

コンクリート圧縮強度試験結果等の情報提供について

(公財)鳥取県建設技術センター

当センターで実施したコンクリートの圧縮強度試験のうち、土木工事及び建築工事に多く使用されているコンクリート及び橋梁補修詳細設計業務委託等で採取したコンクリートコアの、静弾性係数試験及び塩化物イオン量試験をまとめた結果は次のとおりでした。

平成25年度に実施したコンクリートの圧縮強度試験結果のうち、打設日が平成25年4月1日～平成26年3月31日までの標準養生された材齢28日（25～30日）の圧縮強度について、コンクリートの呼び方ごとに（件数が少ないものは除く）、平均値、標準偏差等をまとめて表1に示す。

試験件数が多い、呼び方21-5-40-BB、21-8-40-BB、24-5-20-BB、24-8-40-BBの年間を通じた平均強度は前年度とほぼ同じで推移している。一方、呼び方24-15-20-Nで 3.1N/mm² 低くなっている。

呼び強度の 1.5 倍を超える割合は、呼び方21-5-40-BB：30%（93/312件）、21-8-40-BB：32%（349/1081件）、24-15-20-N：14%（11/77件）、24-8-20-BB：23%（52/224件）、24-8-40-BB：8%（14/176件）となっている。

表1 呼び方別統計一覧

打設日： 平成25年4月1日～平成26年3月31日
 材齢： 28日（25～30日）
 養生： 標準養生

呼び方	平成25年度											平成24年度		
	件数	最大	最小	範囲	平均(x)	標準偏差	変動係数	X-3σ	X+3σ	呼び強度未満の件数	呼び強度の1.5倍の件数	件数	平均(x)	標準偏差
21-15-20-N	23	32.5	20.6	11.9	27.2	3.2	11.9	17.5	36.9	1	2	15	29.3	3.0
21-15-40-BB	15	36.6	24.2	12.4	29.3	3.9	13.3	17.6	41.0	0	4	-	-	-
21-18-20-BB	13	41	28.3	12.7	34.3	4.8	13.9	20.0	48.6	0	8	-	-	-
21-5-40-BB	312	43.6	22.3	21.3	30.1	3.3	11.0	20.2	40.0	0	93	321	30.0	3.9
21-8-20-BB	140	44.4	22.7	21.7	30.3	3.8	12.5	19.0	41.7	0	42	185	30.9	4.2
21-8-40-BB	1081	44.3	22.2	22.1	30.2	3.4	11.2	20.1	40.4	0	349	1282	29.9	3.8
21-8-40-H	38	42.1	24.7	17.4	33.2	3.6	10.8	22.4	44.0	0	26	42	34.4	4.2
24-12-20-BB	13	38.9	26.9	12	32.5	3.5	10.6	22.2	42.9	0	2	13	33.1	4.6
24-15-20-N	77	47.4	24.3	23.1	31.7	4.5	14.2	18.2	45.2	0	11	48	34.8	4.0
24-18-20-N	12	42.5	27.6	14.9	34.8	4.5	12.9	21.3	48.3	0	5	9	31.9	4.7
24-5-40-BB	32	36	25.5	10.5	31.2	2.5	7.9	23.8	38.6	0	1	108	33.7	2.8
24-8-20-BB	224	50.1	24.6	25.5	33.4	3.8	11.3	22.1	44.7	0	52	231	33.7	3.7
24-8-20-H	23	47.5	30.8	16.7	38.2	4.2	10.9	25.7	50.7	0	15	16	39.4	5.5
24-8-40-BB	176	39.9	25	14.9	31.6	3.0	9.5	22.6	40.5	0	14	293	30.8	2.8
24-8-40-H	10	42.1	30.9	11.2	35.3	3.7	10.6	24.1	46.5	0	3	20	33.2	2.6
27-12-20-BB	18	42.5	30.5	12	35.8	3.6	9.9	25.2	46.5	0	2	16	35.1	3.2
27-15-20-N	55	46.8	27.9	18.9	35.2	4.5	12.8	21.7	48.7	0	10	71	37.0	4.7
27-18-20-BB	49	41.5	29.4	12.1	36.0	3.4	9.5	25.7	46.3	0	5	56	35.6	4.0
27-8-20-BB	55	41.8	28.9	12.9	34.6	2.8	8.2	26.2	43.1	0	2	55	35.5	3.9
30-12-20-N	18	55.8	40.1	15.7	46.6	4.4	9.4	33.5	59.8	0	13	-	-	-
30-18-20-BB	24	48.7	31.6	17.1	39.2	4.6	11.7	25.5	52.9	0	3	45	36.4	3.8

