと考えられる。)

- ①ALC外壁パネルの56%は無被害であった。築後10年以上経過していると推定される建物でも無被害の例は多かった。築後10年以内でロッキング構法により取り付けられた低層の店舗併用住宅や事務所ビルではほとんど被害は確認されなかった。
- ②軽微な亀裂や欠けなど、簡単な補修により継続使用が可能と確認されたケースが全体の約29%であった（写真8、写真9）。これらの被害はALCパネルの角部、開口部付近、パネル横目地部分の軽微な亀裂や欠けであり、挿入筋構法における面内変形時の損傷と考えられるものが大多数を占めた。
- ③ALCパネルの一部が破損しているが、パネルの曲げ強さは確保されており、取付け部の補強などにより継続使用が可能とされたものが全体の約5%であった（写真10）。これらの被害では、パネル横目地付近や基礎部などで挿入筋構法の取付け部が破損しているケースが目立った。
- ④ALCパネルの脱落や取り替えが必要と考えられる被害を受けたものは全体の約10%であった（写真11、写真12）。
- ⑤全調査物件309件のうち22件にタイル張り仕上げが施されていた。ALCパネルへのタイル張りについては日本建



写真10 パネル横目地部分の連続した破損(挿入筋構法の取付け部の被害であるが、上下階の開口部が影響した可能性も考えられる。)



写真11 開口部横のパネルの破壊(両側に開口部に挟まれたパネルであることから、開口部の拘束によるせん断破壊と考えられる。)

築仕上学会の「ALCパネル現場タイル張り工法指針(案)・同解説」などにより仕様が規定されているが、その中では耐震性を考慮し、ALCパネル間の伸縮目地とタイルの伸縮調整目地を合致させることを基本としている。今回の調査で見られたタイル張り不具合は、ALCパネルの伸縮目地にまたがってタイルを張るなど規定された仕様どおりにタイル張りが行われていないことが原因であることが確認された(写真13)。



写真12 中間梁の接続部が破断し、パネルが脱落(中間梁の接続部が破断していることより、激しい挙動であったことが推察される。)

5. まとめ

東日本大震災によるRC造建築物タイル張り仕上げ、木造住宅ラスモルタル塗り仕上げ、および鉄骨造ALCタイル張り仕上げの被害について解説した。今回の地震は近年まれにみる大地震であったため、被害が大きかった。どの程度の地震動にまで耐える必要があるか、どの程度の損傷に抑える必要があるかは、設計の観点からもう一度考え直す必要はあるかもしれない。

しかし、外装仕上げに関して得られた教訓は、標準工事仕様書や規準類に従った適切な工事を行うことであり、外装仕上げの維持保全を適切に行うことであろう。

最後に、資料を提供していただいた(株)LIXILの小笠原和博氏、(独)建築研究所の中川貴文主任研究員およびALC協会に御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会「建築の原点に立ち返る ―暮らしの場の再生と革新― 東日本大震災に鑑みて(第一次提言)」建築雑誌 11月号 p.59-p.64 (2011)
- 2) ALC協会「2011年東北地方太平洋沖地震におけるALC帳壁地震被害調査報告書」平成23年10月

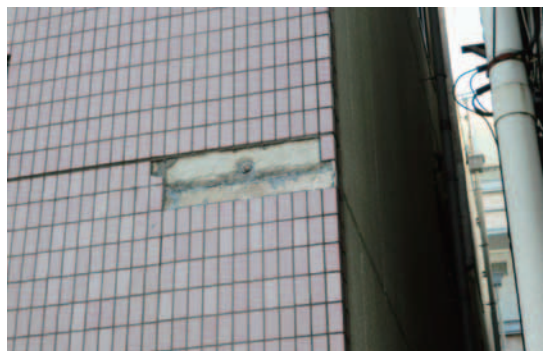


写真13 ALCパネルの横目地付近のタイルの剥落(ALCパネルの横目地とタイルの伸縮調整目地の位置がずれているため、地震時の層間変位にタイルが追従できず剥落した。)

プロフィール

本橋 健司 (もとはし・けんじ)
芝浦工業大学 工学部建築工学科 教授
博士(工学)・農学博士・技術士(建設部門)

専門分野：建築材料・施工

最近の研究テーマ：建築物の長寿命化、遮熱塗料、アスベスト対策、仕上塗材の中性化抑制効果、光触媒利用技術

非構造部材の接合部について

—耐震設計にむけての情報整備—

東京大学大学院 准教授
清家 剛



1. はじめに

今回の震災では、建築物において地震動による被害だけでなく、津波被害、液状化による被害など、様々な被害が発生した。中でも地震動による建築物の被害では、非構造部材の被害が甚大であった。特に外装の破損脱落、そして天井の落下が顕著な被害として取り上げられた。

本稿では、「よりよい建材・部材」を考えるにあたって、今回の震災での経験を踏まえ、非構造部材の耐震設計についてどのように考えるべきか、またその基本となる接合部について、どうあるべきかなどを考察することとした。特に、耐震設計の基準類だけでなく、建材、部材の基本的な情報の整備も重要であると考えており、JISの意義について述べたい。

非構造部材には様々なものがあるが、ここでは外装や天井で乾式構法で取り付けられるものを中心に考えていくこととする。

2. 東日本大震災における非構造部材の被害

まずは今回の震災における非構造部材の地震被害について紹介する。ここでは筆者が日本建築学会の被害調査として非構造部材について調べたものの中から一部を紹介する。詳しくは「2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報」¹⁾を参照されたい。ここで特に紹介するのは、乾式構法で取り付けられているラスシートとALCパネルによる外装、窓ガラス、天井とする。

(1) 鉄骨造のラスシート

ラスシートは、角波亜鉛鉄板にラスが取り付けられたシートを鉄骨下地に取り付け、その上にモルタルを塗る外壁構法である。1960年代から70年代の鉄骨造で比較的多く採用されてきた。2004年新潟県中越地震でも数多くの脱落の被害が確認されているが、今回も広域で、脱落の被害が見られた。

ラスシートの場合そもそも層間変位追従性能が低く、



写真1 ラスシート外壁の被害

過去の地震被害でも今回の地震でも、シートの取付け部分がさびているものが数多く脱落していた(写真1)。少なくとも、取付け部分がさびているラスシートは脱落しやすいといえるため、今後は何らかの対策が必要と思われる。ただし、ラスシートの取付け部分の点検は容易ではない。

(2) 鉄骨造のALCパネル

鉄骨造に数多く取り付けられているALCパネルについては、広域で被害が見られた。パネルの一部破損程度は多数で見られたが、一方で、脱落事例も北関東の栃木、茨城北部と東北地方などで報告されている。脱落事例の建物のごく近辺にある同様の建物でALCパネルが無被害のまま残っているという場合も多い。

ALCパネルの取り付け構法は、かつては縦壁挿入筋構法が主流であったが、2002年ごろより耐震性能に優れた縦壁ロックング構法に全面的に切り替わっている。今回の被害調査では、脱落などの被害はほとんどが縦壁挿入筋構法であった。

写真2は、ビルの4階においてALCパネルが全面的に脱落した例である。それ以外に吹き抜け部分に面するパネルの



写真2 ALCパネルの被害



写真3 はめごろしの窓ガラスの破損

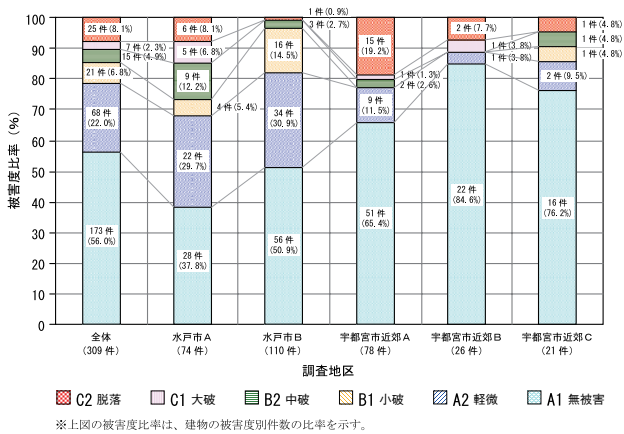


図1 ALCパネルの外観調査による地区別被害度

脱落、目地周囲でのひび割れ、ドア周囲での破損など、様々なタイプの被害が確認できた。

ALCの被害が多数見られたため、被害率による確認も行っている。筆者とALC協会が2011年10月にとりまとめた被害調査報告書²⁾の中では、北関東の特に被害の大きかった5つのエリアの悉皆調査を行った。その結果を図1に示すが、被害が多い地域であっても、半数以上のALCが無被害であった。

(3) 窓ガラス

窓ガラスについては、はめごろしの古いものが多数割れていた。はめごろしのガラスについては、1978年の宮城県沖地震から多数の被害が報告され、昭和46年建設省告示109号の昭和53年の改正において硬化性シーリングによるはめごろしのガラスは禁止されている。それ以降、改修や

建替えが進み、硬化性シーリングによるはめごろしガラスは少なくなりつつあるが、残っているものも多く、これらが割れていた。神奈川を含む関東一円、東北地方など広域に散見された(写真3)。一方で、比較的新しいものでは被害が少なかった。

(4) 天井

大空間の高い位置からの天井の落下は、人的被害を及ぼす可能性がより高く、これらの安全性が重要といわれ続けてきた。2005年の宮城県沖の地震によるプールの天井脱落以降、様々な注意喚起がなされてきたが、今回も比較的新しい建物での脱落が起きたことが報告されている。

今回の天井の被害は多数にわたっている。しかし、被害状況が公表されるものが少なく、被害の全体像はわからない。

ここでは、天井の被害を以下の3つの建物ごとに解説する。

- ①ホールなどの大空間の天井
- ②一般建築物の天井
- ③低層の店舗建築の天井

①ホールなどの大空間の天井

各種のホール、体育施設等で多くの天井被害が多数報告されている。最近天井の補強・改修工事を行ったホールでは軽微な損傷に留まったという例もあったが、その他では大ホールの天井パネルの脱落、体育施設での天井パネル・照明器具・断熱材等の脱落、ダクトと天井パネルの取り合



写真4 体育館天井の落下



写真6 店舗建築の天井の落下



写真5 オフィスビル天井の落下

い部の破損等の被害が見られた（写真4）。

今回は、東京都のホールの天井の脱落により人的被害が出ている。また人的被害はなかったが、神奈川県で音楽ホールの天井が大規模に落下するという被害があった。体育館、屋内プール、比較的新しい空港ターミナルでも天井が一部脱落した。被害は東北から神奈川県まで広域に及んでおり、これらのうちいくつかは詳細調査が行われることになっている。今後その結果に注意したい。

②一般建築物の天井

一般建築物でも天井の脱落、破損などの被害が多数あった。多く見られたのは、軽量鉄骨下地から天井パネルが脱

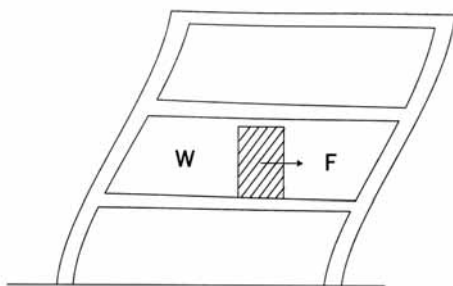
落したものであった。また、超高層ビル等でも被害があったという報告はあるものの、公表されたものは少ない（写真5）。

③低層の店舗建築の天井

駐車場を備えた比較的規模の大きな鉄骨造の低層店舗建築は、日本中で多数建設されている。これらの天井が広域で多数被害を受けた。他の非構造部材と同様、栃木県、茨城県、東北地方と、震源に近づくにつれ被害が増える傾向にある。主な被害は、軽量鉄骨下地からの天井パネルの脱落、天井パネルの脱落および軽量鉄骨下地の変形・脱落である（写真6）。後者は特に壁との取り合い部近くで見られた。

非構造部材の被害について、実態を解説してきた。これらの被害の多くは広域に散見され、同様の隣接する建物の被害がないなど、なぜその建物で被害が起きたのかの説明しにくいものが多い。従って、個別の建物ごとの被害原因を丁寧に分析するとともに、ある一定の範囲での被害率などをみる必要があると考える。一方今回全く新しい被害はほとんどなかった。つまり、これまでの知見、あるいは現在取り組んでいる知見で解決されうる被害だったと考えている。

当面の課題としては、非構造部材の被害がないと思われているものでも、取付け部分などで破損している可能性があるがあるので、重要な部材については、内部の点検も必要であろう。さらに、目視や早期の点検だけでは確認できない内



$$F=KW$$

W：帳壁の重量 F：慣性力 K：係数

図2 非構造部材にかかる慣性力

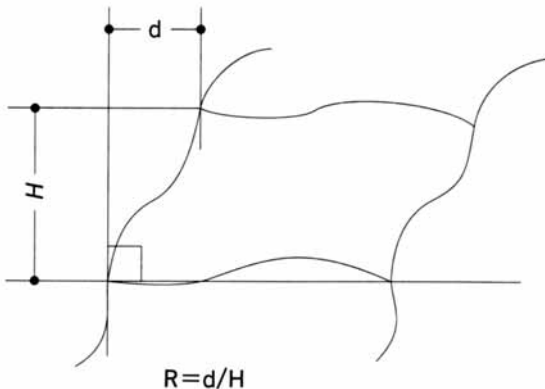


図3 非構造部材がうける層間変形

部の亀裂や破損は、時間が経過してから被害が確認できる場合があるので、こうした経過を観察することも重要である。現時点で設計に反映できることとしては、こうした早期の点検が可能となるような取付け方や点検口の確保などが挙げられる。

一方で、あいかわらず耐震性の低いと考えられているものの被害が起きている。これらを容易に改修するような技術の開発が重要であろう。

3. 非構造部材の耐震設計の現状

ここでは、非構造部材の耐震設計に関する全体的な基準や指針を紹介し、設計の現状について考察する。主要なのは、建築基準法施行令に基づく建設省告示109号、公共

建築協会から出版されている「官庁施設の総合耐震計画基準」、天井に関する国土交通省住宅局による通知（技術的助言）、日本建築学会による「非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領」³⁾などがある。

「屋根ふき材、外装材及び屋外に面する帳壁の基準を定める件」（昭和46年1月29日建設省告示第109号、最終改正平成12年5月23日建設省告示第1348号）では、外部に面する帳壁の基準として150分の1の層間変形角で脱落しないことや、帳壁のはめごろし戸には硬化性のシーリング材を使用しないことなどの規定が設けられている。

「官庁施設の総合耐震計画基準」では、平成8年に出版されている解説書によると、構造体の目標とする層間変形角の最大値が定められており、それに応じて採用可能な非構造部材の構法・材料を示している。

天井に関しては、国土交通省住宅局による通知（技術的助言）がだされている。平成13年の芸予地震や平成15年の十勝沖地震後の通知では、被害の多かった大空間建築物（体育館や空港）の天井材について、天井材の周囲にクリアランスを設けることや吊りボルトの連結、目地材の落下防止策などが示されている。

日本建築学会の「非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領」では、非構造部材の耐震設計の基本的な考え方と、カーテンウォール、ALCパネルなどの各構法ごとの設計・施工要領がまとめられたものであり、様々な設計の基本的な指針として使われている。

これら乾式構法による非構造部材の耐震設計の考え方は、建物が地震で変形したときにかかる慣性力に十分耐えられることと、躯体の変形に対して追従できるようにすることである（図2、3）。これには、接合部が十分な耐力を備えていることと、可動であることが要求されている。

慣性力については一般的に水平及び鉛直方向に1G程度が用いられることが多い。変形については、告示109号で高さ31メートルを超える建築物の屋外に面する帳壁は、その高さの150分の1の層間変形角に対して脱落しないこととなっている。一方で「官庁施設の総合耐震計画基準および同解説」⁴⁾では、鉄骨造の構造体において設計層間変形角100分の1を想定して、非構造部材が脱落しないという基準を示している。これらを実現するための接合部の設計が、非構造部材の耐震設計にほかならないのである。

しかし、このような接合部の設計が適切に実施されているかどうかを設計者が完全に把握しているかという点、そうではない。耐震性の確保のための接合部の設計は、設計者が性能を要求し、施工段階で具体的に決まってくるもの

が多い。設計者が性能を示していない場合もある。正しく性能が示され発注されていたとしても、接合部の全てを設計者が確認できるかという点、これも難しい。また、具体的な耐震性の確保の実施が難しいものもある。たびたび起きる大空間の天井の落下については、こうすれば落ちない、という設計指針を示しているかという点、できているとは言いがたい。様々な設計上の配慮を示して工夫せよという形に近い。

一方で、そもそも地震時にその建材、部材にかかる慣性力や層間変位がはっきりしているとは言いがたい。構造物の形状などによっては、条件が変わってくる可能性がある。非構造部材の耐震設計のために、そこまできめ細やかな情報は与えられないのが実態である。

こうした耐震設計の方法、考え方の整理は、基準類、あるいは学会の設計指針などを見直すことで、より安全な方法が周知されることとなろう。これに対して、具体的な設計においては、個別の接合部の設計を誰が行い、誰が確認するのも重要である。

例えば高層ビルの外壁であれば、カーテンウォールメーカーが提案する接合部の設計を設計者が確認するというプロセスがある。外装のALCパネルであれば、縦壁ロックング構法を採用すると決まれば、自ずと層間変形角100分の1程度の変位に対して安全であろうと判断できる。ALCパネルのような、標準的な構法による安全性の確保が一般的な非構造部材の耐震性能の確保であろう。

では、天井ではどうだろうか。天井においては、全体の形状や仕様は設計者が決定するが、吊り金物の耐力の確認まで設計者が行っているかどうかは、プロジェクトの規模などと設計者の関わり方によると思われる。また揺れに対する振れ止めの設置などは、設備などの配管との取合いが多く、施工現場の判断にゆだねるしかない部分があることも否めない。このように、性能確認方法があいまいな場合が多いのではないかと推察されるのが、天井の耐震設計である。

以上のように、非構造部材の耐震設計は、接合部の設計であり、中には設計段階というより施工段階で具体的に決まってしまうものも多い。このような中で、接合部の標準的な性能の確保が第一歩である。これらは例えばJISなどで決められるべき事項である。つまり、非構造部材の耐震設計を考えると、接合部に関わる耐力などの基本情報、あるいは基本情報を示すための試験方法などが、JISで決められているということが、重要だといえる。

単位 mm

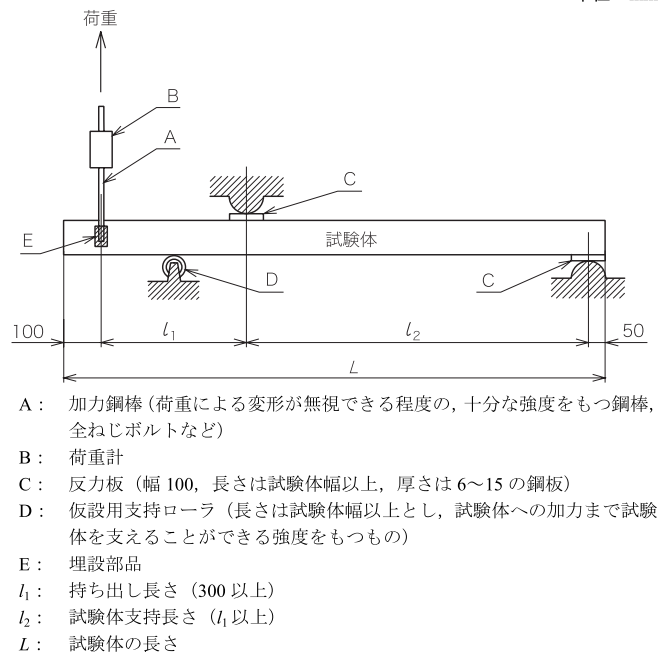


図4 埋設部品の引き抜き強さ試験装置 (例) (JIS A 5416 より)

4. 非構造部材の接合部とJIS

非構造部材の耐震設計にJISがどのように関わっているのかについて、具体的に筆者の関わった「JIS A 5416 軽量気泡コンクリートパネル (ALCパネル)」と「JIS A 1445 システム天井構成部材の試験方法」の2つのJISを紹介しながら考えていきたい。

