

# PCに関する試験および測定

## 入門講座

No.1

### プレストレストコンクリート技術の 発展と試験および測定

講師：泉 満 明\*

#### ① はじめに

人類が文明と言えるものを持って、建造物をつくるようになると間もなく、安全な部材寸法を決める法則を得るには、材料の強さについて知らなければならないことがわかりました。今日もなお、残っているエジプトの巨大な記念碑や寺院、ピラミッド、オベリスクなどを築くことができたのはエジプト人が、直感的なものが大部分であったかも知れないけれども、何らかの法則を知っていたからに違いありません。したがって、このためには物を試験したり測定することが必要であり、文明を維持、発展していくための基本的な技術の一つであることは、エジプト人技術者も認識していたものと思われる。最近において、その重要性がますます増大し、精密度も高まっています。

一方、工業技術の分野において、一つのアイデアが実用化に至るまでには、長年にわたる基礎的な研究の積み重ねと実用化を支える材料、設計さらに製作の基本的な技術が調和良く進歩、発達しなければなりません。

現在のプレストレストコンクリート（以下『PC』と言う）技術も例外ではなく、過去100年余にわたる世界各国における研究者、技術者の創意、工夫および試験、研究の積み重ねの成果といえます。我が国においてもここ40年間のPC技術の発展は誠に目覚ましいものであり、この背景には計測技術の進歩が大きく存在するものと思われる。

#### ② PC技術の発展と試験・研究および測定

PCの概念が芽生えたのは、1880年代の後半のことで

した。これは偶然ではなく、約30年前（1855年）に鉄筋コンクリートが考案され、その技術に宿命的につきまとうひび割れの問題に対して、ひび割れの発生を防ぐ方法として、コンクリートにあらかじめ圧縮応力を与えておくことが考えられました。この着想は簡単であるので、当初実用化は短期間に達成されるものと予想されていたようでした。しかし、当時の研究・技術水準では長期間にわたって圧縮応力をコンクリートに保持することは困難でした。この問題を解決するためには、その後かなりの長年月がかかったことは当時予想できなかったものと思われます。さらにこの技術に秘められた可能性は当時の技術者の想像の域をはるかに超えるものでした。このすばらしい着想を実用化までもっていくには、その後多くの基礎的な研究、試験が積み重ねられる必要がありました。

#### 1. 初期の研究・試験の概要

第二次大戦後、国土の復興に伴ってInfrastructure建設の新しい技術として昭和20年代の後半にPC技術は外国の技術指導のもとに我が国においても実施されました。昭和20年代の後半から40年前半の比較的初期に行われた研究、試験の概要を項目別にリストアップすると以下ようになります。

##### (1) 材料関連

コンクリート：クリープ、乾燥収縮、高強度、軽量  
コンクリート

PC鋼材：リラクセーション、新材料開発

##### (2) 定着関連

定着装置の開発、コンクリートの定着部の補強

##### (3) プレストレス関連

プレストレス導入機器の改良・開発、PC鋼材とシー

\* Mitsuaki IZUMI：名城大学 理工学部 教授

スの摩擦，シースの開発，減摩剤の開発

(4) グラウト関連

材料，充填方法

(5) 構造形式（部材）の研究

連続桁，ラーメン，合成桁，2主桁，トラス，カルバート，ピルツ構造，吊床版，斜張橋，アーチ

(6) 実構造物の試験

単純桁，床版， $\pi$ 型ラーメン，クリープ・乾燥収縮の実測，PC舗装，載荷試験

以上の項目を見ても，現在一般的に採用されている技術が当時から研究，試験されていたことが分かります。これらの結果がPC構造の信頼性を高め，今日の進歩・発展の基礎となっています。

以下，比較的初期に行われた試験，研究の中から実例をピックアップして，主な項目を述べます。

(1) クリープ・乾燥収縮

PC構造物の変形は，主としてコンクリートのクリープ・乾燥収縮とプレストレスによって影響をうけます。これらの問題は，プレストレスコンクリートのアイデアが思い付かれてからの長年月にわたる研究のテーマであると同時に現在も多くの研究が続けられています。研究の面からは，クリープと乾燥収縮は別途のものとするべきですが，実用上からは合成した値が実構造物にとっては一般に重要です。

コンクリートのクリープの測定は，図-1に概要を示すように，実験室では荷重を供試験体に加え，長期間にわたる変形をコンタクトゲージ等により測定します。同時に乾燥収縮の供試体の測定も行ってクリープ変形と分離して調べるものです。実橋による測定も原理的には実験室と同じですが，変形量が多いので，ダイヤルゲージ

