

養生状態の異なった実コンクリートと再生骨材コンクリートの中期評価材齢における力学特性

DB-12108 上村 拓也

1. はじめに

現在、コンクリート塊については道路の下地として高い再資源化率で再利用されている。しかし近い将来都心部においては、近い将来、路盤材の需要の低下が予想されるため、多くのコンクリート塊が取り残されることが考えられる。構造体コンクリートに用いることのできる再生骨材は M クラスと H クラスであり、再生骨材 H の認証を受けた骨材は、2009 年版 JASS5 および 2008 年版 JIS A 5308 において普通骨材と同等に取り扱うことができ、再生骨材 M を用いたコンクリートの認証を受けたものは、乾燥を受けない地下構造物など適用部位を限定した上で構造体コンクリートへ使用できる。

現状ではこれらの再生骨材の構造体コンクリートへの再利用は進んでいない。この理由は、再生骨材 H は加熱すりもみ方式やスクリー磨砕方式として実用化され、加熱すりもみ方式については加熱装置が必要となり、スクリー磨砕方式は太平洋セメントが開発したツインコーン製造システムが必要とされるため再利用化がされていない。また再生骨材 M はコンクリート塊を破砕後、すりもみ機等を用いて磨砕工程を加えれば製造できるため、既存の再資源化施設でも対応可能と考えられるが、骨材の品質が再生骨材 H よりも劣るため、適用部位が限定され、今後の需要増加が予測しにくい。

本研究は第 3 章として、再生骨材を用いたコンクリートは長期材齢においてどのような特性を持ち、養生の違いにより「静弾係数」「圧縮強度」「引張強度」にどのような影響を及ぼすかを検証する。さらに養生 4 週目の試験体を基準とし、13 週・26 週・52 週・78 週・156 週の強度はどのように推移するのかを検証した。第 4 章として、工学院大学八王子キャンパス 新総合教育棟に使用されるコンクリートの中期材齢における力学特性について検証した。

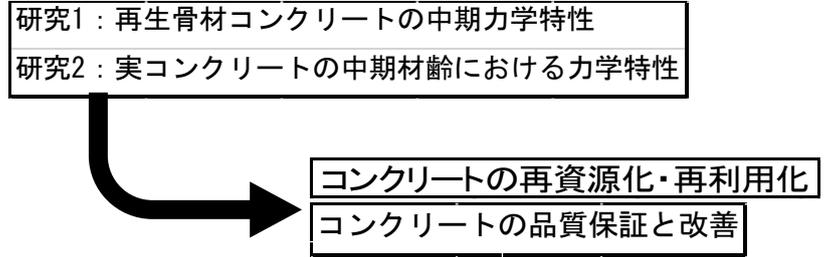


図 1 研究の流れ

表 1 使用材料

研究	区分	記号	絶乾密度 (g/cm ³)	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	実績率 (%)	粗粒率 (%)
1	硬質砂岩碎石	G	2.67	2.68	0.47	59.9	6.60
	再生骨材 H	H	2.59	2.62	1.25	61.6	6.60
	再生骨材 M	M	2.58	2.64	2.10	61.7	6.54
	細骨材(混合)	S	2.58	2.61	2.62	...	2.58
	陸砂(君津)	S1	2.57	2.61	1.69	...	2.58
	山砂(児玉)	S2	2.53	2.59	2.13	...	2.74
2	混合碎石	MG	2.64	2.65	0.57	60.6	6.62
	砂岩碎石(桧原村)	MG1	2.64	2.65	0.60	60.8	6.66
	砂岩碎石(成木)	MG2	2.64	2.66	0.54	60.5	6.59
	混合砂	MS	2.59	1.58	1.58	...	2.66
	石灰碎石(横瀬町)	MS1	2.62	2.65	1.12	...	2.90
	陸砂(成田)	MS2	2.53	2.61	3.20	...	1.64
	砂岩砕砂(桧原町)	MS3	2.60	2.64	1.23	...	2.96

備考：研究 1 再生骨材 H,M(加熱すりもみ方式) 一部にフライアッシュ使用(C:F=1:1) S=S1:S2=1:1 研究 2 MG=MG1:MG2=1:1 MS=MS1:MS2 : MS3=4:2:4

