

委員会報告 「品質評価試験方法研究委員会報告」

辻 幸和^{*1}・十河茂幸^{*2}

<委員構成>

委員長	辻 幸和	群馬大学	委員	地頭蘭博	三菱マテリアル(株)
幹事長	十河茂幸	(株)大林組		鈴木康範	住友大阪セメント(株)
幹事	野口貴文	東京大学		高田 誠	(株)エヌエムビー
	鈴木澄江	(財)建材試験センター		田中敏嗣	太平洋セメント(株)
主査幹事	橋本親典	徳島大学		谷口裕史	(株)間組
主査	近田孝夫	新日鐵高炉セメント(株)		橋田 浩	清水建設(株)
	上原 匠	名古屋工業大学		牧 保峯	竹本油脂(株)
	早川光敬	大成建設(株)		宮澤伸吾	足利工業大学
委員	牛島 栄	(株)青木建設		森 博嗣	名古屋大学
	金津 努	(財)電力中央研究所		安田正雪	東洋建設(株)
	河野広隆	建設省 土木研究所		渡辺博志	建設省 土木研究所
	桜本文敏	鹿島建設(株)			

1. はじめに

建設分野の国際化が急激に進む中、コンクリート構造物の品質保証をさらに厳密に行うことが要請されている。これに伴い、平成7年度から9年度にかけてJISもISO規格との国際整合化に合せた見直しが進められてきたが、未だにコンクリート構造物の品質を保証する試験規格が十分に整備されているとは言い難い現状である。

このような状況を解決するために、1997年6月に(社)日本コンクリート工学協会の研究委員会の中に「品質評価試験方法研究委員会」を設置して頂いた。そして、コンクリートのワーカビリティ、熱特性、ひび割れ抵抗性の各種の試験方法とともに、構造体コンクリート強度の評価方法といった、コンクリート構造物の品質保証に必要な試験方法を整理し、正しい試験方法について議論し、規格案を提案することを目的に調査研究を進めてきた。

その間、本研究委員会の活動内容を報告書にまとめ¹⁾、その内容を1998年12月4日に開催された本協会主催の「コンクリートの品質評価試験方法に関するシンポジウム」で公表した。またこのシンポジウムの成果を踏まえ、その後WGで調査研究した結果を取り入れて、コンクリートの品質評価試験方法(案)を研究委員会へ提案することになっている。

本文では、委員会の調査研究、シンポジウムでの研究報告と論文発表、および提案する品質評価試験方法(案)の概要を報告する。

2. 委員会の構成と活動内容の概要

本委員会は、設置と同時に表-1に示す4つのWGを中心に調査研究を精力的に行った。すなわち、フレッシュコンクリートの評価試験方法、熱特性試験方法、ひび割れ抵抗性試験方法、構造体コンクリート強度評価試験方法の各WGに

*1 群馬大学教授 工学部建設工学科 工博(正会員)

*2 (株)大林組 技術研究所 土木第三研究室室長 工博(正会員)

において、まず検討するコンクリートの品質評価試験方法を選定しながら、品質評価試験方法についての技術の現状と問題点をとりまとめた。選定した品質評価試験方法は、表-2に示す20件である。そして、表-2にゴシック体で示した各種の品質評価試験方法に関する原案を提示した。

これらの作業は、委員会設置2年目の1998年12月4日に開催した「コンクリートの品質評価試験方法に関するシンポジウム」での調査研究の報告と品質評価試験方法の原案の提示を行うまでであった。シンポジウムの後は、提示した品質評価試験方法原案の改訂と解説の作成を中心としたWG活動であった。

3. シンポジウムの開催

「コンクリートの品質評価試験方法に関するシンポジウム」を開催するにあたり、それぞれのWGにおいて選定した表-2に示した各種の品質評価試験方法(案)についての本研究委員会の調査研究結果を報告して試験方法の原案を提案するとともに、これらの品質評価試験方法(案)による実測例の報告やこれらの試験方法(案)と異なる類似の品質評価試験方法の提案等に関する論文を募集した。

応募頂いた論文をその概要により審査し、採用した19編の論文は、表-3に示すものであった²⁾。これらの内容は、各WGで採り上げた品質評価試験方法のすべてに関連するもの

