

八戸工業大学 正員 ○庄谷 征美

同上 月永 洋一

同上 正員 杉田 修一

1. まえがき

コンクリートの非破壊検査や局部破壊検査は、その主目的が構造体コンクリートの強度推定にあり、劣化判定のために適用するには評価手法が確立されていないなどの問題がある。コンクリートの劣化の多くは、表面からはじまり内部へと進行していくため、表層部の性状は劣化進行と密接に係わるものと考えられる。

本報は、海岸部および内陸部の凍害環境下に暴露した種々のコンクリートの表層部品質評価に着目し、接着引張試験および菅原、佐伯ら¹⁾²⁾の提唱する表層強度試験の結果を、各種非破壊試験や性状変化試験の結果と対比、検討し、耐久性判定の手法の観点から考察を行なったものである。

2. 実験

2. 1 使用材料：セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は砕石（最大寸法25mm、粗粒率6.90、比重2.71）、細骨材は陸砂（粗粒率2.74、比重2.57）を使用した。混和剤はA E剤（ヴィンソル）を使用し、ワーカビリティが著しく損われる場合は、高性能減水剤を併用した。本実験には強度および耐久性に影響を与えると考えられる混和材および塩分を混入した供試体も作製した。混和材は表1に示す4種類を使用し、混入塩分は人工海水（Cl⁻量換算で1.98%）を使用した。

2. 2 コンクリートの配合・養生：基本コンクリートの配合を表2に示す。表2の各種配合に加えて人工海水をCl⁻量換算で1.2kg/m³混入したものも同時に作製した。配合は目標スランプ8cm、目標空気量3.0%と統一した。供試体は打設後2日で脱型し、材令7日まで水中養生、更に、材令28日まで室内で湿布養生した。その後供試体は、1988年12月より八戸市の海岸部と内陸部の2地点に暴露した。

2. 3 試験項目および方法：供試体は、養生終了時の材令28日および暴露期間冬季2ヶ月間のものについて次に示す各種試験を実施した。①接着引張強度試験：概要を図1に示す。

10×40×50cm供試体に径約50mm、深さ約15mmの円形溝を明け、円型鋼片をエポキシ樹脂接着剤で接着した。24時間経過後建研式接着力試験機を用い、最大荷重を破断面積で除して求めた。②表層強度試験¹⁾²⁾：概要を図1に示す。10×40×50cm供試体に逆円錐台型鋼片を予め埋め込み、

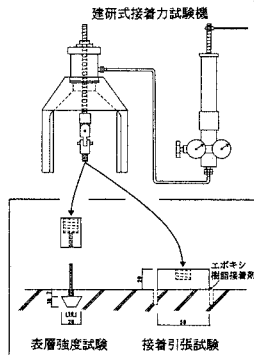


図1 表層強度試験
および接着引張試験

表1 混和材の品質

混和材		化学成分(%)											
種類	記号	比重	比表面積 (cm ² /g)	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	S	C	
シリカフェューム	S	2.03	28×10 ⁴	0.7	90.6	0.3	3.1	0.3	0.3	—	—	1.5	
高炉スラグ	B4	2.90	4,250	1.2	33.3	12.5	0.4	41.6	6.4	0.0	0.0	—	
	B8	2.91	8,350	0.3	34.9	13.5	0.4	41.6	6.5	0.0	0.0	—	
フライアッシュ	F	2.13	3,300	3.0	58.9	26.7	3.5	2.6	0.3	—	—	—	

表2 基本コンクリートの配合（塩分無混入）

記号	混和材	置換率 A/C+A (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水結合 材比 W/C+A (%)	粗骨材 率 s/g (%)	単位量 (kg/m ³)						耐久性指数 D/F (%)	
							水	結合材	細骨材	粗骨材	A E剤	高性能 減水剤		
							W	C+A	S	G			塩分 無し	塩分 混入
30C00	—	—	8.0	3.2	50	41	175	350	721	1094	0.067	—	99	100
50S00	S	10	8.2	2.4	50	41	175	350	714	1084	0.147	3.50	42	21
60C00	—	—	7.8	3.2	60	43	177	295	773	1081	0.024	—	58	51
60S00	S	10	6.4	3.2	60	43	177	295	767	1073	0.118	2.95	62	47
60B400	B4	45	8.5	2.8	60	43	176	292	771	1077	0.059	—	19	57
60B800	B8	45	8.5	3.4	60	43	180	300	764	1068	0.090	—	101	102
60F00	F	20	8.5	2.9	60	42.5	165	275	775	1106	0.171	—	6	37

