

## 貫入試験による CA モルタル劣化範囲の評価方法

軌道技術研究部 軌道・路盤研究室  
副主任研究員 高橋 貴蔵

### 1. はじめに

A 形スラブ軌道（以下スラブ軌道という）（図 1）のてん充層にはセメントとアスファルト乳剤の複合材料であるセメントアスファルトモルタル（以下 CA モルタルという）が用いられている。スラブ軌道は供用が開始されてから長いもので 50 年程度が経過しているが、一般的に健全に維持されている。しかし、寒冷地の一部の区間では、CA モルタル中の水分の凍結と融解の繰り返しによって徐々に劣化が進行する凍害が発生している。そのため、今後スラブ軌道の供用年数を延ばしていくためには、CA モルタルの適切な維持管理が必要である。

ここでは、維持管理を行う上で重要な CA モルタルの劣化範囲を評価する方法として、新たに開発した貫入試験方法について紹介する。

### 2. 貫入試験方法

#### 2. 1 静的貫入試験方法

静的貫入試験は CA モルタルの強度を推定することで劣化範囲を評価する方法である。スラブ軌道に対する静的貫入試験の試験状況を図 2 に示す。静的貫入試験は静的貫入試験装置を用いて行い、本装置に備えた電動モーターとスクリージャッキを用いて図 3 に示す貫入棒を CA モルタルの側面から一定速度（通常 20mm/min）で貫入する際の貫入力測定

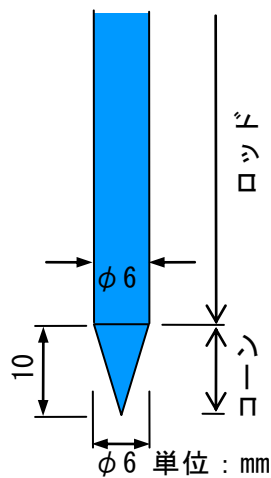


図 3 貫入棒の形状

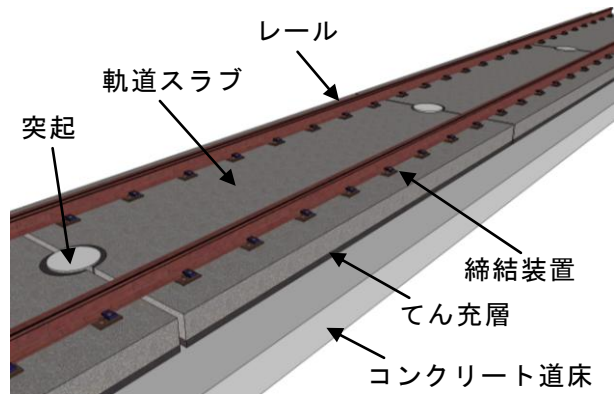


図 1 A 形スラブ軌道の構造例

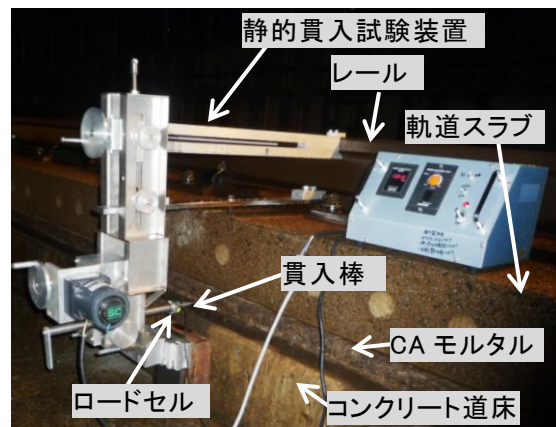


図 2 静的貫入試験の状況



図 4 衝撃貫入試験の状況

する試験方法である。本装置はレールとコンクリート道床を用いてスラブ軌道に強固に固定でき、アンカーボルトなどを必要としないのが特徴である。

## 2. 2 衝撃貫入試験方法

衝撃貫入試験は簡易に劣化範囲を評価する方法である。スラブ軌道に対する衝撃貫入試験の試験状況を図4に示す。衝撃貫入試験は静的貫入試験と同じ図3に示した貫入棒をCAモルタル側面から衝撃力によって貫入させた際の反発度を測定する試験方法である。衝撃貫入試験では普通コンクリートの圧縮強度を非破壊で推定する際に用いられるリバウンドハンマー<sup>1)</sup>で貫入棒に一定のエネルギーを入力する。なお、CAモルタル内部の反発度を測定する場合は、目的の深さまでハンマードリルで穿孔し、その先端部で試験を行うものとした。

