

## 委員会報告 「自己収縮研究委員会報告」

田澤栄一\*

### 1. 委員構成

委員長 田澤栄一 (広島大学)

幹事 佐藤良一 (宇都宮大学)

同 坂井悦郎 (東京工業大学)

委員 池尾陽作 ((株)竹中工務店) (～95.3)

同 井上和政 ((株)竹中工務店) (95.4～)

同 今本啓一 (東急建設(株)) (96.10～)

同 大下英吉 (広島大学) (95.4～)

同 大谷 博 (東急建設(株))

同 大野義照 (大阪大学)

同 岡本修一 (大成建設(株))

同 加藤弘義 ((株)トクヤマ) (96.4～)

同 岸 利治 (東京大学)

同 高田和法 (鹿島建設(株))

同 竹田宣典 ((株)大林組)

同 田中敏嗣 (日本セメント(株)) (96.10～)

同 棚野博之 (建設省)

同 近田孝夫 (新日鐵化学(株))

同 寺村 悟 (電気化学工業(株))

委員 富田六郎 (日本セメント(株))

同 二羽淳一郎 (名古屋大学) (～95.3)

同 沼尾達弥 (茨城大学)

同 橋田 浩 (清水建設(株))

同 羽原俊祐 (秩父小野田(株))

同 原田 宏 (秩父小野田(株))

同 宮澤伸吾 (足利工業大学)

同 山田人司 ((株)間組)

同 吉田孝三郎 (宇部興産(株))

同 吉田智則 ((株)トクヤマ) (～96.3)

通信委員 小俣富士夫 (ショーボンド建設(株))

同 笠井哲郎 (東海大学)

同 鳥居和之 (金沢大学)

同 西田德行 (西松建設(株))

同 樋口正典 (三井建設(株))

### 2. 委員会活動の概要

コンクリートの自己収縮は、高強度コンクリートや高流動コンクリートの利用の拡大とともに重要視されてきた現象であり、平成8年に改定された土木学会コンクリート標準示方書でも、鉄筋コンクリートの設計やマスコンクリートのひび割れ制御において自己収縮を考慮する必要性が指摘されている。

日本コンクリート工学協会は、自己収縮のメカニズム、自己収縮によるひび割れ発生機構に関する調査研究を行い、最終的には設計・施工指針への取り込み方について提案することを目的として、1994年に「自己収縮研究委員会」を設置した。以下に示す3つのワーキンググループ(WG)のもとに約3年間の調査研究が行われた。

(1) 定義・試験法WG：自己収縮および自己収縮に関連した用語の定義、自己収縮の試験方法の提案、水和収縮の試験方法の提案

(2) 材料・機構・低減法WG：自己収縮に影響を及ぼす要因の検討、自己収縮の機構および低減

\*広島大学教授 工学部第四類(建設系)、工博(正会員)

## 方法の検討

### (3) 応力・実構造物WG：自己収縮応力の試験法の提案、実構造物の自己収縮応力の検討

本委員会の活動の成果は、「自己収縮研究委員会報告書」[1]としてとりまとめられ、1996年11月に東京および大阪で開催された「コンクリートの自己収縮に関する講習会」により、広く一般に公表された。本報告では、材料・機構・低減法WGおよび応力・実構造物WGの検討内容の概要を記述するとともに、本委員会で提案した「コンクリートの自己収縮応力試験方法(案)」を紹介する。なお、用語の定義、水和収縮試験方法および自己収縮試験方法については、昨年の本大会で報告[2]されているので省略した。

## 3. コンクリートの自己収縮とその機構

自己収縮に関連する内外の既往の研究を基に、自己収縮の原因やその機構、自己収縮に及ぼす各種の要因、他の変形との組合せ、さらに自己収縮の低減方法について整理し、合わせて今後の課題も含めて概説した。