表3 相関マトリックス

1)：材令28日 2)：材令91日 3)：全データ *：有意水準5%で有意 **：有意水準1%で有意

	表層強度	圧縮強度	反発度	貫入深度	パルス速度	動弾性係数	総線孔容積
接着引張強度	130.722** 230.712** 330.707**	130.608* 230.596** 330.577**	1) — 2) 0.963** 3) 0.863**	1) — 2) -0.378 3) -0.378	130.255 230.376 330.322*	130.238 230.618** 330.466**	1) -0.080 2) -0.461* 3) -0.283
表層強度	130.660* 230.533** 330.566**	1) — 2) 0.366 3) 0.366	1) — 2) -0.011 3) -0.011	1) 0.510 2) 0.225 3) 0.274	130.422 230.346 330.274	1) 0.183 2) -0.597** 3) -0.368*	1) -0.183 2) -0.597** 3) -0.368*
圧縮強度	1) — 2) -0.606** 3) 0.606**	1) — 2) -0.326 3) -0.326	1) — 2) 0.547** 3) 0.556**	1) 0.547** 2) 0.740** 3) 0.732**	1) 0.547** 2) 0.740** 3) 0.732**	1) -0.364 2) -0.702** 3) -0.533**	1) -0.364 2) -0.702** 3) -0.533**
反発度	1) — 2) -0.592** 3) -0.592**	1) — 2) 0.561** 3) 0.561**	1) — 2) 0.732** 3) 0.732**	1) — 2) -0.465* 3) -0.465*	1) — 2) 0.732** 3) 0.732**	1) -0.183 2) -0.597** 3) -0.368*	1) -0.183 2) -0.597** 3) -0.368*
貫入深度	1) — 2) -0.334 3) -0.334	1) — 2) -0.569** 3) -0.569**	1) — 2) -0.947 3) -0.947	1) — 2) -0.434 3) -0.434	1) — 2) -0.569** 3) -0.569**	1) -0.183 2) -0.597** 3) -0.368*	1) -0.183 2) -0.597** 3) -0.368*
パルス速度	130.833** 230.827** 330.821**	1) 0.833** 2) 0.827** 3) 0.821**	1) 0.833** 2) 0.827** 3) 0.821**	1) 0.833** 2) 0.827** 3) 0.821**	1) 0.833** 2) 0.827** 3) 0.821**	1) 0.833** 2) 0.827** 3) 0.821**	1) 0.833** 2) 0.827** 3) 0.821**
動弾性係数	1) 0.682** 2) 0.494* 3) 0.359	1) 0.682** 2) 0.494* 3) 0.359	1) 0.682** 2) 0.494* 3) 0.359	1) 0.682** 2) 0.494* 3) 0.359	1) 0.682** 2) 0.494* 3) 0.359	1) 0.682** 2) 0.494* 3) 0.359	1) 0.682** 2) 0.494* 3) 0.359

引抜き時の最大荷重を鋼片上端面積で除して求めた。次に強度と破断片厚さの関係から深さ7mmに対応する値を表層強度とした。③圧縮強度試験：JIS A 1108④超音波伝播速度試験：10×10×40cm供試体、表面法⑤ポロシチー試験：水銀圧入式ポロシメータにより総細孔容積および平均細孔径を測定⑥貫入抵抗試験：10×40×50cm供試体、ASTM C803-79スプリング反発式貫入抵抗試験機による貫入深度⑦表面反発度試験：15×40×50cm供試体⑧動弾性係数試験：10×10×40cm供試体、たわみ振動法

3. 結果および考察

3. 1 相関行列：表3に各データ間の相関行列を示す。本試験の結果からは、28組の相互関係のうち、材令28日では3組が1%、4組が5%で有意、材令91日では15組が1%、3組が5%で有意の相関が認められた。特に、表層強度と接着引張強度の場合には、7項目の内3項目および5項目まで有意性が認められており、これら共通では、圧縮強度および総細孔容積が有意となっている。