ALCパネルの耐震性は、様々な基準、規格類に規定されている取付け構法により確保される。JISによるパネルの耐力のみならず、標準的な金物類の規定などが決められ、構法を選択すれば耐震性が確保されるような仕組みになっている。特に現在外装に使われる一般的な構法は、2002年頃より縦壁ロックング構法が主流となっているが、ロックング構法の取付け部分の埋設部品の試験方法が定められていなかった。そこで、1972年に制定されたJISの2007年版の改正では、埋設部品の材質、防せい処理および「埋設部品の引き抜き強さ」が試験方法とともに定められた (図4)。JISによって耐震設計に関わる接合に関わる基本情報を追加で規定しているのである。

一方で、2007年に制定された「システム天井構成部材の

試験方法」は、オフィスビルなどに普及しているものにもかかわらず、これまでシステム天井としての明確なJISがなかったため、一般使用時の構造安全性と耐震安全性、耐久性などの品質確保の面から制定された規格である。ここでは部材ひとつひとつに求められる強度の試験方法を規定している。細く小さな部品群の強度を確認するのは意外に難しく、治具などを工夫して、一般使用時の構造安全性を確認するのに必要な試験方法を定めることができた。一方で、耐震安全性を確認するまでには至らず、耐震性確認に必要と思われる試験方法を示すにとどまっている。また、地震時の安全性の確認のために、システム天井を組んだ状態の試験を検討し、一般使用時の安全性確認のための下向き荷重試験と、地震時の安全性確認のための水平荷重試験および動的荷重試験について検討を行った。しかし、一般的な試験とするにはまだ不十分と判断し、規格に盛り込まずに解説の懸案事項として記述を残した。

このように、これまでJISが制定されていなかった状態というのは、非構造部材としての接合部に関わる基本情報が不足していたということであり、JIS制定によりある程度解消されているといえる。しかし、耐震性の確認に至る考え方や試験方法は確立できず、一部の情報にとどまっているという状態である。

つまり、ALCパネルはJISによる基本情報の充実が図られているが、システム天井においてはやっと試験方法などが定まったが、まだまだ不十分な状態であるといえる。しかし、今回の震災を受けて、このJISに基づいて2011年9月にロックウール工業会から「システム天井構成部材の強度基準」が示された。これは試験方法が確立していたからこそできた基準である。

以上のように、JISによる試験方法や性能値などの基本情報の整備は、建材、部材ごとに様々な状態があるが、これらの整備が進まなければ接合部設計の、ひいては適切な耐震設計につながっていかない。

5. よりよい建材・部材に向けての耐震設計の基本情報整備

最後にあらためて、今回の震災から考えた「よりよい建材・部材」に向けてのあり方について述べる。

地震被害の結論としては、いくら最新のものの安全性が確保されても、残っている耐震性の低いものが被害を起こすのでは、社会の安全性が向上したことにはならない。そのため容易な改修ができる技術を開発し、それに寄与する建材、部材のあり方を検討する必要がある。さらに新しい技術であっても、早期の点検の重要性まで配慮されたものは少ない。こうした設計が一般化することを期待したい。

一方で非構造部材の耐震設計については、設計方法の確立もさることながら、建材、部材が性能などの基本情報を提示でき、それによって設計者や施工者が適切な建材、部材選択ができることが重要である。そのための試験方法、あるいは基本的な性能値の整備をJISの充実により実現していくことが重要だと考える。

今回の震災を受けて、新しい発見はほとんどなかったが、一方でまだまだやるべきことが残されているというのが実感である。今後の「よりよい建材・部材」をめざすことに寄与できればと思う。

【参考文献】

- 1) 「2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報」、日本建築学会、2011年7月
- 2) 「2011年東北地方太平洋沖地震におけるALC帳壁地震被害調査報告書」ALC協会発行、2011年10月
- 3) 「非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領」、日本建築学会、2003年
- 4) 建設大臣官房官庁営繕部監修「官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説平成8年版」、公共建築協会、1996年

プロフィール

清家 剛 (せいけ・つよし)

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 准教授

専門分野：建築構法、建築生産

最近の研究テーマ：非構造部材の耐震性、解体とリサイクル、建設時の環境負荷評価

建物の温熱環境と省エネルギーの課題

(財)建材試験センター 中央試験所 所長
黒木 勝一



1. はじめに

東日本大震災を境にして大きく変わったものの一つに、エンドユーザー（施主、建築主）の省エネ意識があるという。福島第一原子力発電所の事故による電力不足が、それまでの生活で予想だにできなかった節電という事態を招いたことからエネルギー問題への関心につながったと考えられる。自然エネルギーの活用やパッシブ的な手法による居住環境の形成に興味を持ち、また、一方ではアクティブに太陽光発電システムを導入したいという要望が施主に芽生えたということであろうか。

もちろん、この気運は歓迎すべきことではあるが、考えてみると、断熱や結露、気密や換気および省エネルギーといった温熱環境に関する課題については、1973年のオイルショック（石油危機）のころから本格的に取り組み始め、すでに40年も経過している。多くの成果を上げ、断熱材や設備等開発され、工法やシステムが提案されているはずであったが、エンドユーザーには届いていなかったということになる。1999年（H11年）にはいわゆる次世代省エネ基準が制定され、高断熱・高气密住宅等を推進したフロンティア的な設計者、工務店も多々あるが、北海道のような寒冷地を除いて広く普及はしなかった。その原因は何か。コストが掛かる、設計者、工務店の認識不足などいろいろな理由があるかもしれないが、最大の理由は、断熱材や複層ガラス入りサッシを使うことで、どのくらい快適性が向上し、また、省エネがどの程度になるのということをエンドユーザーが実感することができていないことが大きいと思われる。エンドユーザーにきちんと情報提供し、理解してもらおう熱意、努力が建築関係者には不足していたのではないだろうか。良いものは必ず普及するとは限らないのである。大震災を契機に、地球環境やエネルギー問題に対する意識が高まっている今こそが、省エネ建物の提案そして普及の機会が訪れているといえよう。

ただし、いろいろな省エネ手法を取り入れるにしても基本は建物の熱的性能が十分に確保されていることが重要だ。壁や屋根といった部位には断熱材が入り、窓には高断

熱の低放射複層ガラス、日射遮蔽のためのひさしやルーバーがあるというように建築工法として建物の基本性能に関わる部分が確立されていなければ、自然エネルギー活用やパッシブ手法の効果が発揮されない。そして、この熱的基本性能は、断熱材や断熱部材、窓のようなユニット製品により左右されるのである。

そこで、本題では、建築なかならず住宅建物における温熱環境の形成に係わる現状と今後の課題および建物の省エネの考え方について述べることにする。

2. 快適な温熱環境を形成するための基本

寒い冬に室内が暖かく、暑い夏には涼しいという温熱環境が当たり前のようになっているが、ついこの間までは夢のような話であった。エアコンは、リモコンのスイッチを入れれば直ちに部屋を暖かくも涼しくもする。この便利さは何物にも代え難いものである。それほど長い間、快適な居住環境は容易に得られなかったのである。もちろん、この恩恵は、我が国の経済的な成長と冷暖房設備機器の発達、技術革新によるものだ。

しかし、本当の意味でこのような快適温熱環境が得られているかを考えるべきである。確かに、暖房機器で強引に室内を暖かくすることはできるが、図1に示すように断熱材がない場合や隙間がある部屋を暖房すると部屋の上下に温度差が生じ、また、冷放射やコールドドラフトが発生して不快になる。さらに、暖房エネルギーのロスも大きくなる。

これを避けるためには、建物を断熱し、気密性を高めるということが必然になる。断熱・気密化が快適な温熱環境の下地となり、そこで冷暖房機器を使用すれば少ないエネルギーで快適な温熱環境が得られるのである。

今から約40年前のオイルショックの時代ならいざ知らず、家を断熱することが当たり前になった現在では、これを常識といってしまえばそれまでだが、我が国の実態を見ればまだまだであることが分かる。図2は、住宅の断熱化についての予想を表したものである¹⁾。現在約5,200万戸ともい

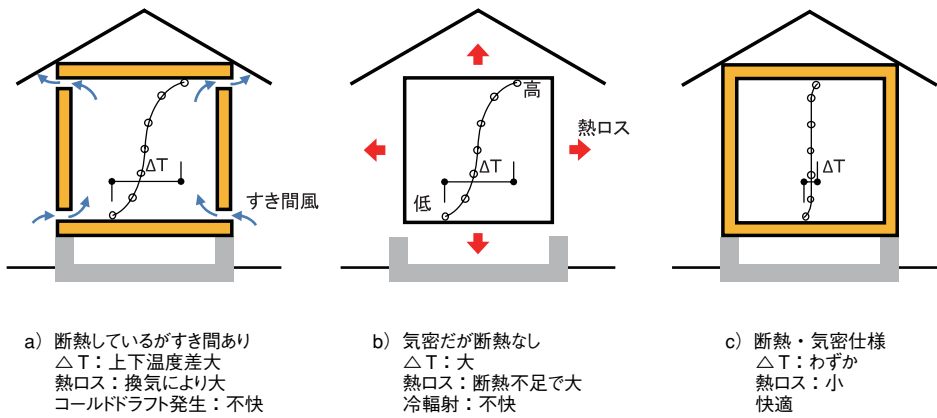


図1 断熱・気密の必要性

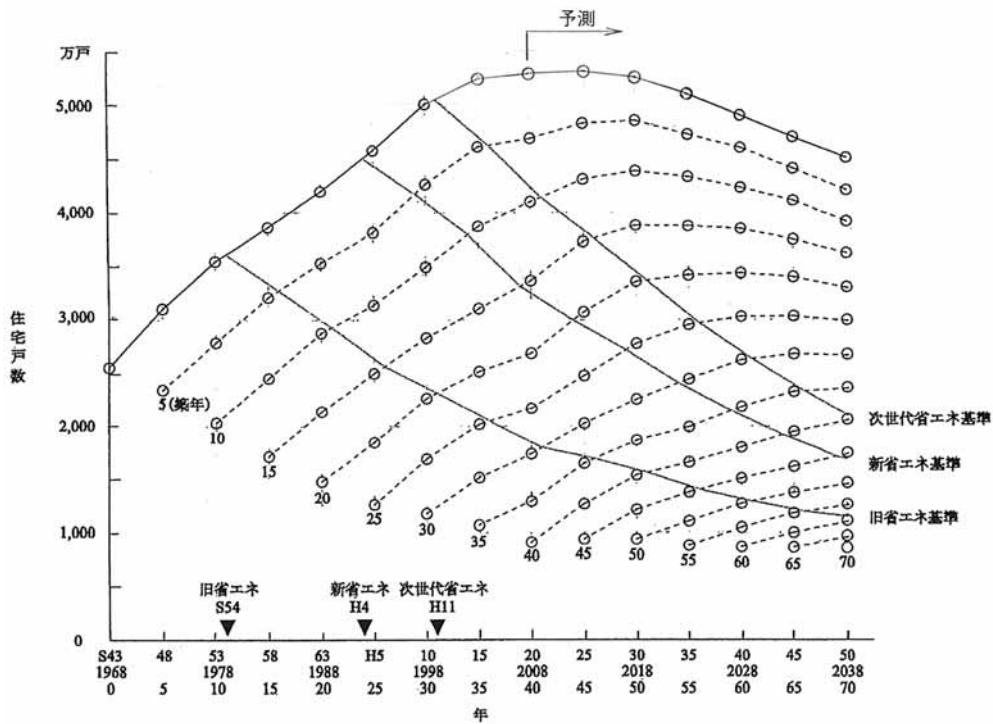


図2 築年別ストック戸数の推移と省エネ基準住宅の推定

われる既存住宅の断熱化は、新築が全てその時々の省エネ基準により建設されたとしても、断熱が不足している戸数は既存住宅の約7割に上る。省エネ基準を満たす建築割合は住宅のエコポイントで最近急激に伸びたということであるが、従前は普及率が2~3割であったといわれているので、実態としては断熱不足の既存住宅はもっと多いはずだ。

3. 温熱環境、省エネと断熱材

建築に用いられる断熱材の役割は、いうまでもなく建物の内外を隔てる壁や屋根などに施工し、冷暖房や日射、夜間放射などの熱エネルギーの流出入を遮断することにある。最近では、地球温暖化問題からCO₂の排出を削減するた

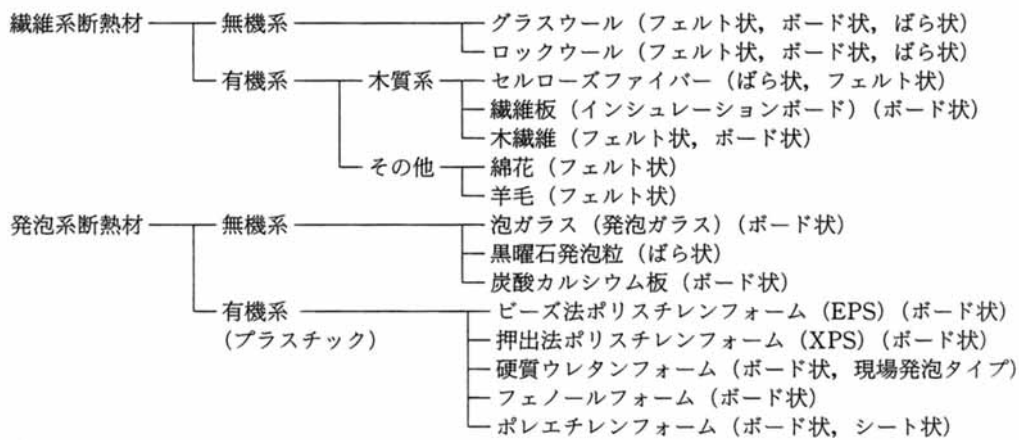


図3 建築用断熱材の種類

めにエコハウスが注目されているが、ベースとなるのが建物の適切な断熱構造化であり、ひいては断熱材になる。少ないエネルギーで快適な居住環境が得られる材料として断熱材の果たす役割は大きい。

図3に建築に使用されている断熱材の種類を示す。大別すると繊維系断熱材と発泡系断熱材があり、それぞれに無機系と有機系の断熱材に区分できる。最近では、繊維系で有機・木質系のセルローズファイバーや木繊維断熱材が環境負荷の小さい材料として注目されている。形状で見ると、フェルト（綿状）のものやボードに成型したもの、またはばら状のものおよび現場発泡タイプのものがある。

このように断熱材には材質によっていろいろなものがあり、それぞれに特徴（長所や短所）があるので、それぞれの長所を生かし、短所は他の材料と組合せて断熱工法として解決する工夫をしている。

一般に、断熱材とは熱伝導率がおおよそ $0.06\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下のものをいう。小さい熱伝導率は、繊維間や気孔の中に空気を閉じ込めることにより得られる。空気より小さい熱伝導率を得たい場合は、炭化水素系のガスを封入する場合もある。断熱材の熱伝導率($\lambda:\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)は、小さいことに越したことはないが、断熱工法としての評価は次式のように熱抵抗($R:\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$)で行う。

$$R=d/\lambda \quad \text{ここに、} d \text{は断熱材の厚さ(m)}$$

従って、同じ断熱性を得るのには、 λ が大きければ厚さ

を厚くすればよいということになる。最近では、省エネ基準が高断熱になっているので、断熱材が厚くなる傾向にあるが、 λ の小さい断熱材であると薄くできる。断熱材が厚くなると、通常の壁には納まり切れず建物の構造にも影響することにもなるので、小さい熱伝導率の断熱材の改良・開発は今後も必要であろう。建築用断熱材とは全く別の真空断熱材の開発製品もあるが、冷蔵庫のような機器には有用であっても建築用に利用するには工法、耐久性、コスト等の面でまだ実用にはほど遠い。

4. 断熱性と工法、ポイントは施工

熱を遮断する性能が高い断熱材であっても施工がルーズであれば断熱効果は発揮されない。ポイントは、断熱材を隙間なく施工し、連続する層にすることである。そして、建物の外周に沿ってすっぽり包む（覆う）ようにする。断熱材の施工は部位の内部に行うため施工の良し悪しが見えないこともあって従前から重視されない面があった。断熱層の隙間や不連続があると熱的弱点部（写真1）となってエネルギーのロスとなり、暖房期には表面温度が下がって結露などの問題も生じることになる。

いろいろな断熱材があることでその断熱材に適した工法がある。代表的な断熱工法は次のようなものである。

充填工法：柱（内装材と外装材の間）の空隙に断熱材を充填する方法。適用断熱材：グラスウール、ロックウール、木繊維断熱材等フェル

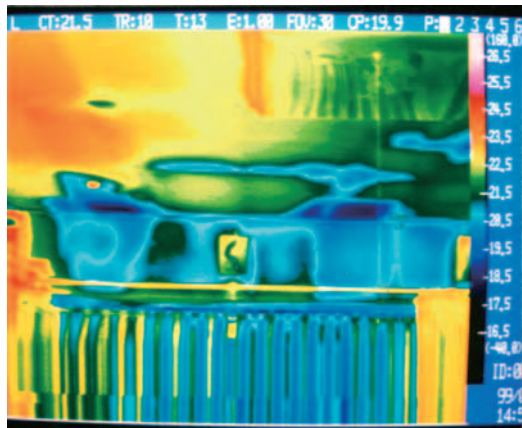


写真1 壁・天井の熱的弱点部（熱画像）

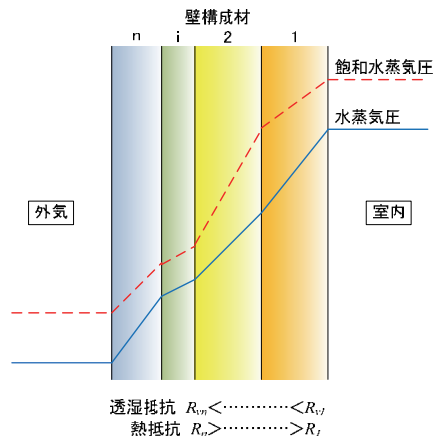


図4 内部結露防止のための材料配列

ト状のもの

外張り工法：柱の外側に断熱材を張り付ける方法。適用

断熱材：発泡プラスチック，高密度グラスウール，ロックウール，木繊維断熱材等ボード状のもの

吹込工法：バラ状断熱材を吹き込みに充填する方法。適用

断熱材：セルローズファイバー

高断熱性能とするためには、充填や吹込工法に外張り断熱を付加することもある。特にコンクリートのような熱容量の大きい構造体の断熱工法としては、断熱材を構造体の室内側に施工するか又は屋外側に施工するかにより内断熱工法と外断熱工法の二つの工法に大別される。

外断熱工法は、コンクリートの熱容量を生かすことができるので室内温度を一定に保つことができる上にコンクリートの保護の役目も果たすため建物の耐久性を向上させる、熱的弱点部や熱橋が生じにくい、内部結露防止が図れるなどの利点がある。近年、特に結露防止で注目され、また、最近では省エネ、耐久性で脚光を浴びている工法である。しかし、外断熱工法とは、今までの内断熱が主流の構造体に断熱材を単に外側に張り付けるという安易な考えではなく、そもそもの建物設計から外断熱の利点を生かす工夫をすることが重要であり、課題は設計にあると思われる。例えば、集合住宅の場合、ベランダや階段、廊下など住戸の外側の部分をも取り入れた外断熱工法でなければ、いわれるほど効果が大きくないのである。

断熱することで問題となるのが内部結露である。内部結露は、特に木質系の建物では木材の腐朽の原因になるので避けなければならない。この内部結露防止には、ひとつの

原則がある。それは、図4に示すように壁のような部位構成材があるとするとき、材料配列を①透湿抵抗は、室内側から外気側に向かって大きい順に配列し、②反対に熱抵抗は外気側に向かって小さい順に配列するということである。

こうすることによって、部位内部のある位置xにおける水蒸気圧 P_x が、その位置における飽和水蒸気圧 P_{sx} に対して必ず $P_{sx} > P_x$ を満足するからである。

実際は、このような材料配列ができないことが多いので結露防止のために室内側に防湿フィルムを施工することが多い。しかし、温暖地では、夏期に湿気の流れが逆転し、フィルムの位置で結露が発生してしまうことがある。夏型結露、逆転結露といわれているものであるが、この防止のために防湿機能と透湿機能を併せ持つ調湿シートという材料も開発されている。この材料は湿気が多い雰囲気では水蒸気をよく通し、反対に乾燥しているときには水蒸気を通さないという性質がある。温熱環境の快適性を考えるとき、夏に湿気が多い蒸暑地域の部材の性能としては、熱はできるだけ遮断し、湿気は自由に行き来できるようにすることが望まれるので、材料の組み合わせ、配列をよく考える必要がある。同時に考えなければならないことは、部位は気密にすることである。気密層をとる位置は部位の中のどの位置でもよく、面材やシート等で気密を確保できる。隙間があると建物内外に圧力差が生じた場合、空気が流れて熱損失や水蒸気の移動が起こり、内部結露の問題が生じる危険性がある。