## 3. 貫入試験による劣化範囲の評価方法

### 3. 1 静的貫入試験による評価

静的貫入試験では測定した貫入力から圧縮強度を推定し、CAモルタルの設計強度である $1.8\text{N/mm}^2$ との比較により劣化範囲を評価する。

貫入力は図5に示すように先端抵抗力と周面摩擦力の合力であり、周面摩擦力は貫入量の影響を受ける。したがって、静的貫入試験で測定した貫入力と貫入量を用いて式(1)から先端抵抗力を算出し、これを式(2)に代入して圧縮強度を推定するものとした。

$$F1 = F / (0.0186 \cdot L + 0.813) \quad (1)$$

$$f'_{CA} = 0.0047 \times F1 \quad (2)$$

ここに、 $F1$  : 先端抵抗力(N)

$F$  : 貫入力(N)

$L$  : 貫入量(mm)

$f'_{CA}$  : 圧縮強度( $\text{N/mm}^2$ )

室内での貫入試験によって得られた貫入力と貫入量の関係を図6に示す。同図には式(1)から求めた先端抵抗力も併せて示してある。先端抵抗力から推定した圧縮強度は図7に示すように

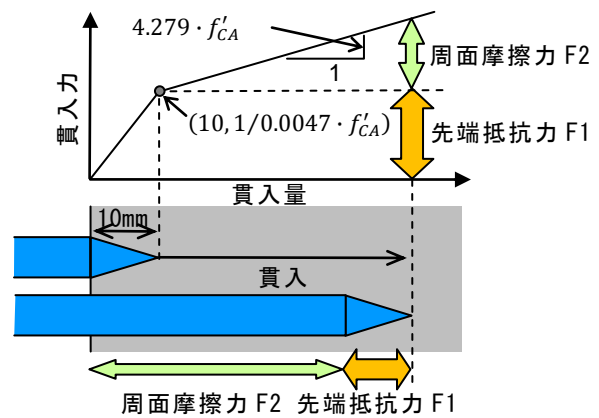


図5 貫入力の考え方

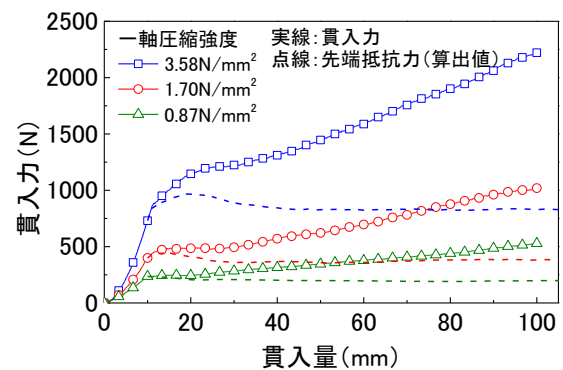


図6 室内貫入試験による貫入力-貫入量関係

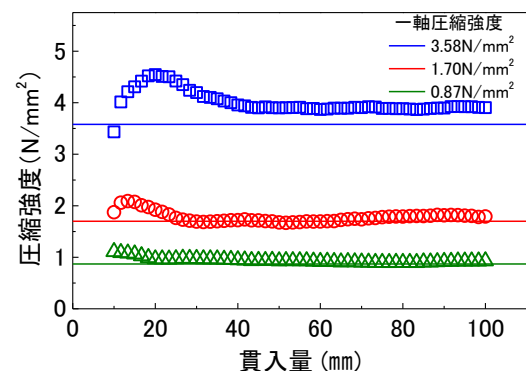


図7 先端抵抗力から推定した圧縮強度

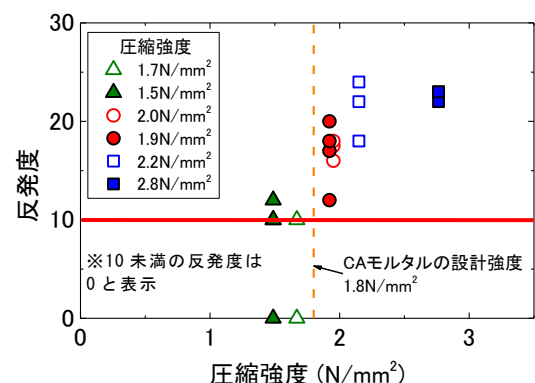


図8 反発度-圧縮強度関係

一軸圧縮試験の結果とおおむね等しくなることを確認した。

### 3. 2 衝撃貫入試験による評価

衝撃貫入試験では測定した反発度から圧縮強度を推定し、CAモルタルの設計強度である $1.8\text{N/mm}^2$ との比較により劣化範囲を評価する。