＜土木工事で多く使用されているコンクリート＞

・平成25年度における、呼び方 普21-8-40-BB（高炉セメントB種、骨材寸法 40mm、スランブ 8cm の呼び強度21）の圧縮強度（材齢28日、標準養生）の分布と平成24年度とを図1-1、図1-2 に示す。

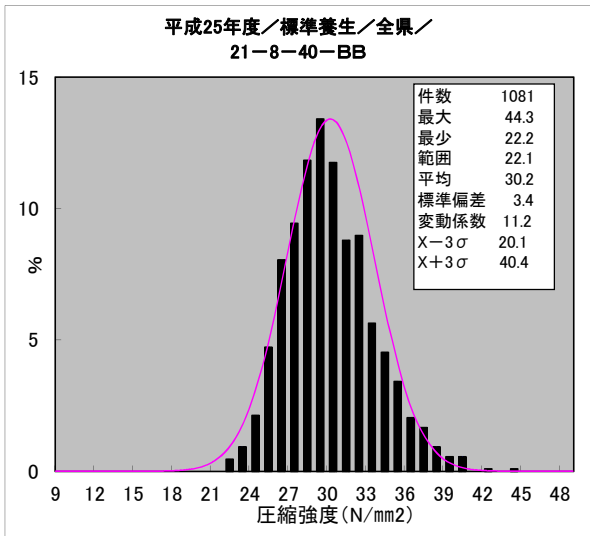


図1-1 平成25年度圧縮強度のヒストグラム(全県)

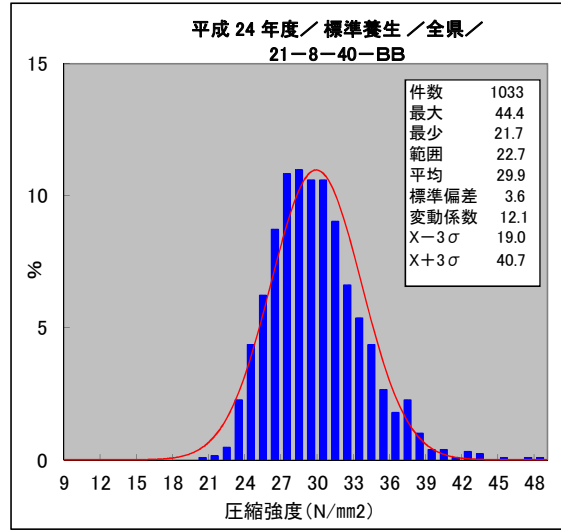


図1-2 平成24年度圧縮強度のヒストグラム(全県)

・図1-1、図1-2 より、平成25年度における、呼び方 普21-8-40-BBの圧縮強度（材齢28日、標準養生）の平均値、標準偏差はそれぞれ 30.2 N/mm²、3.4 N/mm² で、平成24年度とほぼ同じである。
 ・強度の分布の形状（ヒストグラム）は正規分布曲線より、前年度と同様にやや左に寄っている。これは強度の高いデータ群（冬期）とそれより低い群（夏期）とが重なり合っているものと考えられる。図1-1より平成25年度では正規分布の上限（ $x + 3\sigma = 40.4$ ）を上回る異常に強度が大きいものがあるが、下限（ $x - 3\sigma = 20.1$ ）を下回るものはなかった。表1より年間を通して呼び強度21の1.5倍 以上となる圧縮強度は全体の32%を占める。平成24年度に比べて、強度の分布がやや中心によっているが、平均値等に大きな違いはない。

