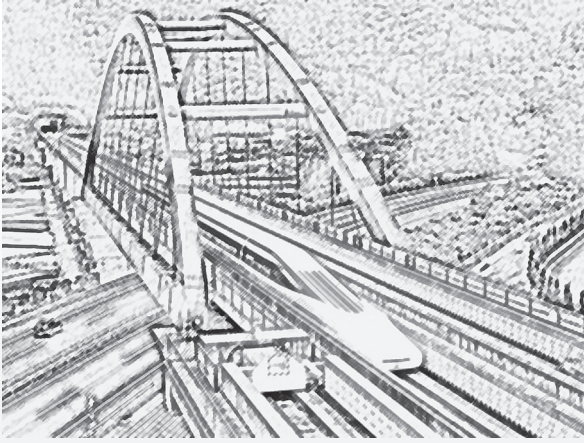


特 集

明日の交通網を 支える PC 橋



【企画趣旨】

近年、国内におけるインフラ投資は減少傾向にあります。そのような状況下においても交通網は着実に発展しており、われわれは便利で快適な生活を送れるようになってきています。たとえば、一昨年（2019年）の12月には東北新幹線の全線が、昨年（2020年）の3月には九州新幹線が開業し、さらに、今年（2021年）4月には新東名高速道路の一部が開通予定です。また、各地方の道路においても高規格道路や環状道路の整備が進められており、鉄道では北陸新幹線や北海道新幹線が事業中であります。これらの交通網は日常生活で必要であると同時に、東日本大震災のような災害時には、既存交通網のバックアップ機能を発揮する重要なインフラにも成り得ます。したがって、災害に強い国土を築くためにも、これらの交通網の早期整備が期待されています。

このようななか、改めてわれわれが日頃関わっている PC 橋について考えますと、交通網においてはある路線のほんの一部であり、交通網を利用するユーザーにとっては一つの橋にすぎません。しかし、すべての PC 橋にはその場所に架橋されたそれぞれの理由（経済性、耐久性、環境保全、景観性など）があり、さまざまな形で地域社会に貢献していると考えます。

このような背景を鑑み、今回の特集号では、わが国で整備されつつある交通網とそれらを支える PC 橋について紹介することとし、『明日の交通網を支える PC 橋』を企画いたしました。

今回の特集号では、事業中の交通網の概要や期待される整備効果、近年の取組みなどをご紹介するとともに、設計および工事報告では具体的な PC 橋を取りあげ、その設計手法や施工技術および地域における役割などについて紹介しました。

今回の特集号が、読者にとって有益で、PC 橋の建設意義を再認識するうえでの一助となることを期待しております。

本特集号 担当編集委員

岡本 大・片 健一・高津比呂人・長尾 賢二
半井健一郎・西永 卓司・西野 元庸

◆ 巻頭インタビュー ◆

陸上幹線交通網の現状とこれから

話し手／家田 仁教授* 聞き手／本号担当委員

PC 技術をはじめとするハード技術は、これまでわが国の交通網整備のための基盤技術として貢献を果たしてきた。最近では、新東名・新名神高速道路やそれを結ぶ環状道路、中国横断自動車道および中部横断自動車道などの地方都市間を結ぶ高規格道路、北陸新幹線や北海道新幹線、中央新幹線の計画や建設が進められている。また、東日本大震災では交通網の重要性や役割をあらためて認識する機会となった。今後の交通網の整備に PC 技術が果たすべき役割について再考するためには、交通網の現状と今後についての総括的な知見が必要と考えた。

そこで、交通・都市・国土の計画や政策を専門とする東京大学大学院の家田仁教授に交通網の現状とこれからについて、具体的には ① 道路網整備、② 鉄道網整備、③ 交通網における防災のあり方、④ 今後の交通網整備への期待についてお話をうかがった。

1. 道路網整備について

● 現在、新東名・新名神高速道路やそれを結ぶ環状道路、中国横断自動車道および中部横断自動車道などの地方都市間を結ぶ高規格道路の建設が急ピッチで進められているなか、道路網整備について以下のお話をうかがった。