表-1 品質評価試験方法研究委員会 各WG

フレッシュコンクリートの 評価試験方法WG	ひび割れ抵抗性試験方法WG
主査 橋本 親典	主査 上原 匠
主査 近田 孝夫	幹事 鈴木 澄江
幹事長 十河 茂幸	委員 金津 努
委員 高田 誠	委員 桜本 文敏
委員 谷口 裕史	委員 鈴木 康範
委員 牧 保峯	委員 田中 敏嗣
委員 森 博嗣	委員 橋田 浩
	委員 宮澤 伸吾
	委員 安田 正雪
	委員 渡辺 博志
熱特性試験方法WG	構造体コンクリート強度 評価試験方法WG
主査 近田 孝夫	主査 早川 光敬
幹事長 十河 茂幸	幹事 鈴木 澄江
委員 牛島 栄	委員 牛島 栄
委員 地頭蘭 博	委員 金津 努
委員 鈴木 康範	委員 河野 広隆
委員 田中 敏嗣	委員 桜本 文敏
委員 谷口 裕史	委員 地頭蘭 博
委員 橋田 浩	委員 谷口 裕史
委員 宮澤 伸吾	委員 森 博嗣
委員 渡辺 博志	委員 安田 正雪

表-2 コンクリートの品質評価試験方法(案)

- ① コンクリートのスランプ試験方法
- ② スランプフロー試験方法
- ③ 漏斗を用いた流下試験方法
- ④ 充てん装置を用いた間隙通過性試験方法
- ⑤ L形フロー試験方法
- ⑥ 振動台式コンシステンシー試験方法
- ⑦ RCD用コンクリートのコンシステンシー試験方法
- ⑧ 超硬練りコンクリートのコンシステンシー試験方法
- ⑨ 加圧ブリーディング試験方法
- ⑩ 静弾性係数試験方法
- ⑪ クリーブ試験方法
- ⑫ 断熱温度上昇試験方法
- ⑬ 熱膨張係数試験方法
- ⑭ 熱伝導特性試験方法
- ⑮ 構造体コンクリートの温度測定方法
- ⑯ 温度ひび割れ抵抗性の評価試験方法
- ⑰ 乾燥収縮ひび割れ抵抗性の評価試験方法
- ⑱ 自己収縮の評価試験方法
- ⑲ 伸び能力の評価試験方法
- ⑳ 構造体コンクリート強度の評価試験方法

表-3 コンクリートの品質評価試験方法に関するシンポジウムにおける発表論文名と著者

1. コンクリートの断熱温度上昇試験結果に及ぼす試験方法の影響
佐々木 健一 (セメント協会)
2. 断熱温度上昇試験機の制御精度検証方法とその結果について
鍵本 広之, 佐藤 道生, 前田 哲宏 (電源開発)
3. 断熱温度上昇試験装置の検定方法について
小田部 裕一, 寺野 宣成, 鈴木 康範 (住友大阪セメント)
4. 簡易型断熱温度上昇試験によるコンクリートの発熱特性の評価
近松 竜一, 中村 博之, 十河 茂幸 (大林組)
5. 高強度コンクリートの若材齢引張クリープ係数の測定とそのモデル化
橋田 浩 (清水建設)
6. 現位置試験の温度情報を用いたコンクリートの熟物性値の推定
西田 德行, 潮田 和司, 土橋 吉輝 (西松建設), 松井 邦人 (東京電機大学)
7. 乾燥収縮ひび割れ試験の再現性について
大野 俊夫 (鹿島建設), 魚本 健人 (東京大学)
8. コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験結果の一考察
安田 正雪 (東洋建設), 阿部 道彦 (建設省建築研究所), 鈴木 澄江 (建材試験センター)
9. 温度ひび割れ抵抗性の評価方法に関する研究
松永 篤 (宇部興産), 竹田 宣典, 十河 茂幸 (大林組), 米田 俊一 (宇部興産)
10. 一軸拘束試験装置を用いた温度ひび割れ試験方法に関する検討
溝渕 利明, 横関 康祐, 信田 佳延 (鹿島建設)
11. ポス供試体による構造体コンクリートの強度推定法
篠崎 徹, 板谷 俊郎, 梅本 宗宏 (戸田建設), 白山 和久 (筑波大学名誉教授)
12. マチュリティーを用いた構造体コンクリートの強度推定方法に関する検討
原田 和樹, 牛島 栄 (青木建設)
13. 非破壊試験によるコンクリートの早期品質検査方法に関する研究
コンキッ ト ヴォラプッタポーン, 十代田 知三, 枝広 英俊, 平山 健二 (芝浦工業大学)
14. 空気圧式釘打ち機を用いたピン貫入試験による吹付けコンクリートの初期強度推定
海瀬 忍, 三谷 浩二 (日本道路公団)
15. コンクリート構造物の非破壊試験と測定応力解析に関する国際会議の報告
野崎 喜嗣 (武蔵工業大学), 十代田 知三 (芝浦工業大学)
16. コンクリート用レオメータを用いた流動性評価
呉 相均, 野口 貴文, 友澤 史紀 (東京大学)
17. 自己充填コンクリートの新しい充填性評価試験方法に関する一実験
柳井 修司, 坂田 昇, 渡邊 賢三 (鹿島建設), 岸田 哲哉 (日本海上工事)
18. 硬練りコンクリートの締固め性評価について
國府 勝郎, 上野 敦 (東京都立大学), 早川 健司 (東急建設), 牛島 栄 (青木建設)
19. コンクリートの品質評価に対するプリーディングの必要性と試験の自動化について
竹田 宣典, 平田 隆祥, 十河 茂幸 (大林組)

