

## V-10 硫黄モルタルによる円筒重ね継手

北海道工業大学 正員 犬塚 雅生

〃 学生員 〇佐々木孝志

〃 学生員 天方 一夫

## 1 まえがき

本報告は、円筒重ね継手に用いる従来の充てんモルタルを、硫黄モルタルに置き換えた円筒重ね継手に関して硫黄モルタル充てんの際の強度と継手強度に与える影響を評価する試みである。この円筒重ね継手は、重ね継手の周囲を鋼円筒で拘束し、その円筒内に硫黄モルタルを充てんしたものである。充てんモルタルを用いた場合には、長期養生を要するのに対し、充てん時に硫黄モルタルを用いた場合は、養生期間を必要としない。

このため硫黄モルタルは、急速施工に用いる継手として応用することが考えられる。

それに加えて硫黄モルタル特有の活用が考えられる。

## 2 実験概要

## (1) 供試体

供試体の概要を図-1に示す。使用した材料は、SD30の異形鉄筋(D10、D16)拘束円筒は、外径48.6mm、内径43.2mmのものを使用した。(長径/短径=19の楕円状に押しつぶし成形したもの) 継手長は、鉄筋径(D)8倍、12倍とした。(D10では、継手長は80mm、120mm、D16では、128mm、192mmである。)

砂と硫黄の割合は、0.5:1、0.7:1、1:1である。

添接棒は、N(添接棒なし)、S(添接棒1個)、W(添接棒2個)とした。

添接棒は、D6の鋼棒を長さ3cmに切断し、それを図-1のように鉄筋の先端に溶接した。

## (2) 硫黄モルタルについて

硫黄モルタルで配合する硫黄は、粉末の1パッチ80ccの容器に入れ、2kwの電気コンロで溶解した。液体にした物を砂と混ぜ合せた。(写真-1に示す) これを写真-2のように、円筒と鉄筋をセットしたものに充てんする。(写真-3に示す)

これに用いた配合の充てん硫黄モルタルを三連モールドに打設した。

## (3) 充てんについて

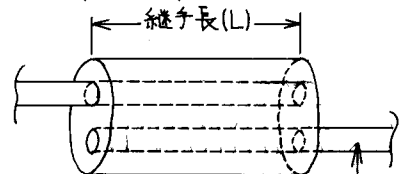
硫黄は、融点が約120℃である。充てんの際、室温は通常この温度より低い。従って、急速に充てんの硬化が進む。

故に、作業をすばやくする必要がある。また砂の割合が多くなるにつれて流動性が低下し、充てんしずらくなる。

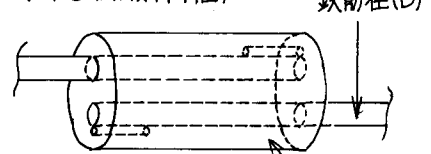
表-1 因子及び水準

| 因子 \ 水準 | 1     | 2     | 3   |
|---------|-------|-------|-----|
| 継手長(L)  | 8D    | 12D   |     |
| 鉄筋径(D)  | 10mm  | 16mm  |     |
| 砂:硫黄(S) | 0.5:1 | 0.7:1 | 1:1 |
| 添接棒(PJ) | N     | S     | W   |

(A) N(添接棒なし)



(B) S(添接棒1個)



(C) W(添接棒2個)

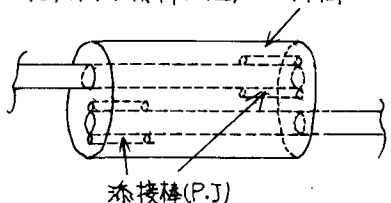


図-1 引抜試験供試体概要

### 3 試験方法

#### (1) 円筒重ね継ぎの強度試験

50t 万能試験機を用いて、引抜強度試験を行った。(写真-1に示す) 図-1に示す円筒重ね継ぎの円筒より出た鉄筋部分の上部、下部を試験片つかみ装置の上部、下部に取り付け、荷重を加えた。