——道路網、とくに高速道路ならびに高規格道路を整備する意義について、改めてお聞かせ下さい。

家田 仁教授（以下、敬称省略）：交通機関は地域と地域を、また空間と空間とを繋げる役目をするのが根本であり、そのなかでもとりわけ道路というのは、いろいろな交通機関があるなかでももっともベーシックなインフラストラクチャーと位置づけられます。自分の足で歩く人から巨大なトラックによるコンテナ輸送まで、ありとあらゆるもの、ありとあらゆる年齢階層の人々が利用するものとして必須なインフラです。そのなかでも高速道路は、大量に高速で長距離輸送する場合に機能を発揮するという意味において重要であることはいうまでもありません。

——わが国の高速道路はこれまでどのように整備が進められてきたのでしょうか。また、現在の整備水準は十分といえる状況でしょうか。

家田：わが国の高速道路の計画は、戦前である 1940 年前

後に計画が立てられました。当時はまったく実現しませんでした。これが高速道路整備計画の始まりです。この計画が戦後になってから練り直され、1963 年の名神高速道路の整備からスタートして、まずは大都市間の幹線系、分かりやすくいうと背骨の部分として、東名自動車道、中央自動車道、東北自動車道、中国縦貫自動車道という順で整備が進められました。その後 1970 年頃からは、地方部に幹線系からアクセスしやすくするというのを重要視して、肋骨の部分、たとえば山形自動車道とか、米子自動車道などを造ってきたわけです。ここで一つ強調しておきたいのは、わが国の高速道路整備というのは、高度成長期以降、大雑把に言えば、基本的には全国どの場所でも大体似たような高速道路サービスが受けられるようにネットワークを整備しようと進められてきました。全国的生活圏から 1 時間以内で主要都市にアクセスできるようにするというのが、現在の 14 000 km 計画のベースとなっています。

現在はそのうちの 8 000 km 程度が出来上がっている状態にあります。とくに 1990 年代から 2000 年代、さらには 2010 年にかけて大幅に整備状況が改善され、わが国の現在の高速道路の整備水準は、国内の地域別の基準化整備水準の推移¹⁾より、北海道から九州まで結構粒がそろってきたという状況にあります。北海道を除けば、各地域とも ± 10% 程度の差異の範囲に納まってしまふ程度の整備水準に達しています。

一方、交通量の多いところについて、路線延長（ネットワーク）ではなく、車線数（道路整備に対する総合的な資源投入量）も加味した評価をしてみると、関東地方や近畿地方のような大都市圏を抱えているエリアの整備水準は、国内はもとより海外と比較してもかなり低い水準となります。

——わが国は、パリやロンドンに代表される高速道路網に比べ普及が遅れているといわれていますが、海外と比較するとどのような状況にあるのでしょうか。

家田：各国の地理条件や社会経済条件などの差異を考慮の



* Hitoshi IEDA

東京大学大学院 工学系研究科
社会基盤学専攻

うえで国際比較をしてみると、わが国の高速道路の整備水準は、路線延長、すなわちネットワークのアクセス性という点では他の先進国と比べてそれほど低くはなく、ドイツの7割程度ですが、フランス、イタリアとは同等、あるいはやや高いくらい水準といえます。ところが車線数も加味した整備水準となると、かなりレベルが落ちて、ドイツの6割程度、アメリカの半分程度くらいになってしまいます。

要するに、わが国の高速道路整備というのは、地方部へのネットワークを広げて、どこからでも比較的同じような条件で主要都市へアクセスできることを可能にしてきましたが、大都市圏のような交通量の多いところで十分な車線数や環状道路を整備するところはおろそかになっているといえます。すなわち地方重視で大都市圏の整備が遅れたという結果になっています。とくに環状道路は他の先進国に比べ遅れている状況であり、またそれだけでなく、空港から都市にアクセスする幹線道路などを見ても、仁川国際空港や北京国際空港の整備状況と比較すると、東京国際空港はやや遅れており、渋滞時間が多いという状況になっています。