は1/10 mm程度の精度のもので十分です。実橋での測定では自記録装置で長期の測定が行われた場合があります。

プレストレスによるコンクリート構造物の塑性変形については，図-1に示すように，初期においては都合の悪い状況が発生しました。このことから，コンクリートの塑性変形に再度検討が加えられ，基本的数値は問題がないものの経時変化を十分に考慮する必要があるとの結論となっています。

(2) リラクセーション

PC鋼材のリラクセーションは有効プレストレスと重要な関連があり，主として，鋼材のメーカーで研究が行われています。その概略の試験装置は，図-2に示すものです。この試験はコンクリートのクリープと同様，長時間の試験が必要で，100時間あるいは1000時間で行われています。図-2に示すロードセルの値の変化によって行われます。

通常の構造物では，PC鋼材の温度は常温といえますが，原子力発電所のPCプレッシャーベッセル中のPC鋼材は相当に高温となり，通常の場合よりリラクセーションは大きくなるので，再緊張可能なように設計が行われていますが詳細については不明点があります。

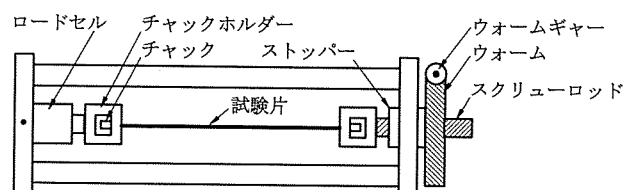
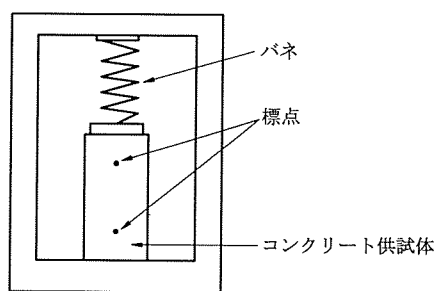
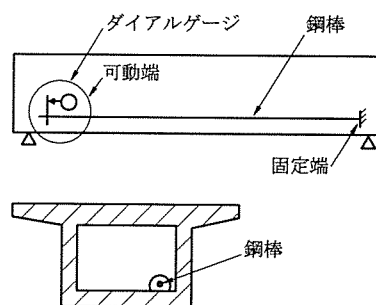


図-1 クリープの測定とPC構造物の塑性変形



(a) クリープの測定



(b) 構造物の塑性変形

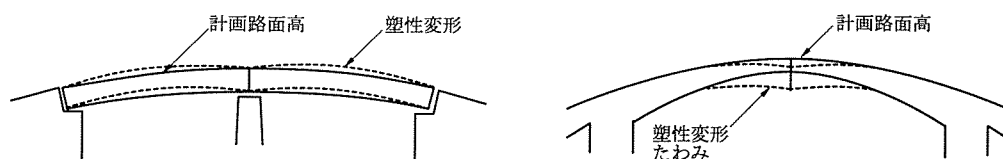


図-2 PC鋼材のリラクセーション測定

(3) 定着部

PC鋼材の定着に関する研究は、定着具の開発と定着具付近のコンクリートの補強に分けて研究・試験が行われてきています。

一般に定着具については、国内での開発の数は少なく、海外の製品についての確認試験が主なものであり、特に大容量のものについて鋼材の定着性能と疲労についての研究が行われました。

一方、プレテンションのPC鋼材の定着および定着具の桁端あるいは中間定着部のコンクリート部の補強の研究が行われてきました。

これらの研究はコンクリートの供試体において行われてきています。図-3に示すものはプレテンション桁のJIS桁に発生したもので、桁端部のスターラップを増加することで対処が行われました。このひびわれは、図-3に示すポストテンションの場合の2個の定着具の定着と類似の応力分布を示すことが明らかとなっており、それに対応する鉄筋補強がなされてきています。この場合、ゲージとしてはWSGが用いられ、一般にローゼット形式により主応力の方向も測定されます。

定着具の背面とその付近については、図-3に示すようなひび割れの発生が認められ、現在の示方書に示されている鉄筋による補強で一応の解決をみたものですが、新しい形式の定着具が開発されれば、それに対応した補強に対する実験を行う必要が生じます。