3. 2 表層強度および接着引張強度と各種試験結果との関係：表層強度との相関係数が有意水準1%で有意であった圧縮強度と総細孔容積との関係例を図2に示す。一方、接着引張強度との相関係数が有意水準1%で有意であったものは圧縮強度、表面反発度および動弾性係数の場合であり、前二者との関係を図3に示す。

3. 3 表層強度と接着引張強度との関係：表層強度と接着引張強度との関係を図4に示す。図より両者の間には正の相関関係があることが認められ、接着引張強度を目的変数とした場合のべき乗回帰式は以下で示される。この場合の相関係数は約0.7となり有意水準1%で有意で、変動係数は18%程度であった。

$$y = 0.125x^{1.28} \quad (r = 0.698 \quad \sigma = 3.81 \text{ kgf/cm}^2 \quad v = 18.5\%)$$

菅原¹⁾²⁾は、コンクリートの凍害による耐久性劣化を評価する上で表層強度の変化性状を調べることは有効な方法であることを報告しているが、両強度値の良好な関係、および図5にみられるように接着引張強度の変化と表層強度の変化には、バラツキはあるものの1:1の対応があることから推察すると、接着引張強度試験も有効な手法であるものと考えられる。なお、図4、図5より、塩分混入および内陸部暴露では強度の絶対値および比率ともに無混入、海岸部暴露より小さく、塩分や気象作用の影響を伺わせる結果となっている。

4. むすび

接着引張強度試験と表層強度試験は、耐久性判定の観点から表層部コンクリートの品質評価に関する試験として活用し得る可能性があるものと思われ、今後は精度向上等に関する検討が課題である。混和材および塩分混入や気象作用による影響については、今後データの蓄積をみて明確にしたい。

〔参考文献〕1)菅原 隆、佐伯 昇、モルタルとコンクリートの表層強度に関する2, 3の実験、セメント技術年報38, PP.301~304 (1984)

2)菅原 隆、庄谷征美、凍害を受けたコンクリートの表層強度に関する実験的研究、セメント技術年報40, PP.368~370 (1986)

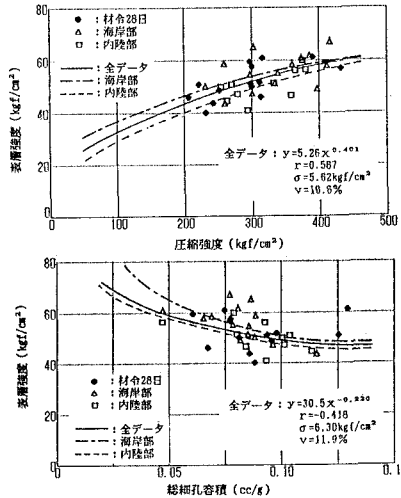


図2 表層強度と各種性状の関係例

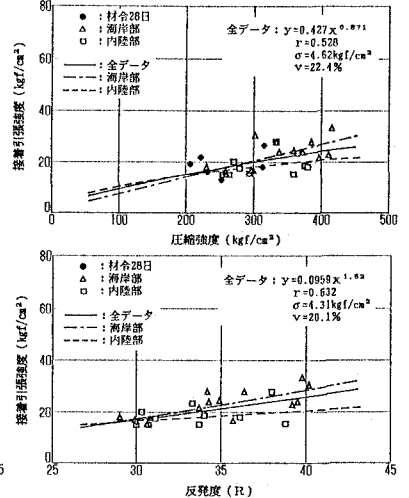


図3 接着引張強度と各種性状の関係例

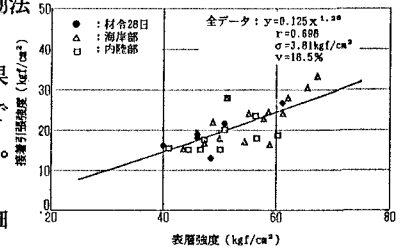


図4 表層強度と接着引張強度の関係

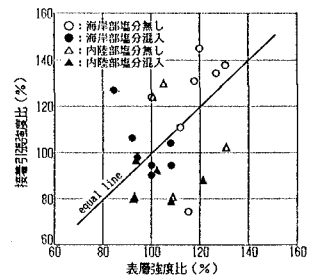


図5 表層強度比と接着引張強度比の関係