であった。

シンポジウムは、WGの数と同じ4つのセッションに分けて行なった。各セッションでは、WGよりの品質評価試験方法の調査研究の報告と試

験方法原案の提示の後、関連する論文の研究発表を行なった。その後は討議としたが、品質評価試験方法を具体的に絞ったことにより、討議の焦点が明確となり、試験方法の役割や背景のみ

ならず具体的な内容の相違点などについても、活発な議論が交わされた。また、WGではほとんど議論されなかった試験方法の別な意義や、原案とは異なる具体的な手順などについても意見交換がされた。なお、シンポジウムの会場は大東京火災新宿ビルホールで、参加者は270名であった。

4. 品質評価試験方法研究委員会報告書

「コンクリートの品質評価試験方法に関するシンポジウム」においては、前述のようにWGに対応する各セッションごとに、WGでとりまとめた委員会報告と関連する応募論文の発表を行い、その後討議を行った。

委員会報告書の目次を、表-4に示す¹⁾。各品質評価試験方法(案)ごとに、執筆担当者を決めて、①試験方法の意義、開発の経緯あるいは歴史的経緯、②適用範囲を含めた試験方法の概要、③問題点および今後の課題、④参考文献の順番で、調査研究の結果をまとめた。そして、表-2にゴシック体で示した品質評価試験方法については、委員会の原案を提示している。

既にJISや土木学会規準などで規格されている、スランプ試験方法、スランプフロー試験方法、漏斗流下試験方法、(超)硬練りコンクリートのコンシステンシー評価試験方法、加圧ブリーディング試験方法、静弾性係数試験方法などについても、改正・改訂の原案をWGで作成したが、今回は無用の混乱を与えることにもなるため、前述の表-2のゴシック体で示したものとどめた。また、コンクリートの

表-4 品質評価試験方法研究委員会報告書の目次

- 1章 フレッシュコンクリートの評価試験方法
 1. まえがき
 2. スランプ試験方法の規格と評価
 3. スランプフロー試験のレオロジー的意味および問題点
 4. 漏斗流下試験の技術の現状とその評価
 5. L形フロー試験方法の技術の現状と評価
 6. U形/ボックス形充てん試験の技術の現状と評価
 7. (超)硬練りコンクリートのコンシステンシー評価試験方法の現状と評価
 8. 加圧ブリーディング試験方法の現状と評価

参考文献
- 2章 コンクリートの熱特性試験方法
 1. まえがき
 2. コンクリートの静弾性係数試験方法
 3. コンクリートの引張クリープ試験方法
 4. コンクリートの断熱温度上昇試験方法
 5. コンクリートの熱膨張係数試験方法
 6. コンクリートの熱伝導特性試験方法
 7. 構造体コンクリートの温度測定方法

