

# Epistula

えびすとら



建設省建築研究所  
Building Research Institute

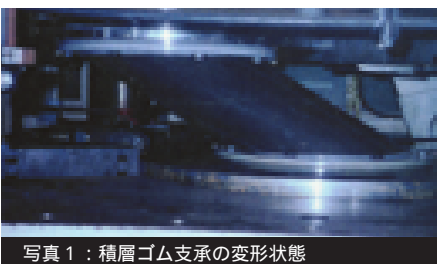
Vol. 27

発行：2000. 2

1995年兵庫県南部地震後には免震建築物の建設数が急増し、免震構造が積極的に採用されるようになってきているが、戸建住宅以外の中低層建築物(以下、中低層建築物)が主であり、戸建住宅での実用化は一部に限られ、免震戸建住宅の普及にはまだ時間が必要である。免震戸建住宅の普及には、コストダウン、免震構造の信頼性の確認等、誰もが納得できる理由が必要であり、戸建住宅を建てたいと考えている人々が、免震の採用をふと思い浮かべるようになることが次の目標である。ここでは、免震構造の特徴を示すとともに、戸建免震住宅が直面している課題を探ってみたい。

## 免震構造の特徴

免震構造は、主に建築物の基礎と1階床の間に免震装置を設置した構造である(図1)。免震装置は、上部構造の重量を支える機能を持つ



とともに、水平方向には小さい力で容易に変形する(水平方向のばね定数は鉛直方向のその1/1000以下)特徴を有する。免震装置は主に、積層ゴム支承(写真1)が使用されるが、免震装置の水平変形を小さくするために、ダンパーと併用される場合が多い。

免震構造は、免震装置の水平ばね定数を小さくすることにより、建築物の固有周期を長くし、建築物に生じる加速度応答を低減することを目的とした構造である。図2に、加速度応答スペクトル(1940エルセントロ波NS成分が地震動として作用する場合、最大加速度341ガル)を示す。加速度応答スペクトルは、横軸に建築物の固有周期、縦軸に最大加速度応答値が示されており、建築物の減衰定数をパラメータとして描かれる。1940エルセントロ波NS成分が建築物に入力する場合、建築物周期が0.3~0.7秒の建築物(5~10階建に相当)で加速度

応答が大きくなる事を示している。一方、建築物の周期がさらに長くなると加速度応答値は減少し、高層建築物(固有周期が1~2秒)では、加速度応答値が小さくなる。免震構造は、この地震時応答の特徴を利用し、建築物の周期を延ばす(2~3秒)ことにより、建築物に発生する加速度応答を低減するものである。しかし、建築物が長周期化すると、建築物の変位は大きくなり、高層建築物、免震建築物とも大きな変位が生じる(図3)。高層建築物の場合は、各階の変形が重ね合わされ、建築物頂部での変形が大きくなるのに対し、免震建築物の場合は、免震層で大きな変位が生じる。免震層の変位を過度に大きくすると、免震装置が大きくなることや建築計画に支障をきたす恐れがあるため、ダンパー等のエネルギー吸収部材を併用することにより、15~25%程度の減衰定数を確保し、免震層の水平変位を小さくしている。

## 特集

# 戸建住宅の免震化により 来る大地震に備える

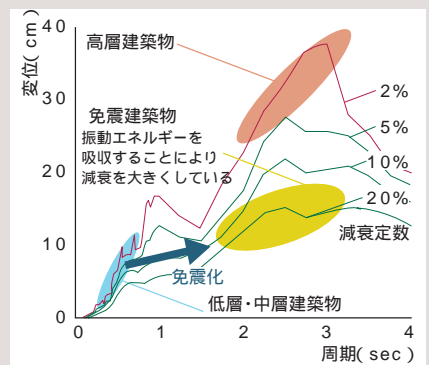
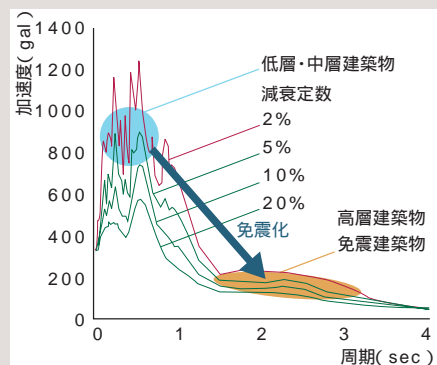
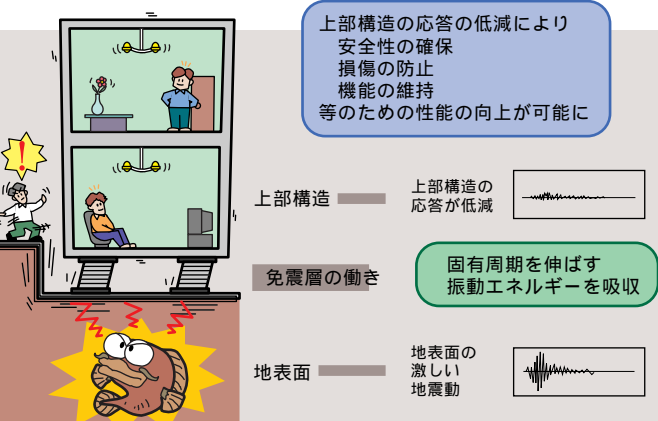