### (1) 自己収縮の考慮が必要なコンクリート

自己収縮の考慮が必要なコンクリートとしては、高流動コンクリート、高強度コンクリートが挙げられる。これらのコンクリートで自己収縮が大きくなるのは、単位結合材量が多いことおよび水結合材比が小さいことが影響している。マスコンクリートでも自己収縮の影響を受け、特に、高炉スラグ微粉末の混和量の多い特殊なセメントを用いたり、高流動コンクリートや高強度コンクリートをマスコンクリートとして施工する場合には自己収縮を考慮する必要があるが生じる。硬練りコンクリートの自己収縮に関する報告は全くないが、この場合には水セメント比は小さいが、逆に単位セメントペースト量は小さいなど自己収縮が大きくなる要因と小さくなる要因が混在している。しかし、巨視的な収縮が小さくなることと、ペースト中の自己応力が小さくなることは本質的に異なるので注意が必要である。自己収縮を考慮する必要があるとしてここに取り上げたコンクリートはいずれも各種のセメントと混和材料の組み合わせが利用されており、今後は使用材料や配合と自己収縮との関連を系統的に整理していく必要がある。

### (2) 水和収縮と自己収縮

ポルトランドセメントの構成鉱物の水和収縮について、化学量論的な反応からどの程度の水和収縮を生じるかを整理し、それらの和から各種セメントの水和収縮を求める方法が示されている。これによると、計算結果と実測値は良い一致を示し、構成鉱物の水和収縮の組み合わせによりセメントの水和収縮の推定が可能である。なお、この計算に用いる水和物の比重については文献により差が認められるので今後の検討がさらに必要である。ついで水和収縮に及ぼす水セメント比、セメントの鉱物組成、混和材料の影響について述べている。C<sub>2</sub>Sは他の鉱物に比べて、また高炉スラグ微粉末は、その粉末度の小さいほど、置換率が大きいほど水和収縮は小さくなる。水和収縮は自己収縮を引き起こす要因にはなっているが、これらの間には直接的な関連がない。水和によって水和組織内部に形成される空隙の相対湿度が低下していく現象は自己乾燥と呼ばれるが、この自己乾燥によって自己収縮が生ずる。そこで一例として水セメント比の異なるペーストにおいて、水和により硬化体中にどの程度の空隙が形成されるかを示した。さらにその空隙に発生する毛細管張力により自己収縮が生じると説明している。

### (3)自己収縮に影響を及ぼす要因

コンクリートの自己収縮に影響を及ぼす要因として、材料、配(調)合、製造方法および養生方法などを整理している。セメントの種類としては鉱物組成でその影響を整理でき、アルミネート相の含有量の大きいセメントを用いた方が自己収縮は大きくなる。シリカフェームを混和して低水結合材比とした場合には自己収縮は大きくなること、また高炉スラグ微粉末では置換率が大きいほど、粉末度が大きいほど自己収縮は大きくなる。フライアッシュ、石灰石微粉末、撥水性粉末や乾燥収縮低減剤の利用により、自己収縮は減少し、膨張材の使用では、初期の膨張により全体の収縮は小さくなるが、膨張が完了するとある材齢以降は自己収縮が生じる。配(調)合の影響では、水セメント比が小さい場合や単位ペースト量が多いと自己収縮は大きくなる。従って、単位結合材量、単位水量、骨材体積濃度などの影響はこれを前提に理解できる。なお、製造方法についてはほとんど検討された例はない。養生方法では、温度の高いほど自己収縮は初期には大きく、長期では小さくなる傾向があり、水和反応や微細組織と関連してさらに検討を行う必要がある。なお、施工の影響などについては今後の検討が望まれる。

### (4)自己収縮の機構

自己収縮の機構については、自己乾燥により毛細管空隙にメニスカスが形成され、毛細管張力が発生し自己収縮が生じていると説明している。従って乾燥収縮低減剤により毛細管空隙水の表面張力を低下させたり、撥水性粉体により  $\cos \alpha$  ( $\alpha$  は接触角) を小さくすると自己収縮は減少し、混和材を混和して粗大な空隙を減少させ、小径の毛細管空隙を増加させると自己収縮は増加する。また、これらに関連して、コンクリート内部の湿度分布がセラミックセンサーにより測定可能となったので、その測定例も合わせて紹介している。なお、自己収縮と水和生成物や水和組織との関連については、エトリンガイトがモノサルフェートに変態を起すことやゲル空隙が多量に生成する事実との関連を調査した報告を紹介している。以上の自己収縮の機構の検討においては、材齢とともにセメント硬化体の弾性係数が増加していくことが考慮されておらず、自己収縮と硬化体の抵抗力との兼ね合いも含めた検討が必要である。また、自己収縮の機構を、乾燥収縮の機構として広く採用されている毛細管張力説を基本として説明した。しかし、毛細管張力説以外の分離圧説、表面張力説、層間水の移動説などについても自己収縮の機構との関連を検討することが必要と思われる。