(4) PC鋼材とシースの摩擦

PC鋼材とシースの摩擦の問題は、一般に、定着具の部分とジャッキの摩擦も含んでいるものですが、この二者の影響は無視できるので、主としてPC鋼材とシースの摩擦に注目されています。

PC鋼材とシースの滑り摩擦による鋼材の引張力の減少が、PC構造物設計上に重要な要素となります。現在、PCの設計に採用されている摩擦係数は、我が国では、

緊張材の長さに関するものと角変化に関するものの2種類となっています。これらの係数は一応設計基準類に示されていますが、施工現場の状況によりこれらの係数は相当に異なるので、現場の測定が必要となります。この2つの未知数を測定で決定するためには、2本の配置形状の異なるPCケーブルに与える引張力および伸び測定でよいのですが、数値の信頼性を高めるために2本以上の複数のケーブルにおいて測定を行うのが一般的です。

昭和30年代に使用されたケーブルは一般に12φ5あるいは12φ7で長さも30m前後であったので、人力による取扱が比較的簡単でした。当時のシースは板金工が鉄板をパイプに造り上げたもので、継目の防水が大変でした。その当時は、現在のフレキシブルシースは試作段階でした。さらに減摩剤も開発途中だったので、石鹼水による摩擦の低下について現場の桁での実測が行われました。

測定は、図-4に示すように片端のジャッキ①に圧力を加え引張力をPCケーブルに与え、ケーブル両端のジャッキの圧力計の読みと①端におけるPCケーブル伸びをデータとして採取します。当時の12φ5のジャッキは昨今と異なり小型でした。しかし、作業の方々にプレストレスを与えるのではなく数値を読み取るだけの作業はたいくつであるし、小型とはいえジャッキは2人がかりでの作業、さらにPC鋼材のジャッキへの着脱は大変な作業でした。したがって、作業の方々へは遠慮しながら測定を行ったものでした。苦勞して採取したデータは整理しても納得のいく結果が得られなかったこともあり、再度の計測作業となります。これらの結果は公表されていませんがシースのタイプによる差異はなく、石鹼水による減摩効果は明白で約30%の低下が測定された。作業後、十分に水洗いしましたが、定着時にPC鋼線の滑り込みが多くなったので、この影響が支間中央のプレストレスに影響を与えなかったかどうかの照