表 2 実験要因と水準

研究	要因	水準
	研究 1	骨材種類
養生方法		乾燥、標準水中養生、測定前 48 時間前湿潤化(※1)
材齢		材齢 4,13,26,52,78,156 週
研究 2	養生方法	屋外養生、気乾養生、封かん養生
	材齢	材齢 1,3,6,9 ヶ月、1 年、5 年以降 5 年おき、100 年まで

備考：W/C=50%一定(研究 1.2) (※1)以後湿潤化処理と呼ぶ。

表 3 コンクリート調合表(研究 1.2)

研究	骨材	単位量										
		W/C	s/a	W	C	FA	S1	S2	S3	G1	G2	AE
1	H	50	43.2	170	340		385	381		1006		
	H+FA	50	41.3	170	340	51	356	352		1006		
	M	50	42.4	170	340		377	373		1030		
	G	50	43.2	170	340		385	381		1029		
2	MG	50	49.2	173	345		350	175	349	455	455	3.45

備考：単位量：W/C,s/a=(%)・W,C,FA,S1,S2,S3,G1,G2,G3=(kg/m³)

表 4 試験内容(研究 1, 2)

区分	試験内容	準拠規格	研究 1				研究 2					
			4 週		13, 26, 52, 78, 156 週		4 週		13 週以降			
			水中	水中	乾燥	湿潤化	水中	封緘	屋外	気乾	封緘	
力学特性	圧縮強度	JIS A 1108	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	引張強度	JIS A 1113	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	静弾性係数	JIS A 1149	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
フレッシュ性状	スランプ	JIS A 1101		○				○				
	空気量	JIS A 1128		○				○				
	温度	JIS A 5303		○				○				

2. 使用材料・調合表・試験内容

2.1 本研究の使用材料・調合表

表 1 に使用材料を示す。研究 1 は、粗骨材は、再生骨材 H、再生骨材 M、硬質砂岩砕石(青梅産)の 3 種類である。粗骨材の密度、実績率に大きな差はないが、吸水率に差がある。研究 2 は本研究で使用したコンクリートは、吉建秩父生コン株式会社より購入したものである。細骨材は砕砂(横瀬町産)、陸砂(成田産)、砕砂(松原産)の 3 種類を混合した。粗骨材は砕石(松原産)、と砕石(青梅産)を混合して使用した。表 2 に本研究の調合表を示す。

2.2 試験内容

表 4 に本研究の試験方法を示した。研究 1, 2 同様に圧縮強度試験方法は JIS A 1108 で行った。圧縮強度試験時にコンプレッソメーターを使用し、同時に縦方向の歪みを測定した。研究 1, 研究 2 の第 4 週目まで引張強度試験を行った。JIS A 1113 を使用した。研究 1 では標準水中養生、乾燥養生、湿潤化処理の 3 種の養生を行った。研究 2 では 4 週のみ標準水中養生をし、以後封緘養生、気乾養生、屋外暴露の 3 種の養生を行った。