図1：免震構造の特徴

図2：加速度応答スペクトル

図3：変位応答スペクトル

# 免震戸建住宅の普及に向けた取り組み

「地震、雷、火事、親父」の中で、親父が先ず抜けたようである。次に抜ける言葉を地震としたい。

## 戸建住宅の免震化に関わる課題

### 1) 質量の小さな建築物での免震装置

建築物の固有周期 (T、単位sec) は次式で計算される。

$$T=2\sqrt{m/k}$$

ここに、mは建築物の質量(kg)、kは免震装置の水平ばね定数(N/m)である。中低層建築物に比べて質量が小さい戸建住宅では、中低層免震建築物と同程度の周期を確保するためには上部構造の質量に見合う小さなばね定数の免震装置を用いる必要がある。例えば積層ゴムを採用した場合を考えて、戸建住宅の質量が中低層建築物のその1/10であるとすると、積層ゴムの断面積(高さを変えない)が1/10となる。この場合、積層ゴムの直径比は、 $1/\sqrt{10}=1/3.16$ となる。積層ゴムの高さに対する直径が小さくなると、積層ゴムが水平に大きく変形した場合に、積層ゴムが座屈し、上部構造の重量を支えられなくなり、非常に危険な状態となる。従って、積層ゴムを戸建住宅に使用する場合には、座屈の発生を防止するための工夫が必要であり、写真2、写真3のような多段式積層ゴム(写真2の場合は1段に直径の小さな積層ゴムが複数個)が用いられる。

戸建住宅で使用される免震装置には、柔らかいゴムの変形を利用する積層ゴム支承に加えて、水平方向の変位を免震装置の水平のずれ(移動)により発生させる、すべり機構や転がり機構を用いるものがある。これらの機構には、その力学特性が建築物の重量に依存しにくい特徴がある。すべり支承や転がり支承それぞれの特徴をまとめると、以下ようになる。

#### a) すべり支承(図4)

接触面の摩擦を利用した装置であり、水平にかかる力と摩擦の抵抗力の関係で特性が決まる。摩擦抵抗力は、摩擦係数とそこに作用する鉛直荷重を掛け合わせた値である。摩擦係数0.1、重さWの箱がすべりを生じるに必要な水平力は0.1Wとなり、重さの1割の力で水平に動かすことができる。摩擦係数0.1の免震装置を使用すると、震度5強程度の地震動で免震装置がすべり始め、それ以上大きな地震動に対しては、免震効果が現れる。すべりの発生後も変形に対して荷重も増加する(免震装置が元の位置に戻る復元機能を持たせる機能)ように、すべり面に曲率を設けた装置や積層ゴムを併用した装置等が開発されている。

#### b) 転がり支承(図5)

機械分野で利用されているベアリング等を利用した装置であり、転がり摩擦が非常に小さい

特徴を有する。装置によっては、摩擦係数が1/100以下となり、非常に小さい水平力で移動を開始する。すべり支承と同様に転がり支承の場合にも、免震装置に復元機能を持たせるために、転がり面の勾配を利用した装置、積層ゴムと併用した装置が利用されている。また、転がり支承においては、転がり機構のみでは十分な減衰定数を確保することができない場合には、ダンパーを併用する。

#### 2) 地震時と強風時の安全性の両立

戸建住宅は、人々の生活の場であり、地震における安全性が確保されるとともに、日常生活において不快感を与えてはならない。免震構造により、地震時における建築物の加速度応答や層間変位応答が低減するため、以下のような効果が期待され、地震時の安全性が高くなる。