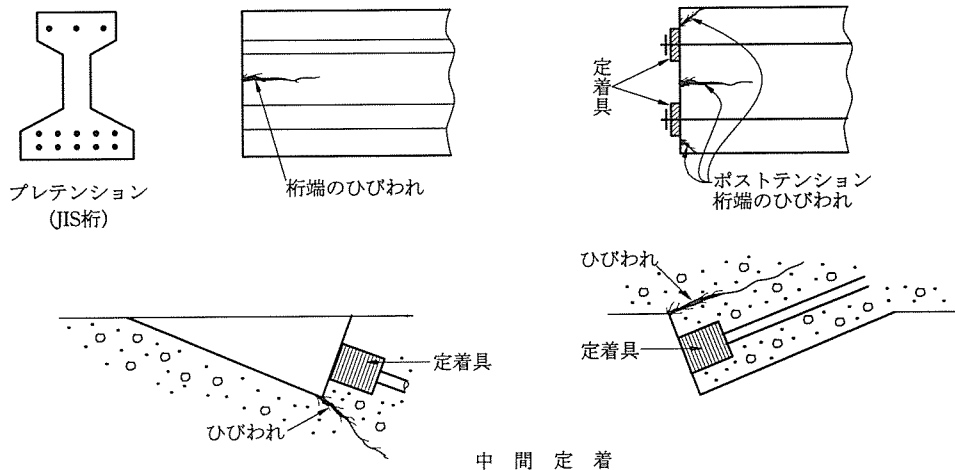


図-3 定着具付近のひびわれ発生

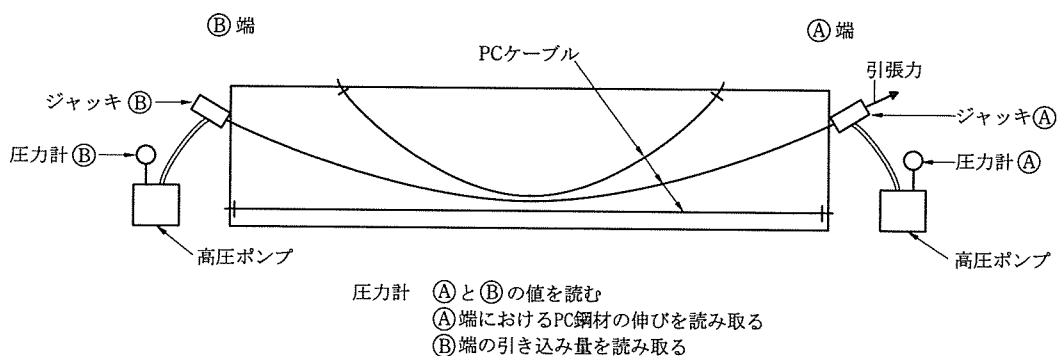


図-4 摩擦係数の測定作業

査が必要となりました。

最近、ケーブルもジャッキも大型となって作業も大規模となり、この測定はあまり実施されなくなってきています。

(5) グラウト

グラウトを行う目的はいろいろありますが、PC鋼材の防食とコンクリートとの付着が主なものです。しかし、そのほかには、PCトラスの部材の接合、プレキャスト部材のブロック目地部の充填等が考えられます。

このために、グラウトは空隙がなく、材料の分離の発生なく充填されることが第一であって、強度はあまり重要ではありません。このことは、グラウト強度が180~250 kgf/cm<sup>2</sup>を使用した桁の曲げ強度には差異がなかった実験結果からも推定できます。したがって、強度よりも空隙なく充填されることが必須の条件であり、このためには、使用材料の性質と、施工の両面からの研究が必要です。

材料の研究としては、シースに空隙なく充填されるために、分離が少なく、しかも多少の膨張性をもたせるよ

うにアルミの粉末が混入され、その化学反応による体積の膨張の研究が行われました。この膨張による多少の強度の低下が認められましたが、充填の方は一応の成果が得られています。

次に、施工関連の試験では、図-5に示すような排出孔を設け、混入空気あるいはレイタンスの除去ができるように考えられています。しかし、結果によると、完全に注入施工が行われたと推定されたものにも、部分的に空隙の発生しやすい箇所は図-5に示すところで、経験的に明かとなっています。したがって、最近ではハイパフォーマンスコンクリートの技術を応用して、現在より分離が少なく、充填の容易な材料の開発と施工法が研究されています。この場合の材質の検査方法の研究が進められています。

(6) 荷重分配

荷重分配についての試験は、一般にPC桁橋が直交異方性版理論により行われてきており、理論と実際の橋構造との差異があるので、設計結果が妥当であるかどうか検証を行う必要があるために行われました。

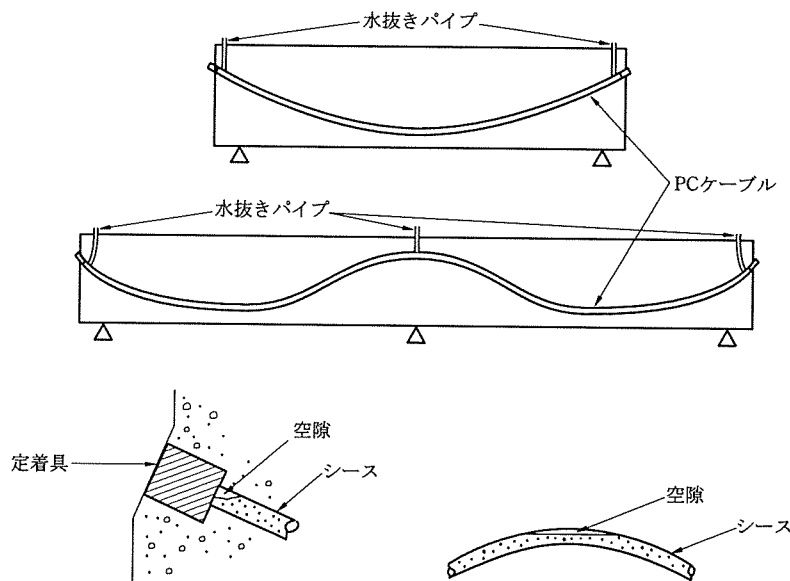
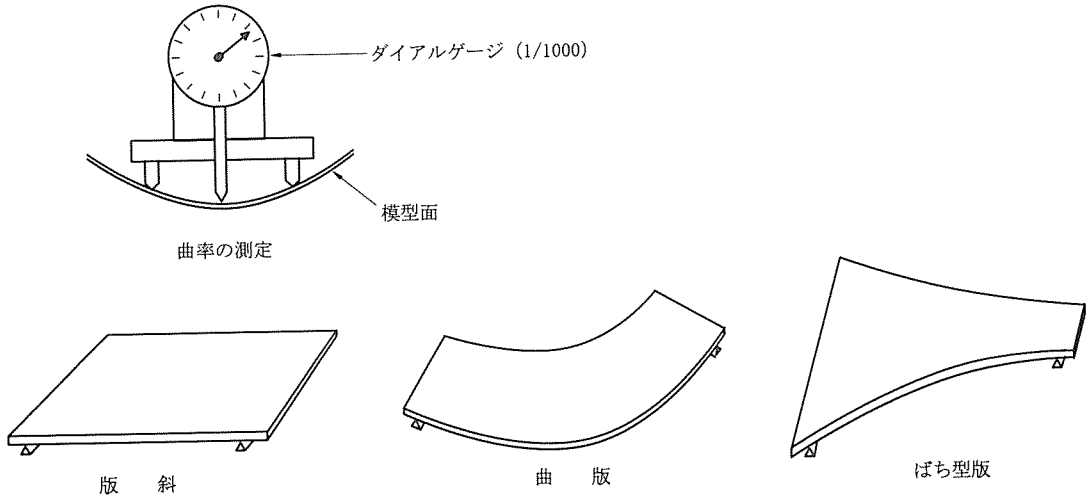