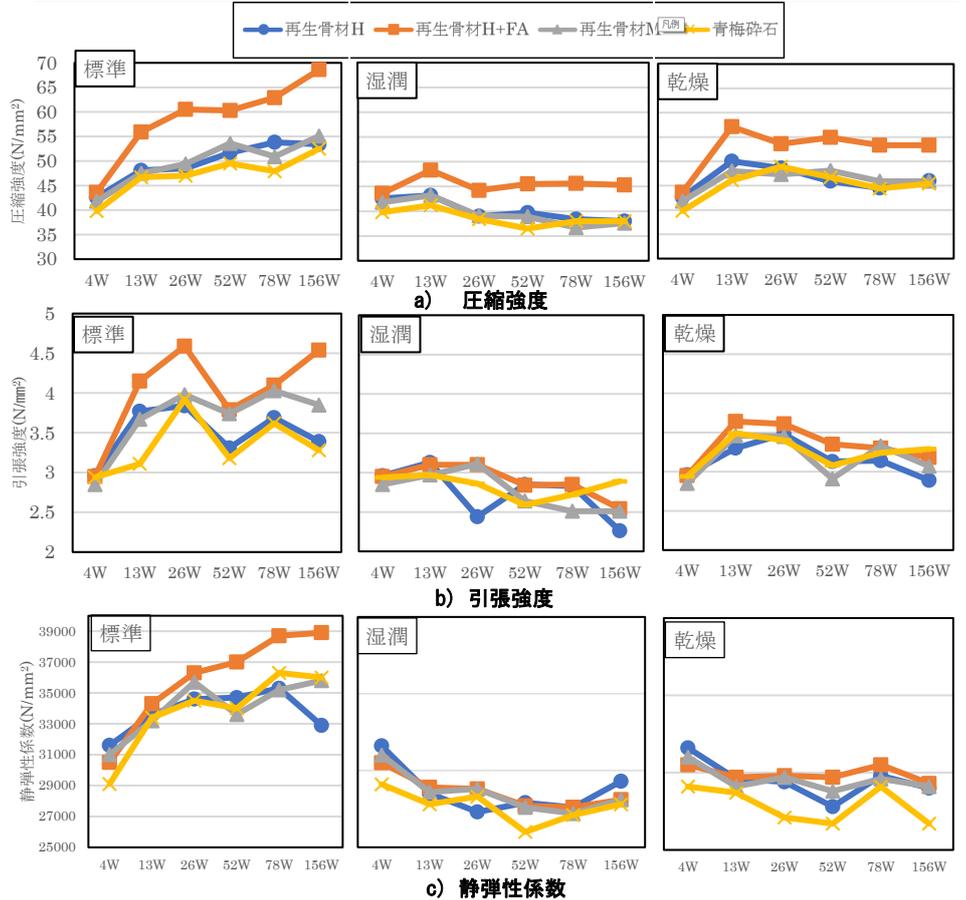


図 2 再生骨材コンクリート力学特性

3. 研究概要

3.1 再生骨材を使用したコンクリートの中期材齢における力学特性(研究 1)

3.1.1 実験概要

中期材齢において、再生骨材を使用したコンクリートはどのような力学特性を持つか検証する。再生骨材は高品質な再生骨材 H と中品質である再生骨材 M を使用している。本研究は 3 年計画の 3 年目であり、材齢 156 週までを報告する。

3.1.2 使用材料

粗骨材は、再生骨材 H、再生骨材 M、硬質砂岩砕石(青梅産)の 3 種類である。粗骨材の密度、実績率に大きな差はないが、吸水率に差がある。

コンクリート調合は、W/C=50% で一定であり、骨材の違

いがコンクリートに与える影響を検証する。再生骨材 H にフライアッシュを混ぜた試験体を作成し、再生骨材と微成分の関係を検証する。セメントはポルトランドセメントで、太平洋、住友大阪、宇部三菱の 3 社を混合している。細骨材は君津産の陸砂と、児玉産の山砂を 1:1 の割合で使用している。

3.1.3 試験結果

圧縮強度試験、引張強度試験、静弾性係数を 156 週まで実施し、結果を図 2 に示す。圧縮強度試験に関しては JIS A 1108 による試験を行った。圧縮試験時にコンプレッソメーターを使用し、歪みも同時に測定した。圧縮強度試験結果は骨材ごとに圧縮強度を見ると、再生骨材 H にフライアッシュを混和した H+FA の強度が一番大きくなった。引張強度

試験に関しては JIS A 113 による試験を行った。引張強度試験は標準水中養生に関しては圧縮強度同様再生骨材 H+FA の引張強度が大きくなった。湿潤化処理、乾燥養生は青梅砕石の引張強度が大きくなるという結果になった。静弾性係数は圧縮強度、引張強度試験同様に標準水中養生に関しては圧縮強度・引張強度同様再生骨材 H+FA の静弾性係数が大きくなるといった傾向が見られた。図 3 に、材料の違いによる圧縮強度、引張強度、静弾性係数の推移を示した。図 4 に、養生の違いによる圧縮強度、引張強度、静弾性係数の推移を示した。

3.2 実コンクリートの中期材齢における力学特性(研究 2)

3.2.1 実験概要

工学院大学八王子キャンパスの新総合教育棟の構造体に使用されているコンクリートと同様のものので円柱供試体作成し、2012 年 3 月より 100 年間分の強度を測定する。本研究は測定 5 年目までを検討した。

3.2.2 使用材料

本研究で使用したコンクリートは、吉建秩父生コン株式会社より購入したものである。細骨材は砕砂(横瀬町産)、陸砂(成田産)、砕砂(松原産)の 3 種類を混合した。粗骨材は砕石(松原産)、と砕石(青梅産)を混合して使用した。予備強度 33N/mm²、スランプ 18cm、水セメント比 50.1%、細骨材率 49.2% で調合されている。

3.2.3 試験結果

圧縮強度試験、静弾性係数を 260 週まで実施し、結果を図 5 に示す。圧縮強度試験に関しては JIS A 1108 による試験を行った。圧縮試験時にコンプレッソメーターを使用し糧ゆがみも同時に測定した。圧縮強度に関