### (5)自己収縮と他の変形の組合せ

実際のコンクリート構造物では、自己収縮は単独で生じることはなく、他の変形との組合せで生じる。沈下は従来、材料分離との関連で検討されてきたが、水セメント比が小さな場合には水和収縮も考慮する必要があること、およびプラスチック収縮の一要因としても水和収縮を考慮する必要があるとしている。さらに、硬化時温度変形ではマスコンクリートにおいては温度変化に起因する応力に加えて自己収縮に起因する応力を考慮する必要がある。温度履歴を受けるコンクリートでは温度ひずみ増分と自己収縮のひずみ増分の重ね合わせが成り立つとしている。このような場合、自己収縮ひずみは積算温度により評価できるとの報告も多いが、混和材を混和した場合には積算温度で整理できない場合もあるとの報告もあり、今後の検討が望まれる。また、従来、乾燥収縮ひずみとして扱われてきたものには、自己収縮ひずみが含まれており、両者に重ね合わせが成立すると考えると、水セメント比の低下とともに自己収縮の寄与率が大きくなり、水

セメント比 17%では、ほぼ 100%が自己収縮によるものであることも報告されている。なお、乾燥開始材齢が 3 日以降の収縮ひずみの予測は土木学会によりすでに提案されているが、これ以前に生じる自己収縮を考慮した収縮ひずみの予測式の提案が必要であるとしている。その他に、一般に水中ではコンクリートは湿潤膨張するとされてきたが、水セメント比を小さくした場合には水中でも収縮する場合があります、湿潤養生と自己収縮の両者を合わせて考える必要がある。また、膨張材による膨張でも自己収縮は生じており、膨張材の種類の影響も含めて、これらを加味した検討が必要であることを指摘している。なお、炭酸化収縮については、自己収縮が問題となるようなコンクリートでは極表面近傍しか炭酸化は生じないため問題にはならないとしている。

#### (6)自己収縮の低減方法

以上のような自己収縮の機構およびそれに影響を及ぼす要因の整理を基に、自己収縮の低減方法を提案している。セメントの種類としては高ビーライト系セメントが有効であること、アルミネート相を少なくし、セッコウ量を増加させること、また粉末度は適度にすることも有効である。なお、設計基準強度との関連で整理することが必要であり、特に、設計基準強度の材齢を長くすれば、水セメント比を大きくすることができ自己収縮の低減には有効となる。また、膨張材は自己収縮を伴うが、自己収縮の低減方法としては有効であり、さらに自己収縮を少なくする高性能な膨張材の開発も期待される。乾燥収縮低減剤や撥水性粉体の使用によっても自己収縮は低減され、特に膨張材と乾燥収縮低減剤の併用は有効である。また、高流動コンクリートでは、自己収縮の低減効果と強度発現性状とを考慮した混和材の選定が要求される。以上のように自己収縮を低減できるいくつかの可能性を整理したが、さらに他の要求性能との関連において、自己収縮低減方法を体系的に整理し利用できるものにしていく必要がある。

### 4. 自己収縮応力とその予測

自己収縮応力の試験方法を温度応力を極力除去する観点から検討した。さらに自己収縮応力の予測に要する自己収縮ひずみの予測、コンクリートの力学特性、自己収縮応力の予測方法、自己収縮応力に及ぼす温度履歴の影響、応力発現に及ぼす養生後の乾燥の影響、および実大規模の鉄筋コンクリート柱と鉄筋コンクリートラーメンの実測応力やひび割れ性状に基づく自己収縮応力の影響、などの検討を行った。本検討により得られた結果を取りまとめ以下に示した。

(1) 自己収縮応力は、自己収縮ひずみが拘束されることにより生じるものであり、収縮ひずみ、弾性係数およびクリープ等の物性値、および拘束条件によって決まり、これらの観点から水和熱による温度応力、乾燥収縮応力と異なる点を整理すれば表-1 のようになる。