施工に関してもう一つ大事なことは、断熱工事が専門工事業として確立していないことだ。長い間設計計画では雑工事扱いになっていたことから見ても施工は軽んじられて

きたのである。断熱材の種類によっては専門工事となっているものもあるが、これほど施工の良し悪しが性能に影響する工事であり、また、断熱化の重要性からみて専門工事業として確立させることを望みたい。それは、単に断熱材を入れるだけといった施工意識ではなく、気密、換気、防露などトータルにシステムとしての断熱設計・施工ができることが省エネ時代に要求されていることなのである。

5. 窓の断熱性能と生活装置としての機能

建物の断熱構造化を考える場合、ボトルネックとなるのが窓である。建物の開口部には、採光や換気のための窓と、人や入退出、物の搬出入のためのドア（戸）があるが、壁などの建築部位とは異なり必要に応じて開閉することにより外界と連絡したり、遮断したりする機能が求められている。採光のためにはフィックス（FIX）の窓やガラスブロックのようなものもある。窓に要求される機能をまとめると図5のようになるが²⁾、このような機能を考慮すると壁とは違って断熱材による断熱構造化を図るのが容易ではない。勢い伝熱現象を理解して高い断熱性や日射遮蔽性を得る工夫が必要となるのである。

住まい手である居住者は、窓を開閉し、時にはカーテン等で遮蔽して外界の変化や室内での生活に合わせて快適な室内環境となるようにするのが普通の行動だ。このように居住者が生活行動により窓を操作することから、窓は一種の装置として機能する面がある。この意味で窓は、いわば「生活装置」といってもよい。窓を生活装置として捉えると、いろいろな機能を持つ製品開発が行われる可能性がある。また、扱いやすさや便利さ、メンテナンスの容易さなど居住者（エンドユーザ）の目線からの製品が求められる。

6. 多機能・高性能化する窓

生活装置としての窓は、ますます多機能化する傾向にある。窓の本来の機能である採光や風雨に対する耐風圧、気密および水密という防御性はもとより、建物の省エネ対策としての断熱性は重要度を増している。断熱窓は、複層ガラス入りの断熱枠（フレーム）という構成が標準として普及しているが、熱貫流率は $3\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 程度であり、欧米に比べてまだまだ大きい。高断熱性の窓の熱貫流率は、ドイツや北欧は $0.8\sim 1.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ くらいになっており、このような窓の構成は、「低放射（Low-E）ガラス-アルゴン入り空気層-透明ガラス」という複層ガラスや三重構成のガラス

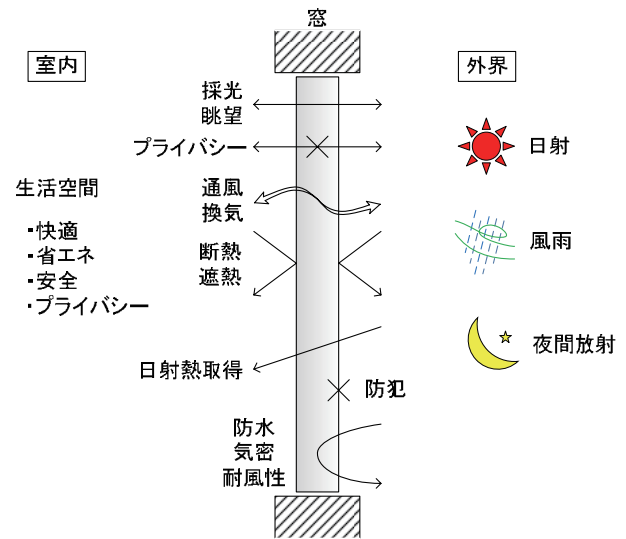


図5 生活装置としての窓の機能

と木製や塩ビ製あるいはアルミとの複合枠になっている。今後、暖房エネルギーの削減を考慮すると窓の断熱性は、 $1.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ くらいが目標になるものと考えられる。この位の数値であれば、窓の付属物（カーテン等）による断熱性を付加すると熱貫流率は約 $0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ になり、グラスウール50mm入りの壁に相当する断熱性になる。

最近では、冷房負荷を小さくするために日射遮蔽性（遮熱性）も重視されるようになってきている。日射遮蔽は、ガラス自体を反射性の高いものにするか表面に反射膜を貼付する、あるいはブラインドやオーニングというような付属物で効果を上げることができる。さらに通風が得られる外付けのシャッターを附属した窓、パッシブ的、快適な居住環境。遮音性。防犯は最近の物騒な世の中を反映して身を守るための安全、防犯の対応の商品も開発され、CPマーク（防犯建物製品）として認定されている。また、スマートハウスと称するセンサーを用いて自動的に室内環境をコントロールする手法の住宅が考えられているが、その中で窓の機能、性能は重要な位置を占めることになる。

このように、窓は、生活装置として利便性、環境性、快適性、安全性に関わる機能が要求されており、基本的機能に様々な付加機能を備えた窓の開発が期待される。また、窓の付属物は、シャッターや雨戸、カーテン、ブラインド等は、窓の機能を補い、性能を向上させるのでこれらの開発も大いに期待したい。

7. 断熱改修の課題

今後、民生部門のエネルギー削減を考えると、既存住宅の断熱化が大きな課題となることが予想される。しかし、既存住宅に断熱化は容易ではない。工事としては大掛かりなものとなり、通常、内装材若しくは外装材を外さないと施工ができない。外側に断熱材を組み込んだ壁を付加するという事も考えられる。この場合は、居住したまま施工ができるというメリットがあり、工事としては比較的容易ではあるが窓や各部位との取り合いの納まりが難しい。何よりもコストが問題で、このような工事は、単純な試算でも通常の一戸で500万円ほど掛かってしまう³⁾ (表1)。2011年のジャパンホームショーのリフォーム・改修のアンケート結果では、500万円程度の改修工事費であれば断熱改修とバリアフリー性能の向上を図ることが可能ということであるが、大規模改修の事例は少ないという。リフォーム工事は小規模、部分的改修が多く、性能向上のリフォームに発展しない。ネックはやはり金額ということであった⁴⁾。

一方、建物の耐用年数も問題になる。高度成長時代に建てられた住宅は、お世辞にも良質の建物とは言い難いものが多い。そういう住宅を、大枚を叩いて断熱改修しても後何年持つかということになり、断熱改修へのインセンティブが働かないのである。100年以上も持たせようとする長寿命の建物は、基礎、構造(大断面の柱、梁等)がしっかりしており、敷地にも余裕があるなど立地の環境もそれなりによくないと価値が継続しない。価値のある建物ならば断熱改修をしてより価値を上げることができるのだが、そういう住宅は少ない。また、断熱改修は、断熱材を入れればよいという単純なことではない。断熱材を入れたことにより結露が発生することもあるし、気密化を同時にしなければエネルギー損失の削減が図れない。新築時に検討する断熱、気密、防露、換気をシステムチックに考えないと施工後に問題を発生しかねないので注意を要する。

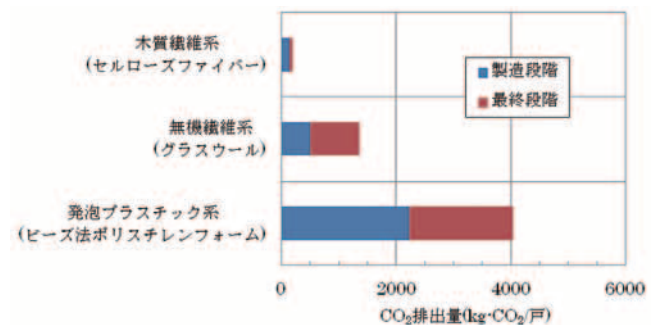
とはいえ、容易にできる断熱改修の工法が必要であることは、需要のある限り明白であり、今後、画期的な開発が期待される。

8. 断熱建材のカーボンフットプリント(CFP)

地球温暖化防止のために様々な分野でCO₂の排出の削減対策が取られている。ある物(材料製品)の製造から廃棄までのライフサイクルにおけるCO₂排出量(正確には温室効果ガスのCO₂換算量)を算出したいわゆるLCCO₂(ライ

表1 断熱改修工事費試算

住宅概要	木造軸組2階建て 延べ床面積132㎡(1F64㎡, 2F68㎡) 昭和48年竣工 無断熱
改修概要	壁:モルタルの外壁をリニューアル, セルローズファイバー100mm吹込み 床:ポリエチレンフォーム40+50mm張付け 天井:セルローズファイバー200mm吹込み 窓:塩ビ内窓付加 熱損失係数向上:8.7から2.1(W/(㎡・K))
仮設工事	190,120円
解体・撤去・運搬費	424,808円
外装工事	1,476,400円
断熱工事	1,593,080円
内窓工事	1,037,070円
合計	4,721,478円



備考)・モデル住宅は、日本建築学会標準問題による。延べ床面積121㎡、木造2F建て。
 ・断熱仕様は、II地域として断熱材の使用量を決定した。
 ・輸送や使用期間での排出はわずかなのでここでは考慮していない。

図6 断熱材のCO₂算出結果

フサイクルCO₂)も環境影響評価の一つとして以前から提案されている。図6は、主な断熱材を1戸に施工した場合に使用される量に基づいてLCCO₂を算出したものである⁵⁾。算出に当たっては、利用できるデータが不足しているため精度は今ひとつであるが、使用段階の排出は無視して他の段階のCO₂排出量を比較するとセルローズファイバーのような木質繊維系は、発泡プラスチック系や無機鉱物繊維系(グラスウール)よりかなり小さいことが分かる。なお、断熱材の使用段階においては建物の冷暖房エネルギー削減に寄与するものであるから熱抵抗が同じならば差は生じない。しかし、建物に使用する段階の省エネに伴うCO₂排出削減ははるかに多く、削減量は建物の使用期間や地域により変わるが、どのような種類の断熱材でも断熱することがや

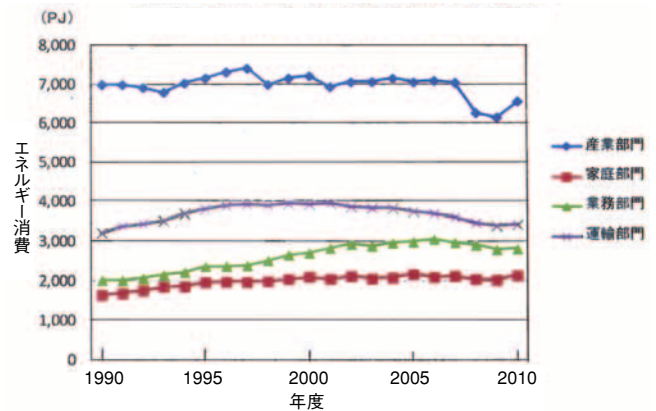
はり必要であるといえる。

LCCO₂を制度化したものにカーボンフットプリント(CFP)がある。CFPとは、商品やサービスの原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通して排出される温室効果ガスの量をCO₂の量に換算して、当該商品・サービスの単位で分かりやすく表示する仕組みのことである。CO₂の見える化ともいえる。この制度は、経済産業省が主幹となって試行事業として進めたものである。断熱材としては、初めてCFPマークの使用許諾を取得したセルローズファイバーについて紹介しよう。

CFPの申請に先立ってCFP算定の手段としての商品種別算定基準(PCR)を策定し、「建築用断熱材」として認定を受ける必要があるが、日本セルローズファイバー工業会がこれを取得。このPCRに従ってJIS A 9523に適合するセルローズファイバーのCO₂排出量を算出すると表2のようになる⁶⁾。セルローズファイバーは、新聞紙(古紙)をリサイクルし、主原料として解繊。難燃剤、防虫剤として硼砂やホウ酸を混合したバラ状(綿状)の断熱材である。また、壁や天井に直接吹き込むという乾式吹込工法をとっておりライフサイクル全体のCO₂排出量は、1袋(15kg)当たり11.8kgということであった⁴⁾。今後、いろいろな建材でもCFPの表示が行われることが予想されるが、建物全体のCO₂排出量とも関係するので、CFPは選択の一要因もしくは指標になることも考えられる。

表2 CFP算定結果

製品	JIS A 9523 吹込み用繊維質断熱材 セルローズファイバー 仕様 450×800×350mm 製品重量 15kg
CFP算定単位	1袋当たり
CFP算定結果	11.8kg
内訳	
原材料調達段階	6.25kg-CO ₂ e
生産段階	1.15kg-CO ₂ e
流通段階	1.17kg-CO ₂ e
使用・維持管理段階	1.40kg-CO ₂ e
廃棄・リサイクル段階	1.26kg-CO ₂ e



注) PJ: ペタジュール, 10の15乗ジュール
原油換算 ×0.0258百万kl

図7 部門別最終エネルギー消費の推移 (2010年度速報, 資源エネルギー庁)

9. エコハウスと再生可能エネルギー

我が国の2010年度のエネルギー消費は、図7に示すように部門別に見ると家庭と業務部門のいわゆる民生部門が1990年度比で35.1%増(家庭部門は約30%増)と大きく伸びている。運輸部門が90年度比6.7%増で産業部門は90年度比6.1%減であるから民生部門の伸びが際だっている。地球温暖化防止のためのCO₂排出の削減ということから省エネが広まっているように思えるが、便利で快適な生活を求めた結果が増加につながっている。一方、家庭部門での世帯当たりのエネルギー消費の内訳を見てみると、冷暖房と給湯用が約56%を占めている(図8)。このことから見ても、建物の断熱と冷暖房および給湯設備の効率が重要であることが分かる。なお、暖房エネルギーは冷房の10倍もあるが、これは暖房を必要とする期間は長く、室内外の温度差も大きいことや暖房する部屋の面積も広いということが理由であろう。この事実は、温熱環境を考える時に一つの示唆を与えている。つまり、家の造りようは、夏をむねとすべし

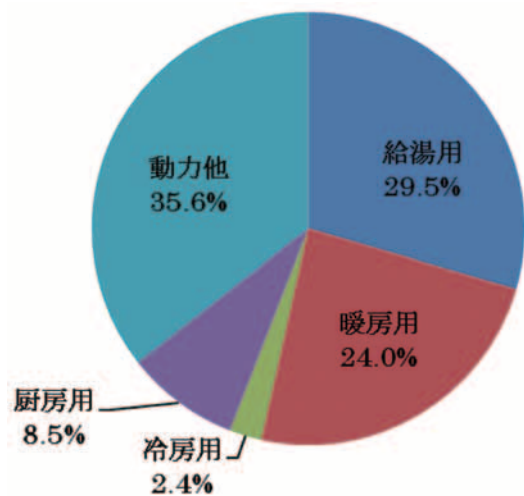


図8 世帯当たりの家庭部門のエネルギー消費量
使用データ: EDMC/エネルギー・経済統計要覧(2009年版)

ではなく、冬の暖房重視で温熱環境を考える必要があるのである。

最近、エコハウスが叫ばれている。省エネ住宅や太陽光発電パネルを屋根に載せた住宅もエコハウスといわれている。無暖房の家やゼロ・エネルギーハウスあるいはカーボンマイナスハウス、以前からのソーラーハウスやパッシブソーラーハウスあるいは単にパッシブハウスという呼び名の住宅もエコハウスの範疇にあるが、ニュアンスとしては、環境にやさしく、自然エネルギーを利用し、省エネで健康・快適な環境の住宅ということになるのか。

現在、太陽光発電パネルが注目を浴びており、再生可能エネルギーというとほとんどが太陽光発電を指すほどだ。確かに、エネルギーの質としては電気にした方がはるかに使い勝手がよい。一方、太陽熱を利用した場合は、温水器のようにそれだけにしか使えない。どちらがよいかは一概にいえませんが、こと住宅を考えた場合は、必ずしも発電の方に軍配が上がるとは限らない。電気にする場合は、蓄電する必要があり発電のシステムが高価である。また、パネルの発電効率は、屋根の方位や傾斜により大きく変わる。実際問題として発電効率がよい好条件の屋根はそう多くないという。発電に好都合ならばよいが、そうでない場合は効果を期待するのは難しい。この点、太陽熱利用の場合は、低レベルのエネルギーであるが、蓄えることもできるし、給湯や暖房としては十分足りる。熱利用のシステムも太陽光発電と比べると簡単で安価である。給湯や暖房を太陽熱で賄えるとなれば、電気の使用も大きく抑えることが可能になるという利点がある。

10. 設備機器の高効率化, ヒートポンプ

建物の断熱と同時に家電や冷暖房、給湯設備等の機器の高効率化を図らないと家庭でのエネルギー消費を削減することはできない。前述したように冷暖房と給湯で家庭エネルギーの56%を消費しているので、これを省エネ化することは大きな効果を生む。その切り札はヒートポンプである。ヒートポンプは、外気(大気)が持っている熱を奪い、暖房や給湯熱として供給するというもので、熱を奪って暖房や給湯熱にする際に電気を動力とした圧縮機を使うのである。熱のやり取りは冷媒という物質を利用するが、動力として使ったエネルギー(E_p)に対して暖房や給湯の熱として供給されるエネルギー(E)の方がはるかに多く、このエネルギー比をCOP(成績係数=E/E_p)という。ヒートポンプのCOPは、暖房、冷房とも3以上で、高効率の最近

の機器は5以上にもなっている。ヒートポンプの給湯器はエコキュートと呼ばれている。電気ヒータで加熱すれば使用した電力しか熱は得られないが、ヒートポンプの場合はその3倍以上の熱を得ることができるのである。このような高効率の冷暖房、給湯機器を使用し、建物を断熱してさらにパッシブ的な建築工法で太陽熱や通風を利用することで間違いなく省エネ住宅になる。

11. 省エネ基準の義務化

現在、我が国では省エネ基準は示されているが任意であり、義務化はされていない。ヨーロッパの環境先進国であるドイツは早くから断熱化を推進し、2008年からは全ての新築住宅に、年間のエネルギー消費量とCO₂排出量の表示を義務付ける「エネルギー・パス制度」をスタートさせている。ドイツに限らずEU(欧州連合)では、建築部門でのエネルギーを抑制するために、2002年に「建物のエネルギー性能に関する欧州指令(EPBD)を採択。2010年には、さらに高い目標を掲げ、達成すべく新たな指令2010/31EU)」を制定した⁷⁾。新指令の最大のポイントは、ゼロ・エネルギー建物を普及させるための各国の計画の策定とエネルギー性能の証明を制度化して行うというものである。2017年までにこの指令の評価を行い、2020年までのCO₂の削減目標の達成に寄与しようとしている。ゼロ・エネルギー建物とは、非常に高いエネルギー性能(省エネ性)を備えた建物で、建物構造および設備の省エネ性を向上させて一次エネルギー(化石エネルギー)の消費を抑え、必要な僅かなエネルギーは、建物自体ないし敷地内(オンサイト)で生産される再生可能エネルギーで賄うというものである。

我が国では、住宅の省エネ基準適合義務化を2020年を目標にしている。大規模建築物についてはそれより早く義務化し、段階的に義務化を進めていくという。また、「認定省エネ住宅(仮称)」認定制度を新たに創設し、住宅の省エネ化を促進する計画で2013年度からスタートする予定である。認定省エネ住宅は現行の改正次世代省エネ基準のレベルを超えたものとなり、税制の優遇処置もある。このように我が国も義務化の流れにはあるが、震災後の状況変化に鑑み早急に省エネ化を実現する義務化が望まれている。

12. 性能評価の重要性

いろいろな手法が開発されるが、性能や効果については

適切な評価がされなければならない。性能評価は定量的に行う必要がある。新しいシステムや手法の評価法は予め決められたものがないのが普通であるので、定性的な評価になりがちである。定性的な評価では、ものの良し悪しのレベル（程度）ではなく、感じ方や思い込みで評価することになるので注意しなければならない。効果がどの程度あるのかを疑問に思ったならば、現場で計測することも大切。また、温熱環境は、現象が物理的で法則に当てはめ易いので簡単な計算やシミュレーションが可能であり、先入観にとらわれず数値でみるのがよりよい温熱環境性能への向上につながるようになる。