衝撃貫入試験による反発度とCAモルタルの圧縮強度の関係を得るため室内実験を行った。図8に示す反発度と圧縮強度の関係より、圧縮強度が $1.8\text{N/mm}^2$ における反発度は10程度であることから、温度が $20^\circ\text{C}$ 以上において反発度が10以上であれば設計強度を満足するものと考えられる。

## 4. 現地試験結果

### 4. 1 静的貫入試験結果

鉄道総研日野土木実験所の試験線に敷設してあるスラブ軌道で実施した静的貫入試験の結果を図9に示す。なお、図9には式(1)に基づいて算出した先端抵抗力も併せて示してある。

静的貫入試験終了後にCAモルタル側面から図10に示す $\phi 23 \times 370\text{mm}$ のコアを採取し、高さ30mm程度に調整した円柱供試体に対する一軸圧縮試験によって得られた圧縮強度を先端

抵抗力から推定した圧縮強度と共に図11に示す。先端抵抗力から推定した深さ10~120mmの範囲におけるCAモルタルの圧縮強度は $3.4 \sim 3.8\text{N/mm}^2$ と推定された。同範囲のコアの圧縮強度は $3.0 \sim 4.2\text{N/mm}^2$ と同程度であり、静的貫入試験によって評価が可能であることを確認した。

### 4. 2 衝撃貫入試験結果

新幹線の枠形軌道スラブ敷設区間で実施した衝撃貫入試験の結果を図12に示す。衝撃貫入試験は、同位置における上下線の枠形軌道スラブの外枠側と内枠側を対象として実施した。この際、内部の反発度はCAモルタルの側面から所定の深さまでハンマードリルで穿孔して測定した。なお、試験時の外気温は $5^\circ\text{C}$ であった。

外観の目視観察では、上り線のCAモルタルには明らかな劣化は確認されず、下り線のCAモルタルには表面の浅い範囲に凍害によると思われる微小な劣化が確認された。衝撃貫入試験の結果、劣化が確認された下り線の側面における反発度が10未満になったものの、枠形軌道スラブを支持している範囲では、おおむね20程度であり、CAモルタルは設計強度を満足しているものと考えられる。