表-1 各種拘束応力の比較

	自己収縮応力	温度応力	乾燥収縮応力
発生期間	水和の進行期間	1～2週間	乾燥の進行期間
鉄筋拘束	受ける	小さい	受ける
外部拘束	受ける	受ける	受ける
内部拘束	受ける	受ける	受ける
水セメント比	小さいと大	あまり受けない	大きいと大
温度の影響	一般に大		一般に大
断面寸法の影響	あまり受けない	大寸法ほど大	小寸法ほど大
収縮の原因	自己乾燥	温度低下	蒸発による水の逸散

(2) JIS 原案による拘束試験方法では、拘束枠とコンクリート供試体に温度差が生じ温度応力を発生させるため、自己収縮応力のみを検出できない場合がある。

そこで、温度上昇すなわち配合に依存しない鉄筋による拘束を基本とする自己収縮応力の試験方法を提案した。本研究委員会で提案した「コンクリートの自己収縮応力試験方法（案）」を5章に示す。

(3) 自己収縮ひずみの進行速度および終局値を水結合材比の関数で表し、セメントの種類、高炉スラグ微粉末など混和材の影響を考慮した自己収縮ひずみの予測式を推奨した。図-1に本予測式により求めた自己収縮ひずみの計算値と実測値の関係を示す（水セメント比=20~56%、骨材含有量=0.55~0.65）。計算値は実測値に対して最大で±40%程度のばらつきであり、本予測式により自己収縮ひずみの予測が概ね可能と考えられる。しかし、自己収縮の進行速度と最終値に及ぼす温度、混和材料の種類と混入率の影響に関する詳細な検討は今後の課題として残された。

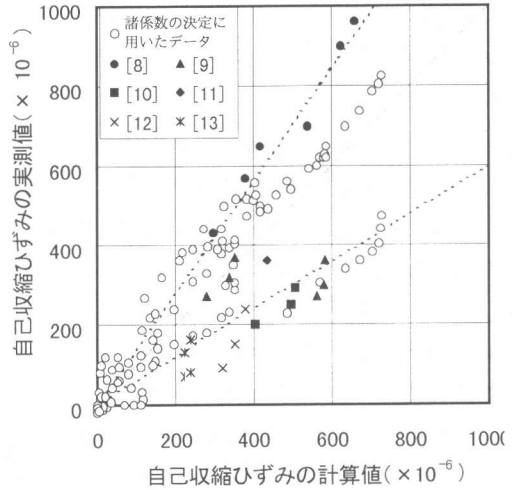


図-1 自己収縮ひずみの計算値と実測値の関係

(4) 凝結時間の影響を新たに考慮して、有効材齢に基づく CEB-FIP MODEL CODE 1990 の式を修正し、終結から材齢 28 日までの任意材齢における実用的な圧縮強度とヤング係数の推定式を示した。また、ヤング係数は圧縮強度を用いて ACI-363 式または NewRC 式により概ね推定できるが、圧縮強度が  $30\text{N/mm}^2$  以下の場合には、若干過大評価することも示した。

(5) 割裂引張強度と圧縮強度の関係は、ACI-363 式または野口・友澤式によりほぼ推定できることを示した。さらに、収縮ひずみの拘束による破断時の引張強度は、割裂引張強度の 70%程度であることを示した。

(6) 早強および高ピーライト系の2種類のセメント、およびシリカフェームを用いた水結合材比 23%の2種類のコンクリートについて、載荷材齢を3種類変えて求めたクリープ係数の実測値を回帰し、クリープ係数の進行速度と最終値の予測式を定めた。これに基づき CEB-FIP MODEL CODE 1990 のクリープ式を修正し、任意の載荷材齢のクリープ係数を推定した。本式の広範な適用性は、実験データの蓄積により拡大されると考えられる。

(7) コンクリートの弾性係数とその経時変化、および載荷材齢を考慮したクリープ係数の正確な値を用いた重ね合わせの原理に基づくクリープ解析法は、自己収縮応力を高い精度で予測できることを示した。

(8) いわゆる有効弾性係数に基づく自己収縮応力の予測値は、用いるクリープ係数の載荷材齢に依存し、かつ適切な材齢はコンクリートの種類によっても異なることを示した。