13. おわりに

地球温暖化という環境問題や震災を契機とした電力不足から建物の省エネの基本となる断熱化や温熱環境の課題について述べた。建物の環境技術は、まだまだ進化すると思われる。しかし、ベーシックなものはきちんと押さえておく必要がある。それは断熱であり、装置に頼るのではなく建築的工法による人が住まう環境への工夫である。また、これからの建材、設備は、省エネに貢献し、環境負荷を考慮したものでなければならない。そして、人が住まう建物は、季節の変化を感じ取って住まい手自らが環境を制御し、省エネを実感しながら、健康で快適な生活がおくれるようなものにしたいものである。

【参考文献】

- 1) 平成13年度省エネルギー建材普及促進事業成果報告書, (社)日本建材産業協会表は筆者作成したものを最近のデータをもとに修正
- 2) 既製サッシを使い切る, 彰国社, 2008年
- 3) 平成11年度住宅断熱化動向調査報告書, (財)省エネルギーセンター
- 4) 住宅新聞2011/10/5第1616号
- 5) 建築技術 2009/1月号 No.708, 筆者作成したものを修正
- 6) (株)デコス「プレスリリース」2011/11/15
- 7) 萩原愛一, 建物のエネルギー性能に関するEUの指令, 外国の立法246, 2010年

プロフィール

黒木 勝一 (くろき・かついち)
(財)建材試験センター 中央試験所 所長

専門分野：建築環境工学、熱・湿気分野
最近の研究テーマ：調湿建材の性能評価方法および設計法の検討

(財)建材試験センターの取組み

中央試験所 副所長	川上 修
性能評価本部 主任	常世田 昌寿
工事材料試験所 副所長	小林 義憲
製品認証本部 課長	丸山 慶一郎
ISO審査本部 本部長	森 幹芳

(財)建材試験センターは、主に建築住環境の社会基盤整備に貢献することを念頭に、役割である試験・評価・認証の業務に取り組んでいる。

日本の社会基盤に大きな影響をおよぼした東日本大震災を受け、当センターはこれまで蓄積してきた試験・評価・認証の技術を最大限活かし、建設分野を中心に顕在化した課題に対して積極的に取り組んでいきたいと考えている。今回の特集では、震災に関連した試験・評価業務の取組み、震災直後からの認証業務の対応などについて紹介する。

試験および性能評価業務の取組み

品質性能試験（中央試験所・西日本試験所）

東日本大震災において発生したいくつかの問題点の中から、品質性能試験業務に関わる2つの項目について考えてみた。

1. RC造建物は津波に強かった？

鉄筋コンクリート（RC）は、経済的で耐久性の高い構造材料として建築物、土木構造物等に広く用いられている。しかし、メンテナンスフリーと考えられていたRC造建物も塩害やアルカリ骨材反応による早期の劣化が問題になり、現状では社会資本ストックの有効活用、地球環境の保護という観点から、既存建物の長寿命化・延命化が図られている。このような状況の中発生した東日本大震災では、津波により東北地方の沿岸部において壊滅的な被害を受けた。しかし、被災した市街地には津波の荷重に耐えたRC造建物が残っている。地域によっては、これらの建物の3階又は4階床にまで津波が押し寄せたが、外見上の被害は見当たらない。このことは、津波に対してRC造という構造形式がそ

の強さを示したことになる。しかし、これらのRC造建物をしっかり再利用するためには、耐久性上の問題を明らかにしておくことが重要である。常時荷重と地震荷重を負担するRC造の構造体および部材の構造安全性に最も影響する劣化現象は鋼材の腐食であるが、被害を免れたRC造建物が海水に浸かったことを考慮すると、塩害に対する注意が最も重要となる。塩害のメカニズムは以下のとおりである。

コンクリート構造物の塩害とは、塩化物イオンの存在によりコンクリート中の鋼材の腐食が促進され、腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こす。ひび割れが生じた部分には水・酸素・二酸化炭素・塩化物イオンが容易に侵入し、鋼材の腐食が加速的に進行する。この結果、鋼材の断面減少などを伴うことにより構造物の性能が低下し所定の機能を果たすことができなくなる現象である。コンクリート中の塩化物イオン量が $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ を超えるとコンクリート中の鉄筋を覆っている不動態被膜（金属表面に生じる腐食作用に抵抗する酸化被膜）が破壊され、腐食が始まるとされ、一つの目安となっている。

当センターではこれまでも、コンクリートの耐久性に関する調査として、コンクリート躯体から切り出したコアの塩化物量の試験を行ってきたが、東日本大震災以降その試験需要が特に高まっている。試験は、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に従って実施することになるが、このJISの中には以下の4つの試験方法が定められている。

- ①塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法
- ②チオシアン酸化銀（Ⅱ）吸光度法
- ③硝酸銀滴定法
- ④イオンクロマトグラフ法

試験精度や試験後の廃液の処理の問題などにより、①の塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法が最も一般的に用いられている。

コンクリート中の塩化物イオン量は、コンクリートの配合、部位、海水の浸漬時間等に大きく左右される。津波被害を受けたRC造建物の罹災状況（海水の浸漬時間と浸漬高さ）、配合（特に水セメント比）、部位（水平部材か、垂直部材か）を把握し、塩化物イオン濃度との関係を明らかにしておく必要がある。

塩化物イオン量が限界値に達していない場合は、外部からの塩化物イオン、酸素、水分の侵入を抑制する補修工法を施す必要がある。一方、既に塩化物イオン量が $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ を超えて、鋼材腐食の進行を抑制できないとされる場合は、補修・補強計画を含めて慎重な判断が求められることになる。

2. 天井落下から浮かび上がる課題

東日本大震災では、震源から離れた東京都、神奈川県、茨城県などでも大規模空間に設置された天井材が落下した。これまでも震災が発生するたびに天井落下の被害が繰り返され、国土交通省では平成13年の芸予地震で発生した天井被害を鑑み、技術的助言が示された。その中で、比較的広い天井面を覆う天井材では、天井面の周辺部と周囲の壁との間に絶縁（クリアランスを設ける）を確保すること、吊りボルトが長くなる場合には、吊りボルト相互を補剛材（振れ止め）で連結すること、Tバー（システム天井を構成する部材の一つで、天井パネル、照明器具等を支持するバー）を下地材に固定することなどが提案された。

その後も続く天井の地震被害から、平成15年、17年にも技術的助言が示され、平成13年の技術的助言を補強してきた。広く天井材として普及している建築用鋼製下地材やシステム天井は内装材の不燃化の推進に伴い、主に学校をはじめとする公共建築物、事務所、マンション、ショッピングセンターなどに使用されている。在来仕様といわれる天井用鋼製下地材は一般的には「軽天（軽量鉄骨天井下地の略称）」といわれ、JIS A 6517「建築用鋼製下地材（天井・壁）」として製品が規格化されている。また、大規模事務所ビルに広く普及しているシステム天井は、JIS A 1445「システム天井構成部材の試験方法」としてその試験方法が規格化されており、様々な製品が流通している。これらのJISに関しては、当センターが原案作成管理団体として、規格の改正・確認などの管理を行っている。また、鋼製下地材はJISの製品認証の対象品でもあり、当センターではその製品認証および認証のための試験を行い、JIS製品の普及に寄与してきている。天井下地のJIS製品規格では、部材の強度性能として野縁および野縁受けの下向き荷重（写真1）に対する安全性、上向き荷重に対する安全性に関する試験

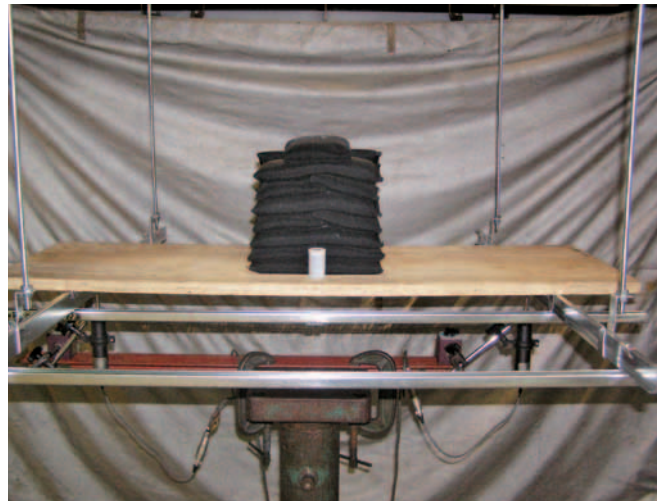


写真1 野縁受けの下向き載荷試験

法・評価基準が定められている。JIS製品として認証されるのは天井や壁を構成する構成材の各部材単体であり、組み立てられた天井ではない。製品として建設現場に供給されるものは野縁、Tバー、野縁受けおよびこれらをつなぐクリップ・ハンガーなどの部材単体であり、専門の施工業者により建設現場において、スラブ・屋根等の形状に併せて天井を組み立てることになる。この時、先に示した国土交通省の技術的助言を考慮して施工を進めることが求められるが、天井が内装材として位置づけられていることもあり、設計者の天井に対する耐震への意識が乏しいと技術的助言が考慮されない。国土交通省では東日本大震災の天井被害を鑑み、同省の建築基準整備促進事業の一つである「地震被害を踏まえた非構造部材の基準等の整備に資する検討」（事業主体（一社）建築性能基準推進協会）の中に「地震による天井脱落対策に関する検討委員会」（委員長 坂本功 東京大学名誉教授）が設置された。同委員会の中間報告によれば、天井被害に遭った151件の事例のうち、技術的助言で示されたクリアランス措置および振れ止めの設置の両方を措置していたものは12件であり、全体のわずか8%であった。

天井被害を受けた事例では、天井の段差や屋根・スラブ形状に併せた吊りボルト長さのばらつきにより、地震発生時に天井の揺れが複雑になったと想定される。特に共振現象などにより天井が大きく揺れた時に下地材相互を留めつける接合部に大きな変形と荷重が加わり、クリップやハンガーなどの接合金具が変形し、下地材から外れた。部分的な接合部の破壊が全体の荷重バランスを崩し、天井全体の崩落へと進展したと思われる。

今後、天井の安全対策が講じられることが予想されるが、過去の地震被害を考慮すれば、端部の納まりを考慮し、一定規模の大きさの天井を対象として、地震時に接合部に生じる変形や荷重を再現した試験の実施が望まれてくものと考えられる。当センターにおいても、天井の安全対策の検証に貢献していきたい。

【問い合わせ】

・塩化物イオンの試験

中央試験所 材料グループ TEL：048-935-1992

西日本試験所 試験課 TEL：0836-72-1223

・天井に関する試験

中央試験所 構造グループ TEL：048-935-9000

西日本試験所 試験課 TEL：0836-72-1223

■ 海外輸入品ホルムアルデヒド発散建築材料の試験・性能評価（性能評価本部）

震災後、製造工場の罹災による供給量低下や応急仮設住宅の緊急需要により、各種建築資材が入手しづらい時期があった。応急仮設住宅向け資材としては、グラスウールと合板の不足が大きな問題となり、特にグラスウール（断熱材）については住宅エコポイント等により震災以前から慢性的な供給不足状態であった。

応急仮設住宅は建築基準法の諸規制が免除されるものの、建材からのホルムアルデヒド放散によるシックハウス症候群については、被災者の健康を第一とする考え方から、同法の規制をクリアすることが求められた。これに係る国土交通大臣認定の取得に際しては、応急仮設住宅の早期建造のため速やかな対応が必要とされるとともに、入居者の安全確保のため性能評価の精度が保持されなければならない。

そのような状況のもと、性能評価本部では、グラスウールについてホルムアルデヒド発散建築材料の大臣認定に係る性能評価を行った。国内における資材不足を補うものとして海外輸入品数点の申請を受理し、これらについて迅速に業務を執り進めた。

申請された材料は、幸いにして、ホルムアルデヒドを放散する恐れのない接着剤を用いた製品であった。通常の試験期間は7日間であり、1日目、3日目、7日目の計測を行うが、1日目、3日目ともに定量下限以下の放散速度であったことから、JISの規定に従って測定を打ち切り、同日中に審査を行い、さらには評価委員会を機動的に開催し、性能評価を完了させた。その後国土交通省への認定申請を行い、

即日認定書の交付を受けることができた。

一連の作業に関しては、当センター内のみならず国土交通省に対しても情報交換を緊密に行い、相互の協力によって、業務を迅速に遂行することができた。

■ 住宅基礎コンクリートの信頼性向上への取組み（工事材料試験所）

東日本大震災では、日本の震度階級10段階で最大の震度7が観測されるとともに、1G（980Gal）を超える加速度が多くの地点で観測された。建物の地震動被害に関する報告によれば、新耐震基準（現行耐震基準のベース）で設計された建物では主体構造の被害は軽微であったこと、現行の耐震性能を満足しない建物であっても適切な耐震補強・改修が実施されていた建物は大きな被害を免れたこと、1995年の阪神・淡路大震災後、普及が進んだ免震構造等の耐震技術が有効に機能したことなどが明らかとなり、建物の強度や耐震対策の重要性・必要性をあらためて認識させられた。

工事材料試験所では、建物の強度に大きな影響を及ぼすコンクリートや鉄筋などの構造材料を中心に、各種強度試験を実施している。ここでは、戸建て住宅の最も重要な構造要素の一つである鉄筋コンクリート基礎に関して、品質・強度の確保を目的とした試験内容について紹介する。

1. 住宅基礎コンクリートの品質管理について

平成12年4月より、工務店・住宅メーカー・分譲住宅会社などの住宅供給事業者が、新築住宅の瑕疵担保を10年にわたり行なうことを義務づける新しい法律「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の施行等を機に、戸建て住宅の基礎コンクリートの品質・強度の確保とその確認手法について、より強い感心が向けられるようになってきている。また、平成17年3月より、東京都が特定行政庁となる地域においては3階建て以上の建築物については規模・構造にかかわらず「第三者機関」によるコンクリート強度試験の実施と試験報告書の提出が必要となっている。

このような規制のなか、平成17年に発覚した「構造計算書偽装事件」により、世の中が一時混乱したことはいうまでもない。

住宅基礎コンクリートは、一般的工事に参考書として用いられている『建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート（2003）日本建築学会』（以下「JASS 5」という）によると《簡易コンクリート》として扱われていた。「簡易」とは、この規定に従って施工すれば高度の技術力

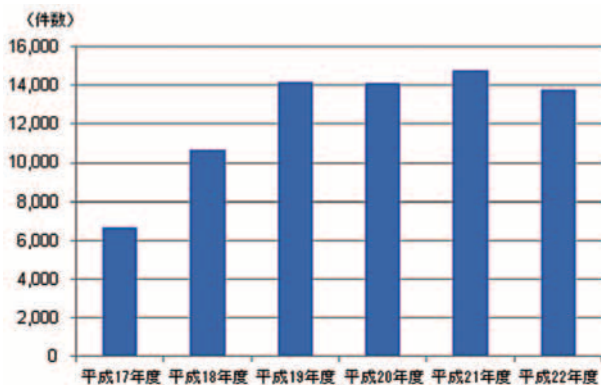


図1 住宅基礎コンクリートの試験件数

を必要とせず、ある程度の品質が確保されることを意味しているとされている。しかし、日本の現在の環境から考えた場合、様々な製品を作る過程において適切な品質管理（ランダムなチェック）は不可欠ではないかと考える。

このような背景の中、工事材料試験所では、平成17年度より住宅基礎コンクリートの信頼性の向上を目的に住宅基礎に打設されるコンクリートの品質管理試験に取り組むようになった。

当初は関東の住宅メーカーを中心に品質管理試験の利用案内を行ったところ「今まで試験を実施したことがないが問題はなかった」、「生コンプラントで実施している」などの回答があり、コンクリートの品質はJIS認定工場であれば信頼できるとの意見に集約された。本来、上部構造を支えているのはコンクリート基礎であり、その品質に目を向けるべきではないかと考える。

構造計算書偽装事件により住宅購入者である施主から基礎コンクリートに関して強い関心を持つようになり、コンクリートの受け入れ試験をランダムに行なうようになった。当初の圧縮強度試験結果の傾向としては、同じ呼び強度であっても呼び強度を下回ることはないが、プラント毎に大きな差があることが判明した。

その後、ランダムに実施していたものから住宅メーカー側の瑕疵担保といった位置付けから全棟実施に移行するようになり、現在に至った。平成17年度は、住宅基礎の依頼全体で約6,600件であったものが平成21年度には約14,000件（図1）と増えている。

また、『JASS 5（2009）』が改定され、旧版では《簡易コンクリート》とされていたが、《住宅基礎コンクリート》と明記された。概要は次のとおりである。

- ・工事開始前までに打設計画および品質管理の方法を定めておく。
- ・計画供用期間の級は特記によるが、特記がない場合は短期とする。
- ・コンクリートの設計基準強度は特記によるが、特記がない場合は18N/mm²とする。
- ・コンクリートの耐久設計基準強度は特記によるが、特記がない場合は18N/mm²とする。
- ・最小かぶり厚さについても規定されている。

また、品質管理・検査では旧版でも記載されていたが、コンクリートの用途に応じて品質管理を実施するのが良いとされ、最低限3項目を確認する必要がある。そのうち1項目に「コンクリートの受け入れ時にスランプ、空気量、圧縮強度を試験して、JISの品質を満足していること」と記載されていることから、納入されるコンクリートに関して最低受け入れ試験を実施することを要求している。

2. 品質管理試験の概要

品質管理試験は戸建て住宅の基礎コンクリートについて「フレッシュコンクリートの検査」および「圧縮強度試験」を第三者が実施することにより、適正な品質の確認と履歴管理を実現し、住宅の品質の確保とユーザーの信頼性向上に寄与することを目的としている。以下にその概要を記載する。

①フレッシュコンクリートの検査

- ・JIS A 1101 によるコンクリートのスランプ試験
- ・JIS A 1128 によるフレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験
- ・JIS A 1156 によるフレッシュコンクリートの温度測定
- ・JASS 5 T-502 によるフレッシュコンクリート中の塩化物量の簡易試験
- ・JIS A 1132によるコンクリート強度試験用供試体の作成

②コンクリートの圧縮強度試験

一般に構造体コンクリートの強度は、材齢28日における圧縮強度から推定されている。しかし、戸建て住宅の場合、概ねコンクリートの打設から7日後には工程的に上棟が始まることが考えられる。もし不具合があることなどを考慮するとできるだけ早期に材齢28日の圧縮強度を推定することが必要とされる。現在、様々な早期判定方法が提案されているが、『JASS 5 T-602（2009）工事現場練りコンクリートの調合強度の管理試験方法』では材齢7日の圧縮強度から材齢28日の圧縮強度を推定する方法として次式を提案し

ている。

$$F28=A \times F7+B \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、F28：材齢28日の圧縮強度の推定値 (N/mm²)

F7：材齢7日の圧縮強度 (N/mm²)

A, B：セメントの種類によって定まる係数

3. 品質管理の必要性

基礎コンクリートの寿命（耐久性）を左右する大きな要因は、コンクリートの「中性化」である。中性化していないコンクリートの中では鉄筋は錆びないが、中性化すると錆が発生しひび割れの原因となり、やがて寿命が尽きてしまう。圧縮強度が高いコンクリートほど中性化し難く、耐久性が高いので強度を確保することは重要である。

住宅は大きな個人資産であり、経済負担が大きい。基礎は上部構造と異なり容易に改修ができないので、耐久性が確保された基礎とその試験結果の蓄積は、住宅の耐久保証の観点で後々中古となった時点で価値を高める有効な手立てであるといえよう。

4. 今後の課題

新設住宅着工戸数は、平成20年度以降100万戸を割り、平成22年度実績は約81万戸まで減少したが、このうち当センターが品質管理試験を実施しているのは関東エリアを中心に全体の1.7%余りに過ぎない。今後、全国の戸建て住宅を対象に品質管理試験を実施したいと考えている。なお、品質管理試験には施工現場で試験体を採取する「コンクリート採取試験技能者」が必要であり、同技能者の育成・普及が大きな課題となる。

当センターでは、コンクリート採取試験技能者認定制度を実施しており、コンクリート採取試験技能者の育成・普及にも積極的に取り組んでいきたいと考えている。

認証業務の取組み

震災後の対応（製品認証本部）

製品認証本部では、今回の震災に対して以下の対応に取り組んだ。

1. 震災発生直後の対応・対策

3月12日より東北・関東地方の連絡の取れた事業者に被

害状況、当日審査を実施した事業者ならびに審査員へ審査進捗状況等のヒアリングを行い、連絡の取れない事業者については間接的な情報収集に努めた。

3月15日からは被災地域の認証取得工場約250件に対し、ホームページを利用して①審査延期手続きの案内、②被災報告（被災届・休止届）提出手続きの案内、③個別相談の開始についての情報発信を開始した。