図-5 グラウトの排出孔と空隙の発生

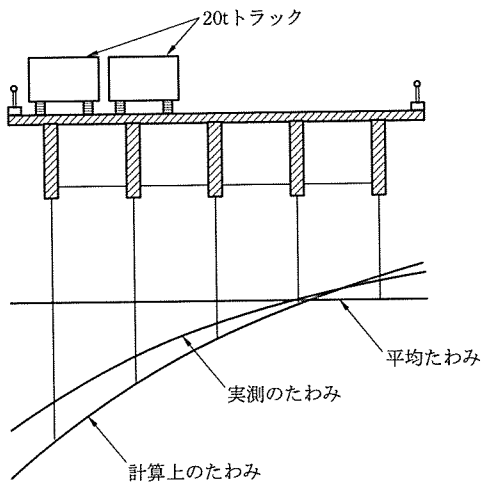


図—6 模型版の曲率の測定

一方、橋梁の平面形状が斜橋、曲線橋あるいはばち型橋の場合には、図—6に示すような測定装置により模型版を作製し、荷重を行い曲率を測定して、曲げ影響面を作製して設計を行うこともありました。この場合のダイヤルゲージの精度は1/1 000のものが使用されます。しかし、模型の支承条件、境界条件を満たすことは結構大変です。この条件の達成度が低いと、試験の値の精度が悪くなることに留意しなければなりません。

実橋の荷重による荷重分配の測定は、20tトラックを荷重として使用していわゆる活荷重に対する試験となります。一般に、図—7に示すように2台以上のトラックを使用して各荷重形式となるように荷重し各主桁のたわみを測定します。

実際の試験で大切なことは、測定機器の不動点としての足場の設置ですが、気象条件も大きな影響を与えるものです。例えば、風による計器、足場の振動、雨によるゲージの抵抗値の不安定等の問題が生じます。さらにトラックの荷重位置までの正確な誘導が難しかったりする



図—7 橋桁の荷重分配測定（たわみ測定）

等いろいろなトラブルが発生する。試験室で行う場合と異なり予定どおりの試験が行えないので時間は十分の余裕と事前の周到な準備が必要でした。実験結果は、いずれの場合も計算の妥当性を示すものでした。

以上のように、費用と手数がかかるので、例は少ないですが、貴重なデータをPC橋の設計・計画、さらに施工に提供してきています。

#### (7) ブロックの接合

今日プレキャストブロック工法として一般化している工法は、1964年にフランスで建設されたショワジー・ル・ロワ橋の成功によるものです。この工法の画期的なところは、ブロック目地の精度を高めるためのマッチキャスト工法の採用、目地の接着にエポキシ樹脂を用いたことでした。当時、我が国においても急速施工、現場の省力化が進められていたので、この工法に強い関心が集まり、研究会が設置され主としてエポキシ樹脂の性質と施工性の研究、その結果として品質規定案の作成がなされました。

