

◆特集：土木研究所における新技術の開発とその活用・普及◆

技術の規格化・基準化  
 -コンクリートの品質確保技術とそのサポート-

菊地 稔\* 児玉法彰\*\* 森濱和正\*\*\* 片平 博\*\*\*\*

1. はじめに

土木研究所には、国土交通行政を技術面から支援するという責務がある。その中で、土木研究所の研究開発した成果が国土交通省の発出する通達等に反映され、技術の規格化や基準化等がなされることも重要な役割の一つである。

例えば、土木コンクリート構造物については、供用上及び維持管理上その品質が極めて重要であることから、これまでに土木コンクリート構造物中の配筋状態やかぶり<sup>1),2)</sup>、レディーミクストコンクリートの品質確保<sup>3)</sup>、コンクリートの強度測定等<sup>4)</sup>について、施工中や完成時等における測定を通達により義務化している。

本報では、これらのうちレディーミクストコンクリートの単位水量の測定や、強度測定における測定技術の一つとして選定された土木研究所の研究開発技術を紹介するとともに、これら成果の普及や行政支援への取組みについて紹介する。

2. レディーミクストコンクリートの品質確保

2.1 通達等での規定

国土交通省から発出された「レディーミクストコンクリートの品質確保について」(平成15年10月2日付け国官技第185号)では、土木コンクリート構造物の品質に影響を及ぼす水分量の問題に対して、レディーミクストコンクリートの品質確保を図る観点から、従来の品質管理基準に加えて、単位水量の測定及びポンプ筒先におけるスランプ値の確保を前提としたスランプ管理を義務付けている。

前記通達を受けて発出された「レディーミクストコンクリートの品質確保について」の運用について(平成15年10月2日付け国コ企第3号)では、当面の間、1日当たりのコンクリート使用量が100m<sup>3</sup>以上施工する工事を対象に、単位水量及びスランプ管理について、2回/日(午前1回、午後1回)、または構造物の重要度と工事の規模に応じて100m<sup>3</sup>~150m<sup>3</sup>毎に1回、および荷卸し時の品質変化が認められたときに実施することとし、管理値に対する測定結果に応じて、コンクリート

表-1 単位水量の測定技術の例示

計測技術名称	測定原理	測定時間
エアメータ法 (土研法)	単位水量が増加するとコンクリートの単位容積質量が小さくなる性質を利用し、単位容積質量の違いから単位水量を推定する。	5分
エアメータ法 (注水法)	同上 ただし、高性能・高価なエアメータと電子秤を必要とする。	5分
水中質量法	コンクリートの気中質量と、水中質量の差からコンクリートの体積を求め、単位容積質量から単位水量を推定する。	15分
高周波加熱 乾燥法	コンクリートからふるい分けたモルタル分を、電子レンジで加熱乾燥させ、質量の減少量からコンクリートの単位水量を推定する。	15分
減圧加熱 乾燥法	水は減圧乾燥すると約50℃で沸点に達するため、試料は低温で乾燥される。試料には、ふるい分けたモルタルを用いる。	20~25分
乾燥炉法	専用の乾燥炉によってコンクリートを加熱乾燥し、蒸発量から単位水量を推定する。	20~25分
静電容量法	物質の誘電率が水分量によって変化することを応用したもの。モルタル中の静電容量を測定することにより単位水量を推定する。	10分
連続式RI法	照射する中性子がコンクリート中の水素原子によって減衰するため、その減衰量から単位水量を推定する。	5分
水濃度測定法	一定容積のフレッシュコンクリートに特殊アルコールを定量加え、コンクリート中の水量によって希釈されたアルコール濃度を測定することにより、単位水量を推定する。	15~20分
塩分濃度差法	フレッシュコンクリートに濃度の分かっている食塩水を添加・混合した際に、食塩水添加前と食塩水混合後の濃度の塩分濃度を測定し、食塩水がコンクリート中の水により薄められる原理を用いて単位水量を推定する。	15分

の打設可否や生コン製造者への改善指示等、その対応が規定されている。

前記通達の実施にあたり、平成16年3月には国土交通省より「レディーミクストコンクリート単位水量測定要領(案)」が出され、単位水量測定方法として、表-1に示す技術が例示された。

2.2 エアメータ法の概要と技術サポート

エアメータ法(土研法)は、通常のコンクリー

ト受入れ検査で行う空気量測定に加えて、エアメータごと試料の質量を測定するだけで、特殊な機器や操作を必要とすることなく、安価でかつ短時間に単位水量の測定を可能としている(写真-1)。