- a) 構造被害あるいは非構造被害の低減
- b) 家具の転倒、置物の落下の防止
- c) 避難路の確保
- d) 心理的不安の緩和

免震装置は、一般的に基礎と1階の間に設置されるため(図6)、地盤からの振動(例えば地震動)に対しては大きな効果が期待されるのに対し、建築物側に作用する荷重(例えば風)に対しては荷重低減が期待できない。強風時において、免震されていない戸建住宅と同等の安全を有す

るためには、強風あるいは暴風に対して免震装置が過大変形あるいは移動を生じないことを確認する必要がある。免震戸建住宅を供給する立場からは、小さい地震から免震効果を発揮し、強風に対しては変形やすべりが生じない戸建住宅であるとして売り込みたいものである。地震時と強風時の安全性を両立させる場合の免震装置の考え方を図7に示したが、地震と風の条件を同時に満足するために、免震装置の摩擦係数の調整(移動を開始する水平荷重の調整)や地震時にロックが外れる固定装置の開発が必要となる。また戸建住宅に作用する風外力の評価に関しても実測を含めたデータの蓄積が必要である。

#### 3) コストの低減

戸建住宅の場合、住宅に占める免震化のコストが非常に高くなる。現在では、実施例も少なく、戸建住宅を免震化する事により、戸建住宅のコストが2~3割アップする。免震装置そのもののコストに加え、以下の項目がコストアップの要因となる。

- a) 1階床や基礎の補強：通常の戸建住宅では、土台が基礎に固定されるが、1階床と基礎に免震装置が設置されると、免震装置を介して、上部構造の自重が基礎に伝えられる。(図6)。1階床の面内剛性を大きくする必要があるととも、

免震装置の個数が少ないと、壁や床の自重を支えるはりの補強が必要となる。また、免震装置を介して基礎に集中荷重が作用し、地盤の支持力を確保する基礎構造の配慮も必要となる。

b) 免震層への対応：免震層で大きな変位が生じるため、免震層周辺のクリアランス確保や免震層を通過する配管類のフレキシブル化が必要となる。

c) 維持管理：免震装置の耐久性に関しては、試験(例えば積層ゴムの場合は、熱老化試験)を実施し、60年相当経過後の特性変化を考慮した設計を行なっている。しかし構造部材としての免震装置の歴史は浅いことから、戸建住宅の竣工後、免震機能に不具合が発生しないための継続的な維持管理が必要である。

d) 法による安全性の確認：免震建築物の安全性に関しては、現行基準法では、建設大臣の認定が必要である。

## 免震戸建住宅の普及に向けて

図8に、平成11年7月までに評定を終了した免震建築物の件数を、用途別に分類し、年度毎に示したが、戸建住宅での実用化はほんの一部に限られている。「大きな地震がまた発生すれば...」の不謹慎な発言はできないが、免震効果の

検証は、実地震でのそれに卓るものはないであろう。免震戸建住宅の普及には、免震化のコストダウンを図ることはもちろんであるが、免震に関する情報の提供や実測データの蓄積等の地道な努力が必要と思われる。

このような背景を踏まえ、実現象に基づいた免震戸建住宅の地震時の安全性、強風時の居住性を確認することが急務と考え、地震時あるいは強風時の実証的なデータを蓄積する目的で、建築研究所多目的実験場に免震戸建住宅実験棟を建設し(写真4)、地震時観測、強風時観測を始めることとした。誰もが納得する免震効果を示すデータが観測されるのは、震度5弱程度の地震動(つくばでは、5~10年間に1度程度観測される地震動)を待たなければならない。

## 謝辞

免震戸建住宅に関する内容は、建設省建築研究所と(社)建築研究振興協会の共同で実施されている、免震住宅研究委員会(委員長：山口昭一(株)東京建築研究所所長、平成7~11年度)で検討された成果の一部を採用させていただいた。関係各位に感謝致します。



