

セメントペーストの癒着について

准員 村田二郎*

ON THE AUTOGENOUS HEALING OF CEMENT PASTE

(JSCE Jan. 1952)

Jirō Murata, C. E. Assoc. Member

Synopsis This paper explains the results of test on autogenous healing of cement paste, as the preliminary test of autogenous healing of concrete. In this paper, the author describes the effects of age, water-cement ratio and curing method on the autogenous healing of cement paste.

要旨 本文は、コンクリートの癒着に関する研究の予備試験として、セメントペーストの癒着について実験した結果の報告であつて、セメントペースト供試体の材齢、水セメント重量比、養生方法等が癒着に及ぼす影響について述べたものである。

1. まえがき

地震、その他の不時の災害によつてコンクリート構造物に生じたひびわれ、或いは鉄筋コンクリート杭の運搬及び打込みの際に生じたひびわれ等が適当な養生条件のもとに於ては、或る程度自癒することは、古くから知られていることである。コンクリートの癒着については、H. G. Gilkey,¹⁾ L. Turner²⁾等の有益な研究があるが、未だ不明な点が多い。筆者は昭和24年4月からコンクリートの癒着について研究している。本文は、圧力を加えてひびわれを閉ぢさせた場合の、セメントペーストの癒着について研究した結果を述べたものである。

2. セメント

実験に用いたセメントは野沢セメント彦根工場製の普通ポルトランドセメントで、その試験結果は表一

表一 用いた野沢ポルトランドセメントの試験成績
Properties of Nozawa Portland Cement used.

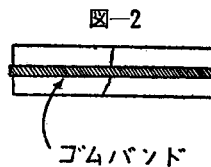
| | | | | | | | |
|--------|--------------|-----------------------------|---------------------------|------|-------|---------------------------|-----|
| 比重 | 3.11 | | | | | | |
| 粉末度 | 2.1% | | | | | | |
| 膨脹ひびわれ | 煮沸法による。異状なし。 | | | | | | |
| 凝結 | 気温 | 湿度 | 水温 | 水量 | 始発 | 終結 | |
| | 18°C | 86% | 12°C | 27% | 2時10分 | 5時15分 | |
| 強度 | フロー | 平均養生温度(°C) | 曲げ強度(kg/cm ²) | | | 圧縮強度(kg/cm ²) | |
| | | | 3日 | 7日 | 28日 | 3日 | 7日 |
| | 192 | 3日20.2 7日20.7 28日19.8 | 19.8 | 38.9 | 57.4 | 74.9 | 185 |

* 山梨大学講師，工学部土木教室

の如くであつた。

3. 試験方法

2分間練り混ぜた所定の量のセメントペーストを用い、4×4×16 cmのハリ供試体を造つて標準養生し、所定の材齢で曲げ試験（以下これを第1次試験と称する）をした後破壊面を入念に元通りに合わせ、図-1の如くハリの軸方向に5 kg/cm²の圧縮力を加え、図-2の如くゴムバンドでおさえて所定の期間養生し（この養生期間を癒着進行期間と称する）、再び曲げ試験（第2次試験と称する）をして癒着強さを求めた。試験値は供試体3～6個の平均とした。



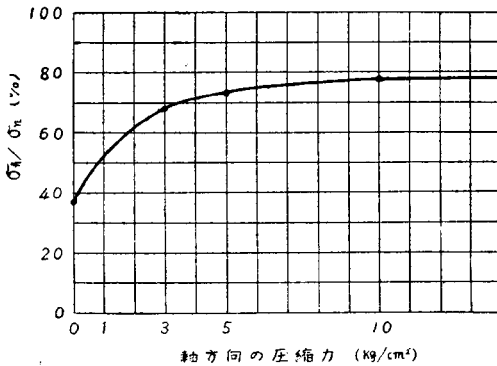
ハリ供試体を用いた理由は、圧縮試験、引張試験及び引張強さ係数試験によつたのでは、次の様な欠点があつて良い結果が得られないと思われたからである。圧縮試験による場合、第1次試験に於て、供試体の強度、及び最大荷重を持続する時間等により、ひびわれの生ずる程度が異なるのみならず、破片が四散することもあり、又破面を十分密着させることが困難であり、これ等が癒着の試験値に大きな影響を及ぼす。ブリケットによる引張試験は、破面の十分な密着が容易でない。

引張強さ係数試験による場合は、第1次試験により供試体の載荷部が変形するから、そのままでは、第2次試験に於て試験機の加圧板と供試体とが面で接触し、癒着強さを求めることが出来ない。