3月18日からはFAXとメール配信による情報伝達を始めたが、震災直後は工場の品質管理者や連絡担当者との情報伝達は困難を極めた。

4月に入り、セメントメーカーの現地担当者に協力を仰ぎ、被災届等の手続きや現地の情報収集の作業を進めることができた。

2. 認証取得工場の被害状況

被災地域の認証取得工場約250件のうち78件、内11件が原発による避難地域にある工場となっている。また、セメント工場、砕石工場の被災に伴い、生コンおよびプレキャストコンクリート工場から原材料の受け入れができなくなった工場もあった。

アンケート調査を実施した結果、被災状況は表1のとおりであった。

表1 認証取得工場での被災状況 単位：件

工場 建屋	製造 設備	検査 設備	原材料	文書/ 記録	要員
35	50	45	14	15	4

3. 認証取得工場の支援策

被災した事業者からの要望を受けて、津波等により書類が紛失してしまった工場に対しては以下の支援を緊急に実施した。

- ①認証書類等の無料再発行
- ②申請書類等のコピーを無償提供
- ③震災を起因とする工場移転に関する認証取得費用等の減免措置

また、被災した工場に対しては、中小企業庁の支援窓口や厚生労働省の雇用調整助成金制度など情報提供を行った。

4. 国の対応

「平成23年東北地方太平洋沖地震による災害についての特定非常災害およびこれに対し適用すべき措置の指定に関する政令」が3月13日に公布・施行され、登録認証機関に

課せられている「臨時的認証維持審査」および「定期的認証維持審査」を実施する義務が6月30日までの間は免責されることになった。

また、被災によっていったん認証契約を解除したのちの再取得にあたっては、直近の1か月の生産実績と過去一年以内の生産実績を6か月の生産実績に含めることが可能となった。

5. おわりに

今回の震災では津波の発生によって被害が拡大した結果、港湾施設や防波堤、護岸をはじめとする公共インフラの破壊、また電気、電話の通信網が機能しなくなるという非常事態が発生し、自然の脅威を前にして文明の脆さを感じることになった。

震災直後の情報収集の過程で「何から手をつけてよいものやら…」と電話の向こうの沈黙に「頑張ってください」としか返す言葉を見つけれなかった。その一方で、「地元のもの逃げのわけにはいきません」と言う力強い声を聞くのに多くの時間は掛からなかった。現地の方々の勇気と努力には頭の下がる思いである。

製品認証本部では、迅速な対応に努めてきたが、一部の認証取得工場は福島第一原子力発電所の警戒区域内に立地しており、復旧にはまだ時間が掛かると思われる。被災地、避難区域の事業者の事業再開に向けて、国をはじめとする関係各方面と協力してJIS認証業務を通じた復興支援に取り組む所存である。

「審査現場」からの東日本大震災対応の分析（中間報告）— 建設生産プロセス において—（ISO 審査本部）

今回の東日本大震災で改めて考えさせられたのは、海外の眼で、特にジョン・ダワー（米国の歴史家）“今回の危機を生かしてエネルギー政策でも指導的に、何が重要なのか気づく瞬間、歴史的節目”という言葉から、「東日本大震災復興プロセス」という観点で一般情報と審査情報の記録化を始めた。「プロセス」としたのは、使い慣れた審査視点による。

中間報告では、審査情報からのデータのみを①審査の公平性が確保されているか②ISO9001、ISO14001のマネジメントシステムが有効に機能したか、を主題としてまとめてみた。「建設生産プロセス」における外部変化（東日本大震災）への対応を考察してみたい。

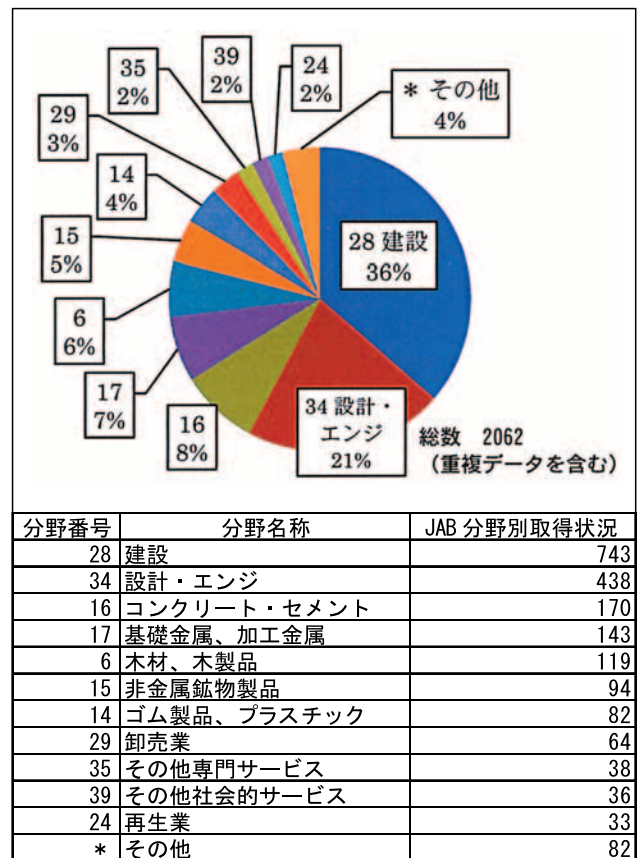


図2 2011年11月末現在のJAB分野別取得状況

1. 分析データ（2011年3月11日～2011年11月25日）

データは、主として審査報告書における「オープニング会議でのトップコメント」、「外部の変化に対するマネジメントシステムの有効性」、業務としての「プロセス」の変化、「規格要求項目」での変化から言語データとして抽出している。現段階では全数ではない。

この他、研修会等による審査員ヒヤリング、登録企業ヒヤリングおよび公開資料からの内容も加味している。

ISO審査本部の登録企業は、建設業界（発注機関、土木コンサルタント、建築設計事務所、建設業、プレハブメーカー、専門工業業、部品・部材・素材メーカー、維持管理業、運搬業、解体業、廃棄物処理業等）の全領域をほぼカバーしている [図2参照]。

被災状況は、主に、岩手（16件）・宮城（37件）・福島（28件）を対象としたが、データは影響が出た企業すべてをまとめている。

2. 審査対応

2.1 審査手順（審査の公平性確保）

『自然災害時での特別処置手順』およびJAB（（公財）日本適合性認定協会）の2011年3月15日通知文「マネジメントシステムの認証を受けた組織の皆様へ～東北地方太平洋地震の震災の災害に伴う対応について～」によって対応した。現在、IAF（国際認定機関フォーラム）で「Management of Crises Situation」が検討されている。この検討結果と実務対応を考慮して、来年4月にこの手順を見直す予定である。

なお、手順の公平な運用は、MS評議会（公平性委員会）の監視事項となっている。

2.2 被災企業の審査対応

地震発生の翌週から、企業担当チーフが該当企業に連絡、被害状況の把握、審査日程の再調整等を行った。

結果的に、審査延期（2か月～5か月）、特例措置（審査期間の再延長、保留、一時停止）などが発生した。

なお、地震直後の関東地区の審査では、交通機関のマヒにより移動不可能な場合が発生し、一部の工場、営業所等の審査を中止し、後日の審査で対応した事例もある。

記録は、濡れて汚れているが何とか読めるので受審したい又はISO審査本部保管書類（マニュアル等）を送付して欲しいなどの要望もあった。

この他、震災地域以外（熊本）の企業で被災地復旧の緊急出動のため審査延期を希望した事例もあった。

現在、審査延期の対応が一段落し、結果が「判定委員会」に報告され、再認証、継続、一時停止の解除等が行われているが、工場・事務所の津波災害、放射能汚染区域等により復興の見込みがたたず、取り下げとなった企業も数社発生している。

建設業の審査では、復旧工事を審査対象から外してほしいとの要望もあった。顧客要求が不明確なままの受注という理由からであるが、工事日報での記録活用（最小限化）、顧客の受け止め方（感謝状）などからシステム運用の理解を求めた事例もあった。

2.3 被災企業の復旧状況

被災状況は各企業で異なっているが、仮事務所、分散、操業停止などによって、燃料不足、ライフラインの被害、資材・人の確保困難などに対応している。事例は次のとおりである。

・事例1 セメント工場（岩手県）

設備・施設が損傷、操業停止、サービスステーションが機能不全、対策本部を設置、大分工場で救援物資調達。6

月に低濃度の汚泥などを受け入れ、9月までに31,000tを処理。トップコメント「我々にできる支援は腹を決めてがれきを処理すること、国の補正予算による費用負担の裏付けを待たず、会社にとっては利益度外視のスタートである」。生産していたセメントの顧客への供給を同業他社が支援。11月に生産再開、災害廃棄物から塩分を取り除く装置が稼働。（この企業は、JAB環境大会で事例発表を行う予定）

・事例2 建設業（気仙沼市）

仮事務所を設け「がれき類の撤去・積み込み・運搬作業」にシステムを運用。環境保全への意識が向上、気仙沼での環境取得は1社のみで入札に有利。がれきの分別を自主的に6品目に拡大、アスベストの飛散などに配慮。社名入り「ガンバロー気仙沼」のワッパン・ステッカーでアピール。津波により泥水を被った書類、用紙をかかわして利用、泥に使ったパソコンの修理発生、助かったのはラジオをつけたままだったから。

・事例3 コンクリート製品（宮城県、栃木県）

養生ヤードの製品が一部倒壊、蒸気養生の重油不足が発生。

・事例4 廃棄物の処理・運搬業（熊谷市）

震災後、塩害を受けた木くずが発生、廃棄物の放射能汚染問題など社会変化が目覚ましく対応に追われている。

3. マネジメントシステムの有効性

3.1 経営者の責任 [ISO9001 5, ISO14001 4.2]

1) 組織体制事例

復旧対応に際し、「トップコメント」から、対策本部を設置し、現地への社員配置、支援物資の運搬などの活動状況を把握できた。トップの社会的責任などの意識の確認・変化を観察した。事例は次のとおりである。

・事例1 建設業

震災対策の最終目標は人々の安全・安心の確保、対策本部を設置して必要な人員・協力会社を派遣し支援、がれきでアクセスが困難だったが、空港の復興作業を昼夜兼行で実施、先日復旧し、労いの言葉ももらった。

・事例2 建設業

お客様に一齐に食料・燃料などの緊急物資を届けて耐震診断を実施、社会貢献は建設会社の責務として捉え、復興の一端を担う、国の考えが見えないところがあるが、これを機に津波や地震対策に環境対応を役立てたい、エネルギー・豊かさの考え方、環境の考え方が変化した。

組織全般として、ISO 14001の重要性の認識、公共工事での環境保全の活動の重要性などの環境問題の意識変化が

見られた事例が多かった。

2) インフラ復旧事例

土木分野では、自然を対象としているため、リスク管理体制が整備されている。事例は次のとおりである。

・事例1 土木・舗装業

常磐自動車道（水戸～那珂間上り線150km）の応急復旧工事をわずか6日間で実施（驚異的な復旧に海外メディアも好意的に報道）、高速道路会社からも感謝される。

3) 仮設住宅対応事例

プレハブメーカーでは、プレハブ協会と連動して、仮設住宅の建設に対応した。これに伴い、関連部材の工場も、急激な生産体制の切り替えを実施、通常の手順の汎用性で実施できた事例が多い。

・事例1 プレハブメーカー

阪神・淡路大震災の事例を活用し、設計を1週間（生産図を含む）、これまでの生産管理能力から、仮設住宅生産への切り替えを3日、通常ラインへの再切り替えを2日で実施した。生産能力を再確認するとともに、組織の一体感、達成感を共有。

・事例2 住宅用鉄骨部材メーカー

仮設用図面を基に加工、規格生産と異なるが、現在の条件に順じることから作業条件に大きな変更なし。

・事例3 木材メーカー

これまでのネットワークを活かし、部材の短期調達と供給責任を果たした。

3. 2 緊急対応事例と手順の見直し [ISO14001 4.4.7]

審査員2名（福島）は審査時に地震に遭遇、企業の緊急対応手順で避難、クローリング会議は避難地で実施した（環境の緊急事態のシステムが機能したことを身をもって体験）。

企業の緊急対応手順又はBCP（事業継続計画）が機能し社員の安全確認、スムーズな操業復帰の事例が各社で見られた。東北3県以外の高知県でも、3mの津波が発生し、出荷設備、事務所が浸水したが、BCPのルールに従って山に無事避難した事例があった。

これを契機に、緊急対応手順の見直しが行われた事例が多い。「災害対策マニュアル」の策定・改正、「緊急事態対応計画シート」への特定、緊急時の環境側面の特定、緊急事態対応訓練・防災訓練の実施など。

3. 3 目標の実行と見直し

1) 環境目標（節電対策他） [ISO14001 4.3.3]

節電対策は、作業時間の変更、1直・3直から2直・3直などの生産体制の変更、照明器具の間引き、電力使用状況の

見える化管理などで対応していた。プレハブメーカーでは、5社共同の輪番体制による節電対策を実施した例もあった。これに伴い環境の電力削減目標値の変更を実施した企業が多く見られた。

2) 品質目標 [ISO9001 5.4.1]

中期計画の数値達成に関して震災の影響で一部未達が発生し、目標値を下げている例が発生している。

3. 4 プロセス

1) 営業プロセス（顧客関連のプロセス） [ISO9001 7.2]

審査復興後の受注活動のため、様々な活動が行われている。震災後に顧客から省エネルギー対策の推進の提案が要求される例が出ている。災害復旧に使われる受注・技術の収集も盛んになっている。

災害復旧工事の特需が、生コン、コンクリート製品、断熱材・保温材、屋根、畳などで発生している。大半が、残業、2交代体制、休日出勤等で急場をしのいでいる。

・事例1 建設業

復旧工事が一段落し、復興工事の発注準備が進んでいる。これまでの発注物件では、工期短縮と品質確保が課題となっている。各建設業とも被災地域の支店機能を強化している。被災地域周辺では、地元優先で、逆に工事が中断した事例があった。

・事例2 リニューアル部門

様々な技術提案（用途別の地震対策、損傷や休業の低減提案など）によって顧客評価と受注に結び付いた事例もある。

・事例3 設計・測量業

災害復旧関連の業務が増加している。

2) 設計プロセス [ISO9001 7.3]

設計事務所、プレハブ設計部門でも被災地の該当物件調査を実施している。実物での妥当性確認内容が報告され、技術データとして蓄積されている。

全体的に、建築構造体への影響は少ないが、非構造部材（天井材等）の被害が顕在化している。建築構造の長周期問題、複合構法における新たな問題点等も発生。

県レベルで街づくりのランドデザインが検討されている。設計の妥当性確認事例は次のとおりである。

・事例1 石巻市漫画館

中瀬で6m水に浸かる。本体を持ち上げた構造（チリ地震6mからメインフロアを8mの高さに設定）のため被災が少なかった。45名の命を守る（食堂の水と食料で5日間籠城）。復興計画づくりのプラットホームとなる。石巻市震災復興基本計画を策定。

3) 購買プロセス [ISO9001 7.4]

災害時には、断熱材、パッキングゴム、特殊インクなどの資材不足が発生し、工期延長、コストアップなどが生じている。

- ・材料、製品輸送に支障が発生した。
- ・調達部材の継続安定購買のための購入先訪問、ヒヤリングが各所で行われている。その後は、東北産材の使用を促進している企業もある。

4) 施工プロセス [ISO9001 7.5]

- ・資材、人材不足による工期延長が随所で発生していた。
- ・通常の業務が停止し、水道管漏水、道路補修、堤防補修等の緊急に対応すべき業務が発生している。
- ・提案・採用された新耐震工法が機能し、受注が増加している事例がある。
- ・解体工事では、今後の原子力などとの複合化が進み、解体が更に難しくなることを予想し、異業種の技術を現場に当てはめることを検討している事例もあった。

5) 製造プロセス [ISO9001 7.5]

- ・震災復興支援として再生砕石を東北地方へ運搬するなどの製品の再配置が行われていた。
- ・阪神淡路の仮設住宅が海外から返還されたが、一部の部材（畳）が不足し、現在も生産増に対応している企業もある。
- ・顧客所有物（支給品）の管理で、在庫切れに伴う代替品で品質不良が発生、顧客に報告して対応している事例があった。[ISO9001 7.5.4]

6) 維持・保全プロセス [ISO9001 7.2]

- ・復旧対応物件をそれぞれの「維持・保全リスト」等から選定し、調査に入っている。
- ・地震発生後に独自に自社施工箇所状況を把握し顧客に報告している事例が多い。
- ・住宅の基礎回り対策、液状化対策が検討されている。

7) 教育訓練プロセス [ISO9001 6.2.2]

- ・宮城県の被災地を支援するため、2011年度新人社員研修のプログラムを変更し、34名を現地派遣（ボランティア活動1か月以上継続）。
- ・現場の増加に伴い、人的資源の確保が急務となり、人の使い方の指導、不慣れな要員への指導、手順の追加作成を行っている。

8) 利害関係者とのコミュニケーション [ISO9001 8.2.1, ISO14001 4.4.3]

復旧資材の調達、応急復旧作業に貢献したことにより関係機関から感謝状を授与している例が多かった。

4. 考察

インフラ、仮設住宅などの復旧および建設物の維持管理の支援に際し、顧客評価のほかに組織の一体感、達成感を得た企業も多かった。社会的責任を果たした企業を評価したい。建築設計では、阪神淡路大震災の教訓が生かされていた。設計条件の確定が生命線を維持した事例があり、設計プロセスでの設計条件の設定、妥当性確認の重要性を再認識した。

東日本大震災の教訓を今後、企業において「プロセス」を補強して能力を高めていくと共に、建設生産プロセス全体で、更なるマネジメントシステムの改善に活用されていくことを期待したい。

5. おわりに

ISO審査本部では、登録組織間でいくつかの「ISO連絡会」が設置されている。関西の12月連絡会では「東日本大震災への対応で学んだことを、マネジメントシステムのレベルアップにどう生かしたか？」が議題となっている。これらの結果を含めマネジメントシステムの有効性を検証し、「2011年度ISO審査本部データブック」に整理して、2013年の50周年（ISO審査本部20周年）事業で紹介したい。

外付け片面補強された鉄筋コンクリート造十字形部分架構の構造性能 — 骨格曲線を用いた際の検討結果と地震応答解析 —

伊藤 嘉則

1. 鉄筋コンクリート建築物における耐震補強方法の現状

1995年阪神・淡路大震災が発生した同年12月に既存建築物の耐震性に関する安全確保を目的とし、耐震改修を促すための「建築物の耐震改修の促進に関する法律」が制定された。これを受け全国の自治体では、病院・学校建築物など多数の人々が利用する特定建築物に対し積極的な耐震診断が行われるようになった。

そうした中、鉄筋コンクリート造による学校校舎などを耐震補強する場合は、枠付き鉄骨ブレースを取り付けた補強が数多く適用されている。この工法により補強を施すと、建物の強度が増大するとともに、粘りも増した構造体にすることができ、最も一般的な補強方法となっている。しかし、補強部材となる鉄骨を建物内に設置するため、補強工事が夏期休業中などに限定される不都合がある。また、鉄骨ブレースが存在するため、開口を妨げるなど補強後の景観に対する問題点が残されている(以上、写真1)。

他方、柱のみを補強する場合は、鋼板又は連続繊維シートを柱の外周部に巻き付ける方法がある。しかし、これらの材料には、一長一短(例えば、連続繊維シートは、

材料そのものが軽量で高強度であるが脆性的であること、また、施工時に柱表面の不陸処理などが必要となる。鋼板においては、韌性のある材料であるが、重量が重いため施工時に重機などが使用され、かつ、現場での溶接作業なども伴う)がある。従来、これらの材料は単独で用いられ、材料の特徴を活かした又は欠点を互いに補って組み合わせ補強した併用補強法に関する開発研究はほとんどなされていない。

2. 新たな耐震補強方法

鉄筋コンクリート造柱に対する新たな耐震補強工法として、鋼板と連続繊維シートの双方を柱の外周に巻き付け、グラウトモルタルを充填する補強法に関する実験に携わってきた^{1)~4)}。この工法では、鋼板が分割されており、かつ、厚さの薄い鋼板を使用しているので重機不要の施工が可能となっている。また、分割鋼板は溶接せずに重ね継手とさせており、これに連続繊維シートを鋼板の外周に巻き付けるものとなっている。このとき、繊維シートは平滑な表面の鋼板に直接貼り付けられるので、既存部コンクリートの不陸などの問題が解消される。