写真4：免震戸建住宅実験棟の建設



写真2：1段に複数個配置の多段式積層ゴム

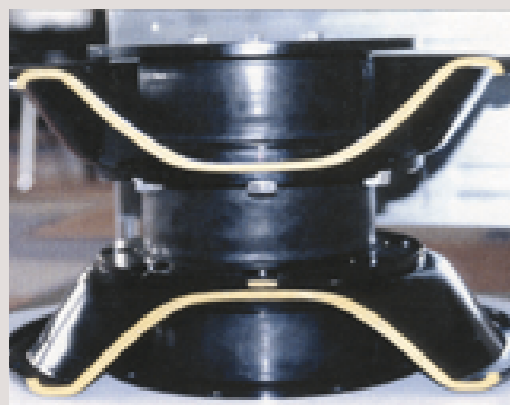


写真3：座屈発生を抑制した多段式積層ゴム

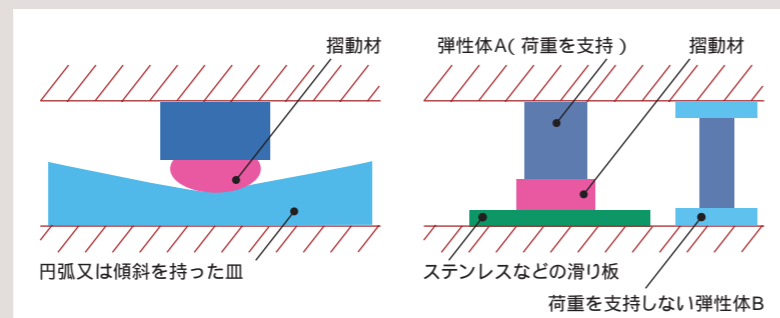


図4：すべり支承免震装置の概要

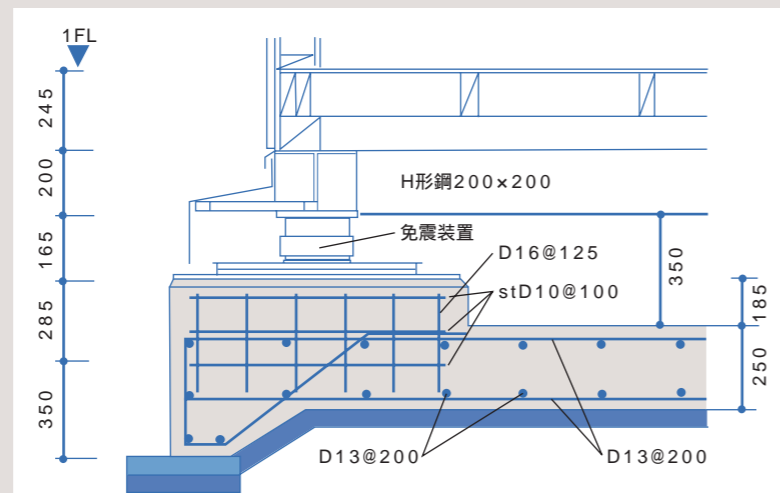


図6：戸建住宅における免震層付近の断面図

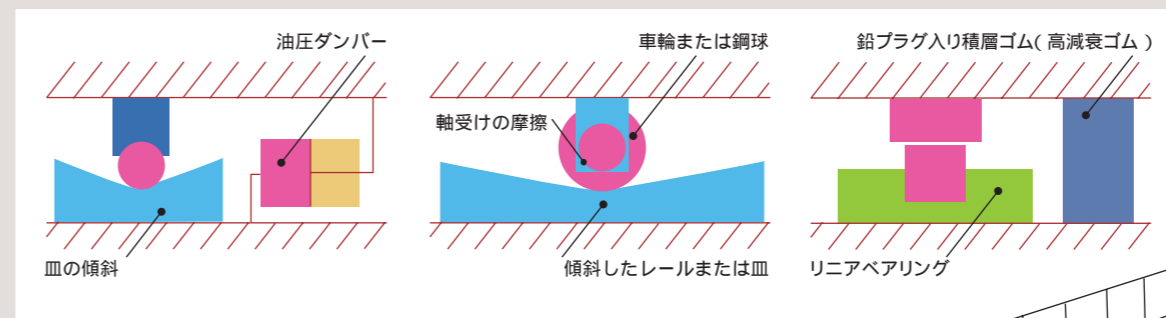


図5：転がり支承免震装置の概要

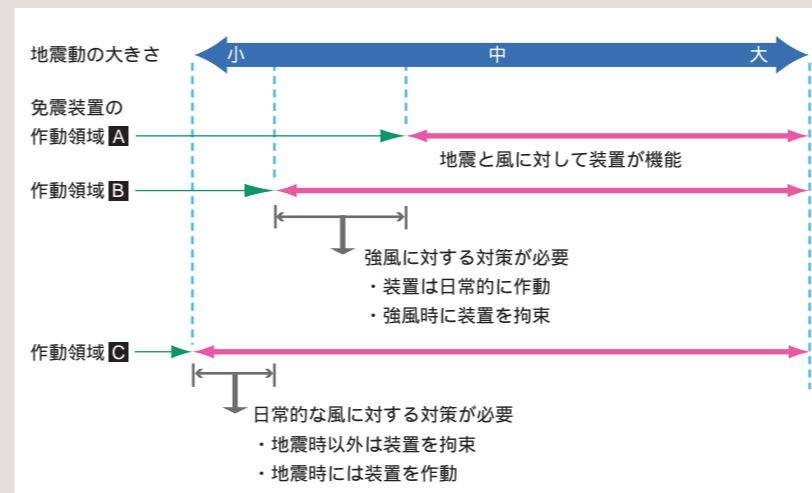


図7：地震と風に対応した免震構造の考え方

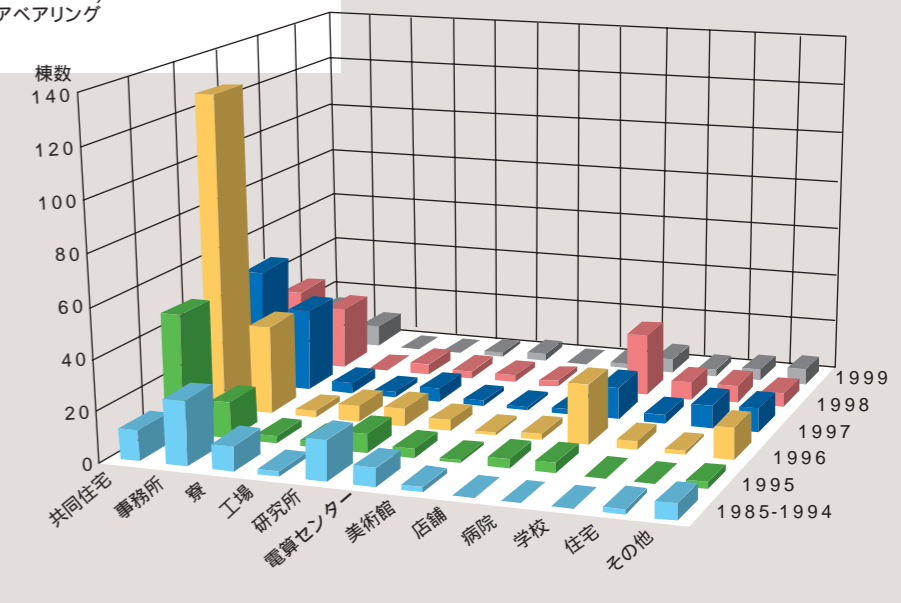


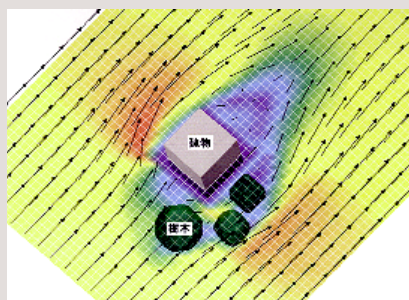
図8：我が国における免震建築物の用途別、年度別建設数