従来法(17,700円/回)に比べて大幅なコストダウン(1,170円/回)を実現した。仮に、公共工事で単位水量の測定が義務づけられるレディーミクストコンクリートの使用量を年間約3千万 $m^3$ とし、100 $m^3$ 毎に測定を行うとすると、約50億円/年のコスト削減が可能となる。

また、その測定精度は、配合上の単位水量に対して $\pm 6kg/m^3$ 程度で他の測定手法と遜色ない精度である。

土木研究所では、研究所のホームページ(<http://www.pwri.go.jp/>)において、「エアメータ法による単位水量推定マニュアル(土研法)」、「エアメータ法の計算シート・計算例」及び「単位水量の管理値」を掲載し、利便性を高めている。

また、本特集号「土研における新技術の開発及び活用・普及活動」の3.2で紹介した土研コーディネートシステムにより、エアメータ法に関する技術的質問等に回答する体制も整え、これまでに約130件(16年度は55件、17年度は38件、18年度は36件)の質問に回答した。



写真-1 エアメータによる空気量測定と試料の質量測定

その他、地方整備局の技術事務所や都道府県の建設技術センター等が主催する技術講習会に出向き、本技術の説明を行っている。

### 2.3 本技術の活用状況

平成17年に全国生コンクリート工業組合連合会が全国の生コン工場を対象に行った調査によると、受入検査に用いられている単位水量測定方法はエアメータ法が最も多く56%となっており、2年前の10%から急増している。

特に、2.2で示した本技術の特徴等が評価され、官庁発注工事においてエアメータ法の採用が多くなっているものと考えられる。

## 3. 微破壊・非破壊試験によるコンクリートの品質(強度)確保

### 3.1 通達等での規定

国土交通省から発出された「微破壊・非破壊試験を用いたコンクリートの強度測定の試行について」(平成18年9月25日付け国官技第166号)で

表-2 構造物の対象部位による強度試験法

対象	対象部位	強度試験法
橋梁上部工	桁部	非破壊試験(衝撃弾性波、超音波) ※非破壊試験において判定基準を満たしていない場合は、小径コア試験を実施。
橋梁下部工	柱部、張出し部	非破壊試験(衝撃弾性波、超音波) ※非破壊試験において判定基準を満たしていない場合は、小径コア試験を実施。
	フーチング部	ボス供試体による試験 ※工程等に支障がない場合には、小径コアによる試験を実施しても良い。

表-3 対象部位における試験回数

対象	対象部位	試験回数
橋梁上部工	桁部	非破壊試験(超音波又は、衝撃弾性波)により打設回毎、かつ、150 $m^3$ ごとに1回の試験を行うことを原則とする。 また、試験回数3回以上で判定ロットを構成する。 1回の試験における測定は3測線とする。 ※小径コア試験を実施する場合は、1回の試験あたりコアを2本採取する。
橋梁下部工	柱部、張出し部	同上
	フーチング部	1回の試験に用いるボス供試体は1供試体とし、1フーチングにつき3供試体以上(試験回数3回以上)とし、450 $m^3$ 以上の場合には、150 $m^3$ ごとに1回の試験を行う。 ※小径コア試験を実施する場合は、コアを6本以上採取する。

は、コンクリート構造物の品質の確保を一層図るとともに、監督・検査の充実を目的として、微破壊・非破壊試験を用いてコンクリート構造物の強度が適正に確保されていることを確認することとしている。あわせて、発注者及び施工者が実施すべき事項として、請負者には日常の施工管理の実施、監督職員には請負者が行う確認試験への立会、検査職員には完成検査時の確認試験の実施等を明確にしている。なお、本通達の対象は、平成18年度に施工(新規・継続)される橋梁上部工事及び下部工事のうち、全国36箇所の試行である。

前記通達に基づく「微破壊・非破壊試験によるコンクリート構造物の強度測定試行要領(案)」では、対象構造物の測定部位によって、表-2及び3に示すように、試験方法や試験回数が規定されている。

更に、本要領では、試験方法の種別とその測定者要件が規定されており、その内容は、表-4に示すとおりである。具体的には、微破壊試験方法として「ボス供試体」及び「小径コア」を用いる