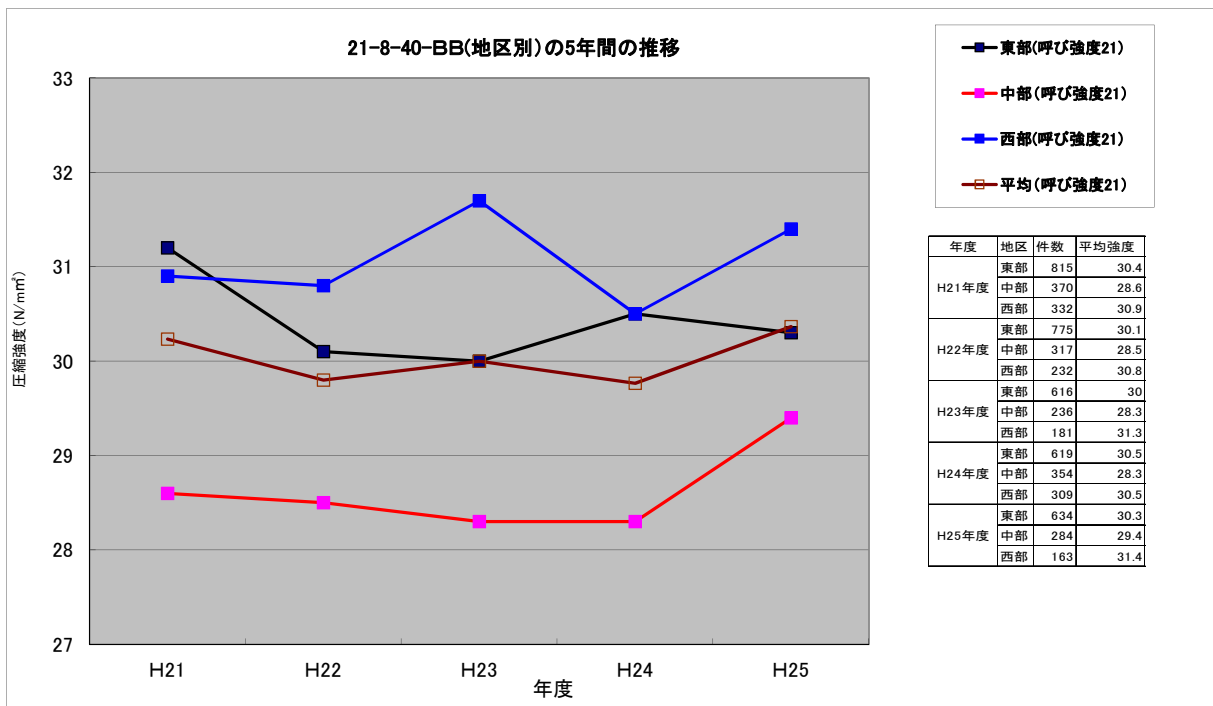


図1-3 21-8-40BB地区別の5年間の推移

・図1-3 に示すように平成21年～25年度の過去5年間の年間平均圧縮強度の推移をみると、県全体の平均値では平成25年度は平成24年度より大きくなっている。地域別には平成21年度以降、各年度とも地区の平均強度は西部＞東部＞中部となっており、西部地区が県全体の平均値より各年度とも大きい。

＜土木工事で多く使用されているコンクリート＞

・図1-4、図1-5 に、普21-8-40-BB における、コンクリートの打設時期のちがいによる圧縮強度の変化（季節変動）をみるため、平成25年度と平成24年度の月ごとの平均強度を示す。（ ）内はその月の試験件数を示す。