次に、ハリの軸方向に加圧した理由は、これにより破面が十分密着して、癒着強さは著しく大になり、偏

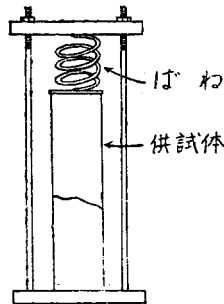
図-3 軸方向の圧縮力と癒着強さとの関係

Relation between axial compressive force and σ_h/σ_n



差も減少するからである。図-3 は水セメント重量比 0.55 のセメントペースト供試体を、材齢 3 日で曲げ破壊し、軸方向に 0, 3, 5, 10 kg/cm² の圧縮力を加えた後、ゴムバンドでおさえて 28 日間標準養生した場合の圧縮力と癒着強さとの関係を示したもので、癒着強さ σ_h は同材齢（こゝでは 3+28=31 日）の完全供試体の曲げ強度 σ_n の百分率で示してある。図-3 より、3 kg/cm² 以上の圧縮力を加えた場合、 σ_h は σ_n の約 70% となり、加圧しないものの癒着強さの約 2 倍となることが判る。又加圧した場合の癒着強さの偏差率は 10% 以下となつた。

図-4



軸方向の圧縮力として 5 kg/cm² を採用した理由は、圧縮力を 3, 5, 10, 30, 50 kg/cm² に変えても、癒着強さに著しい変化のないことを確かめたからである。

なお、ゴムバンドが破面に及ぼす圧力は、ハリの断面に均等に分布するものと仮定すれば、平均 1.1 kg/cm² であつた。即ち 5 kg/cm² まで加圧しても載荷重を取り除いた後には破面の密着が多少ゆるむと思われる。このゆるむ程度が癒着強さに及ぼす影響を確かめるため、図-4 に示す装置で連続して 5 kg/cm² を載荷した。その結果 σ_h/σ_n は約 90% となつた。

4. 実験結果

(1) 材齢の影響 図-5 は水セメント重量比 0.55 のセメントペーストを用い、第 1 次試験の材齢を 3 日とし、以後 7, 14, 28 日及び 3 ヶ月癒着させた場合の実験結果であつて、 σ_h は癒着進行期間の増加ともなつて、 σ_n の曲線とほぼ平行に増加している。

図-5 癒着進行期間と癒着強さとの関係

Relation between healing-period and σ_h

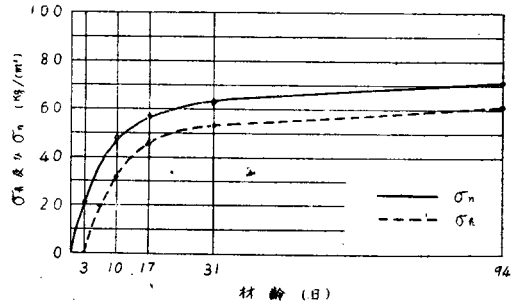


表-2 は水セメント重量比 0.55 のセメントペーストを用い、第 1 次試験の材齢を 1, 3, 7, 28 日とし、癒着進行期間を 28 日とした場合の実験結果であつて、第 1 次試験の材齢が若い程、癒着強さは大であり、第 1 次試験の材齢が 1 日のとき σ_h/σ_n は 94% にするが、28 日のときは 6% である。これは材齢にともなうセメントの水和作用の進行状況が一樣でないことから当然と思われる。

表-2 第 1 次試験の材齢と癒着強さとの関係

Relation between age of the first test and $\sigma_h, \sigma_h/\sigma_n$

| 第 1 次試験の材齢 (日) | 1 | 3 | 7 | 28 |
|----------------------------------|------|------|------|-----|
| σ_h (kg/cm ²) | 66.8 | 53.4 | 47.3 | 4.7 |
| σ_h/σ_n (%) | 94 | 73 | 64 | 6 |

(2) 水セメント重量比の影響 表-3 は水セメント重量比を 0.45, 0.55, 0.65 の 3 種とし、第 1 次試験の材齢を 3 日、癒着進行期間を 28 日とした場合の実験結果であつて、水セメント重量比が小さい程 σ_h/σ_n は小となり、水セメント重量比が 0.45 の場合は約 60%、0.65 の場合は約 85% である。

表-3 水セメント重量比と癒着強さとの関係

Relation between water-cement ratio and $\sigma_h, \sigma_h/\sigma_n$

| 水セメント重量比 | 0.45 | 0.55 | 0.65 |
|----------------------------------|------|------|------|
| σ_h (kg/cm ²) | 49.4 | 53.4 | 50.8 |
| σ_h/σ_n (%) | 58 | 73 | 85 |

(3) 養生方法の影響 表-4 は水セメント重量比 0.55 のセメントペーストを用い、材齢 3 日迄標準養生して第 1 次試験を行つた後、表に示す 6 種の養生方法で 28 日癒着させた場合の実験結果である。表-4 より、癒着強さも通常の強度と養生条件との関係と同様に、高温程度大となり、約 34°C の水中で養生した場合の

表—4 養生方法と癒着強さとの関係
Relation between curing method and σ_h .