参考文献
- 3章 コンクリートのひび割れ抵抗性評価試験方法
 1. まえがき
 2. 自己収縮および自己収縮応力の試験方法
 3. コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法
 4. コンクリートの温度ひび割れ試験方法
 5. コンクリートの引張強度と伸び能力試験方法
 6. 破壊力学的観点からのコンクリートのひび割れ抵抗性評価

参考文献
- 4章 構造体コンクリート強度の試験方法
 1. まえがき
 2. 試験方法と研究課題
 3. 適用範囲
 4. 構造体強度の試験方法
 5. まとめ

参考文献

引張クリープ試験方法、熱膨張係数試験方法、熱伝導特性試験方法、伸び能力試験方法、構造体コンクリート強度の各種の試験方法などについては、まだ世界的に規格化されたものが少なく、WGにおいても試験方法の原案作成を審議したが、成案を得るには至らなかった。なお、「構造体コンクリート強度」の試験方法については、「構造体コンクリート強度」そのものの定義だ

けでなく、評価する試験方法の性格づけについて、その目的と必要な要件および規格化の是非の観点から体系付けしている。

その具体的な内容については、頁数の制限により言及できないが、各種の品質評価試験方法の適切な解説書としても、本報告書は役立つものと考えている。

5. コンクリートの品質評価試験方法（案）

各WGで作成し、本委員会より提示したコンクリートの品質評価試験方法（案）は、日本コンクリート工学協会、土木学会、日本建築学会で既に規格（案）として提案されている試験方法は除外し、以下の7件を新たな試験方法として提案することにした。

- a. L（形）フロー試験方法（案）
- b. 充てん装置を用いた間げき通過性試験方法（案）
- c. コンクリートの断熱温度上昇試験方法（案）
- d. セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法（案）
- e. コンクリートの自己収縮応力試験方法（案）
- f. コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法（案）
- g. コンクリートの水和熱による温度ひび割れ試験方法（案）

これら全ての試験方法は（案）として表記し、和文題目の後に英文題目（Test Method for …）を明記している。また全ての試験方法には、今後規格（案）として審議して頂く際の資料的な意味も兼ねて、シンポジウムでの委員会報告書に記載されている内容に基づいて詳細な解説文を加えている。

(a) L（形）フロー試験方法（案）

水セメント比が小さく通常のコンクリートに比べて粘性が高い高強度コンクリートや高流動コンクリートの粘性と降伏値に関連した二つの指標を、スランプ試験と同様に簡便に測定することを目的に考案されたコンシステンシーの評価試験方法である。特にスランプやスランプフロー試験と異なり、材料を一方方向のみに流動させるため、測定値のばらつきが少なく、フロー値やフロー時間の測定に関する個人差が少ないという特徴を有している。

この試験方法は、図-1に示す形状寸法の試験器を用い、鉛直部にコンクリートを充填した後、鉛直部と水平部の境界開口部に設置された仕切りゲートを引き上げてコンクリートを水平方向に流動させ、鉛直部のコンクリートの沈下量および水平部の流動距離と時間を測定するものである。

鉛直部のコンクリートの沈下量および水平部の流動距離は、それぞれスランプ試験におけるスランプ値およびフロー値に対応するもので、フレッシュコンクリートの降伏値を代表する指標である。また流動距離を時間で除した流動速度は、フレッシュコンクリートの粘性を反映す

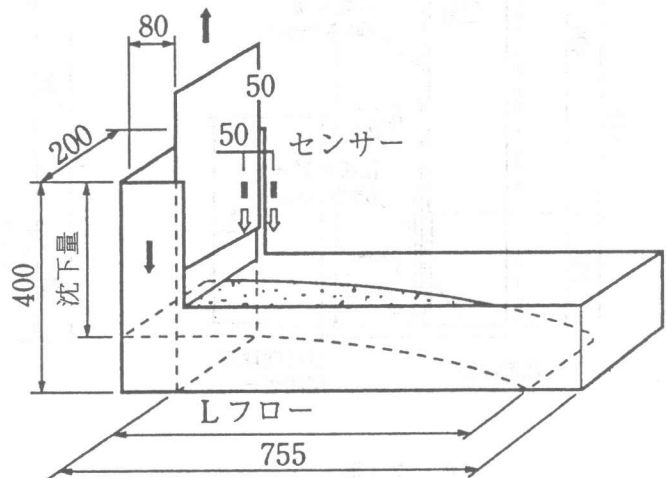


図-1 L（形）フロー試験器

る指標である。そして、L(形)フロー試験器に赤外線や超音波などのセンサーを設置して、開口直後の初期流動速度として、コンクリートの流動先端が仕切りゲートの内面から50mmおよび100mmの地点にまで到達する時間を測定するL(形)フロー初速度が採用されている。