写真1 枠付き鉄骨ブレース補強



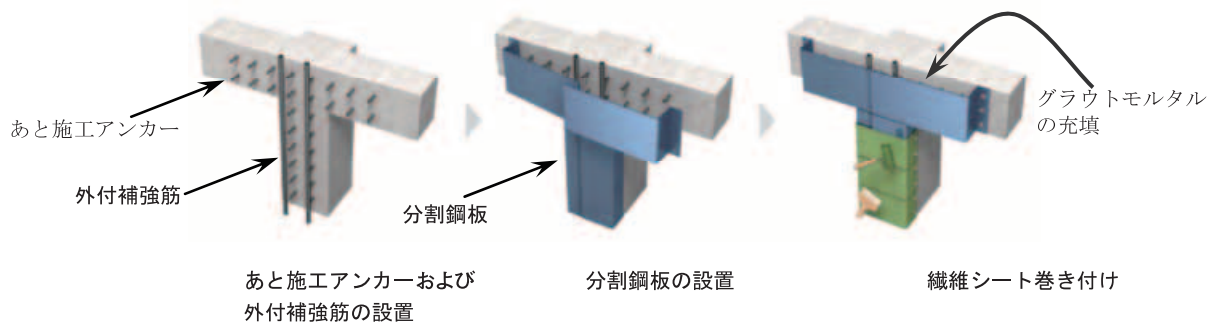
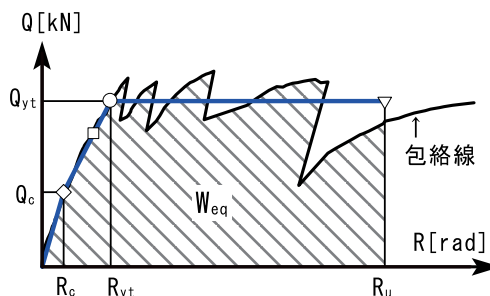


写真2 柱と柱梁接合部のみを補強する新たな外付け片面補強

表1 試験体一覧

試験体記号	補強タイプ	既存部		外付補強筋
		断面など	梁主筋	
CN	柱のみ外付け片面補強	柱断面:300×300mm 内法高さ:1050mm 主筋:8-D16 (SD295A) 帯筋:D10@200 (SD295A)	8-D19 (SD345)	柱のみ2-D22 (SD490)
CNG	試験体CNを梁まで片面補強	梁断面:200×400mm 内法長さ:1500mm 筋筋:D10@80 (SD295A)	8-D16 (SD295A)	柱・梁ともに2-D22 (SD490)
CNN	試験体CNの梁主筋量を低減			柱のみ2-D22 (SD490)



◇: 曲げひび割れ点 □: R=1/150rad時 ○: 降伏点 ▽: 限界点 (Ru=1/25rad)

図2 包絡線の3折れ線による線形化置換

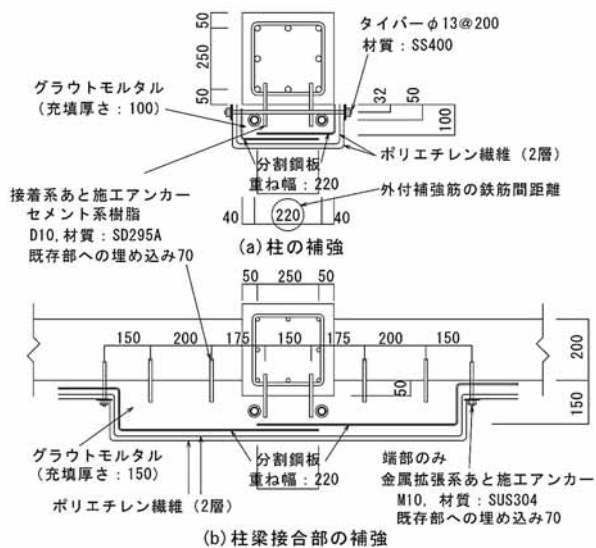


図1 補強方法 (単位 mm)

これまでの実験結果によると、この工法は、分割鋼板と繊維シートの複合効果により耐震性能が向上することが明らかになっている。こうした特長を応用し、柱のみの補強でも十分となればブレースが不要となり、開口を妨げるなどの景観に対する問題点も解消される。そこで、建物を利用しながらの補強工事も考慮して (写真2)、外壁面を想定した柱の一側面のみを片面補強した十字形部

分架構の水平加力実験を行った⁵⁾。その結果、柱のみの補強でも十分な補強効果が得られることが分かった。

この報告では、同実験結果から得られた非線系な履歴曲線を骨格曲線による線形化置換を施し、構造性能を把握するため検討結果および解析例を示す。実験結果などの詳細については、文献5を参照いただきたい。

3. 解析に用いた試験体及び実験概要

表1に検討対象とした試験体一覧を、図1に試験体概要を示す。試験体は、鉄筋コンクリート造架構の一部を想定した十字形部分架構となっており、これに柱および柱梁接合部を外付け片面補強した3体から構成されている。合計3体の試験体は、①梁補強の有無、②既存梁の主筋量が異なっている。

4. 骨格曲線への置換

実験から得られる履歴曲線 (せん断力-変形角曲線) は、一般に非線形な挙動を示す。この報告では、履歴曲線から作成される包絡線を図2に示すような3折れ線で構成されたトリリニア型骨格曲線による線形化置換を施し、これをもとにした構造性能を検証する。本章では、その置換方法について述べる。

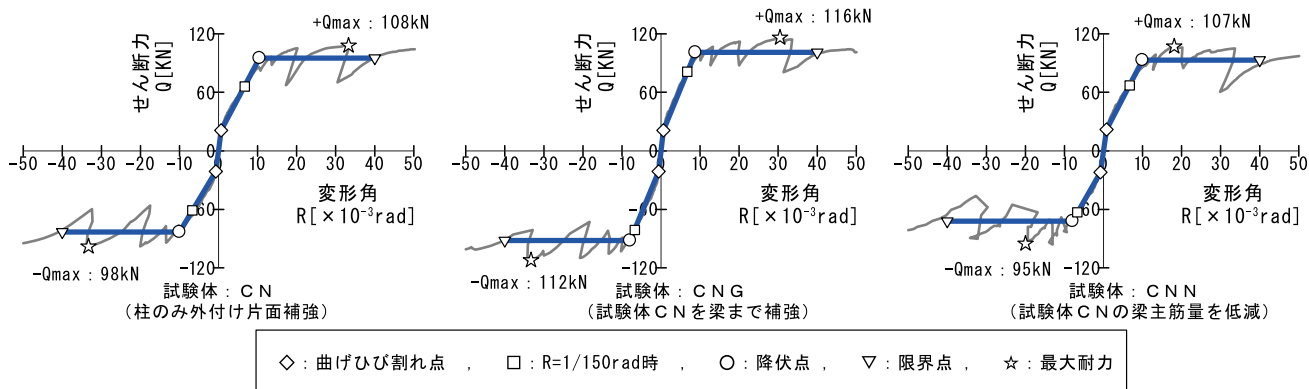


図3 線形化置換された骨格曲線と包絡線

本手法の基本概念は、エネルギー一定則にもとづいており、包絡線が限界変形角 (R_u) までに吸収したエネルギー (W_{eq}) と骨格曲線上の面積が等価となる降伏点 (Q_{yt} , R_{yt}) を求めるものである。なお、 R_u は、一般に最大耐力から2割耐力低下 ($0.8Q_{max}$) したときの変形角で与えられるが、本試験体では変形角 $R=1/20rad$ まで著しい耐力低下が見られず、既往の研究成果⁴⁾ との対応から $R_u=1/25rad$ と定義した。

線形化置換する骨格曲線において、第1折点は曲げひび割れ点 (Q_c , R_c) とし、その曲げひび割れ耐力を式 (1) で示す計算値とした。

$$Q_c = (0.56\sqrt{\sigma_{bg}} \cdot Z_e) \cdot \frac{2}{H} \quad \dots (1)$$

Q_c : 曲げひび割れモーメント時のせん断力
 Z_e : 鉄筋を考慮した補強後断面に対する断面係数
 σ_{bg} : 補強後のコンクリート圧縮強度

第2折れ線は、建築防災協会編の診断基準⁶⁾ で規定されている曲げ柱の降伏変形角を参考に、曲げひび割れ点と変形角 $R=1/150rad$ 時を結ぶ直線勾配とした。これらと第3折れ線とがX軸で囲む面積 (W_{eq}) と等価になる降伏点 (Q_{yt} , R_{yt}) を求めることで線形化置換した。この線形化は、図3に示すように正負それぞれについて求めており、正負の平均値をもって定量化した (表2)。

5. 骨格曲線を用いた構造性能

5.1 降伏点時の耐力及び変形角

表2中には、建築防災協会編の改修指針⁶⁾ を準用して算出した式 (2) による柱の曲げ耐力計算値 (Q_{my}) を併記した。

$$Q_{my} = [j_t \cdot \Sigma a_t \cdot \sigma_{ty} + j_r \cdot \Sigma a_r \cdot \sigma_{ry}] \cdot \frac{2}{H} \quad \dots (2)$$

表2 ひび割れ点および降伏点

試験体記号	ひび割れ点		降伏点		曲げ強度計算値 Q_{my} [kN]
	Q_c [kN]	R_c [$\times 10^{-3}rad$]	Q_{yt} [kN]	R_{yt} [$\times 10^{-3}rad$]	
CN	20.8	0.7	89.1	10.2	73
CNG	21.2	0.6	96.8	8.3	
CNN	22.2	0.8	82.8	9.0	

j_t, j_r : 主筋および外付補強筋の鉄筋間距離
 $\Sigma a_t, \Sigma a_r$: 主筋および外付補強筋の引張鉄筋断面積
 σ_{ty}, σ_{ry} : 主筋および外付補強筋の降伏強度
 H : 柱内法高さ

表2より、いずれの試験体も降伏耐力 (Q_{yt}) は計算値曲げ耐力 (Q_{my}) を上回り、その比は1.3~1.4倍程度あった。また、骨格曲線上の降伏変形角 (R_{yt}) の平均値は概ね $R=1/100rad$ 程度であり、診断基準で規定される降伏変形角 ($R=1/150rad$) より大きい値となっていた。

5.2 等価粘性減衰定数と塑性率の関係

骨格曲線上で得られた降伏変形角 (R_{yt}) をもとに算出した塑性率 ($\mu_{yt}=R_u/R_{yt}$) と等価粘性減衰定数 (h_{eq}) との関係調べた。ここで h_{eq} は、実験で得られた履歴曲線をもとに式 (3) より求めた値 (但し、正負それぞれの半ループごとに算出) である。

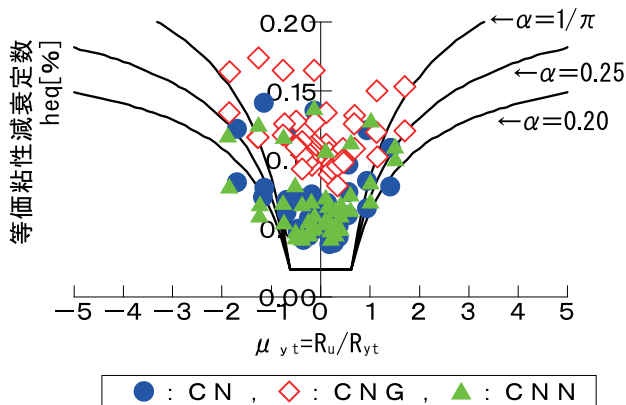


図4 等価粘性減衰定数と塑性率の関係

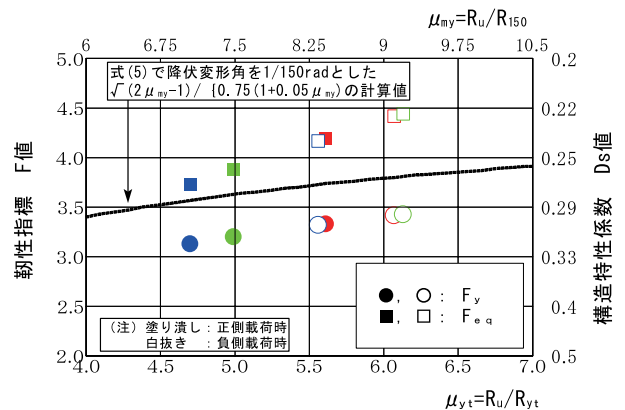


図5 F値と塑性率の関係

$$h_{eq} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W} \quad \dots (3)$$

ΔW : 履歴ループ1/2サイクルが囲む面積

W : 等価ポテンシャルエネルギー

図4に h_{eq} と μ_{yt} の関係を示した。図より、初期減衰が5%程度あり、かつ、 μ_{yt} の増大とともに h_{eq} が高くなることが確認できた。また図中には、定常ループを前提（除荷剛性は $K/\sqrt{\mu_{yt}}$ ）とした剛性低下型復元力特性に対して与えられている式(4)において、 α を変動させた計算値も図示（粘性減衰は、 $h_0=0.05$ ）した。

$$h_{eq} = \alpha (1 - 1/\sqrt{\mu_{yt}}) + 0.05 \quad \dots (4)$$

図4より、実験結果は柴田により提案されている $\alpha = 0.2$ が下限値、限界耐力計算で適用されている $\alpha = 0.25$ が平均値として与えられていることが分かった。なお、トリリニア型の剛性低下型復元力モデルに関する $\alpha = 1/\pi$ は、概ね上限値となる。従って、実験結果の h_{eq} は、骨格曲線上の降伏変形角 R_{yt} を用いた塑性率との関係で把握すれば、柴田式の $\alpha = 0.2$ （同式は、もともと下限式として提案されている）と概ね適合することが明らかとなった。

5.3 靱性指標

新規建築物を対象とした設計法の中に保有水平耐力計算がある。この設計法は、変形性状に優れる建物の必要保有水平耐力を低減できるもので、その指標として構造

特性係数 (D_s) が取り入れられている。診断基準での変形性能は靱性指標 (F値) で判定されるが、その逆数 ($1/F$) は D_s に相当する。その $1/F$ 値は、塑性率を $\mu_{yt} = R_u/R_{yt}$ で表現すると、Newmarkのエネルギー一定則にトリリニア型復元力特性に適用するための修正係数 (ϕ) を乗じた式 (5) で与えられる。

$$F_y = \sqrt{2\mu_{yt} - 1} / \phi, \quad \phi = 0.75(1 + 0.05\mu_{yt}) \quad \dots (5)$$

図5は、式(5)より算出された靱性指標 (F値) と μ_{yt} の関係 (凡例: ●) である。図において、本試験体の R_{yt} は診断基準の降伏変形角より大きい値なので、 F_y 値が見掛け上安全側に算出されている。逆をいえば、降伏変形角の違いが F_y 値に反映できないことが判断される。これは、式(5)が塑性率のみの関数で与えられていることが要因の1つに挙げられ、エネルギー特性などの因子を取り入れた評価方法の検証が必要と考える。

一方、診断基準⁶⁾の解説中に、等価線形化法を用いて提案された式(6)が参考として示されている。式(6)は、塑性域での減衰効果を考慮した係数 (D_h) が考慮されており、それは部材のエネルギー吸収能力を示す1つの指標である等価粘性減衰定数 (h_{eq}) を用いて評価される。

$$F_{eq} = \frac{\sqrt{\mu_{yt}}}{D_h} \quad \dots (6)$$

$$D_h = \frac{1.5}{(1 + 10h)}, \quad h = h_{eq} + h_0$$

D_h の算定に際して h_{eq} に柴田式を適用し、その結果得られる式(6)の算定結果を式(5)との対比を含めて調べた。図5中には、式(6)より得られた F_{eq} 値(凡例：■)が示されている。図において、式(6)は式(5)の F_y 値に比べるとやや大きい値となり、骨格曲線の特徴が反映される結果となっている。その際に、変形の進展とともに変化するエネルギー特性を等価粘性減衰定数で評価されるので、式(5)に比べ工学的にも有用性が高いと思われる。

5.4 保有性能基本指標

耐震補強設計における2次診断では⁶⁾、補強後の耐震性能が強度指標及び靱性指標の積、すなわち、保有性能基本指標(E_0)で判定される。この考えを参考に、本試験体の強度指標として骨格曲線から得られた降伏耐力(Q_{yt})を与え、靱性指標に式(6)を用いれば、補強後の耐震性能(保有耐力)が式(7)で与えられる。ただし、 $R_u=1/25rad$ としており、強度指標の評価には建物重量を考慮していない。

$$Q_{ud} = Q_{yt} \cdot \frac{\sqrt{\mu_{yt}}}{D_h} \quad \dots (7)$$

式(7)を診断基準の構造規定(降伏変形角： $R_{150}=1/150rad$ ，限界変形角： $R_u=1/30rad$)に従って表現すると、次式で表される。

$$Q_{診断ud} = Q_{my} \cdot \frac{\sqrt{2\mu_{my}-1}}{0.75(1+0.05\mu_{my})} \quad \dots (8)$$

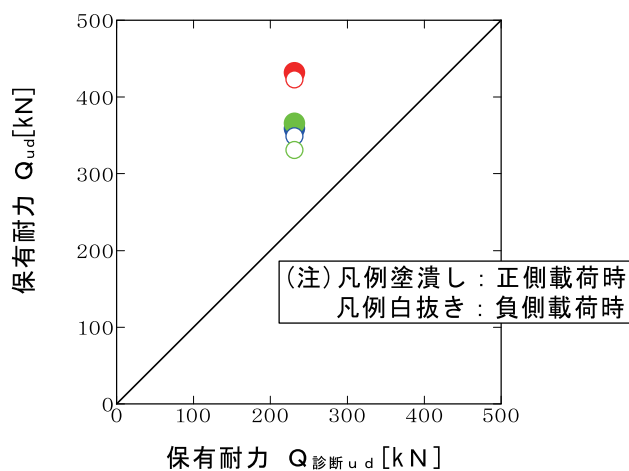


図6 保有耐力

図6は、式(7)と式(8)の関係をプロットしたものである。2章で示した方法により耐震補強された本試験体は、靱性を確保した上での曲げ強度増大効果が実験から確認されている。式(8)による現行の評価法は、そうした特長が反映できないが、式(7)を用いることで実験結果の傾向を捉えることができると判断される。

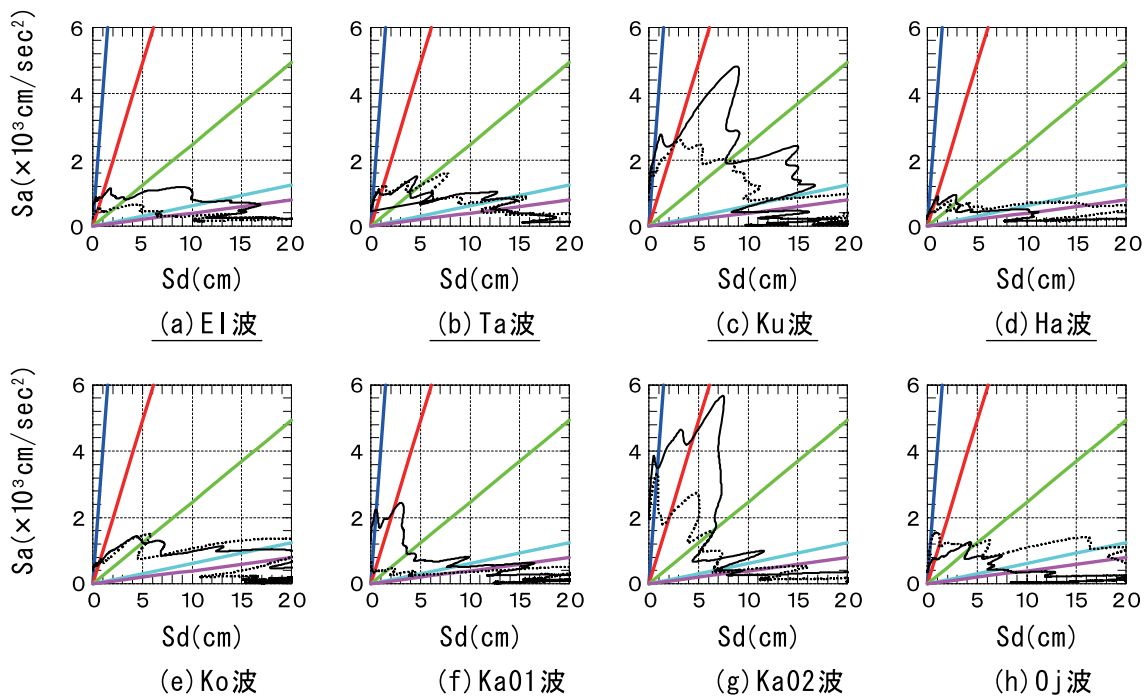
6. 骨格曲線を用いた1質点弾塑性応答解析

6.1 解析概要

本章では、表2で示した骨格曲線が地震応答に与える影響を調べた。解析に当たり、表2で与えられる骨格曲線が建物の復元力特性を表すものとし、1質点系による弾塑性応答解析を行った。解析に用いた地震波は、表3に示す観測波(8種16波)とし、これらは原波形を速度50kineに基準化している。数値積分には、Newmarkの平均加速度法($\beta=1/4$)を用いており、刻み時間は0.01secである。減衰は弾性時を5%とする初期剛性比例型とした。解析パラメータは弾性周期とし、柱軸力比(n)に換算した $n=0.05\sim 0.40$ (0.05刻み)による建物重量を変動させた6種類である。図7は、各地震波の加速度応答スペクトルと変位応答スペクトルの関係である。表4は、解析パラメータとなる弾性周期一覧を示しており、同表中には降伏点時に対する等価周期も併記した。