—今後目指すべき高速道路網整備に関し、ハードウェア技術の果たす役割について、先生のお考えをお聞かせ下さい。

家田：私は、エンジニアが努力する領域がまだあると思います。たとえば、ドイツでは道路工事やメンテナンスの際に、車線数を減らさないことに大変な工夫をこらしています。中央分離帯を移動可能なコンクリートブロックにしておいて、工事やメンテナンスを行う場合は、これを移動させて車線幅を狭め、速度規制や路肩を一時的に無くしてまでも、なんとか2車線を確保したりしています。ところがわが国ではあまりこういうことはしない。車線をすぐに規制して渋滞を起こしてしまう。純粋な土木技術とは違い交通工学的な要素の話ではありますが、あまりに工夫がみられない。路肩を少し広めに造っておけば解決できることもあるし、セパレーションの構造を変えることで解決できる場合もあります。つねに上下線同数の偶数車線であることにこだわるような硬直的な交通管理から脱却することも考えられるのではないのでしょうか。場合によっては奇数車線とし、上り線2車線、下り線1車線を状況に応じて切り替える工夫があってもいいと思いますし、その考え方がコストダウンにも結びついています。要するに、融通の利いた設計を実施するために、いろいろなエンジニアが工夫して、コストダウンやパフォーマンスの向上にもつなげることが重要だと思います。道路にかぎらず、どこかのプロジェクトを対象にそういった試みを、ハード・ソフトの各エンジニアが一丸となって、実施すべきだと思います。

2. 新幹線鉄道網整備について

● 現在、北陸新幹線や北海道新幹線の計画・建設が進められており、2015年に予定される開業により、1964年の東海道新幹線の開業から約半世紀を経て、北海道

から鹿児島までを縦断する高速鉄道網が整備される。また、中央新幹線についても、2027年に東京-名古屋間、2045年に大阪までの開業に向けて、さまざまな計画が行われている。このような状況のなか、鉄道網整備について、中央新幹線に関する内容を主として以下のお話をうかがった。

—鉄道網、とくに新幹線のような高速鉄道網を整備する意義について、改めてお聞きかせ下さい。

家田：わが国初の新幹線である東海道新幹線は、もともと在来の幹線鉄道の輸送力（スピードと量という意味）が不足しているために造られたものです。ただ、その後、山陽新幹線が整備され、それから、東北新幹線、上越新幹線が造られて、さらに現在建設が進む整備新幹線になるにしたがって、在来線が運べないから新たに整備する、というスタイルから、地方部の開発を促進するために整備する、国土の軸をつくる、というスタイルへと整備の意義が変わってきました。そのなかでも、東海道新幹線に代表されるような、あるいは、東北新幹線の南の方に代表されるような輸送力を最大限まで走らせながら高速鉄道をやっているというのは、世界のなかでもなかなか例のないことです。これによって、日本の国土はけっして小さくありませんが、大都市圏相互が密接に繋がれて、東京-名古屋-大阪間、あるいは東京-仙台間などが簡単に日帰りで行き来できるようになっており、これがまさに高速鉄道を整備する意義と言えます。

—高速鉄道について、今後の大規模プロジェクトとして中央新幹線の整備があげられますが、この事業の位置付けや展望について、先生のお考えをお聞かせ下さい。

家田：中央新幹線は、現在でこそ大きな注目を集めていますが、もともと全国新幹線網整備法にもとづく整備計画のなかではとくに優先課題ではありませんでした。ところが、わが国の新幹線のオリジンであり、長い歴史のなかで改善・進化を続けてきた東海道新幹線が1964年の開業から50年を経過して、構造物の老朽化がより重要な問題に捉えられるようになってきました。この問題に対して、バイパスを造って、そちらに輸送力を逃がしておいて、東海道新幹線の輸送需要を少し余裕をもたせようという発想と、東海地震に対して一番リスクの高いところを通過している東海道新幹線の安全をより高めるためにも、中央新幹線を整備したいという意向が温められてきたわけです。

中央新幹線については、1970年代頃から超電導磁石を使い、レールと車輪の粘着に頼らないで走る高速鉄道の開発が進められてきました。当時は技術的に難しい課題が多くあり、そう簡単ではないと見られていたのですが、それでも山梨で実験する段階に入って、何とか実用化の目途がたつて、次の時代を切り開くのは、この超電導型の超高速鉄道ではないかと大いに期待が高まり、昨年、事業化へ第一歩を踏み出すというのが、意思決定されたところでした。