日本建築学会と土木学会では、試験方法名、詰め方、および突き数が異なるので、これらの点を考慮して、表現を修正した。詰め方は、突固めや振動を与えずに1層詰めと、ほぼ等しい量の2層に分けて詰めるものとを併記している。試験方法(案)と別に作成した「解説」は、日本建築学会と土木学会で突き数が異なることとその影響の有無、ならびにL(形)フロー初速度を求めるセンサーの必要性の2点についても言及

している。

(b) 充てん装置を用いた間げき通過性試験方法(案)

この試験方法は、土木学会規準として制定されているものを見直し、新しい試験方法として提案したものである。試験装置は、図-2に示すボックス形とU形の充てん試験装置に、実際の鉄筋が存在する型枠内の空間を想定して、障害物の鉄筋を配置したものである。この試験方法は、2室間に設けた鉄筋の流動障害を通過したコンクリートの量を2室間のコンクリートの充てん高さを比較して、フレッシュコンクリートの間げき通過性を評価するものである。

(c) コンクリートの断熱温度上昇試験方法(案)

マスコンクリートの温度・応力解析において

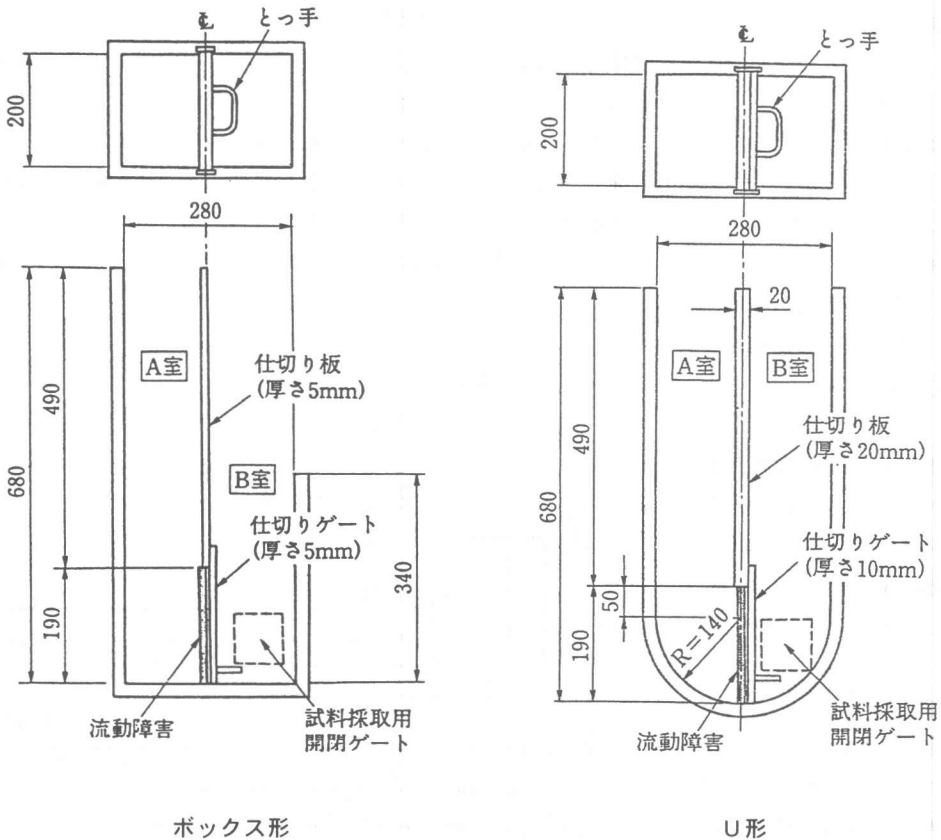


図-2 ボックス形およびU形充てん試験装置

は、発熱特性としてのコンクリートの断熱温度上昇量を正確に求めることが不可欠である。これまで、コンクリートの発熱特性として、溶解熱法または伝導型微小熱量計によりセメントペーストの水和熱を測定して与える方法も考えられる。しかし、一定温度下におけるセメントペーストの水和熱の測定値を、そのままマスコンクリートの温度・応力解析に適用することは困難である。