#### (2) 硬化した充てん硫黄モルタルの強度試験

曲げ試験は、ミハエリス曲げ試験機を用いて行なった。また圧縮試験は、曲げ試験の供試体を二分したものをを用い試験を行なった。



写真-1

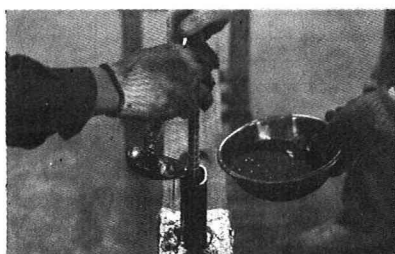


写真-2

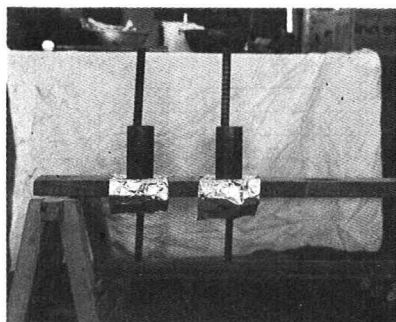


写真-3

表-2 割り付け及び実験結果

| No | 継ぎ長 | 砂：硫黄   | 鉄筋径<br>(mm) | 添接棒 | 引抜強度 (kg) | 各鉄筋の最大<br>強度に対する割合 |
|----|-----|--------|-------------|-----|-----------|--------------------|
| 1  | 8D  | 0.5: 1 | 10          | N   | 2 055     | 55%                |
| 2  | 8D  | 0.5: 1 | 10          | S   | 3 255     | 87%                |
| 3  | 8D  | 0.5: 1 | 10          | W   | 3 845 (○) | 100%               |

|   |    |        |    |   |           |      |
|---|----|--------|----|---|-----------|------|
| 4 | 8D | 0.7: 1 | 10 | N | 2 340     | 63%  |
| 5 | 8D | 0.7: 1 | 10 | S | 3 725 (○) | 100% |
| 6 | 8D | 0.7: 1 | 10 | W | 3 830 (○) | 100% |

|   |    |      |    |   |           |      |
|---|----|------|----|---|-----------|------|
| 7 | 8D | 1: 1 | 10 | N | 2 557     | 68%  |
| 8 | 8D | 1: 1 | 10 | S | 3 820 (○) | 100% |
| 9 | 8D | 1: 1 | 10 | W | 3 825 (○) | 100% |

|    |    |        |    |   |       |     |
|----|----|--------|----|---|-------|-----|
| 10 | 8D | 0.5: 1 | 16 | N | 6 320 | 55% |
| 11 | 8D | 0.5: 1 | 16 | S | 7 400 | 64% |
| 12 | 8D | 0.5: 1 | 16 | W | 6 900 | 58% |

|    |    |        |    |   |       |     |
|----|----|--------|----|---|-------|-----|
| 13 | 8D | 0.7: 1 | 16 | N | 7 145 | 62% |
| 14 | 8D | 0.7: 1 | 16 | S | 7 800 | 68% |
| 15 | 8D | 0.7: 1 | 16 | W | 8 425 | 73% |

|    |    |      |    |   |        |     |
|----|----|------|----|---|--------|-----|
| 16 | 8D | 1: 1 | 16 | N | 9 100  | 79% |
| 17 | 8D | 1: 1 | 16 | S | 8 763  | 76% |
| 18 | 8D | 1: 1 | 16 | W | 10 088 | 87% |

|    |     |        |    |   |           |      |
|----|-----|--------|----|---|-----------|------|
| 19 | 12D | 0.5: 1 | 10 | N | 2 867     | 77%  |
| 20 | 12D | 0.5: 1 | 10 | S | 3 940 (○) | 100% |
| 21 | 12D | 0.5: 1 | 10 | W | 3 940 (○) | 100% |

|    |     |        |    |   |           |      |
|----|-----|--------|----|---|-----------|------|
| 22 | 12D | 0.7: 1 | 10 | N | 2 897     | 77%  |
| 23 | 12D | 0.7: 1 | 10 | S | 3 940 (○) | 100% |
| 24 | 12D | 0.7: 1 | 10 | W | 3 940 (○) | 100% |