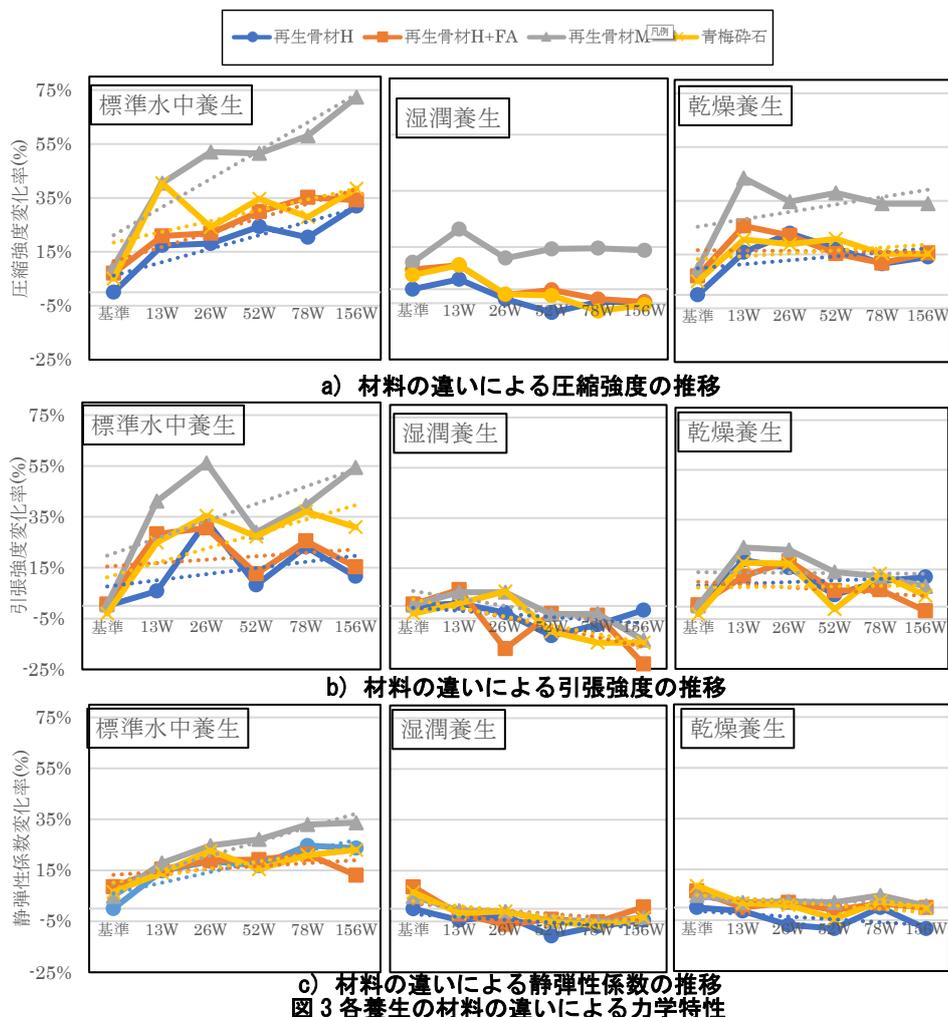


図 3 各養生の材料の違いによる力学特性

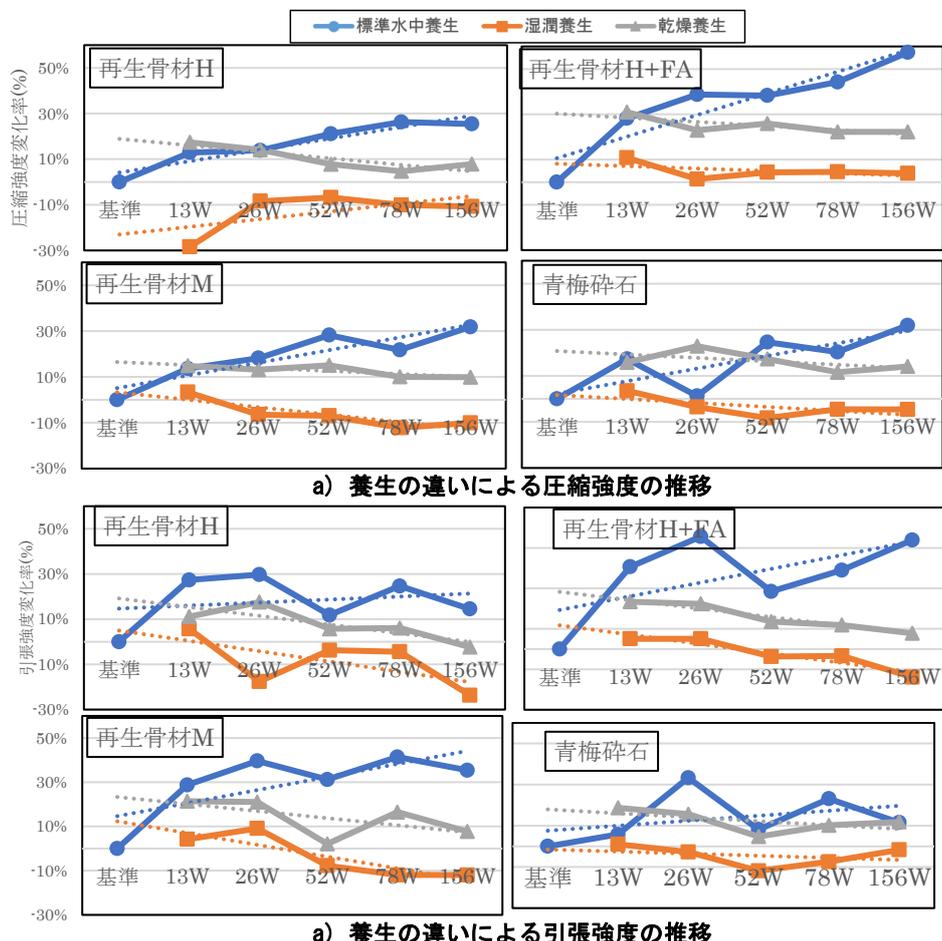


図 4 各材料の養生の違いによる力学特性

して屋外暴露、封かん養生ではあまり差がなく、気乾養生のみ他の養生を下回る結果となった。静弾性係数に関しても、圧縮強度同様に屋外暴露、封かん養生ではあまり差がなく、気乾養生のみ他の養生を下回る結果となった。図7に密度変化を示す。さらに図8に各養生に関する密度変化率を示した。

4. まとめ

本研究の結果、以下の知見が得られた。