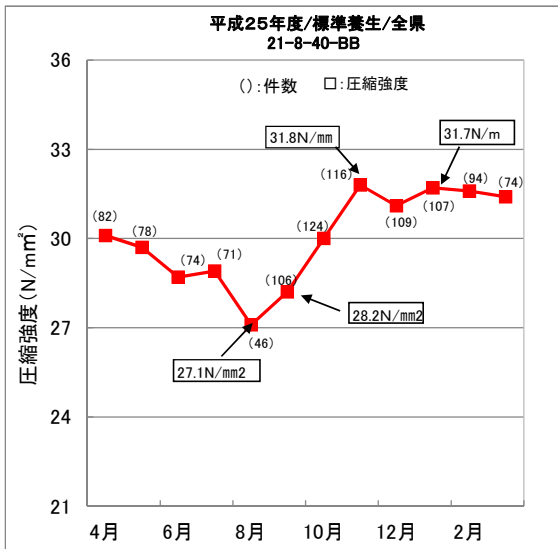


図1-4 H25年度度圧縮強度(平均値)の月別推移(全県)

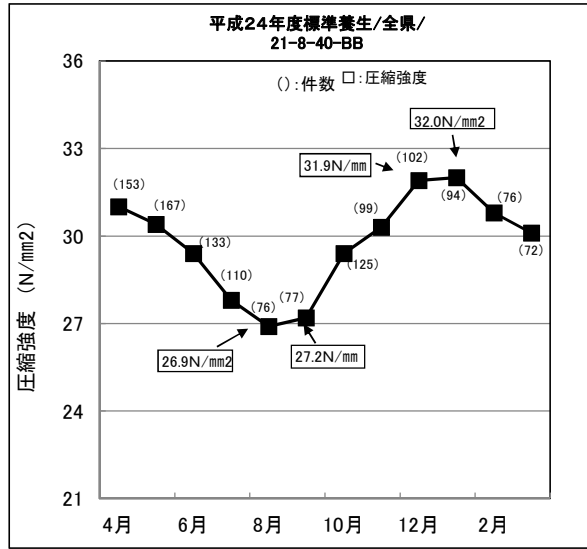


図1-5 H24年度度圧縮強度(平均値)の月別推移(全県)

・図1-4、図1-5 より、現場から供試体を作製し、標準養生した材齢28日の鳥取県全体の圧縮強度は、コンクリートの配合が年間を通じて同じであれば、圧縮強度の月別推移は外気温が高い夏期で小さく、外気温が低い冬季で大きくなる。県全体の平均値でみると、この季節変動の傾向は平成25年度も平成24年度とほとんど同じである。

平成25年度では、強度が最も小さくなる夏期（8月）で圧縮強度は 27.1 N/mm²（呼び強度21の 1.29 倍）、最も大きくなる冬期（11月）で 31.8 N/mm²（呼び強度21の1.51 倍）であり、同一の呼び強度であっても、夏期と冬期の差は平均値で 4.7 N/mm² ある。

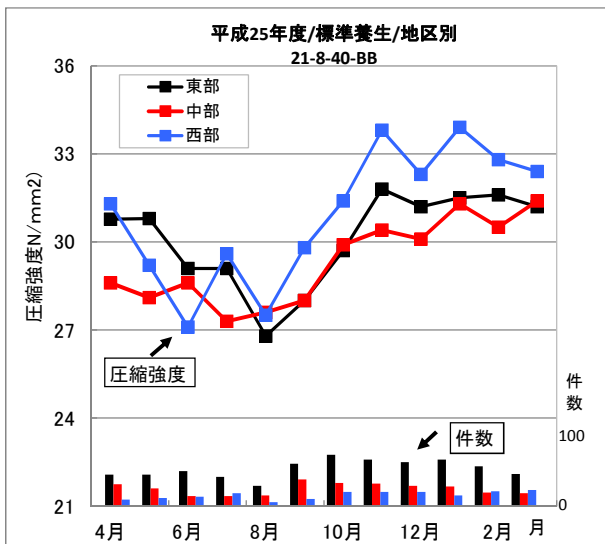


図1-6 H25年度度圧縮強度(平均値)の月別推移(地区別)