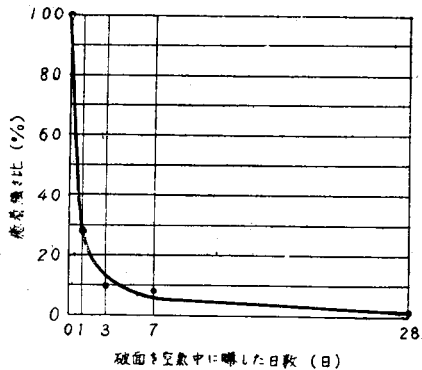
| 養生方法 | 標準 | (1) 湿砂 | (2) 湿空 | 高温水 | 低温水 | (3) 空气中 |
|----------------------------------|---|--------|--------|------|------|---------|
| 平均養生温度(°C) | 20.6 | 20.0 | 19.0 | 33.7 | 10.3 | 10.6 |
| σ_h (kg/cm ²) | 53.4 | 65.7 | 39.5 | 79.5 | 51.2 | 0 |
| 癒着強さ比 (%) | 100 | 123 | 74 | 149 | 96 | 0 |
| 備考 | (1) 毎日水をかけ、湿布で覆った。 (2) 湿度は平均 96% であつた。 (3) 実験室内の通常の空气中で、湿度は 50% 内外であつた。 | | | | | |

癒着強さは、標準養生した場合の約 1.5 倍となつてゐる。湿砂養生によつて比較的良好な結果を得られたのは、破面の間に水膜ができないこと、セメントペーストから溶け出た水酸化カルシウムが破面の外へ流れ出すことが少ないこと等の為と思われる。又乾いた空気中では水分が不足して癒着作用は生じない。

(4) 破面を空气中に曝した期間の影響 図—6 は水セメント重量比 0.55 のセメントペーストを用い、第 1 次試験(材齢 3 日)で切断した供試体の破面を 0, 1, 3, 7, 28 日実験室内の空气中に曝した後、28 日間癒着させた実験結果であつて、空气中曝露期間 0 日の場合の σ_h の百分率として示してある。1 日破面を

図—6 破面を空气中に曝した期間と癒着強さとの関係

Relation between days of exposure and σ_h



空气中に曝らせば σ_h は約 30% に低下し、28 日曝らせば殆んど癒着し得ないことが判る。これは主としてセメントペーストが空气中の炭酸ガスを吸つて、破面に炭酸カルシウムの膜ができること、及び乾燥収縮の影響等によるものと思われる。

5. 結び

以上の実験の範囲で次のことが言えると思われる。

(1) 癒着に関する実験にはハリ供試体を用いるのが便利である。

(2) 破面の密着程度が癒着強さに著しい影響を及ぼし、セメントペーストでは、ハリの軸方向に 3~10 kg/cm² 程度の圧縮力を加えれば、癒着強さは約 2 倍となる。

(3) 第 1 次試験の材齢が若い程、癒着強さは大であつて、第 1 次試験の材齢が 7 日以内であれば相当の強度に達するが、28 日では殆んど癒着しない。

(4) 癒着進行期間が長い程、癒着強さは大であつて、その強くなる状況はセメントペーストの強度増加と略々同様である。

(5) 癒着進行期間中の養生温度が高い程、癒着強さは大であつて、約 34°C の水中で養生した場合の癒着強さは、標準養生した場合の約 1.5 倍となる。また通常の乾いた空気中では癒着作用は生じない。

(6) 破面を 1 日通常の乾いた空气中に曝らせば、癒着強さは約 1/3 に低下し、28 日曝らした場合、癒着作用は殆んど生じなくなる。

この研究の実施に当つては、文部省より科学研究費交付金を受け、吉田徳次郎先生、国分正胤先生よりは終始御懇篤なる御指導、御鞭撻を賜つた。謹んで厚く御礼申上げる。

参考文献

(1) H. G. Gilkey: The autogenous healing of Concretes and Mortars. A. S. T. M. Vol. 26 Part II
The Tensile autogenous healing of Portland-cement mixture. A. S. T. M. Vol. 29 Part II
(2) L. Turner: The healing of Cement and Concrete. Concrete and Constructional Eng. Feb. 1937

(昭.26.9.10)

前巻 12 号 講座の UDC について

前巻 12 号講座「ダム用コンクリートの配合の設計と均質の保持について」の UDC は次の通り追加致します。

UDC 627.823: 666.971.1