研究は、ブロック工法の橋桁としての挙動、目地部の応力分布等をコンクリート供試体によるものと光弾性によるもので行われています。この結果として、桁の全体的挙動は一体物と同一でしたが、目地部のひびわれ発生が一般部より多少早期に発生することが明らかとなった。光弾性試験によると、ブロック工法の目地部にエポキシ樹脂接着剤を使用したものは一体ものと同一の応力分布と推定され、目地部に樹脂接着剤の使用は重要とされました。

施工上からは、施工時のブロック間の精度の高い接合のためと、施工時のせん断力に抵抗するために、目地部にコンクリートあるいは鋼製のキーが設けられていますが、これは、せん断のみでなく、ねじりが作用する場合にも非常に有効であるとの実験的研究が発表されていま

す。目地に樹脂を使用することは、コンクリート系の接着剤のものより接着力も大きく・樹脂そのものの強度も高く、硬化時間も早く、さらに防水性施工性が高いからです。

## 2. 測定技術

PCの研究・試験を裏で支えたものに測定技術がありました。ここでは測定技術について簡単に触れます。

コンクリート構造物の変形、応力度に関連した測定方法としては、次に述べるものがあります。

### (1) 機械的な方法

これは、通常測定しようとする点を中心として、測定しようとする方向に2つの標点を取り、その標点間の相対変位を測定してひずみ ( $\epsilon = \Delta l / l$ ) を求める方法です。この変位を機械的手段によって拡大し、それをダイヤルゲージで測定するものです。形式として、川田型、Huggenferger型、Whittmore型等があり、ひずみ量の測定範囲は  $\epsilon \approx 1 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-5}$  といわれています。ひびわれ幅の測定に用いられているコンタクトゲージはこれらの一種類です。

### (2) 電気的な方法

電気的な測定法としては、ひずみ量を電気抵抗、容量、インダクタンスなどの変化に対応させて取り出そうとするものです。このほかに、ピエゾ効果、光電気を利用する方法もあります。

#### (a) 抵抗線ひずみ計 (WSG)

このゲージは細い金属 (銅・ニッケル合金) 線でできており、オームの法則を利用して、線のひずみと抵抗の変化を利用して測定を行うもので、ゲージとしては、一軸、三軸、四軸用のものがあります。このゲージの特長は、以下のとおりです。

- ① 標点距離をかなり広範囲にとれる。
- ② ゲージの質量および容積が小さい。
- ③ 接着可能であれば場所の制限をあまり受けない。
- ④ 系数点を短時間に同時に測定できる。
- ⑤ 静的・動的いずれにも適用できる。

ゲージは接着剤により測定箇所に着させます。通常、抵抗線には直径0.03 mmの金属線が用いられます。

この抵抗線ひずみ計は、静的、動的ならびに力や変位などの系方面の測定器として利用面はますます拡大しており接着式以外に変位や加速度計用として非接着式、カールソン式、応力計、土圧計などにも適用されてきています。

#### (b) 容量型ひずみ計

この形式のひずみ計は、測定量を電気容量の変化として取り出すもので、測定には指示装置が必要とされています。(a)、(b)で述べた以外に電気的なひずみ計と

しては、電磁型および圧電気型などがあります。

### (3) 光学的ひずみ型

光弾性を利用したものが実用化されています。測定装置としては、偏光装置を携帯可能な小型化したものがあります。

### (4) その他

距離の測定、変位の測定には、電波・レーザー光線・音波利用による各種の測定機が利用されています。距離の測定には、トランシットがありますが、最近ではレーザー測距儀が利用されています。これは変位の測定にも当然ながら活用されています。

ひびわれの深さ等の傷の測定には、超音波探傷機、さらに、鉄筋の位置、厚さ等の計測にも利用されています。

磁力線を利用した計量により、完成した構造物鉄筋の位置、さらに危険が伴いますが、X線ガンマー線によるコンクリート中の鋼材の位置の確認などがなされています。いずれにしてもこれらの方法は、コンクリート構造物の維持管理・補修工事に有効に利用されてきています。

## 3 PC技術の発展の要因と問題点

ここでは、『PCに関する試験および測定入門講座』の開講に際し、PC技術の発展と試験などのかかわりや、今後のPC技術をより広く活用、進展させていくうえでいくつかの課題や問題点について述べてみます。

PC技術の発展の主な要因として、

- (1) 新材料の開発および既存材料の性能向上
- (2) 構造解析技術、設計手法の進歩
- (3) 構造形式の改善
- (4) 施工方法の合理化
- (5) 維持管理手法の確立
- (6) 補修技術の開発