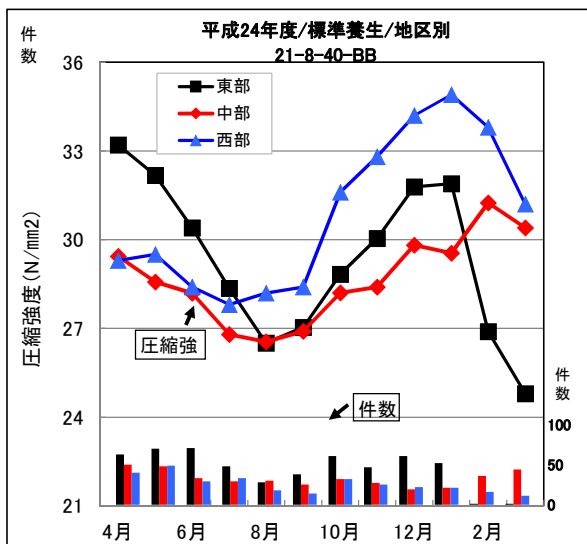


図1-7 H24年度度圧縮強度(平均値)の月別推移(地区別)

・図1-6、図1-7 より、県下を3地区（東部・中部・西部）に分けてみると、普21-8-40-BB は東部・中部で多く使用され西部での使用は少ない。圧縮強度の月別推移をみると、いずれの地区とも、夏期に強度が小さく冬期に大きくなる傾向が著しい。

＜土木工事で多く使用されているコンクリート＞

平成25年度において普24-8-40-BB の集計結果はほとんどが西部地区のものであった。西部地区では土木用には普24-8-40-BB が多く使用されている。

・図1-8 より、平成25年度の年間を通して、普24-8-40-BB の圧縮強度の分布はほぼ正規分布となっている。図1-10より年間の強度の月別推移は、普21-8-40-BB（図1-4）と同様に季節変動し、夏期（9月）に最も小さく、冬期（2月）で大きくなっているものの、年間を通して約 29～ 33 N/mm² の範囲で推移し、季節による強度の変化は少ない。平成25年度は9月が最も小さかったが、傾向は平成24年度と同様である。

平成25年度の年間平均強度 31.5 N/mm² は呼び強度24 の 1.31 倍である。表1より、呼び強度24 の 1.5 倍以上となる件数は全体の約7.9%で、呼び強度21の場合の32%の約 1/4 程度と少なくなる。

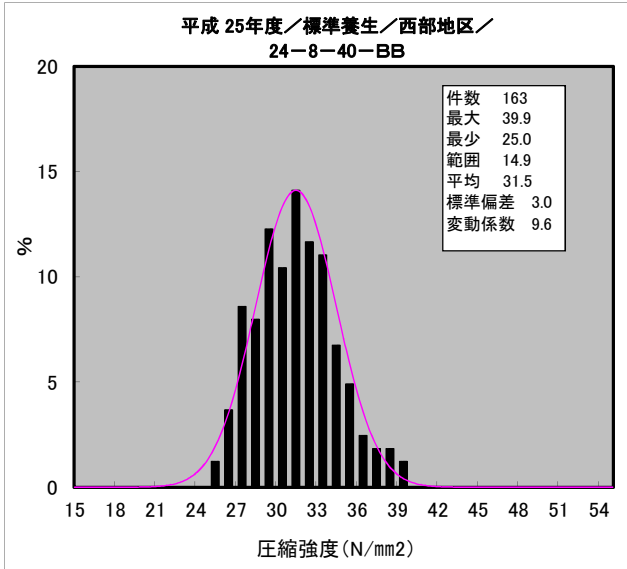


図1-8 H25圧縮強度のヒストグラム(西部地区)