(9) 自己収縮応力は、特に普通ポルトランドセメントのみを結合材として用いた場合に温度の高い

方が小さく、温度履歴の影響を受けることが認められた。しかし、高炉スラグ微粉末を用いた場合は温度の高い方が初期には大きく、最終的には小さくなる傾向があった。また、シリカフェームを用いた場合は温度の高い方が大きい自己収縮応力を示した。

(10)セメントの種類、混和材料の種類および養生温度を変えた 15 体の拘束供試体に対し、自己収縮応力と水和熱による温度応力の割合を、実測の拘束応力と拘束ひずみより求めた見かけの有効弾性係数を用いて示した(表-2)。また、Step-by-Step 法による精算法によっても温度応力の影響を評価できることを示した。図-2 に Step-by-Step 法による応力解析の概念図を示す。

(11)養生後に乾燥を受け、収縮ひずみの進行速度が高くなれば、拘束応力の発現速度も増加する。しかし、Step-by-Step 法による解析値は応力を大きく評価し、クリープ係

数などの物性値が異なる可能性のあることが認められた。

(12)高流動コンクリートの自己収縮応力は、水結合材比が小さいほど大きく、養生後に乾燥を受ける場合のひび割れ発生日数も短くなる。養生後に乾燥を受ける場合の全拘束応力に占めるひび割れ発生時の自己収縮応力の割合は、ひび割れ発生材齢と使用材料により異なるが、養生日数が長くなると高くなる傾向がある。

(13)鉄筋比 2.97%、自己収縮ひずみ  $600 \times 10^{-6}$  のコンクリートを用いた実大規模の柱には、 $2.2\text{N/mm}^2$  の鉄筋拘束による自己収縮応力が生じた。Step-by-Step 法によりこの応力を精度よく予測できることも示した。

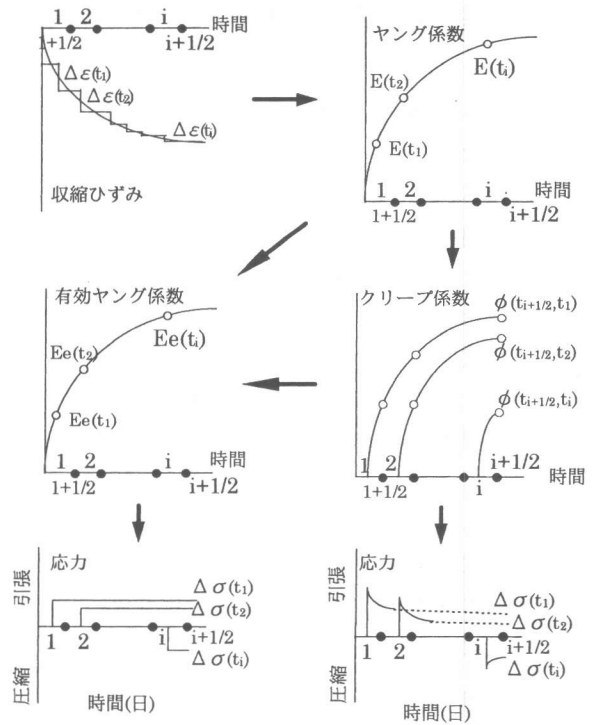


図-2 応力解析概念

表-2 温度履歴を受けたコンクリートの自己収縮応力

実験 No.	セメント	水結合材比(%)	最高温度上昇(°C)	自己収縮応力全応力
1	高ビーライト系	30	30.0	0.71
2	+高炉スラグ		1.0	0.95
3	高ビーライト系	30	38.0	0.41
4			1.0	0.95
5	普通ポルト+	30	29.8	1.71
6	高炉スラグ		10.0	1.31
7	中庸熱ポルト+	54	20.1	0.20
8	高炉スラグ			
8	早強ポルト+	23	9.7	0.72
	シリカフェーム			
9	高ビーライト系	23	6.8	0.58
	+シリカフェーム			
10	普通ポルト+	25	6.0	0.57
11	高炉スラグ		5.0	0.50
12	普通ポルト		10.5	0.62
13			11.0	0.46
14	普通ポルト+		9.0	0.65
15	シリカフェーム		9.5	0.42