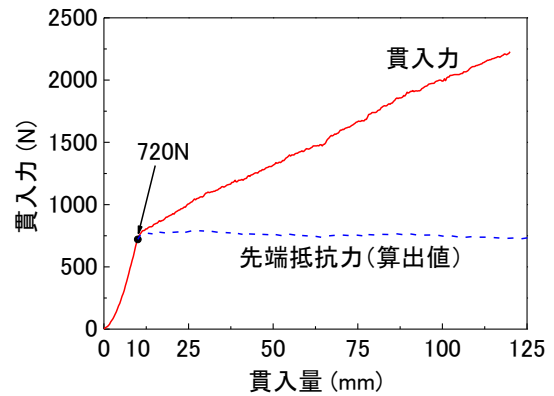


図9 スラブ軌道に対する静的貫入試験結果



図10 スラブ軌道から採取したコア

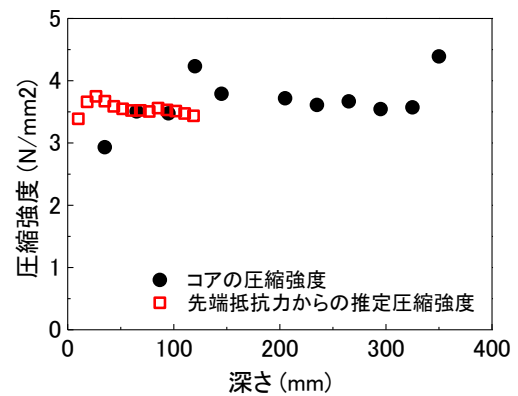


図11 CAモルタルの圧縮強度の比較

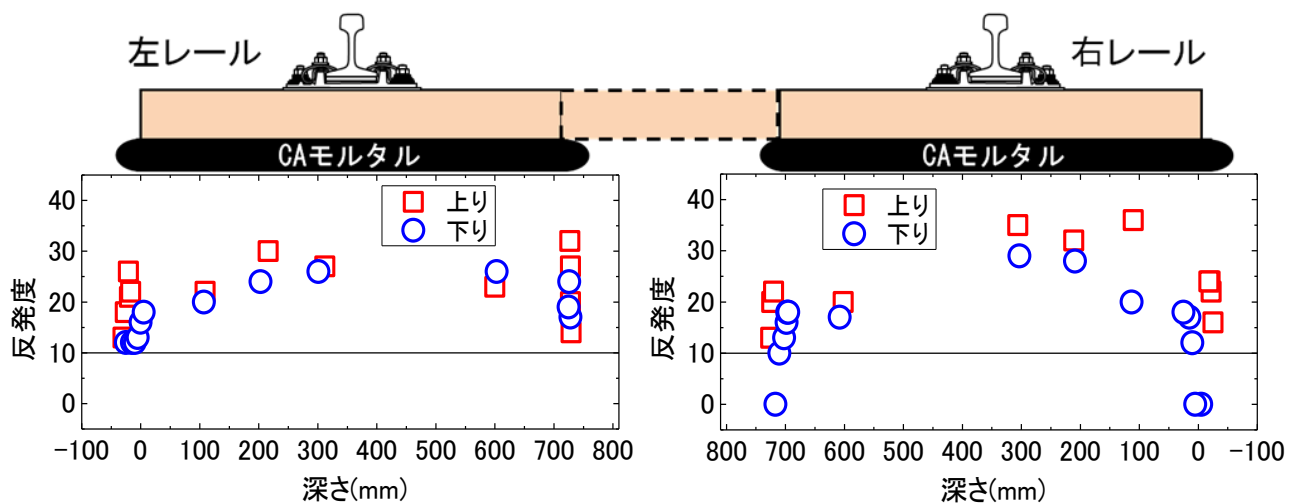


図 12 衝撃貫入試験結果（枠形軌道スラブ区間）

## 5. まとめ

スラブ軌道のでん充層に用いられている CA モルタルの劣化範囲を評価することを目的に、静的貫入試験と衝撃貫入試験を提案し、実物のスラブ軌道に対して実験を行った結果を以下にまとめる。

- (1) CA モルタルの劣化範囲を評価する手法として、圧縮強度を定量的に評価する静的貫入試験と劣化範囲を簡易に評価する衝撃貫入試験を提案した。
- (2) 静的貫入試験装置により静的貫入試験をスラブ軌道で実施することが可能であることを確認した。
- (3) 静的貫入試験によって推定した CA モルタルの圧縮強度は、CA モルタルのコアで測定した圧縮強度とおおむね等しいことを確認した。
- (4) 衝撃貫入試験によって得られる反発度が 10 未満の場合、圧縮強度が設計強度を下回っている可能性があることを確認した。なお、CA モルタルは温度の影響を受けるため、冬季における反発度が 20 程度未満の場合は、春季から秋季の間に再試験を行うのが良いと考えられる。
- (5) 実物のスラブ軌道に対して衝撃貫入試験を行い、ドリル穿孔を併用することで側面より内側の劣化状況も評価できることを確認した。

## 6. おわりに

静的貫入試験および衝撃貫入試験ともに実験数が少ないことから、今後、実験数を増やして確度を高めていくとともに、温度の影響を考慮できるように改良していく予定である。

## 参考文献

- 1) JIS A 1155 : コンクリートの反発度の測定方法, (一財) 日本規格協会, 2012