表3 解析に用いた地震波一覧

地震波	記号	成分	最大加速度 [gal]		解析時間 [sec]
1940Imperial Valley地震 EL CENTRO	El波	NS	449	-346	50
		EW	217	-185	
1952Kern Country地震 TAFT	Ta波	NS	423	-382	54
		EW	504	-419	
1993釧路沖地震 釧路地方気象台	Ku波	NS	881	-1040	120
		EW	675	-788	
1968十勝沖地震 八戸港湾	Ha波	NS	280	-183	36
		EW	212	-205	
1995兵庫県南部地震 神戸海洋気象台	Ko波	NS	319	-455	30
		EW	408	-317	
2004新潟県中越地震 川口町川口気象台本震	Ka01波	NS	996	-1134	30
		EW	354	-193	
2004新潟県中越地震 川口町川口気象台余震	Ka02波	NS	1968	-1726	45
		EW	1497	-994	
2004新潟県中越地震 小千谷市内気象台	Oj波	NS	354	-331	45
		EW	391	-532	



(注)実線はNS成分を,点線はEW成分を示す。なお,いずれも減衰 $h=5\%$ とした。

— T=0.1sec — T=0.2sec — T=0.4sec — T=0.8sec — T=1.0sec

図7 速度50kineに基準化した各地震波の
加速度応答スペクトル (Sa) -変位応答スペクトル (Sd) 曲線

表4 ひび割れ点および降伏点時の周期

試験体 記号	軸力比 (n)							
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
CN	0.20	0.28	0.35	0.40	0.45	0.49	0.53	0.57
	0.37	0.52	0.64	0.74	0.83	0.90	0.98	1.04
CNG	0.18	0.25	0.31	0.36	0.40	0.44	0.47	0.51
	0.32	0.45	0.55	0.64	0.71	0.78	0.84	0.90
CNN	0.21	0.30	0.37	0.43	0.48	0.52	0.56	0.60
	0.37	0.52	0.63	0.73	0.82	0.90	0.97	1.03

(注) 上段はひび割れ点時の弾性周期を,下段は降伏点時の等価周期を示す。

6.2 解析結果

図8に, 軸力比 $n=0.2$ に相当する建物重量を想定した際の解析結果の一例を示す。図8より, 入力する地震波により最大応答変位が異なっている。これは, 図7に示したように, 地震波により周期特性が異なるためであり, 0.2~0.4sec前後の周期を有する場合の応答変位が大きくなっていることがわかった。

他方, 比較的周期の短い建物の最大応答変位を推定する簡易的な手法にNewmarkのエネルギー一定則がある。

この手法は, 5章3節でも述べたように保有水平耐力計算にも用いられており, 構造特性係数と塑性率の関係で評価される。標準層せん断力係数が構造特性係数に相当するので, これを塑性率との関係で把握すれば, Newmarkのエネルギー一定則との対応を調べることができる。図9は, 応答計算から得られた構造特性係数 ($Q_{yt}/Q_e=1/F$) と塑性率の関係である。ここで $Q_{yt}/Q_e=1/F$ は, 骨格曲線上の降伏耐力 (Q_{yt}) をひび割れ点時の剛性を基にして求めた弾性応答せん断力 (Q_e) で除した値である。塑性率

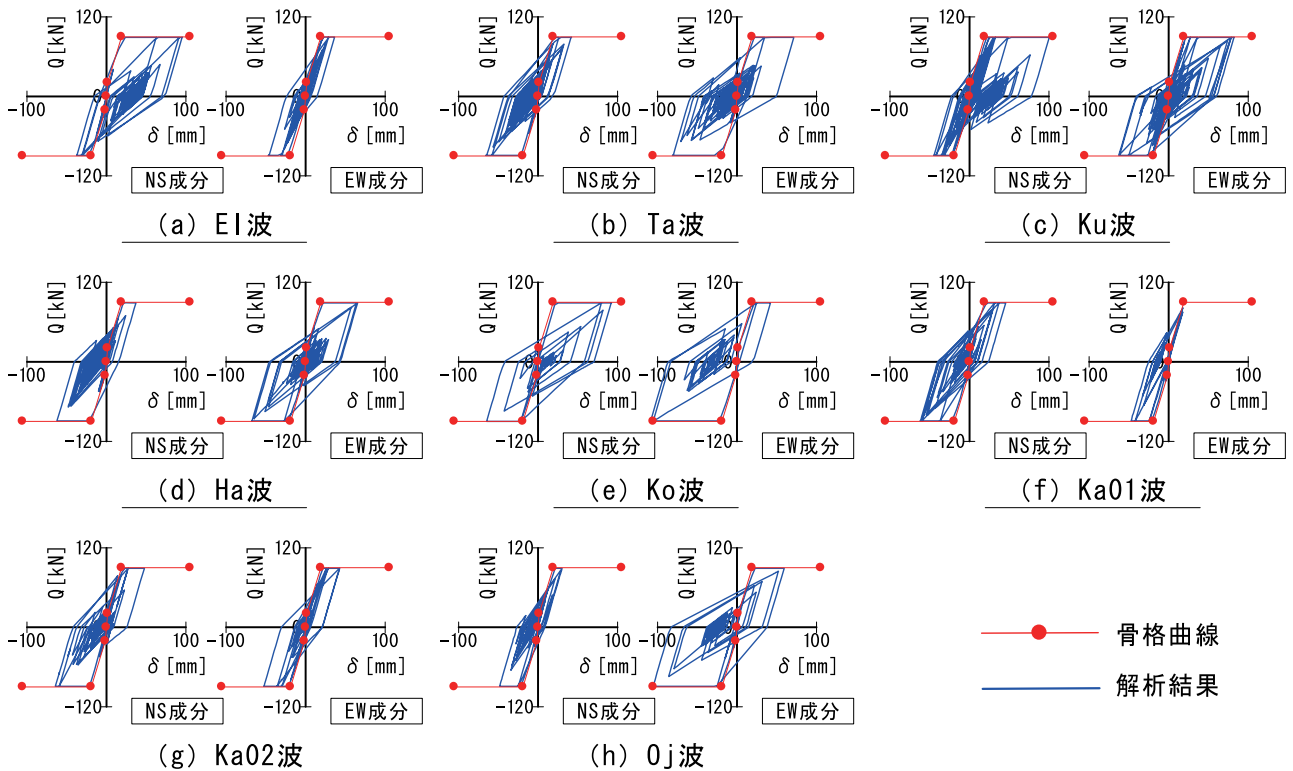


図8 応答解析結果の一例（試験体CN：軸力比 $n=0.2$ に相当する建物重量の場合）

は、図8中の解析値最大応答変形角を骨格曲線上の降伏変形角で除した値である。なお、先に示した診断基準で与えられている靱性指標（F値）の逆数は、構造特性係数に相当し、結局、Newmarkのエネルギー一定則の考えは、診断基準にも取り入れられていることになる。そこで、式（5）および式（6）の逆数も図9中に示した。

図9より、全体を概略すると応答解析より得られた Q_{yt}/Q_e すなわち構造特性係数と塑性率の関係は、Newmarkのエネルギー一定則の関係が概ね成り立っていた。式（5）の評価法は、塑性率の関数のみで与えられているので、周期特性が変数に介在していない。診断基準⁶⁾では、代表的な地震波形を用いた応答解析結果を通して式（5）の妥当性を検証しているが、本試験体の構造特性は、多用な振動特性を有する地震波に対しても適合することが分かった。

一方、例えば神戸海洋気象台（地震波記号：Ko波）のように短周期が卓越する地震波を詳細に見ると、建物の固有周期が小さい場合を想定した応答解析値と図中の青線との適合性が悪い傾向にある。これは一般に共振と呼ばれる現象が原因であるが、トリリニア型骨格曲線にお

いて短周期領域での応答、強いてはNewmarkのエネルギー一定則の関係をより検証する必要性がうかがえる。一方、塑性率が4を超えるような領域では、現行の評価法（図中の青線）より、式（6）による評価法（図中の赤線）で評価しても良いことがうかがえる。従って、本試験体のような靱性を確保した上での強度増加が図れる補強法に対する保有耐力の評価法として、5章4節で示した式（7）は応答解析結果からも妥当性が認められた。

7. おわりに

本レポートでは、実験から得られた履歴曲線に対する実験整理法として、非線形な履歴曲線を線形化による骨格曲線に置換する手法を示し、その構造性能を把握するための検証結果を示した。その検証結果は、地震応答解析からも妥当性を有することが認められた。

なお、本レポートは、関東学院大学名誉教授榎谷榮次先生のご指導による継続研究の一環として取りまとめている一部を紹介したものである。解析に用いた実験は、日本レトロフィット工学協会より当センターに依頼され実施したものである。

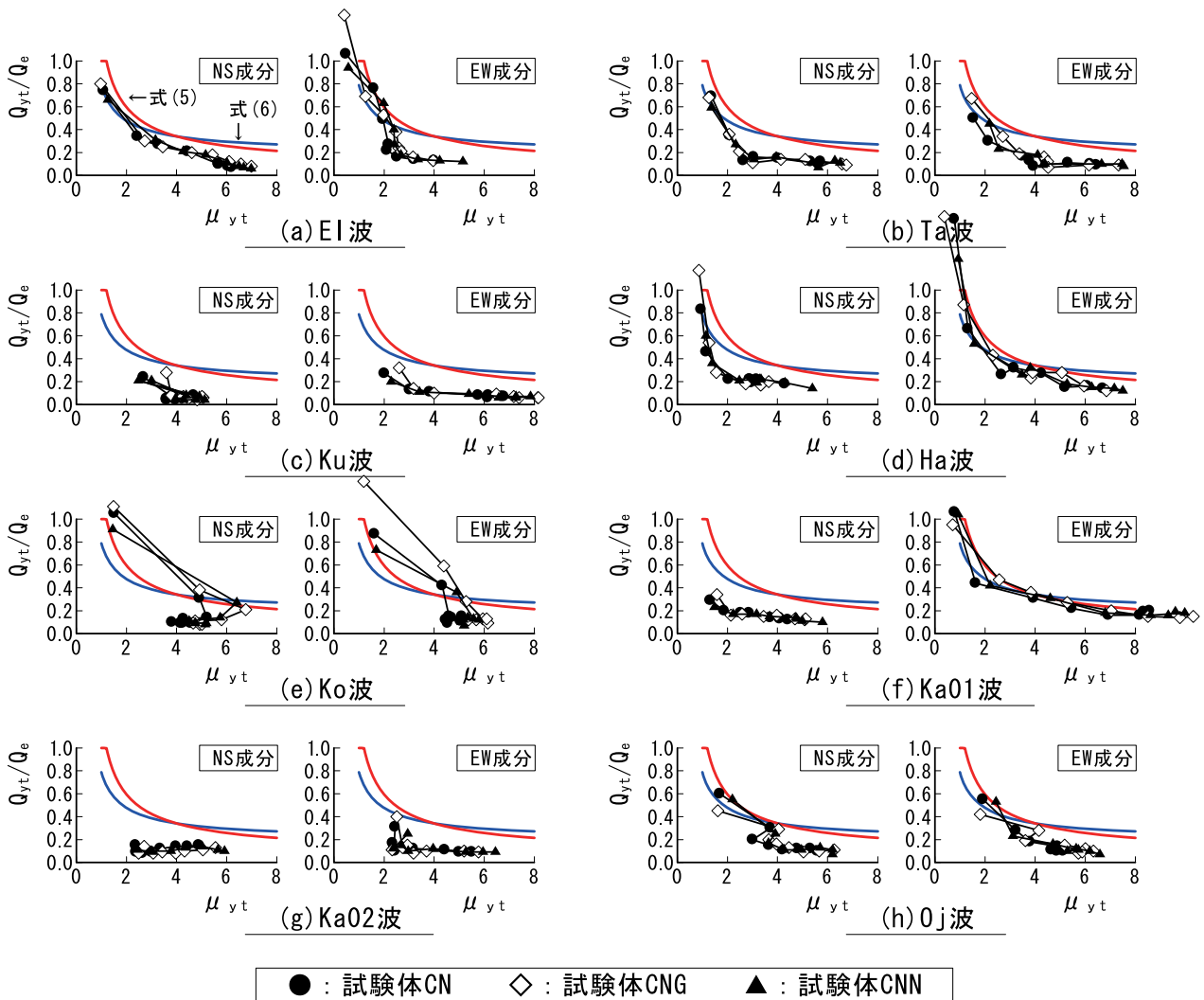


図9 応答計算から得られた構造特性係数 ($Q_{yt}/Q_e=1/F$) と塑性率 (μ_{yt}) の関係

【参考文献】

- 1) 伊藤嘉則, 横谷榮次, 沢崎詠二: 種々の方法で耐震補強された低強度コンクリートRC柱の補強効果に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第613号, pp97~104, 2007.3
- 2) Y.Itoh, E.Makitani, K.Yamaguchi, M.Mogi: Seismic Structural Performance of Existing RC Members Retrofitted with the Newly Developed Steel Plate and Aramid Fiber Sheets Hybrid System and its Applications, 8th International Symposium on FRPRCS, University of Patras, Greece, July.2007
- 3) 伊藤嘉則, 横谷榮次, 渡部洋, 山口啓三郎: 鋼板とアラミド繊維シートにより耐震補強されたコンクリート柱の横拘束効果に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第650号, pp869~878, 2010.4
- 4) 伊藤嘉則, 横谷榮次, 相場豊史, 茂木順一: アラミド繊維と鋼板を併用して耐震補強したRC造柱の構造特性, 曲げ耐力増大効果と靱性指標の実験的検証, 日本建築学会構造系論文集, 第671号, pp55~64, 2012.1
- 5) 伊藤嘉則, 横谷榮次, 山口啓三郎, 若林和義, 他: 鋼板および連続繊維シート併用によるRC造柱梁接合部の耐震補強法に関する研究 (その1~その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2構造IV, pp571~576, 2010
- 6) 日本建築防災協会: 改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準及び耐震改修設計指針・同解説, 2001

*執筆者

伊藤 嘉則 (いとう・よしのり)

(財)建材試験センター 中央試験所
構造グループ 主幹





草加でのツーバイフォーの 実大実験



東京大学 名誉教授 坂本 功

私の専門分野は、昭和48年に、建設省建築研究所から東京大学に移ったのがきっかけとなって、ビルものなどの振動から木造建築の構造に変わった。木造についての知識はもともとほとんどなかったし、また当時の木造をめぐる動きにも疎かった。それで、実験的にせよ解析的にせよ、研究的なことをするどころではなく、参考書やら論文やら雑誌の記事やらを、手当たり次第に読むのが精一杯だった。

そんなとき、木造に関する実験にはじめて参加させてもらったのが、(財)建材試験センターの草加にある中央試験所で行われたツーバイフォー住宅の実大模型を用いた加力実験だった。この実験は、このコラムで阿部市郎さん(現NPO建築技術支援協会理事)がすでにお書きになっているように、杉山英男先生を委員長とする(財)国土開発技術センターの委員会のもとで行われたものであり、私もこの委員会に加えていただいた。2棟の実験で、昭和50年の暮れころから昭和51年のはじめころだったと思う。

ところで私は、それまで振動を専門にしていたので、この実験でも、静的加力実験ではなく、小型起振機を用いた振動実験を担当した。当時建築研究所にいらっしゃった石山祐二さん(現北海道大学名誉教授)といっしょにやったと思う。つまり、建材試験センターでのこの実験は、私が振動屋から木造屋に変身？する橋渡しの役割をしてくれたことになる。

その翌年、東海地震説をうけて東海地震対策に乗り出した静岡県から話があり、その一環として、実在木造住宅の加力実験を引き受けることになった。上洗足というところにあった県営

住宅で取り壊し予定のものを使って、加力実験をやろうというものだった。それで、この実験を建材試験センターにお願いしてやっていただいた。地理的にも時間的にも、また費用の面でも、非常に条件がきびしかったはずだが、予期した以上によくやってくれくださった。たぶんその時構造試験課長をなさっていた川島謙一さんが、すべてを取り仕切ってくれくださったもので、たいへんありがたかった。

比較的最近では、平成16年から、木造住宅の実大模型を振動台に載せて加振する一連の実験を行っているが、そのために設置された「木質構造建築物の振動試験研究会」の委員長をやらせていただき、いくつもの実験に立ち会う機会を得て、おおいに勉強になった。

このほかにも、建材試験センターには、いろいろな実験をお願いしたり、また実験に協力させていただいたりし、現在も評議員をはじめとしていくつかの役割をやらせていただいている。そして、このようなさまざまな形でのおつきあいの原点は、あの草加での実験だったと思う。



ツーバイフォー住宅の加力実験(草加)

ニュース・お知らせ

(((((.....))))))

ISO50001(エネルギーマネジメントシステム) 導入説明会のご案内

ISO審査本部

2011年6月にISO50001(エネルギーマネジメントシステム)が発行されました。ISO50001は資源エネルギー庁が実施する委託事業の総合評価落札方式の評価項目にもなり、現在注目されているマネジメントシステムです。

本説明会は、規格の概要説明とともにシステム構築や、認証取得のポイントをわかりやすくお伝えします。東京、大阪の2会場で実施しますので、認証取得に関心のある組織様、マネジメントシステム構築支援を検討中のコンサルタント様など、多くの方々のご来場をお待ちしています。

〈プログラム概要〉

- ・ISO50001規格の概要
- ・ISO50001マネジメントシステム構築上のポイント
- ・認証取得について

〈受講料〉 無料

〈開催日時〉

・東京会場

日時 2012年2月21日(火) 13:30~16:30

会場 (財)建材試験センター

日本橋オフィス4階 大会議室

〒102-0012 東京都中央区日本橋堀留町2-8-4

日本橋コアビル

定員 38名

・大阪会場

日時 2012年3月6日(火) 13:30~16:30

会場 堂島ビルディング9階 会議室 (ISO審査本部関西支所と同じビル)

〒530-0047 大阪市北区西天満2-6-8

定員 40名

〈申込み方法〉

下記ホームページよりお申し込みください。

http://www.jtccm.or.jp/jtccm_iso/jtccm_iso_seminar/50001setsume.html

〈お問い合わせ〉

ISO審査本部審査部 担当: 深山, 香葉村

TEL 03-3249-3151

(((((.....))))))