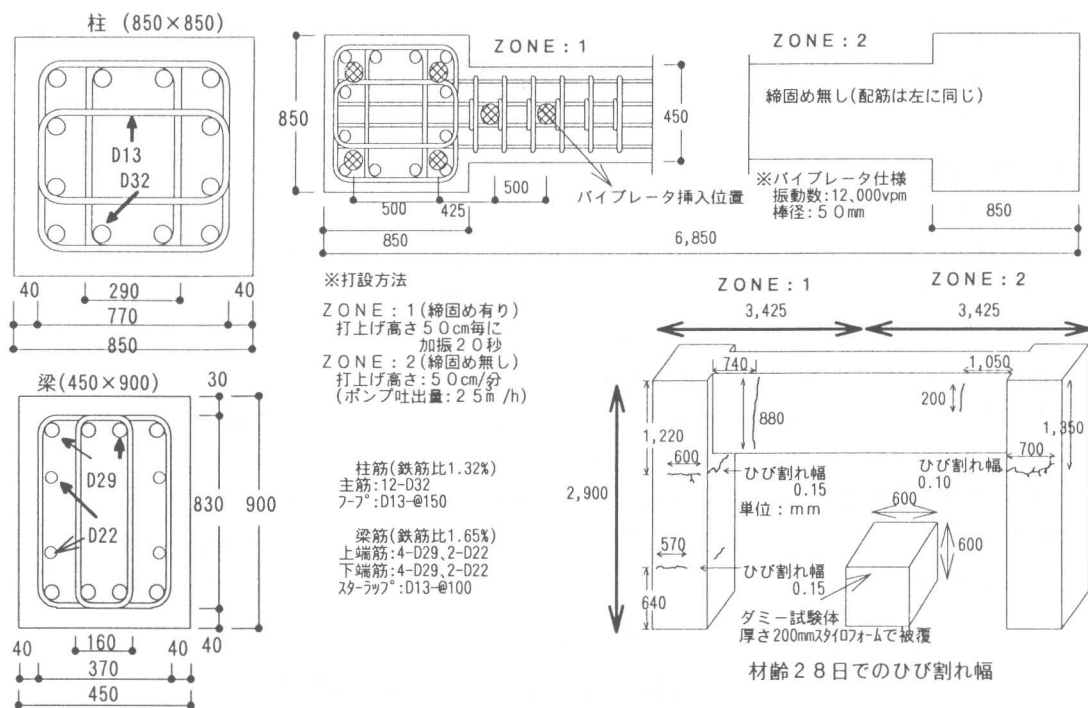


図-3 ラーメン試験体の概要 (単位: mm)

(14) 2次元の有限要素解析および実測のコンクリートひずみに基づき、ヤング係数  $21000\text{N/mm}^2$  の土間コンクリートに拘束されるラーメン (図-3) には、ラーメン柱端部の外部拘束と鉄筋の拘束による自己収縮応力、およびラーメン柱端部の外部拘束による温度応力と断面内の温度分布による内部拘束応力が生じるが、外部拘束による全引張応力に占める各外部拘束応力の割合は、ラーメン試験体の中で比較的大きな応力が生じる柱脚外縁部で、およそ 16%、74%、10%であり、はりスパン中心部下端で、およそ 25%、50%、25%であったことから、自己収縮はひび割れ発生に大きな影響を及ぼすことを示した。これらの妥当性については、特に若材齢時の物性値をさらに明らかにして、検討する必要がある。

(15) 温度変化によるコンクリートの体積変化は、セメントペーストおよび骨材の各々体積変化によって生じるが、自己収縮ではセメントペーストのみの収縮によってコンクリートの収縮が引き起こされる。そのため、収縮が拘束されて引張応力が生じたときの両者のクリープの発生機構は異なるものと考えられる。これについては今後の課題とした。

(16) 以上のことから、高強度コンクリートあるいは高流動コンクリートをプレストレストコンクリートに用いる場合、自己収縮により、プレストレスの導入時材齢が早期になるほどプレストレスの損失が大きくなる。また、鋼材が多く配置されている場合には、特にプレストレス導入前に無視し得ない引張応力が生じる可能性もある。乾燥収縮試験を行うと乾燥開始後には自己収縮ひずみも含まれるが、乾燥開始材齢が遅い場合には、乾燥開始までに大きな自己収縮が生じているにも拘わらず、それが無視されていることになるので、この点を留意する必要がある。