## 第四研究部

第四研究部は、主に建築生産技術に関連して、建物の耐震安全性、耐久性、品質管理など、幅広い研究分野について実用的な観点から取り組んでいます。今回は、現在進めている「建築計画への自然環境利用」に関する研究開発について紹介します。この研究では、緑に代表される自然環境を建築計画に積極的に活用していくために必要な要素技術の開発を行っています。樹木や芝生などの緑は、計画的に配置することによって建物周辺の生活環境を調節することができます。風環境に対する効果と考えたとき、樹木は壁よりも効果的に風速を減少させることが出来るため、防風林やビル風の対策として用いられています。樹木の風速低減効果は葉の密度によって調節されます。葉の茂り具合が密な場合は、直後の風速は大きく減少しますが風速は早く回復してしまいます。逆に疎な場合は、風速の減少は少なくなりますが広い範囲に効果が持続し

ます。一般研究「建物周辺気流に対する樹木の影響予測に関する研究」では、樹木のこのような働きや樹種ごとの特徴をモデル化し、数値シミュレーションで表現することを検討しています。樹木を強風対策の道具として用いるだけではなく、建物と共に建築空間を構成する要素として捉えることで、これまで建物のみで扱われてきた建物周辺気流の解析を樹木と建物の関係で検討していくことが可能になります。