これまでを振り返ると、走行方式の超電導磁石について

はいろんな議論がありました。まず、世界中で超電導という技術をこういうマクロエンジニアリングで利用した例はありませんので、いろいろな技術課題はもちろんのこと、一番の懸念はコンパチビリティが格段に減る、つまり、在来新幹線網との相直性がなくなることでした。これについては、私どもも随分悩んだのですが、コンパチビリティをいくぶん犠牲にしても、将来性あるいは新規性の高い超電導技術を導入し、航空産業のように周辺技術の展開力を高めるとともに、世界ではまだやったことがないスピードの実現へ挑戦することが重要と感じています。

——ルートや停車駅、停車駅までの交通アクセスについてはどのように思われていますか。

家田：ルート選定については、費用対効果分析が徹底的に行われました。どんなルートにするのが効率がよくて、どの辺りに停まるのが一番集客力が高くて、どのようすると経済性が高くなるか、そういうことから考えると、直線ルートの方が圧倒的にコストが下がって、しかも速達性がありますので、需要が呼べるのです。2027年に東京-名古屋間、2045年に大阪までとかなり先の話でありますから、需要予測のシナリオはかなり低いことも想定し、シリアスな予想と標準的な予想と両方しておけば問題ないということを実施されています。

それから停車駅の位置ですが、これはそれほど選択の余地はありません。スピードが速いですから、駅をたくさん造るとスピード効果が落ちますので、費用対効果も落ちる。だから、駅は、全国交通網条件をあげると同時に、各地域の開発に資するという全幹線鉄道の主旨に沿って、各地域のアクセス性というのを尊重すると一つの県に最低一つの駅は必要ということになります。

停車駅までの理想的な交通アクセスについては、私としては従来の鉄道駅を造るという発想から一皮むけたものにしなければいけないと考えてます。これをスーパーランジットハブと呼んでますが、従来の駅とは、駅勢圏という概念（だいたいどのくらいの距離のところから人が来るという予測にもとづく）がありまして、基本的なアクセス手段として、接続している鉄道やバスを念頭において、駅勢圏を想定していくわけです。だから、だいたい30キロ程度の駅勢圏になってるのですが、今回のルートというのは、幸運なことに、中央自動車道、東名阪自動車道、伊勢自動車道といったたくさんの高速道路とクロスします。だから、高速バスなどが中央新幹線に接続して動けるようにすると、それから、駐車場を上手に造って、高速道路をマイカーで来た人もアクセスできるようにする。つまり、高速道路との結束性を高めた駅にすると、従来の鉄道駅というよりは、いろんな交通網を含めた拠点（ハブ）という意味で、スーパーランジットハブというものにしていこうというのが1つのポイントになってます。

——この大規模プロジェクトに対するハードウェア技術の果たす役割について、どのようなお考えをもたれていますか。

家田：私どもの造った中央新幹線に関する答申のなかで、もっとも重要な意見として出ているのは、これから開業までの間に、大幅なコストダウンが必要ということです。中央新幹線は、東海道新幹線の営業力があるから、費用便益分析上プラスになる予測としています。しかし、ご存じのとおり、とてもお金のかかるプロジェクトですので、今のコスト感覚では、東京-名古屋-大阪間にしか造れないプロジェクトになってしまいます。もっと他の地域にもあるいは他の国にも実現できるものにするためには、今のコストを削減する努力がいるのです。従来の鉄道の場合、コストのかなりの部分が土木工事費で、車両費などはせいぜい2割程度です。一方、中央新幹線の場合は、車両や設備も凝った技術になるので、従来の鉄道と比べて費用がかかります。ですから、コストの多くを占めるトンネルの工事費と橋梁の工事費をいかに安く抑えるかが重要になってくるわけです。トンネルの工事費については、山岳工法の技術開発により、この20年では大幅に下がりました。シールド工法もこの5年で大きく下がったという印象です。橋梁についても下がっているとうかがってますが、それがもう一段削減できれば、リニア・システムの適用性は大きくあがってくる。つまり、個々のプロジェクトの採算性や経済性をあげるのみならず、その技術の適用性が広がるという意味で、コストダウンが重要なわけです。

3. 交通網における防災のあり方

● 今回の東日本大震災を受けて、改めて交通網に必要と考えられる役割・機能としてどのようなことが考えられるか。また、防災機能を兼ね備えた今後の交通網整備において何が重要であるか、以下のお話をうかがった。

