

ASR進行に伴う超音波伝播特性に関する基礎的検討

株式会社 環境防災 正会員○以西喜照 株式会社 環境防災 非会員 藤好一男

1. はじめに

本研究は、コンクリート構造物の安全性確保や早期対策の観点から、ひび割れがまだ表面化していない潜伏期の段階で ASR の進行状況を診断するため、ASR 膨張に伴い内部の鉄筋等の拘束によってコンクリート中にケミカルプレストレスが生じることに着目し、超音波法による非破壊試験によってケミカルプレストレスによるコンクリートの見かけの強度変化を調査したものである。

2. 実験の概要

2-1. 使用材料および配合計画

実験に使用した材料を表-1に示す。セメントには、普通ポルトランドセメントを、細骨材には非反応性の粗砂と細砂の体積比を1:1とした混合砂を使用した。粗骨材は、非反応性骨材として砂岩碎石、反応性骨材として香川県小豆島産の安山岩碎石を使用した。配合計画を表-2に示す。ペシマム混合率を調査するため、反応性骨材の混合率を0%~40%まで10%ごとに増加させるものとした。なお、コンクリート中のアルカリ総量は、NaOH水溶液を添加して1.2%に調整した。

2-2. 実験方法

ペシマム混合率を決定するため、アルカリ溶液浸漬法(80℃, 1N-NaOH 溶液)による膨張量試験を実施した。φ50×150mm円柱供試体を作製し、封緘養生後の材齢91日で脱型し、標点間距離100mmでポイントゲージを取付け、促進養生16週目まで観測した。

調査したペシマム混合率の配合を用いてφ50×150mm円柱供試体を6本作製し、封緘養生後の材齢91日で脱型した供試体の内の3本に、膨張を拘束するための拘束治具を取付けた。拘束有供試体と拘束無供試体のそれぞれ3本づつを、アルカリ溶液浸漬法による膨張量試験を行い、促進材齢52日目まで膨張量と超音波速度を観測した。図-1に膨張量及び超音波測定方法、図-2に拘束治具を示す。

促進養生が終了した翌日に拘束治具を取外し、供試体をφ50×100mmに成型し、圧縮強度試験(JIS A 1107)を実施した。また、既往の研究¹⁾をもとに超音波速度から動弾性係数を求めた。

促進養生が終了した翌日に拘束治具を取外し、供試体をφ50×100mmに成型し、圧縮強度試験(JIS A 1107)を実施した。また、既往の研究¹⁾をもとに超音波速度から動弾性係数を求めた。

表-1 使用材料

記号	使用材料	物性データ
C	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm ³ 、Na ₂ O: 0.52%
S1	粗砂(非反応性)	岩種: 砂岩、産地: 徳島県阿波市市場町 密度: 2.58g/cm ³ 、吸水率1.80%、FM: 3.05
S2	細砂(非反応性)	種類: 海砂、産地: 山口県下関市蓋井島沖合 密度: 2.57g/cm ³ 、吸水率1.77%、FM: 2.24
G1	非反応性粗骨材	岩種: 砂岩、産地: 徳島県阿波市市場町 密度: 2.58g/cm ³ 、吸水率1.80%、FM: 6.75
G2	反応性粗骨材	岩種: 安山岩、産地: 香川県小豆郡小豆島町 密度: 2.72g/cm ³ 、吸水率1.49%、FM: 5.60
-	AE減水剤	主成分: リグニルスルホン酸系とホリカルボン酸系複合体

表-2 配合計画

反応性骨材混合率	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)						Air (%)
		C	W	細骨材		粗骨材		
				S1	S2	G1	G2	
0%	57	320	182	406	403	920	0	4.5
10%						829	97	
20%						737	194	
30%						645	291	
40%						552	388	

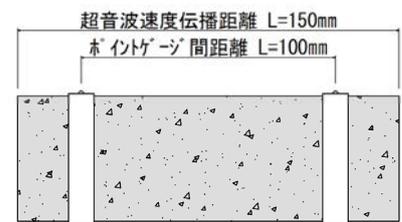


図-1 膨張量及び超音波測定方法

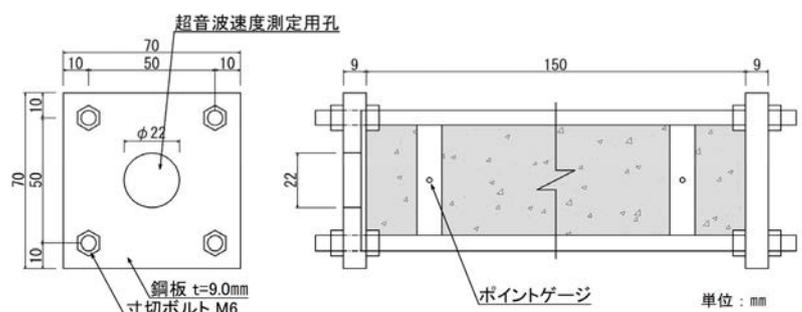


図-2 拘束治具

3. 実験結果

3-1. ペシマム混合率

反応性骨材の混合率を変化させた配合の膨張量試験の結果を、図-4に示す。図-4より最大の膨張量を示した反応性骨材の混合率30%を、ペシマム混合率として採用した。

3-2. 膨張量と超音波速度

φ50×150 mm円柱供試体の膨張量および超音波速度の測定結果を図-5に示す。図-5 (a) によると、促進材齢 35 日目で拘束有が拘束無より膨張量が約 0.05%，52 日目において約 0.1%小さい。これは図-2に示す拘束治具によりコンクリートの膨張ひずみが拘束されていることを示している。図-5 (b) によれば、超音波速度は促進材齢 7 日目までは拘束有、拘束無ともに上昇し、7 日目から 35 日目まではともに低下したものの、それ以降は収束の傾向を示している。