表-4 各種試験法の測定者要件

試験法		測定者要件
微破壊	ボス供試体	(社)日本非破壊検査協会が実施する講習会を受講した者
	小径コア	・寸法効果が確認されている試験法について、豊富な実績を有する者 ・φ15～30mm コアについては、ソフトコアリング協会会員で所定の講習を受けた者
非破壊	超音波	超音波試験法に関する知識、経験を有し、(独)土木研究所による講習を受けた者
	衝撃弾性波	衝撃弾性波試験法に関する知識、経験を有し、iTECS法については、iTECS技術協会が実施する講習会を受講した者 表面2点法については、(独)土木研究所による講習を受けた者

方法が、非破壊試験方法として「超音波法」及び「衝撃弾性波法（2種類）」が規定されている。測定者要件としては、各計測技術毎に当該技術に関する講習会の受講が明記されている。なお、これら技術については、本特集号「土研における新技術の開発及び活用・普及活動」3.1の表-1で紹介した民間提案型共同研究「非破壊・局部破壊試験によるコンクリート構造物の品質検査分野」を通じて開発されたものである。

3.2 技術の概要

土木研究所が開発した「超音波法」と「衝撃弾性波法（表面2点法）」による強度推定技術について、そのフローを図-1に示す。

具体的には、①強度測定計画を策定し、②通常、強度管理等に用いている円柱供試体の衝撃弾性波の伝搬速度と強度を測定し、強度と伝搬速度との関係から強度推定式を求め、③構造体コンクリートでの衝撃弾性波の伝搬速度を測定し、④先の強度推定式を用いて構造体コンクリートの強度を推定し、⑤推定強度から構造体コンクリートの強度判定を行うこととなる。

なお、③の構造体コンクリートの弾性波伝搬速度の測定について、超音波法及び衝撃弾性波法（表面2点法）の相違点、特徴を以下に紹介する。

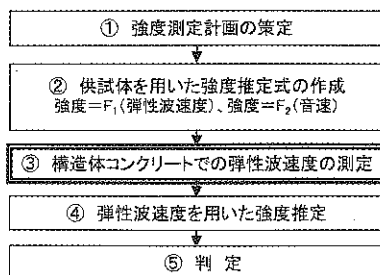


図-1 構造体コンクリート強度判定までのフロー

3.2.1 超音波法

超音波法は、コンクリート内を伝搬する音速からコンクリートの圧縮強度を推定するものである。

本法では、“コンクリート表面付近（数10mm）は品質が低いため音速は遅く、内部ほど品質が良くなるため音速は速くなり、しだいに一定値に収束する”といった音速分布特性を考慮している。このため、図-2に示すように発信探触子、受信探触子を徐々に離しながら伝搬時間を測定し、両探触子の距離と伝搬時間の関係から、変分法を用いた音速の伝搬経路の推定等を行うことで、コンクリート内部の音速分布を推定<sup>5)</sup>している。

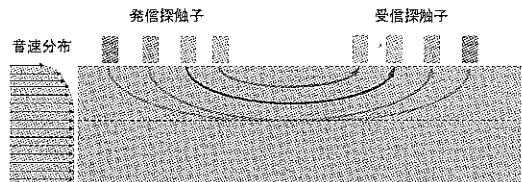


図-2 超音波法による測定概念図

3.2.2 衝撃弾性波法（表面2点法）

表面2点法は、弾性波速度からコンクリートの圧縮強度を推定するものであり、具体的には、図-3や写真-2に示すように、30cmの間隔で2個の加速度センサーが取り付けられた振動検出器を用い、両加速度センサーのコンクリート接触点を結ぶ線上（測線）において構造体コンクリートの1点をハンマーで軽く叩き衝撃弾性波を発生させ、弾性波が両加速度センサー間を伝搬する時間差から、弾性波速度を推定するものである。

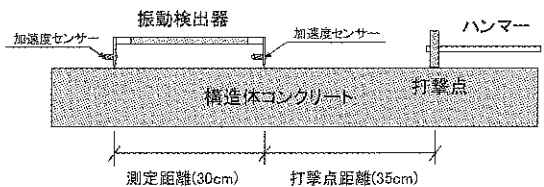


図-3 表面2点法による測定概念図

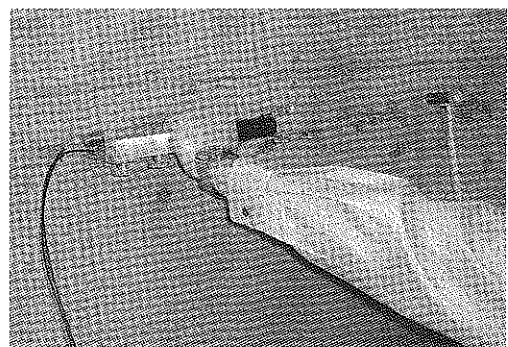


写真-2 表面2点法による計測

表-5 講習会開催実績・受講者・合格者数一覧

開催回数	開催日	受講者数 (合格者数)	
		表面2点法	超音波法
第1回	11/28～30	13 (11)	15 (15)
第2回	12/21～22	15 (13)	14 (12)
第3回	1/24～26	11 (11)	14 (14)
第4回	2/22～23	14 (13)	15 (15)
第5回	3/14～16	17 (16)	17 (16)
計		70 (64)	75 (72)