等が挙げられます。

#### (1) コンクリート、鋼材の発展

PC技術の実用化の原動力は、何と云ってもコンクリートおよび鋼材の進歩です。

コンクリートについては、高性能減水剤の開発により、600~800 kgf/cm<sup>2</sup>の強度を得ることは、工場のみでなく通常の現場条件下でも可能となっています。最近においては、超高流動コンクリートの研究が進み、プレキャスト部材に試験的に採用され、施工の単純化へのアプローチがなされてきています。コンクリートの高強度化は、構造物の軽量化、支間の長大化等に役立ち、さらに橋梁や建築構造の自由度を高めることとなります。一時、問題となったアルカリ骨材反応はセメントのアルカリ成分

## ◇講座◇

の調整により一応解決がみられてきています。

PC鋼材の強度は、第2次大戦後の復興期から1970年頃までは一貫して増大し続け、 $200\text{ kgf/mm}^2$ あるいはそれ以上に達してきています。付着性能の改善や低リラクセーション鋼材、大容量プレストレス用鋼材および定着装置の開発等、著しい進歩がみられました。最近では、靱性、耐食性さらに低磁性等に対する性能向上が望まれます。さらに、高分子材料等もPC鋼材の代りに試験的に使用されてきています。

### (2) 構造解析技術の発展と模型実験の問題点

この20年の長大橋梁、巨大海洋構造物など大規模かつ複雑なPC構造物の建設は、材料および施工技術に関する研究開発と同時に、構造解析技術の目覚ましい発展に負うところが大きいと言えます。しかし、構造解析の過程において導入される使用材料に関する諸定数と力学的挙動、構造の構成および境界条件の設定などが妥当であったかどうかは、試験、実測などによって検証しなければなりません。厳密な構造解析が困難な場合には、模型による試験で実際の挙動を直接的に解明することが必要となります。

模型実験を行う場合の最大の問題点は、実際の構造物と模型との対応です。これは、寸法の相似率ならびに材料的相似性をいかに判断し、適用するかということです。この問題に関する国外の研究によると、模型の寸法は、弾性問題を取り扱う場合には $1/100\sim 1/20$ 、終局時の変形や耐力を問題とする場合には $1/15\sim 1/4$ とすべきであるとしています。

### (3) 構造形式の改善

PC橋梁の構造形式の改善について考えてみますと、当初は短いスパンの単純桁から始まり、スパン長をのばし、連続桁やラーメン構造へと発展し、1958年に片持ち梁架設工法が導入されるや急速に長大化が進み、構造物の完成時には世界第一位のスパンを誇るPC橋が次々に建設されてきています。しかし、初期の構造物はコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の値の推定精度が低く、上げ越し量が適切でなかった場合もみられました。これらのことは室内試験によるデータだけでは不十分であり、実橋を対象とした測定データの重要性を示唆した例と言えます。最近の土木学会あるいは道路協会の基準類では、実橋データに基づいたこれらの設計用値が示されています。

橋梁の長大化を目指す構造形式で注目されているものに、PC斜張橋類あるいはPC吊床版橋があります。これらはコンクリート橋の今後の発展に大きな影響を与えるもので、力学的に極めて合理的な構造で、経済性や美観の面で優れています。特に斜張橋は我が国を含めて諸外国で200m以上のスパンのものが多く建設されてきて

います。これらの中には、鋼斜張橋と肩を並べる大スパンの橋梁もあります。現在、我が国最大のコンクリート桁橋はスパン240mの浜名大橋で、桁橋としては経済的に限界スパンと言われてきていましたが、PC斜張橋によりスパンの長大化が経済的に可能となってきており、現在、スパン296m(ラフトズンド橋)のものが建設中です。しかしながら、この構造の設計には、コンクリート製の橋桁の重量の大きいために、従来、無視可能であった風荷重を考慮する必要性が大きくなってきています。

一般に、PC斜張橋は鋼斜張橋よりも死荷重が大きいため耐風安定性の面で問題が少ないと言われてきましたが、桁の断面形状、桁高などによって耐風安定性に微妙な変化が発生するため、単に理論的な解析でなく風洞実験による検討が必要となります。

耐震性について種々検討が行われていますが、桁の動的応答解析の結果によると、高次のモードにおいて卓越した応答が認められることもあり、修正震度法による静的解析に加えて動的解析をも併用した検討が望まれます。