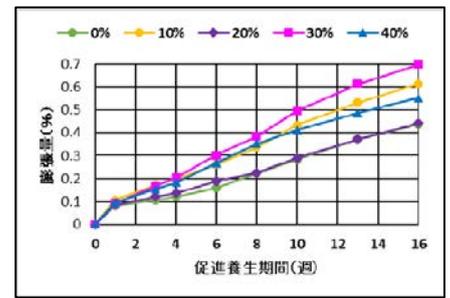
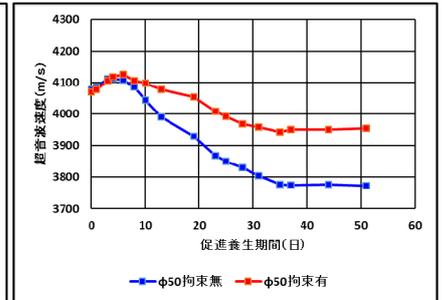
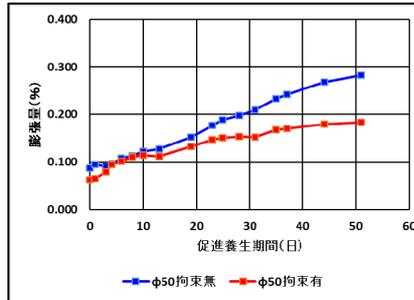


図-4 反応性骨材混合率と膨張量

促進材齢 35 日目の段階で、拘束有は拘束無より約 150m/s 高い値となっており、これはケミカルプレストレスによる見かけの強度増進を示している。図-6に拘束有と拘束無の膨張量と超音波速度の差の相関図を示す。膨張量の差が 0.02%までは超音波速度差の増進が比較的大きく、0.02%以降は緩やかな傾向に転じていることから、見かけの強度増進は促進養生初期の段階が顕著で、次第に緩やかになると考えられる。



(a) 膨張量 (b) 超音波速度

図-5 膨張量および超音波速度

既往の研究¹⁾をもとに、超音波速度から動弾性係数を推定した結果を図-7に示す。動弾性係数は超音波速度と同様の経時変化が見られ、促進材齢 35 日目において、拘束有は拘束無より約 10%高い値となっている。

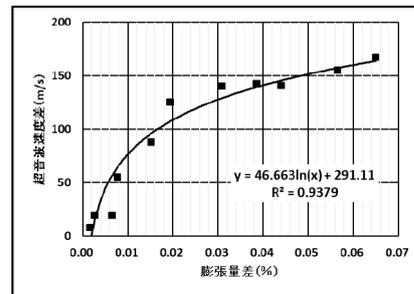


図-6 拘束有と拘束無の膨張量と超音波速度の差

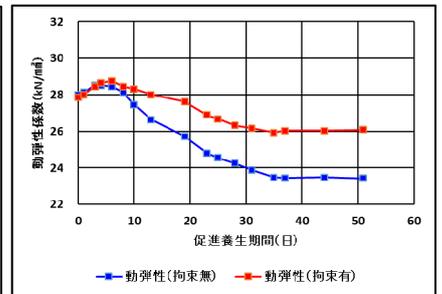


図-7 動弾性係数

3-3. 圧縮強度と静弾性係数

促進養生後に実施した強度試験の結果を図-8に示す。圧縮強度は、拘束有、拘束無ともに 37N/mm²程度でほとんど差は見られなかった。これは、拘束を解いたことで応力解放され、拘束有、拘束無の間に差が生じなかったものと考えられる。静弾性係数については、拘束無が約 15kN/mm²、拘束有が約 20kN/mm²と、拘束有が 5kN/mm²程度高い値となった。これは、拘束を解いた後においても、拘束によって生じていたひずみが円柱供試体軸方向に残留したことによるものと考えられる。

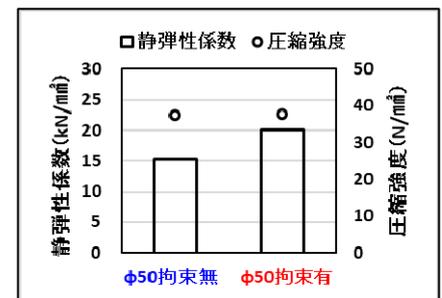


図-8 圧縮強度と静弾性係数

4. まとめ

本実験で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 本実験で使用した反応性骨材では、混合率 30%が最大膨張量を示した。
- (2) ASR の膨張量が 0.05%拘束されると、超音波速度が 150m/s 程度増加した。
- (3) 見かけの強度増進は、促進養生の初期の段階が大きく、経過とともにその傾向は緩やかになった。
- (4) 超音波速度から推定した動弾性係数は、拘束有が拘束無より 10%程度高い値を示した。
- (5) 促進養生後、拘束を解放した後の圧縮強度試験において、圧縮強度については拘束時の増加応力が消失したが、静弾性係数については拘束時の増加応力の残留が見られた。

参考文献

1) ヴォラプッタポーニ コンキット, 十代田 知三: 条件の異なるコンクリートの音速と動弾性係数との関係-非破壊試験による構造体コンクリートの品質検査法の総合的検討(その2)-, 日本建築学会構造系論文集 第527号, 15-19, 2000年1月