 <b>受講証明書</b>		写真貼付 縦 32mm× 横 28mm
証明書番号 第 2605-001 号 会社名 (株)○○○○ 氏名 □□ □□ 生年月日 1980年1月1日 交付年月日 2005年12月1日 講習の種類	<input type="checkbox"/> 表面2点法 <input type="checkbox"/> 超音波法 <input checked="" type="checkbox"/>	
「微破壊・非破壊試験を用いたコンクリート強度測定」 の講習会に参加され、技能を習得したことを証明する。		
独立行政法人 土木研究所		理事長

写真-5 受講証明書

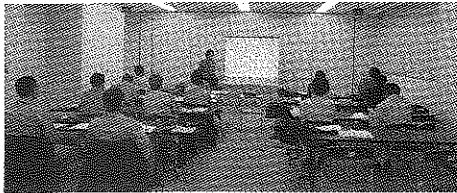


写真-3 非破壊検査技術の講義の様子

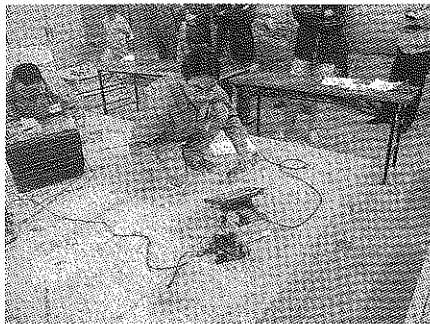


写真-4 非破壊検査技術の実技講習の様子

### 3.3 技術講習会の実施

土木研究所では、前記通達及び要領(案)を受け、表-5に示すように強度測定を行う業者等から希望を募り、平成18年度に講習会を5回開催した。

講習会では、写真-3のように通達の背景やコンクリート品質の判定基準等の講義に加え、写真-4のような実技講習を行っている。講習会の最後には、受講者が強度測定に必要な技術を習得できたか否かを判断する実技試験を行っている。実技試

験の結果、技術習得ができた者には写真-5に示す受講証明書を発行し、工事現場での強度測定が可能となる。現在までに、表面2点法で64人、超音波法で72人に受講証明書を発行している。

### 4. おわりに

本技術のように、国全体の土木コンクリート構造物の品質確保を技術面から支援するということは、国が必要とする技術開発を担う土木研究所として、その重要な使命を果たすものでもある。

今後とも、国全体として必要な技術の研究開発を進めるとともに、その規格化・基準化を通じて、研究成果が社会資本の整備や維持・管理に役立てられるよう取組んでいきたい。

### 参考文献

- 1) 平成17年5月18日付け国官技第27号「非破壊試験を用いたコンクリート構造物の品質管理手法について」
- 2) 森濱和正：非破壊試験を用いたコンクリート構造物の品質管理手法—配筋状態及びかぶり測定の試行について、土木技術資料, Vol.47, No.11, pp.17-18, 2005.11
- 3) 平成15年10月2日付け国官技第185号「レディーミクストコンクリートの品質確保について」
- 4) 平成18年9月25日付け国官技第166号「微破壊・非破壊試験を用いたコンクリートの強度測定の試行について」
- 5) 森濱和正：超音波による正確なコンクリート版厚の測定方法、土木技術資料, Vol.41, No.2, pp.38-43, 1999.2

菊地 稔\*



独立行政法人土木研究所  
くば中央研究所技術推進本  
部上席研究員  
Minoru KIKUCHI

児玉法彰\*\*



独立行政法人土木研究所  
くば中央研究所技術推進本  
部研究員  
Houshou KODAMA

森濱和正\*\*\*



独立行政法人土木研究所  
くば中央研究所技術推進本  
部構造物マネジメント技術  
チーム総括主任研究員  
Kazumasa MORIHAMA

片平 博\*\*\*\*



独立行政法人土木研究所  
くば中央研究所技術推進本  
部構造物マネジメント技術  
チーム主任研究員  
Hiroshi KATAHIRA