コンクリートの断熱温度上昇試験方法を調査した結果、試験装置に用いる熱媒に応じた断熱

状態の保持方法（空気循環式、水循環式）とともに、試験体の大きさ、試験体周囲の断熱材の有無、断熱状態を制御する方法、温度を検出するための物理量等にそれぞれ特徴があることが明らかになった。これらの特徴を考慮して、試験装置および試験方法についての個々の項目を一律に規定することはしないで、現時点で統一できる項目を以下のように提案している。

試験装置については、①試験体の大きさは粗骨材の最大寸法が25mmを超えないコンクリートについては容積が20ℓ以上とすること、②試

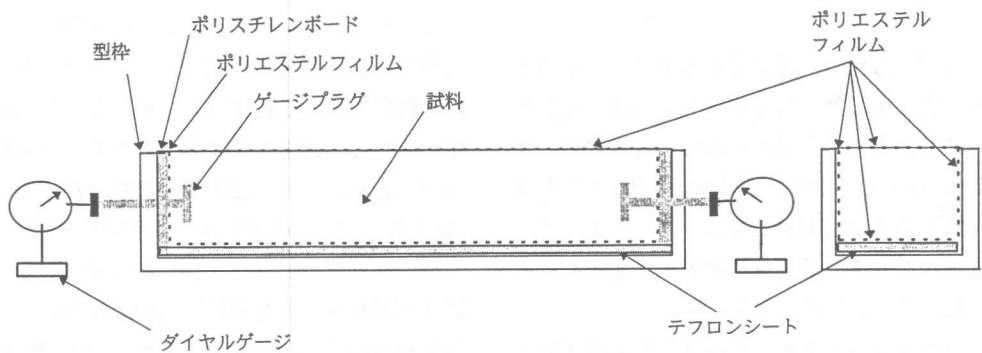


図-3 自己収縮および自己膨張試験方法（脱型以前）

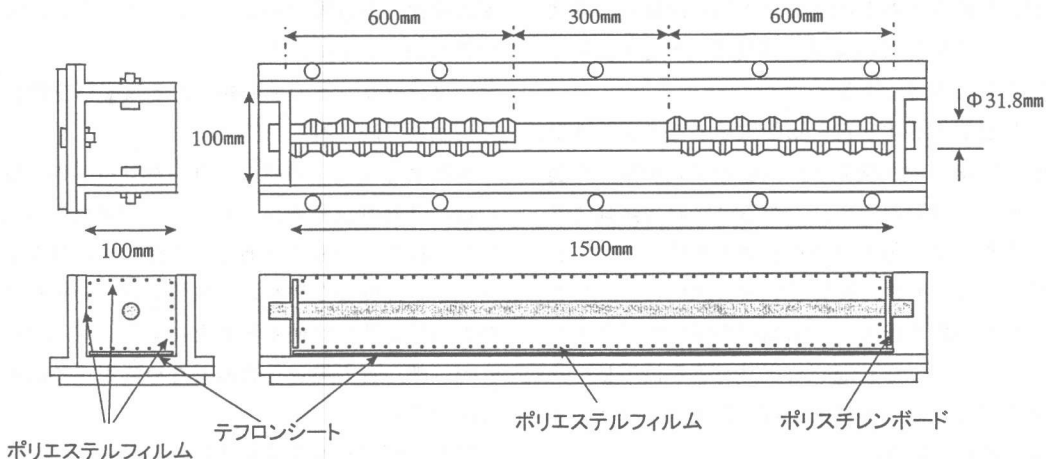


図-4 鉄筋拘束試験型枠

験体周囲には原則として断熱材を設置しないこと、③試験装置の断熱保持能力の検定方法を明示し、試験体の温度変化量が $\pm 0.1^{\circ}\text{C}/\text{日}$ の値より小さく、高い精度で断熱保持能力があり、温度の検出機器は 0.1°C までの読取りが可能であることを、必要最小限の事項として示している。

試験方法については、材料の準備、試験体の作製方法、試験装置内に試験体容器を設置するまでの時間（練り始めて30分以内）、温度の測定間隔（30分以内）、試験期間（標準として14日）などを、詳細に規定している。