## 5. コンクリートの自己収縮応力試験方法（案）

### [1] 適用範囲

この試験方法は、コンクリートの自己収縮を拘束することにより生じる自己収縮応力の試験方法について示す。

### [2] 試験用器具

#### 2.1 型枠

(1) 型枠は、底板、側板および端板からなり、内寸法は図1に示す100×100×1500 mmとする。

(2) 型枠は鋼製で十分な剛性を有するものとし、端板と側板と底板はネジを用いて緊結する。なお、型枠組立ての際に結合部から漏水がないようグリース等を塗布する。供試体の自由な変形が拘束されるのを防ぐために、組み立てた型枠の底面の内側にテフロンシート（厚さ1 mm）、両端部の内側にポリスチレンボード（厚さ3 mm）を入れる。さらに、型枠内側の側面、端面および底面にポリエステルフィルム（厚さ0.1 mm）を入れ、コンクリートと型枠が接触しないようにする。

(3) 端板は鉄筋を設置するため、中央部に直径34 mmの穴を開けたものとする。鉄筋は型枠の両端板の穴に通し、鉄筋の中心と型枠の中心が一致するようにする<sup>(1)</sup>。また、側板と鉄筋が平行になるようにする。

注(1) 鉄筋と穴の間隙は、油粘土等で穴埋めをする。

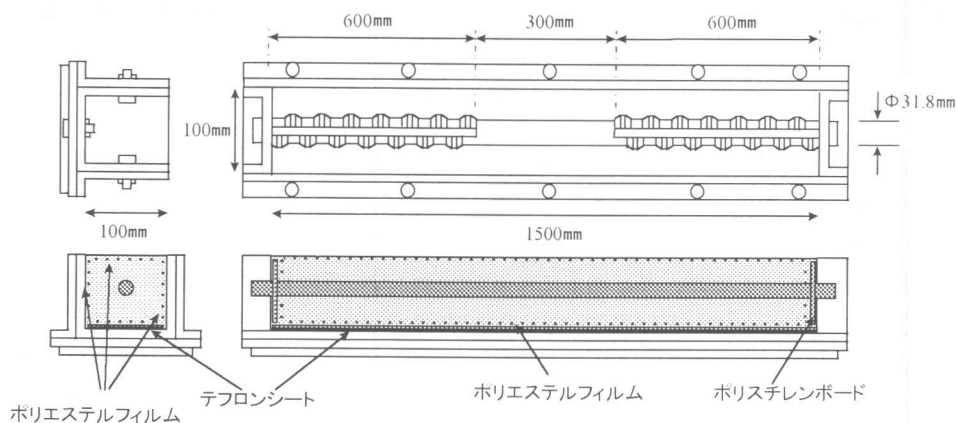


図-1 鉄筋拘束試験型枠

#### 2.2 拘束器具

(1) 鉄筋は公称直径31.8 mmの異形棒鋼（呼び名：D 32）を用い、鉄筋の長さを1,600 mmとする。

(2) 鉄筋の中心部300 mmのリップと節を取り除き、 $\phi 31$  mmの円断面とする。

#### 2.3 ひずみ測定器

鉄筋のひずみ測定に用いるひずみ測定器は、 $1 \times 10^{-6}$ より高い精度を有するものとする。

#### 2.4 ひずみゲージ

(1) 鉄筋のひずみ測定に用いるゲージは自己温度補償型ゲージ<sup>(2)</sup>を用いる。なお、温度履歴を加えて残留ひずみが残らないことを確認した上で試験を行う。

注(2) リード線に2線結線法を採用するとリード線の温度影響があるため、これを避けるため3線結線法



を採用するのがよい。

(2) 鉄筋にひずみゲージを貼付け、防水処理を行った後、鉄筋の円断面の部分（長さ 300 mm）とコンクリートとの付着を絶つため、テフロンシート（厚さ 0.1 mm）を円断面の部分に三重に巻き付ける<sup>(3)</sup>。テフロンシートと鉄筋の定着部の境目には、ビニールテープ等でシール処理を行う。