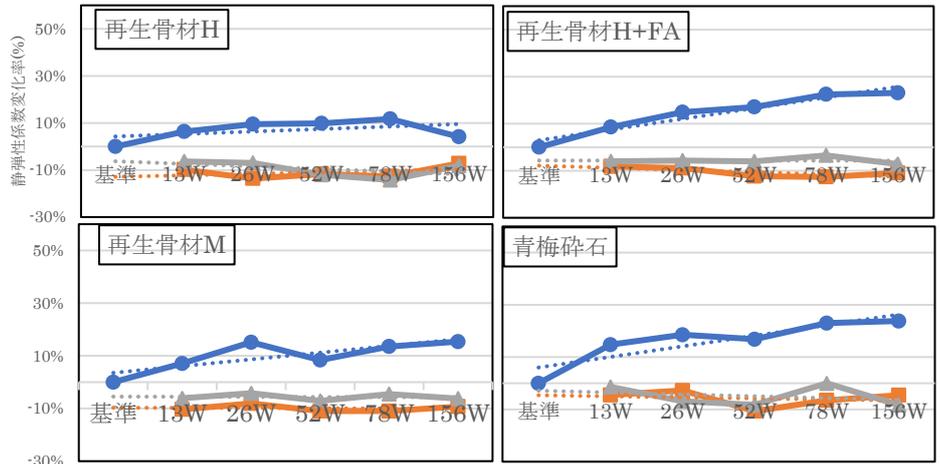
1) 研究1より、再生骨材コンクリートの骨材の種類、養生条件の違いによる力学特性の検証ができた。さらにフライアッシュを使用することでアルカリシリカ反応が抑制できるため、再生骨材と相性が良いことが分析できた。

2) 研究2より、5年分データを収集できたため中期材齢における力学特性を分析することができた。圧縮強度、弾性係数において封かん養生・屋外暴露に大きな変化はなく、気乾養生のみ他の養生よりも下回る結果となった。近似曲線の傾きから湿潤・乾燥養生に関しては標準水中養生と大きく差が生まれ月日がたつにつれ差は大きくなる。以後95年のデータを測定することにより、さらに正確なデータになる。