——東日本大震災の経験から、災害時に有効な交通網整備としてはどのようなことが考えられますか。

家田：従来の交通網整備、とくに道路の整備は費用対効果分析に基づきながら、効果の高いところの整備を進めていく方式なのですが、今回の東日本大震災を受けて、そのあり方が少し変わってきています。確かに従来型の費用対効果は重要ですが、地域の孤立を防ぐような道路、交通量の多寡に必ずしも依存しないような道路も、やはり必要だということが広くいわれるようになりました。

三陸縦貫道のまだ出来上がってない部分の整備については、このような必要性からも新しい暫定的な評価手法を作りました。それは災害時にネットワークのどこが切れるか、その時にある市町村から主要な県庁所在地あるいは主要な幹線高速道路へアクセスする時間が被災前と被災後でどのくらい変化するかという視点に立ったものになります。この度合いの大きいところが影響度が大きいリンクです。一方、それを改善することによってどのくらいカバーできるか、それを改善度の高いリンクとして、それが高いところについて、交通量が少なくても何とか事業化しようという評価を暫定試用として初めて適用しました。

— そのような整備を進めていくうえで、課題としてはどのようなことが考えられますか。

家田：交通量の少ないところに道路を造ることになるので、スペックダウンの努力が必要と思っています。ここでいうスペックダウンとは、災害時とか非常時に要求される道路なのでせいぜい完成2車線で充分だろう、ただ、2車線だけでも、路肩は少し幅広めにとって、万一、車が故障した場合でも車は通過できるようにしたり、あるいは場合によっては勾配やカーブの基準も、通常の高速度道路の基準よりももう少し厳しいものでもいいのではないかと考えています。それによってコストダウンを図り、従来の費用対効果分析とはひとあじ違う世界を切り開くことの1つの糧にしようと思っているわけです。それに伴って必要なのが、やはり構造物のコストダウンです。

— 今回の震災を受けて、構造物に要求される機能も変わってくるのでしょうか。

家田：津波防災地域づくりに関する法律という新しい法律では、津波防護施設という名前で登場することになった二線堤などは、道路であると同時に津波防護施設であるというような施設が注目を集めています。それは仙台東部道路の経験によって、二線堤があったおかげで津波の勢いが減ったり、その後、水は来たけども瓦礫は来なかったという効果が強調されたことによるものです。ただその一方で、道路や鉄道の盛土は、実際には地震動あるいは津波により、相当に被害を受けていて壊れています。だから盛土ならばどこにあっても防護できるかということではなくて、たまたま仙台東部道路は海岸から数キロ離れたところにあるというロケーションだったし、それから地震動も相対的に小さい場所だったという幸運が繋がったことも考えると、もしこういう構造物に津波防護施設的に使う防災機能を持たせるといことであるならば、より「ねばり強い」構造に造り方を変えていく必要があると思います。そういうことが、今、指針を作る段階で検討されています。防潮堤や津波防護施設として使うところの盛土について、越流しても、そう簡単にさらわれないような構造にしようではないか、あるいはある程度さらわれても骨格の部分が残っていて、復旧が容易な構造にしようではないかということが議論されているところです。

高架橋については、あくまで私の個人的な見解ではありますが、津波の力を逃がすような構造にすることを考えてもよいと思います。潜水橋とか沈下橋のように、高欄がなく薄く、洪水の時には水で覆われますが、水が引けばまた通れるというようなところからの発想です。専門家ではないので、構造的な裏付けによるものではありませんが、そういう点での工夫はできるのかなという印象をもっています。

— 今後30年以内の地震発生確率が70%であるといわれている、東海地震、南海地震、東南海地震などの大災害に対して、どのように防災機能も兼ねた交通ネットワーク整備をしていけばよいとお考えですか。

家田：東海、南海、東南海の3つの地震については、たとえば東海道新幹線は安全なのだろうかということに関して、もちろんJR東海を含めさまざまな機関でチェックされていることでしょう。地震動そのものに対しては当然チェックされていると思いますが、津波などに対しても安全なのか、その安全性を早急にチェックしていただきたいと考えています。それに基づいて改善が必要であるのであれば、行わなければなりません。