|    |     |      |    |   |           |      |
|----|-----|------|----|---|-----------|------|
| 25 | 12D | 1: 1 | 10 | N | 3 527     | 94%  |
| 26 | 12D | 1: 1 | 10 | S | 3 940 (○) | 100% |
| 27 | 12D | 1: 1 | 10 | W | 3 940 (○) | 100% |

|    |     |        |    |   |        |     |
|----|-----|--------|----|---|--------|-----|
| 28 | 12D | 0.5: 1 | 16 | N | 9 617  | 83% |
| 29 | 12D | 0.5: 1 | 16 | S | 10 175 | 88% |
| 30 | 12D | 0.5: 1 | 16 | W | 10 625 | 92% |

|    |     |        |    |   |        |     |
|----|-----|--------|----|---|--------|-----|
| 31 | 12D | 0.7: 1 | 16 | N | 9 825  | 85% |
| 32 | 12D | 0.7: 1 | 16 | S | 10 938 | 95% |
| 33 | 12D | 0.7: 1 | 16 | W | 11 088 | 96% |

|    |     |      |    |   |        |     |
|----|-----|------|----|---|--------|-----|
| 34 | 12D | 1: 1 | 16 | N | 10 617 | 92% |
| 35 | 12D | 1: 1 | 16 | S | 11 363 | 98% |
| 36 | 12D | 1: 1 | 16 | W | 11 125 | 96% |

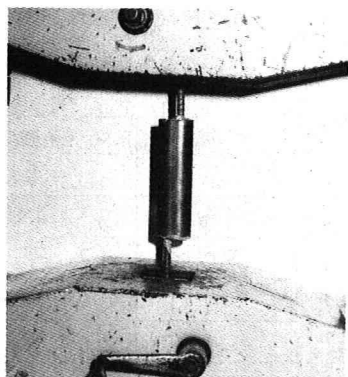


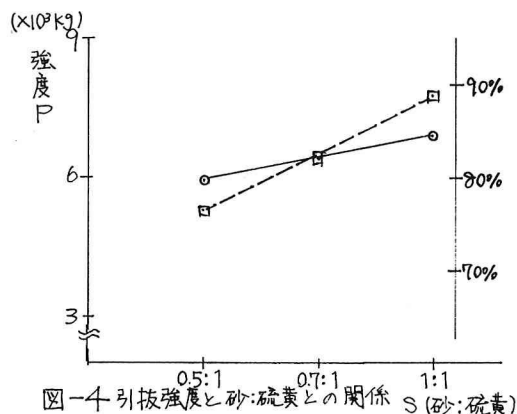
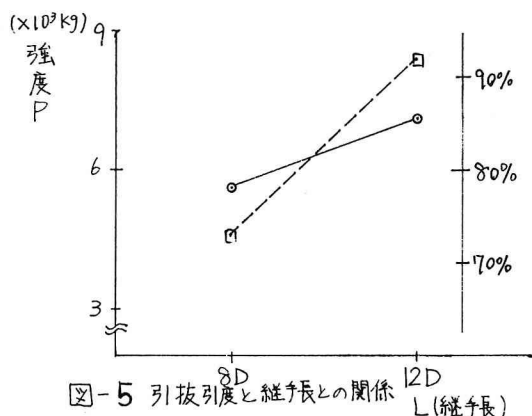
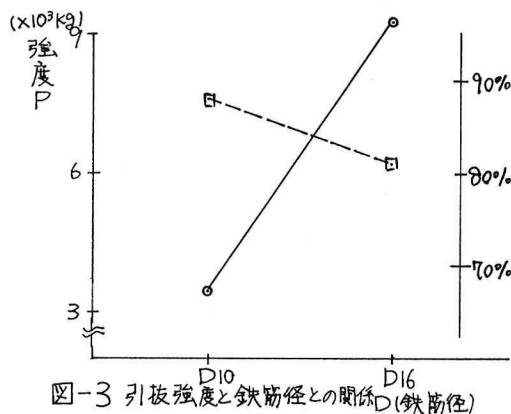
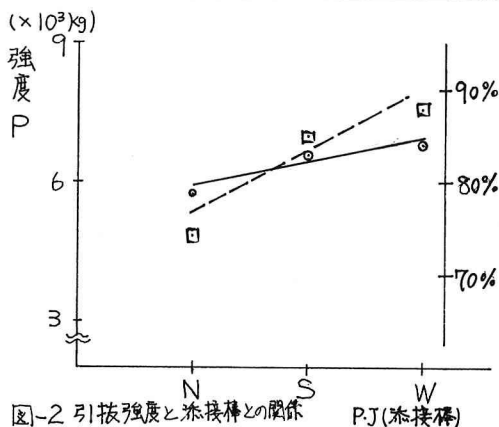
写真-4