### (4) 施工方法の合理化

PC斜張橋では片持ち梁架設工法が採用されることが多く、この場合、各架設段階でコンクリートの材齢や応力状態が異なることになり、斜ケーブルや桁の応力へのコンクリートのクリープ、乾燥収縮の影響を十分に把握しておく必要があります。最近では、コンピュータの導入による自動計測データに基づいた施工管理システムが著しく進歩してきています。

PC斜張橋あるいはPC吊床版橋のような新しい形式の構造物や重要な構造物においては、設計に用いた理論の仮定あるいは使用材料の定数の妥当性、さらに安全性などの確認のため、竣工時に各種の試験や検査が行われます。これらのデータは、供用後の維持管理やそれらの構造物の将来の発展のための参考資料として極めて重要なものとなります。

### (5) 維持管理手法の確立と補修技術の開発

第2次大戦後の復興期から、高度成長期を経て多くの構造物が建設され、建設時より40年以上を経過して供用されているものもあります。これらの構造物の維持管理、さらに兵庫県南部地震による被害から耐震補強が最近特に注目されてきています。建設時の材料の選択、設計、施工方法が適切でなく、環境条件の悪化、使用状態の変化などにより、コンクリート構造物も意外に老朽化が早いことも指摘されてきています。さらに、構造物に作用する荷重の量の増大と質の変化に伴う機能低下、損耗も急速に進行していると推定されています。維持管理の一環として、補修、補強技術の確立はますますその重要性を増大させてきています。ちなみに、本誌は1959

年に創刊され、36年間にわたって出版されてきています。この間に発表された研究、実験、試験計測に関連する論文は約300編、年平均8.3編です。しかし、論文数は、年を追うごとに増加し、この6年間の年平均15編となってきています。さらにその内容から維持管理、補修の重要性が高まってきていることが推定できます。他のコンクリート技術関連誌においても同様な傾向が示されています。

以上のように、材料試験からはじまり、模型実験、実構造物の建設中、竣工時、供用後の維持管理および補修に関して行われる各種試験とその結果の精度は計測技術に依存することがきわめて大であり、試験等の実施に際しては、使用する計測機器の原理や機構、期待しうる精度、使用上の注意事項などに十分熟知しておくことが重要です。

#### 4] おわりに

昭和40年代頃までに行われた研究・実験の一部の概要を述べたものですが、これらは過去のものでなく、現在、未来にかけても大きな関連を持ち続けており、PC技術の発展、進歩に今後共大きな影響を与えてゆくものです。

すでに述べたように実験、研究というものには、種々のものがあり測定法もそれぞれの状況に合わせて適切なものを選ばなければ、当初の目的を達成できないことに十分留意しなければなりません。

この講座が、実験、研究および測定に関する関心を読者に高め、実務に際して適切な対応の一助となれば幸いです。

### 新刊紹介

## 鉄筋コンクリートの解析と設計

### 限界状態設計法の考え方と適用

吉川 弘道 著

本書は限界状態設計法に基づき、鉄筋コンクリートの終局限界を中心に使用限界・疲労限界の解析/設計法を分かりやすく解説したもので、土木学会の「コンクリート標準示方書」に準拠している。

鉄筋コンクリートはその挙動やメカニズムが複雑で解析や設計の場面で苦勞することが多いが、本書では各章を「現象の理解（耐荷メカニズムの解明）」「モデル化（解析）」「断面の決定（設計）」といった理解しやすい構成とするとともに、オリジナルの図を豊富に用い、また設計式の導出過程も丁寧に解説するなど分かりやすさのための様々な工夫を試みている。鉄筋コンクリートをマスターするための必読の書である。

発行：平成7年6月20日

発行所：丸善(株)出版事業部 TEL. (03) 5684 5571

定 価：4 429 円（本体 4 300 円，税 129 円）

#### 目 次

- I. 鉄筋コンクリートの基礎と設計法
  1. 鉄筋コンクリートの特徴と構造
  2. 鉄筋とコンクリートの材料力学
  3. 鉄筋コンクリート部材の設計法
- II. 梁・柱部材の断面解析と終局限界
  4. 曲げモーメントを受ける部材
  5. 軸力と曲げを受ける部材
  6. せん断力を受ける部材
  7. ねじりモーメントを受ける部材
- III. 平面部材の終局限界
  8. 面外力を受ける平面部材
  9. 面内力を受ける平面部材
- IV. 使用限界・疲労限界に対する検討
  10. ひび割れと変形
  11. 疲労荷重を受ける部材