## 第五研究部

第五研究部には、現在21名が所属しており、部としては建築研究所内で一番の大部帯である。当然の如く、研究分野も多彩で、環境、設計、防火と多方面に及んでいる。今回はその中から、環境分野が取り組もうとしている、あるいは取り組み始めている研究テーマとその背景についていくつか簡単にふれてみたい。社会的な関心という点では、住まいづくりと健康性の関連性が最も興味をひく分野である。住まいづくりは、地球規模の環境・資源問題から、身近な結露・騒音の問題まで、矛盾する要求と制約のはざままで微妙なバランスの上に成り立っている。住まいに対する要求や目標が刻々と変化し、それに応える新たな技術革新が進みつつある今日、住宅の構造や設備の「中身や性能」は外観から想像もできない変貌を遂げつつある。ほんの10年前には建築家さえなじみのなかった「熱損失係数」や「ホルムアルデヒド濃度」が新聞広告を賑わす時代である。そんな中で、「室内空

気質」を取り上げて汚染実態、建材からの放射性状、対策手法などの調査研究を実施し、シックハウスにかかわる課題、「健康性」などについて検討をすすめている。一方、次世代省エネ基準や地域性も高い関心を集めているテーマである。いわゆる、次世代省エネ基準が平成11年3月に告示され、これからの住宅に必要とされる性能の目標が示されたが、この目標に沿ってより効果的に住宅の省エネ化を達成するには、具体的な工法や設計手法あるいは必要な住宅部品等の開発・整備が一層必要とされている。省エネ性以外の住宅の様々な価値を尊重しつつ異なる性能や性質間の関係を十分に考慮して、暑さ寒さやエネルギー効率だけにとらわれない、総合的により豊かな、地域の気候風土になじむ住まいづくりが重要なテーマとなっている。住宅の省エネ化は、環境問題の観点とともに住生活の健康性・快適性の向上のためにもますます重要性を増していると言える。

## 編集後記

先日新聞で、気象エッセイストの倉嶋厚氏の書かれたエッセイが目にとまりました。

教科書の内容は、実現象の本質が鮮明に現れるよう極めて簡略化・典型化したものの知識であり、いわば宝石のようである。

しかし、長年天気図を描いていると教科書の定説に当てはまらない原石のような事実群に何度も遭遇し、新たな宝石を自分で磨き出すようになる。その時初めて学問の進歩に参

加したことになるのだと。

新たな千年紀を迎えた今日、建築の研究分野でも貴重な原石がたくさん堆積していることと思います。発展途上中の研究者の身ではありますが、様々な研究フィールドの中でのエキサイティングな体験を通して、キラリと瞬く原石を追求していきたいと思ひます。(H.K)

## 平成11年度 秋季講演会開催

建築研究所は、去る11月30日(火)、12月1日(水)の両日、有楽町朝日ホールにおいて、平成11年度秋季講演会を開催しました。

この講演会は、建築・住宅・都市に係わる技術者の方々をはじめ、一般の方々に対して、建築研究所の研究成果を広くお知らせし、活用していただくために毎年行っているものです。

今年は、岡田日本建築学会会長の特別講演、羽生所長の講演をはじめ、研究最新情報、地球環境時代の住宅づくり、性能で捉える建築・住宅について発表しました。

2日間で延べ1,180名の方々が聴講され、会場は立ち見ができるほどの方々にお越し頂き、建築研究所に対する期待の高さを再認識させていただきました。ここに改めて聴講していただいた方々に感謝する次第です。

今後も、より充実した講演会をめざして、企画していきたいと考えております。

## 平成11年度 建築技術講演会 (一日建研)のご案内

日 時 平成12年3月3日(金)  
10:00~16:00

会 場 仙台国際センター(仙台市青葉区青葉山)

講演内容 建築基準の構造分野における性能規定化  
CALSの概念を用いた新しい建築生産方式  
公的建築プロジェクトにおけるバリューマネジメントシステム  
住まいづくりと健康性の課題  
高度情報処理技術を活用した都市・建築防災関連技術

定 員 200名(定員になりしだい締め切らせていただきます)

受 講 料 無料(ただし、テキスト代として一般4,000円、学生2,000円)

申 込 先 (社)公共建築協会東北地区事務局  
TEL.022-268-4511



霧の朝  
Photo K.Bogaki

## Epistula

第27号 平成12年2月発行  
編集：えびすとら編集委員会

発行：建設省建築研究所(企画部)

〒305-0802 茨城県つくば市立原1

TEL.0298-79-0642 Fax.0298-64-2989

えびすとらに関するご意見、ご質問をお寄せください。  
また、バックナンバーは、ホームページでご覧いただけます。  
(<http://www.kenken.go.jp/epistula.html>)