結果の計算としては、必要に応じて近似曲線をあてはめることとし、近似曲線の例を注として示している。

この試験方法は、委員会報告書に記載されている内容を少し修正して提案している。すなわち、試験体周囲の断熱材の設置の有無については、シンポジウムでの討議とWG-2での審議および現状での適用状況とを勘案して、限定するような表現をせず、断熱保持能力の検定を満たすようにすることで対応している。

(d) セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法（案）

(e) コンクリートの自己収縮応力試験方法（案）

これらの両試験方法は、JCIの自己収縮研究委員会で提案された内容を基本的に踏襲し、様式を少し変更しているが、委員会報告書で提示した内容と同じである。

自己収縮および自己膨張試験方法を図-3に、自己収縮応力試験方法の鉄筋拘束試験型枠を図-4にそれぞれ示す。これらいずれの試験においても、供試体の自由な変形を型枠が拘束するのを防ぐために、型枠の底面の内側にテフロンシート（厚さ1mm）、両端の内側にポリスチレンボード（厚さ3mm）を入れ、さらにポリエステルフィルム（厚さ0.1mm）を入れるなどの工夫がされている。

(f) コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法（案）

本試験方法は、1985年にJCIよりJIS原案として提案されたものに基づいている。この提案は、その後（社）セメント協会における耐久性専門委員会・ひび割れ分科会と研究所のひび割れ試験研究会での実験的研究と検討の結果などにより、1991年に改正案が提案され、また1992年には建材試験センター規格JSTM C8202T-1992として制定された。

この方法は、図-5に示す拘束器具によりコンクリート供試体の乾燥収縮を拘束することによるひび割れの発生を試験するものである。試験は、温度が $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度が $60\pm 5\%$ の室内で保存することを標準とし、保存期間中に、コンクリート供試体の上下面または両側面の直線部の中央200mm以上の位置で、自由収縮ひずみと拘束収縮ひずみを測定する。そして、これらのひずみから実拘束率を計算で求めることも行うものである。なお、自由収縮ひずみ測定用供試体には $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱を用いている。

ひび割れについては、ひび割れ発生および貫通ひび割れまでの乾燥日数（確認は原則として毎日1回以上行っている）、ならびにひび割れの発生位置を報告する。

委員会報告書での提案以降は、端板の取扱いに関する記述を修正し、端板を拘束器具から外している。また温度ひび割れについては、拘束率の変化と温度履歴のシミュレーションに関しての解説文を追加している。

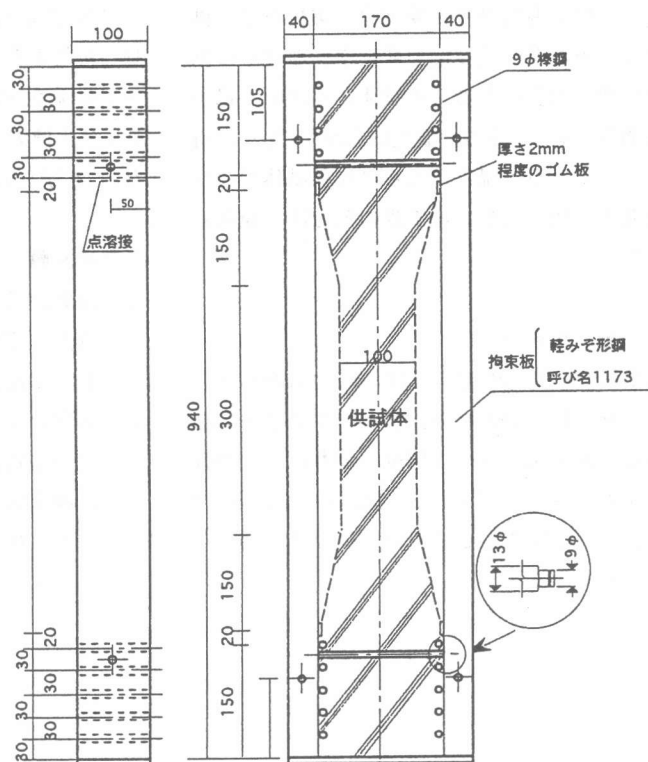
(g) コンクリートの水和熱による温度ひび割れ試験方法（案）

本試験方法は、前述の「コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法（案）」と同様な規格制定の経緯をもつものである。すなわち、コンクリートの温度ひび割れの抵抗性を同一の拘束条件と環境条件で比較することにより、使用材料や配（調）合の最適化を得るために用いる試験方法である。