注(3) 断面欠損をできるだけ少なくするよう、注意深く巻き付ける。

## 2.5 接着剤

鉄筋とひずみゲージを測定期間中、完全に接着できるものを使用する。

## [3] 供試体

### 3.1 供試体の寸法

供試体の形状および寸法は図 1 に示すものとする。なお、コンクリートに用いる粗骨材の最大寸法は 25 mm 以下とする。

### 3.2 供試体の個数

同一条件の試験に対して必要な供試体の個数は 3 個以上とする。

### 3.3 供試体の作製および養生方法

(1) 供試体は JIS A 1132（コンクリートの強度試験用供試体の作り方）の 5 に準じて作成する。コンクリートを型枠に打込み、締固めを行うが<sup>(4)</sup>、その際鉄筋に接着しているひずみゲージを損傷しないよう注意する。

注(4) 高流動コンクリートなどのように通常の締固めを行うと材料分離を起こす場合は、適切な打込み方法による。

(2) 打込みが終了と同時に直ちに、表面仕上げを行い、コンクリートからの水分の逸散を防ぐために、ポリエステルフィルム(厚さ 0.1 mm)で表面を覆い、さらにその上から湿った布で覆う。

(3) 供試体の作製および養生中の温度は、 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ を標準とする。

(4) 打込み後、材齢 24 時間で供試体を脱型<sup>(5)</sup>し、直ちに供試体全面をアルミ箔粘着テープ(厚さ 0.05 mm)でシールする。

注(5) 試料の凝結が遅いために材齢 24 時間で脱型できないときは、脱型する材齢を適宜定める。

### 3.4 供試体の保存方法

(1) 供試体の保存期間中は、供試体周辺環境が均等で供試体個々の保存条件も等しくなるようにし、各供試体の周囲は適当な間隔をとっておくものとする。供試体の保存は横置きを原則とする。ただし、供試体の底面と床面との摩擦が生じないように、ローラー等を用い供試体両端から約 40 cm の位置 2 個所で支持する。

(2) 保存期間中、供試体周辺の温度・湿度は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 80% を標準とする<sup>(6)</sup>。

注(6) 供試体からの水分逸散防止処理が高度にできている場合には、湿度は 80% でなくてもよい。

## [4] 測定方法

### 4.1 測定位置

ひずみは鉄筋の中央部でかつ対面する位置の 2 個所について測定を行う。コンクリート温度は供試体中心部 1 個所について測定を行う。

#### 4.2 測定時点

鉄筋のひずみは、材齢 24 時間までは 1 時間間隔で、材齢 3 日までは 4 時間間隔、それ以降は原則として 1 日 1 回測定を行う。

#### [5] コンクリートの応力計算

コンクリートの応力は、鋼材のひずみの平均値を用い、次の計算式から算出する。

$$\sigma_c = (E_s \times \varepsilon_s \times A_s) / A_c$$

ここに、 $\sigma_c$ ：コンクリートの自己収縮応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_s$ ：鋼材の弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon_s$ ：鋼材のひずみ

$A_s$ ：鋼材の中央部断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_c$ ：コンクリートの純断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### [6] 報告

報告は、次の事項のうち必要なものについて行う。

- (1) 使用材料の種類と品質
- (2) 配(調)合
- (3) 測定期間中の温度および湿度
- (4) 各測定時点での鉄筋ひずみ
- (5) 各測定時点での供試体の中心部温度
- (6) コンクリートの自己収縮応力
- (7) ひび割れ発生日数
- (8) ひび割れ発生位置
- (9) ひび割れ発生時応力
- (10) 各測定時点における自己収縮ひずみ
- (11) その他 (圧縮強度、引張強度等)

#### 6. おわりに

自己収縮に関する研究は諸外国においてもさかんに研究が行われており、定義や試験法の研究をはじめとして実際に構造物の設計に反映させている国もある。これらの諸外国と情報交換を行い、定義や試験法の統一をはかり、現象について共通認識を高めるために、本委員会では 1998 年 6 月 13 日に広島市において「自己収縮に関する国際ワークショップ」を開催する計画である。

#### 参考文献

- [1] 日本コンクリート工学協会：自己収縮研究委員会報告書、1996.11
- [2] 田澤栄一：自己収縮研究委員会報告、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.1、pp29-38、1996.6