### 3 実験結果と考察

各因子の一覧表及び引抜強度についての実験結果を表-2に示す。また充てん硫黄モルタルの鉄筋引抜試験の最大荷重を $P(\text{kg})$ として測定する。D10、D16の各鉄筋径の平均最大強度を100%とした。その最大強度に対する引抜強度を、割合にしたものも付記した。また鉄筋が破断したものについては、(○)を付し表-1に示した。表-2で得られた引抜強度について分散分析し表-3に示した。各要因を図-2、図-3、図-4及び図-5のようである。分散分析表(表-3)の※※は、危険率1%で有意であることを示した。このことから鉄筋径及び継手長が、引抜強度に最も大きい影響を与える。また表-2の割り付け表から各鉄筋の最大強度に対する割合を見ると、継手長8D、鉄筋径D10、添接棒Wのものは、全て破断されて100%である。つまりこれは、継手強度において添接棒Wのものは大きな影響があると思われる。

表-3 分散分析表

| 要因      | 平方和(S)    | 自由度(φ) | 平均平方和 $V(\frac{S}{\phi})$ | $F = \frac{V}{V_e}$ | 判定 |
|---------|-----------|--------|---------------------------|---------------------|----|
| PJ(添接棒) | 7505600   | 2      | 3752800                   | 2.83                |    |
| D(鉄筋径)  | 306976000 | 1      | 306976000                 | 231.18              | ※※ |
| S(砂:硫黄) | 5773983   | 2      | 2886992                   | 2.18                |    |
| L(継手長)  | 20412277  | 1      | 20412277                  | 15.40               | ※※ |
| e 誤差    | 38431920  | 29     | 1325239                   |                     |    |



#### 4. 圧縮及び曲げ試験結果

硫黄モルタルの圧縮強度及び曲げ強度を三連モールドに打設した供試体より求めた。この実験結果を付し表-4に示す。

曲げ強度と圧縮強度についてそれぞれ図-6及び図-7のようである。

曲げ強度と圧縮強度の分散分析を行いF検定により算定した結果はどちらにも有意性が認められなかった。

#### 5. まとめ

1 鉄筋径の増加で、引抜強度が大きくなるが、引抜時の強度比は、図-3で見るように鉄筋径の増加と並比例する。従って、破断を目的とすると鉄筋径の増加に応じて継手長を割増す必要がある。

2 充てん硫黄モルタルの配合は、作業性と強度の条件を満足する最適比があるようである。

3 添接棒による継手強度の増加は、多くの因子と相關しているようである。

4 継手機能を発揮するため硫黄モルタルの融点(120℃)から室温(20℃)までの温度低下に要する時間は、約5分であった。(但し、使用モルタルは、約300cc)

#### (参考文献)

- 1) 大塚、円筒型継手の早強化については木学会北海道支部論文報告集第36号 昭和56年2月

表-4 硫黄モルタルの強度と実験結果

| No | 砂:硫黄  | 実験結果                      |                           |
|----|-------|---------------------------|---------------------------|
|    |       | 曲げ強度(kg/cm <sup>2</sup> ) | 圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 1  | 0.5:1 | 48.7                      | 332.8                     |
| 2  | 0.5:1 | 44.1                      | 398.4                     |
| 3  | 0.5:1 | 50.9                      | 421.3                     |
| 4  | 0.7:1 | 57.9                      | 451.6                     |
| 5  | 0.7:1 | 54.6                      | 443.8                     |
| 6  | 0.7:1 | 51.1                      | 384.1                     |
| 7  | 1:1   | 53.5                      | 412.5                     |
| 8  | 1:1   | 67.2                      | 495.6                     |
| 9  | 1:1   | 54.1                      | 457.5                     |