3) 研究1・2より再生骨材コンクリートと実コンクリートの中期評価材齢を検討できた。よって今後新たなコンクリート構造物長期品質保証や改善点を示すことができた。

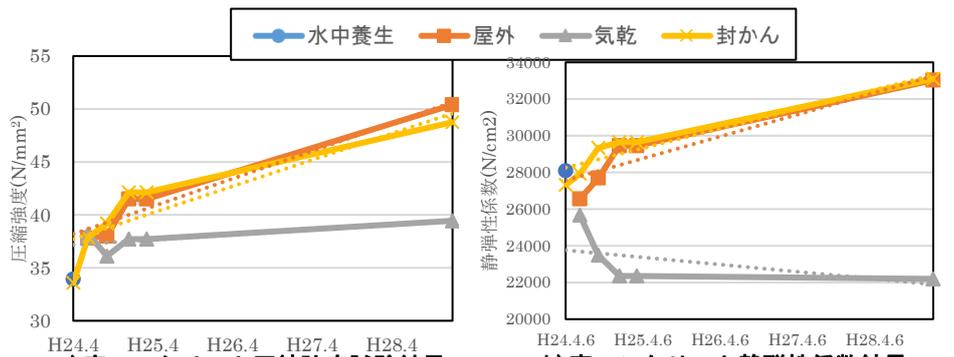
参考文献

- 1) 針原光成：工学院大学2012年卒業論文、構造体コンクリートの物理耐用年数に関する品質保証技術の導入と検証、2013
- 2) 産業技術総合研究所：日本の骨材資源、2002
- 3) 寒地土木研究所月報No.642：コンクリート用再生骨材の品質基準・規格について、2006



c) 養生の違いによる静弾性係数の推移

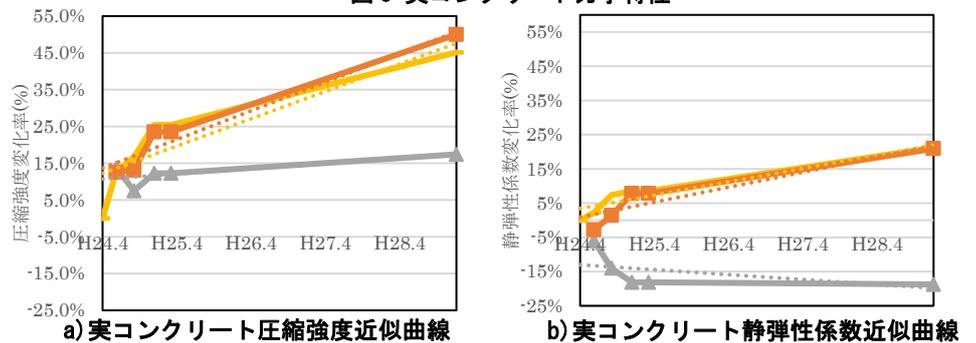
図4 各材料の養生の違いによる推移



a) 実コンクリート圧縮強度試験結果

b) 実コンクリート静弾性係数結果

図5 実コンクリート力学特性



a) 実コンクリート圧縮強度近似曲線

b) 実コンクリート静弾性係数近似曲線

図6 各養生の際の力学特性近似曲線

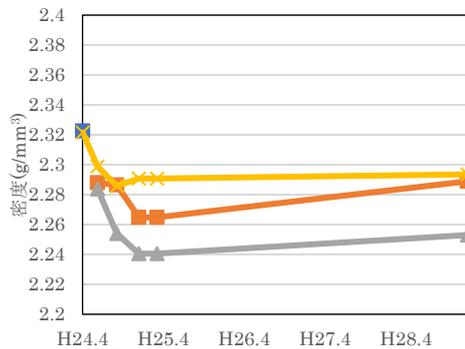


図7 実コンクリートの密度変化

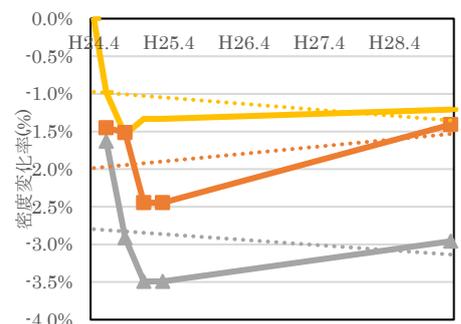


図8 実コンクリートの密度変化率