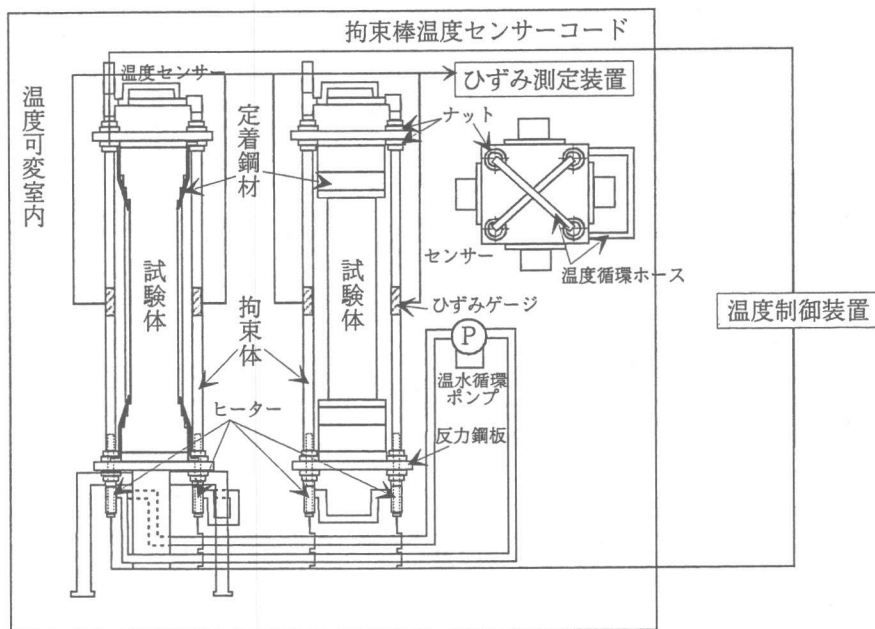
温度ひび割れ拘束試験装置は、図-6に示すように、供試体の変形を拘束するための4本の鋼管（拘束鋼管）、この拘束力を供試体へ伝える

ための鋼板（反力鋼板），および供試体と反力鋼板間の力を伝達する鋼材（定着鋼材）から構成されているものである。また，拘束鋼管に温水を循環させる装置および温度を $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内で制御する装置， $5^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ に温度が調整可変できる試験室，ならびに供試体や拘束鋼管の温度やひずみを計測する装置を規定している。

この試験装置により，温度可変室，供試体や温水の温度履歴，コンクリート打込み時のコンクリートの温度や温水の温度，コンクリート供試体や拘束鋼管のひずみを計測して，コンクリートの熱膨



図－5 乾燥収縮ひび割れ拘束器具および供試体



図－6 温度ひび割れ拘束試験装置系統図

張係数，拘束温度ひずみ変化率，実拘束率，供試体の応力履歴や温度応力発生率，温度ひび割れ発生時の引張応力度，供試体の温度降下量と拘束鋼管の温度上昇量，温度応力が0となった時のコンクリートの温度，ならびに供試体のひび割れ発生箇所と発生状況を求める方法を規定している。

6. あとがき

本委員会の基本的な活動は，本年3月をもって終了した。5. で紹介した7件のコンクリート品質評価試験方法（案）は解説とともに，主査幹事を中心に文章表現等の検討を行って，本年4月末までには親委員会の研究委員会に提出することになっている。

最後になりましたが，本委員会による研究活動の機会を与えて頂いた（社）日本コンクリート工学協会JCIならびにJCIの研究委員会（委員長：魚本健人 東京大学国際・産学共同研究センター 教授）に感謝いたします。

参考文献

- 1) 品質評価試験方法研究委員会：品質評価試験方法研究委員会報告書，日本コンクリート工学協会，1998.12，206pp.
- 2) 品質評価試験方法研究委員会：コンクリートの品質評価試験方法に関するシンポジウム論文集，日本コンクリート工学協会，JCI-C48，1998.12，130pp.