初級内部監査セミナー〈品質〉開催のご案内

ISO審査本部

2012年2月に初級内部品質監査セミナーを開催します。

本セミナーは、座学と演習を程よくあわせた2日間のプログラムで、特に演習の模擬監査は多くの受講者様に好評をいただいています。内部監査をこれから実施する方、実施し始めたばかりの方だけでなく、実際に内部監査を実施している方には監査テクニックのブラッシュアップにもご活用いただけます。2011年度内はこれが最後の開催となります。

これから内部品質監査員になる予定の方を対象に、用語と規格の解説、内部監査のしくみについて演習形式を取り入れて学びます。

〈開催日時〉

・東京会場

2012年2月14日(火), 15日(水)

1日目 10:00~18:00 2日目 9:30~17:00



〈受講料〉 JTCCM申請登録組織: 30,000円(税込)
その他の組織: 45,000円(税込)

〈申込み方法〉

下記ホームページよりお申し込みください。

http://www.jtccm.or.jp/jtccm_iso_seminar

〈お問い合わせ〉

ISO審査本部開発部 セミナー事務局: 田口

TEL: 03-3664-9238 FAX: 03-5623-7504

E-Mail: kaihatsu@jtccm.or.jp

JISマーク表示制度に基づく製品認証登録

製品認証本部では、下記企業(2件)について平成23年10月17日、10月20日付でJISマーク表示制度に基づく製品を認証しました。

<http://www.jtccm.or.jp/jismark/search/input.php>

認証登録番号	認証契約日	工場又は事業場名称	JIS番号	JIS名称
TC0411001	2011/10/17	(株)星野産商 田原事業所	A5011-4	コンクリート用スラグ骨材—第4部:電気炉酸化スラグ骨材
TC0211004	2011/10/20	(株)東北建材センター	A6517	建築用鋼製下地材(壁・天井)

ISO 14001 登録事業者

ISO審査本部では、下記企業(2件)の環境マネジメントシステムをISO14001(JIS Q 14001)に基づく審査の結果、適合と認め平成23年11月26日付で登録しました。これで、累計登録件数は649件になりました。

登録事業者(平成23年11月26日付)

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RE0648	2011/11/26	ISO 14001:2004 (JIS Q 14001:2004)	2014/11/25	古久根建設(株)	東京都文京区音羽一丁目1番1号 <関連事業所> 東北営業支店	古久根建設(株)およびその管理下にある作業所群における「建築物の設計及び施工」、「土木構造物の施工」に係る全ての活動
RE0649	2011/11/26	ISO 14001:2004 (JIS Q 14001:2004)	2014/11/25	藤木鉄工(株)	新潟県北蒲原郡聖籠町東港3-2265-6 <関連事業所> 仙台営業所,新潟営業所	藤木鉄工(株)およびその管理下にある作業所群における「鋼製橋梁及びその他鋼構造物の製作及び施工」、「建築用鉄骨の製作」に係る全ての活動

OHSAS18001 登録事業者

ISO審査本部では、下記企業(1件)の労働安全衛生マネジメントシステムをOHSAS 18001:2007に基づく審査の結果、適合と認め平成23年11月26日付で登録しました。これで、累計登録件数は54件になりました。

登録事業者(平成23年11月26日付)

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RS0054	2011/11/26	OHSAS 18001:2007	2014/11/25	渡利建設(株)	鹿児島県薩摩郡さつま町船木2815	渡利建設(株)およびその管理下にある作業所群における「土木構造物の施工」に係る全ての活動

「建材試験情報」年間総目次

	巻頭言	寄稿	技術レポート	試験報告	規格基準紹介
1	今こそ生活大国を： 長田直俊	<p>〈特集〉建材の資源循環—関係法令と技術の現状—</p> <p>1. 建築分野における資源循環：吉田倬郎 / 2. 資源循環型社会に向けた国の施策の動向①循環型社会の構築に型社会の構築に向けた環境省のリサイクル関連施策の動向：沼田正樹 / 3. 資源循環としての材料・製品①木質指した取組み～：河上榮忠, ③エコセメント：石森正樹, 仙波裕隆, ④石膏ボードとそのリサイクルへの取組み：史郎, ②資源循環シミュレーション手法の開発について：藤本郷史, 野口貴文, ③団地再生の取組み～UR都市組みリサイクル材, エコ建材等の試験・評価について：真野孝次, 大島明</p>			
2	我が国住宅・窯業建材産業の新展開を担う評価・認証機能への期待：土井良治	北九州市における環境モデル都市の仕組みについて～資源循環型社会構築へ～：櫃本礼二	地域仕様による木造軸組構法住宅用の壁の内せん断試験：早崎洋一	省令準耐火構造に関する天井の耐火性能試験	リスクマネジメントに関する規格制定について ・JIS Q 31000(リスクマネジメント—原則及び指針) ・JIS Q 0073(リスクマネジメント—用語)
3	試験・評価事業の展開にあたっての抱負：黒木勝一	室内空気質に関する国際標準化の最近の動向：田辺新一	低放射率材料を用いた部材の性能評価方法に関する研究(その1)放射率測定方法の検討：萩原伸治	壁装材の性能試験	JIS A 1157 (コンクリートの圧縮クリープ試験方法)の制定について
4	「構法教育を振り返って」：真鍋恒博	室内VOCの現場測定用検知器とその評価法の国際標準化：松原一郎	低放射率材料を用いた部材の性能評価方法に関する研究(その2)外壁モデルの試験結果：田坂太一	建築用シーリング材の性能試験	JIS A 5406 (建築用コンクリートブロック)の改正について
5	暴露試験による建材・住宅設備のエコ化を目指して：屋良秀夫	木造軸組構法住宅に使用する木材の品質と耐力壁の性能に関する検証：青木謙治	大開口防火設備の防火試験に関する考察：白岩昌幸	浴槽の品質試験	JIS A 5705 (ビニル系床材)及びJIS A 1454 (高分子系張り床材試験方法)の改正について
6	最近の建築行政の動向について：井上勝徳	コンクリート用又は道路用スラグのJISへ環境安全品質を導入するための指針の制定について：肴倉宏史	溶融スラグ骨材を対象としたポップアウトの確認方法の標準化に関する実験的研究：中里侑司	ホタテ貝殻粉末塗材のかび抵抗性試験	JIS Q 10001 (品質マネジメント—顧客満足度—組織における行動規範のための指針) JIS Q 10003 (品質マネジメント—顧客満足度—組織の外部における紛争解決のための指針)
7	製品試験における想定外：加藤信介	既存木造校舎の振動実験について：荒木康弘	可視光応答型光触媒建材の空気浄化性能に関する研究—ホルムアルデヒドに対する評価法の検討—：石川祐子	再生プラスチック製の棒の性能試験	JIS A 2102-1 (窓及びドアの熱性能—熱貫流率の計算 第1部：一般)JIS A 2102-2 (窓及びドアの熱性能—熱貫流率の計算 第2部：フレームの数値計算方法)
8	想定外：河合直人	新設コンクリート橋上部工の塩害抵抗性向上への取組みについて：佐川康貴	促進劣化によるひび割れ補修材の評価に関する研究：流田靖博	ハニカムブラインドの性能試験(抜粋版)	JSTM J 6112 (建築用構成材の遮熱性能試験方法)
9	防耐火建築材料におけるグローバル化の必要性：重富光人	屋上緑化と防水—屋上緑化で考えなければならない三つの外力—：田中享二	組立鉄筋ユニットを配筋した鉄筋コンクリート造基礎梁に関する実験的研究：中村陽介	トンネル補修材料の耐火性能試験	JSTM G 7101(防水材料等の耐根性評価のための模擬針を用いた試験方法)の制定について
10	地道に試験し、確実に前に進む：田辺新一	断熱・遮熱性能評価に関する規格動向：永田明寛, 壁体の断熱・遮熱性能評価について：酒井孝司	メンブレン防水層の劣化処理後の耐久性能試験結果：清水市郎	建築窓ガラス用フィルムの性能試験	
11	既存建築物の耐震性能向上をはじめとする総合改修について：山内隆司	木造建築物の防耐火性能：腰原幹雄	無石綿化に対応した表面試験標準板の検討—代替材料による排気温度の比較実験—：高見治子	高輝度蓄光式誘導標識の摩耗性試験	JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法)の改正について その1試験方法の概要
12	石膏ボード製品の高機能化について：須藤永一郎	枠組壁工法住宅の耐震性能に関する諸検証：沖浦博	比較法による建物外皮の断熱性簡易評価法の検討：田坂太一	換気口の遮音性能試験	JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法)の改正について その2測定の不確かさ

基礎講座	試験設備紹介 ・業務案内	連載	たてもの建材 探偵団	その他	
<p>に向けた経済産業省の取組み：河原木皓, ②建設リサイクル法に係わる最近の動向：岩崎等, ③循環ボードの木材資源循環に果たす役割：姫野富幸, ④木質・プラスチック再生複合材～資源循環を目標林宏治 / 4. 資源循環・再生利用の技術①木質構造に関わる再資源化技術と資源循環の意義：中島機構におけるルネッサンス計画について～：山本一郎 / 5. 資源循環に関する建材試験センターの取</p>				<p>創立50周年企画/ISO/TAG8が歩んだ標準化の動きー建築関連の国際規格ー：坂田種男</p>	1
建築耐火の基礎講座⑤ 耐火建築のすきま：常世田昌寿	—	かんきょう随想(第29回) アイスランドの草屋根の家：木村建一	首都圏外郭放水路(龍Q館)	内部執筆/性能評価事業10年レビュー：佐伯智寛, 創立50周年企画/小菅試験場の設計と西パキスタン派遣のこと：重倉祐光	2
木造部材等の試験・評価③「面材・接合具の試験方法」：上山耕平	フリーアクセスフロアのローリングロード試験	建物の維持管理⑦：村島正彦	西郊ロッジ	内部執筆/JIS認証事業, 5年のあゆみと新たなステップ：製品認証本部, 創立50周年企画/センター創設の経緯と今後の課題：有岡恭助	3
	あと施工アンカーの引張試験		草加シリーズ(8) 富士浅間神社	海外調査報告/中国・上海における建築事情の調査報告：宮沢郁子, 創立50周年企画/既存建築物のコンクリート強度の推定：岡田恒男	4
建築耐火の基礎講座⑥ 建築耐火と地震：常世田昌寿	「圧縮計測システム」の導入	かんきょう随想(第30回) 東日本大震災に思う：木村建一	山陽小野田市文化会館	創立50周年企画/「建築用構材(パネル)及びその構成部分の性能試験方法」制定の思い出：羽倉弘人	5
木造部材等の試験・評価④「継手・仕口接合部の試験方法・評価方法」：守屋嘉晃	発熱性試験室を改良しました	建物の維持管理⑧：村島正彦	草加シリーズ(9) 泉蔵院と毛長神社	創立50周年企画/50周年を期により一層の建材試験センターの発展を祈念する：小野英哲	6
安全衛生マネジメントのススメ(10)「緊急事態」Part1：香葉村勉	四面載荷加熱炉のガス化改良工事		「移情閣 孫文記念館のこと」など	調査研究報告/2010年度調査研究事業報告：経営企画部調査研究課, 平成22年度事業報告, 創立50周年企画/建材試験の50年：阿部市郎	7
		スタンダードを思い巡らして(1)標準ということば：岩井一幸, 明治期の国産化建材探訪記(1) 明治初期に設置された工部省：木村麗	草加シリーズ(10) 日枝神社	国際会議報告/第12回DBMC国際会議に参加して：鈴木澄江, 創立50周年企画/断熱関係で50年：木村建一, 建築分野の部位としての鋼製下地材の役割とその貢献：山口輝光	8
木造部材等の試験・評価⑤「筋かい耐力壁」	塩水噴霧試験機	かんきょう随想(第31回) 太陽熱で冷房や涼房や除湿：木村建一	長野県松本市の重要文化財「旧開智学校」	創立50周年企画/建材試験センターと私：小西敏正	9
安全衛生マネジメントのススメ(11)「緊急事態」Part2：香葉村勉	高機能多用途型2000kN 万能試験機	建物の維持管理⑨：村島正彦	九州の玄関口「JR博多シティ」	創立50周年企画/建材試験センターのあゆみと共に：菅原進一	10
	微生物試験室を改装	明治期の国産化建材探訪記(2) 鉄製部材や機械の製造ー工部省赤羽工作分局：木村麗	草加シリーズ(11) 宝積寺地藏堂と旭神社	内部執筆/ISO審査本部の歩み：ISO審査本部, 創立50周年企画/同じ釜の飯を食ったこの半世紀：菊池雅史, お世話になった48年間を振り返って：森実	11
		スタンダードを思い巡らして(2)長さの単位から生活世界へ：岩井一幸	日本橋シリーズ(1)ハリオガラス(株)本社ビル	国際会議報告/ISO/TC163/SC1 シカゴ会議報告：佐川修, 創立50周年企画/建材試験センターにおける活動の思い出と今後への期待：高橋泰一	12

あ と が き

昨年の日本は、とんでもない大惨事を経験した。行ってもじゃまになるだけで、何の役にも立たないのは百も承知であったが、居てもたってもおられず、被災地の混乱がやや収まった頃、いくつかの東北の海岸沿いの町々を訪れた。そして眼前にある瓦礫の山を見て、かつて家々を構成していた材料が、もはや建築材料という名を失い、単なる邪魔者と化している姿を見て、深い絶望感と喪失感にさいなまれた。長年にわたり建築材料を研究したり教えたりしてきた者にとって、愛すべき材料が、今や忍ぶべくもない様になっていたからである。もちろん、被災された東北の当事者の方々には比較すべくもないが、それでも私なりに大きな衝撃であった。多分私と同じ感慨を持たれた建築材料関係者は多いのではないか。

そして今回の経験を通して、今までとは違った視点から材料を考えることが多くなった。特に津波に対しての抵抗性には、まさに虚を突かれた感じであった。もちろん建築材料単体だけでどうかなるものではないが、それでもまずは自分たちのささやかな分野から、今回の震災で学んだことを生かしていく姿勢は大事ではないか。なぜならば建築は基本的に、小さな材料のたくさんの構成によって作られているからである。

今回の特集も先般の大震災が契機となって企画されている。立場、立場によって同じではないと思うが、今回の震災は今後の材料、構法そして評価に、それなりの影響を与えるような気がしている。(田中)

編集をよ

皆様、あけましておめでとうございます。昨年は本誌をご愛読いただきましてありがとうございました。本年も変わらず建材試験情報をご愛読いただきますようお願い申し上げます。

さて、今月は新春号特集として「よりよい建材・部材を目指して」をテーマに建材・部材を中心に6名の方から寄稿をいただきました。昨年の東日本大震災は我々に大きな傷を残しましたが、この大災害の中から少しでも教訓や知見を見出し、今後役に立てることは現在の我々の責務でもあると思います。建材・部材という限られた分野での報告ではありますが、今月号の特集が少しでも皆様のお役にたてれば望外の喜びです。

本年も電力のひっ迫や世界的な経済不安といった問題が憂慮されます。また、昨年末には北朝鮮金総書記の死去といった大きなニュースも飛び込みこれからの世界の情勢も不透明です。こういった状況ではありますが、今年が皆様にとりまして少しでも良い年になりますよう編集委員一同祈念しております。(藤本)

建材試験情報

1
2012 VOL.48

建材試験情報 1月号
平成24年1月1日発行

発行所 財団法人建材試験センター
〒103-0012
東京都中央区日本橋堀留町2-8-4
日本橋コアビル
<http://www.jtccm.or.jp>

発行者 村山浩和
編集 建材試験情報編集委員会
事務局 電話 048-920-3813
FAX 048-920-3821

本誌の内容や記事の転載に関するお問い合わせは事務局までお願いします。

建材試験情報編集委員会

委員長

田中享二(東京工業大学・名誉教授)

副委員長

尾沢潤一(助建材試験センター・理事)

委員

鈴木利夫(同・総務課長)

鈴木澄江(同・調査研究課長)

青鹿 広(同・中央試験所管理課長)

柴澤徳朗(同・防耐火グループ主幹)

石川祐子(同・材料グループ主幹)

松井伸晃(同・工事材料試験所主任)

香葉村勉(同・ISO審査本部主幹)

常世田昌寿(同・性能評価本部主任)

新井政満(同・製品認証本部上席主幹)

川端義雄(同・顧客業務部特別参与)

山邊信彦(同・西日本試験所試験課長)

事務局

藤本哲夫(同・経営企画部長)

室星啓和(同・企画課主幹)

宮沢郁子(同・企画課係長)

高野美智子(同・企画課)

制作協力 株式会社工文社

SERVICE NETWORK

事業所案内

●草加駅前オフィス

〒340-0015 埼玉県草加市高砂2-9-2 アコス北館Nビル

●総務部、経営企画部 (3階)

TEL.048-920-3811(代) FAX.048-920-3820

●顧客業務部 (6階)

TEL.048-920-3815 FAX.048-920-3822

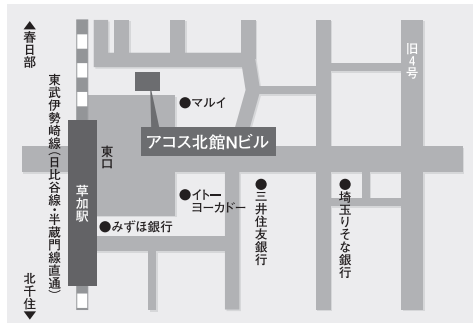
●性能評価本部 (6階)

TEL.048-920-3816 FAX.048-920-3823

●検定業務室 (6階)

TEL.048-920-3819 FAX.048-920-3825

(草加駅前オフィス)



●日本橋オフィス

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町2-8-4 日本橋コアビル

●ISO審査本部 (5階)

審査部

TEL.03-3249-3151 FAX.03-3249-3156

開発部、GHG検証業務室

TEL.03-3664-9238 FAX.03-5623-7504

●製品認証本部 (4階)

TEL.03-3808-1124 FAX.03-3808-1128

(日本橋オフィス)



●中央試験所

〒340-0003 埼玉県草加市稲荷5-21-20

TEL.048-935-1991(代) FAX.048-931-8323

管理課

TEL.048-935-2093 FAX.048-935-2006

材料グループ

TEL.048-935-1992 FAX.048-931-9137

構造グループ

TEL.048-935-9000 FAX.048-931-8684

防耐火グループ

TEL.048-935-1995 FAX.048-931-8684

環境グループ

TEL.048-935-1994 FAX.048-931-9137

校正室

TEL.048-931-7208 FAX.048-935-1720

(中央試験所)



●工事材料試験所

管理課

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8

TEL.048-858-2791 FAX.048-858-2836

浦和試験室

TEL.048-858-2790 FAX.048-858-2838

三鷹試験室

〒181-0013 東京都三鷹市下連雀8-4-11

TEL.0422-46-7524 FAX.0422-46-7387

横浜試験室

〒223-0058 神奈川県横浜市港北区新吉田東8-31-8

TEL.045-547-2516 FAX.045-547-2293

船橋試験室

〒273-0047 千葉県船橋市藤原3-18-26

TEL.047-439-6236 FAX.047-439-9266

(工事材料試験所・浦和試験室、管理課)



●西日本試験所

〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川

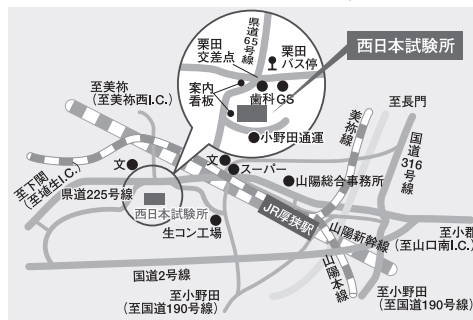
TEL.0836-72-1223(代) FAX.0836-72-1960

福岡試験室

〒811-2205 福岡県糟屋郡志免町別府2-22-6

TEL.092-622-6365 FAX.092-611-7408

(西日本試験所)



最寄り駅

- 東武伊勢崎線草加駅東口徒歩1分

最寄り駅

- 東京メトロ日比谷線 都営地下鉄浅草線 人形町駅A4出口徒歩3分
- 都営地下鉄新宿線 馬喰横山駅A3出口徒歩5分
- JR総武線快速 馬喰町駅1番出口徒歩7分

最寄り駅

- 東武伊勢崎線草加駅または松原団地駅からタクシーで約10分
- 松原団地駅から八潮団地行きバスで約10分 (南青柳下車徒歩10分)
- 草加駅から稲荷五丁目行きバスで約10分 (稲荷五丁目下車徒歩3分)

高速道路

- 常磐自動車道・首都高三郷IC西出口から10分
- 外環自動車道草加出口から国道298号線、産業道路を経て15分

最寄り駅

- 埼京線南与野駅徒歩15分

高速道路

- 首都高大宮線浦和北出口から約5分
- 外環自動車道戸田西出口から国道17号線を経て約15分

最寄り駅

- 山陽新幹線及び山陽本線厚狭駅からタクシーで約5分

高速道路

- 【広島・島根方面から】**
- 山陽自動車道 山口南ICから国道2号線を經由して国道225号線に入る
- 中国自動車道 美祿西ICから国道65号線を「山陽」方面に向かい車で15分
- 【九州方面から】**
- 山陽自動車道 相生ICから国道2号線を經由して国道225号線に入る



財団法人 **建材試験センター**

Japan Testing Center for Construction Materials