阪神大震災の頃から多重系化・代替性がいわれてきましたが、こちらが被災したら、あちらを代わりとしてというように代替性のためだけに東海道新幹線を山側にもう一本作るということはそう簡単な話ではありません。最後の手段としてはそういうことも考えられますし、いずれ造られるバイパスとしての中央新幹線にその機能を期待するということも考えられます。しかし、そのような時間的な余裕はありませんから、まずは応急処置としてどの橋梁などの区間にどのようなリスクをもっているのかを評価・表現して国民に納得してもらうのと同時に、ソフトとして津波が来る時にはその区間に列車を乗り入れないような運行の抑止・抑制管理を、事前の警報や波浪計の情報から検知するような、今まで地震動で行われてきたシステムを津波にも適用するのが望ましいと思います。

それと同時に高速道路に関しては、津波以前の問題として、たとえば東名高速道路の静岡県由比付近では海上に道路が通されており、台風などによりしばしば通行止めになることがあります。新東名高速道路の開通に伴いある程度解決されますが、同様な箇所というのは全国に数多く存在します。橋梁技術者の方々にはそのような箇所の安全性の確認を行ってほしいというのが希望であります。

4. 今後の交通網整備への期待

— 最後に本日のインタビューの締めくくりとして、今後の交通網整備における技術者、さらには業界に対する期待を教えてください。

家田：先にお話したように、既存のものにとらわれず、ハード・ソフトの各エンジニアがいろいろな工夫を行い、コストダウンやパフォーマンスの向上にもつなげることが重要だと思います。良い例として、東海道新幹線があります。東海道新幹線は世界銀行からの借り入れで建設されたので、何とかコストダウンを図るため、高架橋などはぎりぎりまでスレンダーに部材をしばっており、素人目にもわかるくらいです。土木、機械、設備すべての分野においてエンジニアが知恵を絞り、建設においては工期を5年程度で完成させています。かつて戦時中に零戦を作ったエンジニアもそうだったと聞いています。一回機体を作ってからさらに一円玉1個分でも重量を減らそうと努力していたそうです。

PC技術を含め、個々には限界までコストダウンするという努力をしてきたかもしれませんが、関連するあらゆる分野が結集して総力をあげて行ってきたというプロジェクトは、最近は無いように思います。実績がない時代には試行錯誤を重ねて造ったものですが、現在の技術者が使用し

ている規準類は、経済的に余裕がある背景で作られたものが多い。現在はもう一度、限界まで無駄をそぎ落とすことに挑戦する時代ではないでしょうか。阪神大震災以降、橋梁技術者は、それまで想定されていなかった規模の自然災害に対する規準を苦勞して作成しましたが、再び同様な使命が突きつけられているのではないのでしょうか。とくに今回の東日本大震災では、防潮堤などを扱う技術にも同様のことがいえると思います。この問題は、海岸工学の分野だけで解決できるものではなく、地盤工学、構造工学、コンクリート工学等の分野が結集することによって新しいものができてくるのではないかと考えています。

政権交代に伴い、「コンクリートから人へ」に象徴されるように、インフラ整備が否定的に見られた時期もありましたが、その後、新東名高速道路などのインフラは、政権が変わろうともやはり世の中に必要であることが再認識されています。インフラ整備は世の中を長い目で見て意思決定することが重要ですので、安定して推し進めるためには、政治が安定することが何より大切となります。これからも将来を見据えた計画のもと、より良いインフラが構築されることを期待します。

おわりに

今回のインタビューを通し、現在の高速道路や新幹線をはじめとする日本の充実した交通網の整備は、長年の関係者の努力によって実現したものであることを再認識するとともに、現在、われわれが関わる交通網の整備は国の将来に影響を及ぼす責任の重い仕事であるとの思いを強くした。災害時の交通網の在り方も含め、今後の交通網の整備における PC 技術者をはじめとするハード技術者へ期待も大きい。専門技術者として PC 技術の発展に寄与し続けるとともに、他の分野とも連携して、新たな時代に必要とされる技術の実現へも貢献をしたい。

最後に、ご多忙の折りにもかかわらず、インタビューに応じていただいた家田仁教授に心より御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 家田 仁・井後貴博：諸条件の違いを考慮した高速道路ネットワーク整備水準の国際比較手法の開発とその応用，交通学研究 / 2010 年研究年報，通巻 54 号，pp.285-294，2011.3



刊行物案内

第 40 回 PC 技術講習会テキスト

東日本大震災と PC 構造物

平成 24 年 2 月

定 価 6,000 円 / 送料 500 円

会員特価 5,000 円 / 送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会