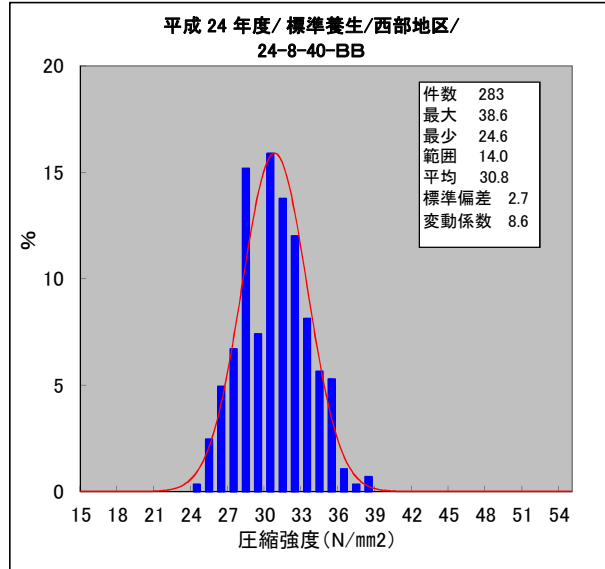


図1-9 H24圧縮強度のヒストグラム(西部地区)

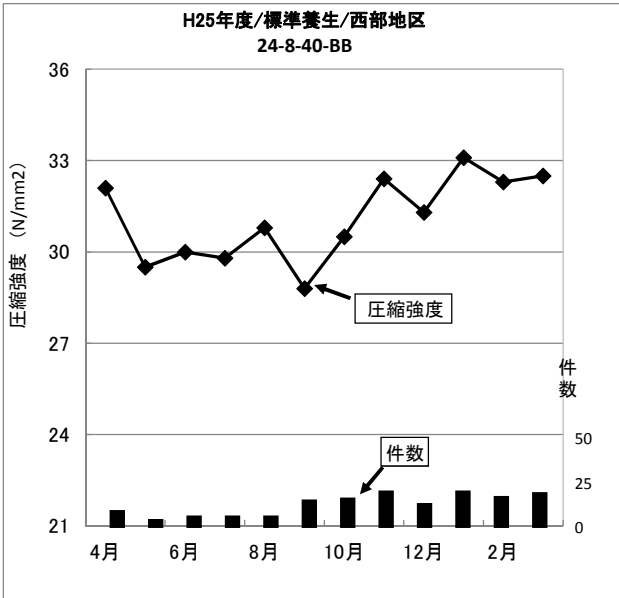


図1-10 H25年度圧縮強度(平均値)の月別推移

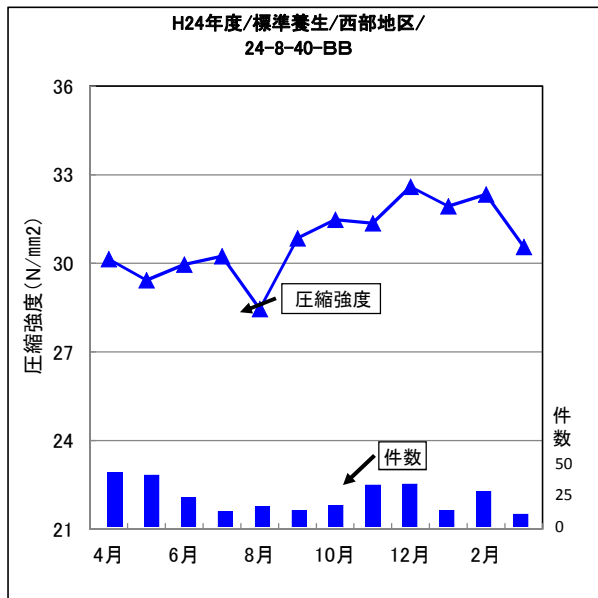


図1-11 H24年度圧縮強度(平均値)の月別推移

＜建築工事で多く使用されているコンクリート＞

年間を通し建築工事で多く使用されるコンクリート普27-15-20-N（普通セメント、骨材寸法 20 mm、スランプ 15cmの呼び強度27）について、過去5年間の圧縮強度（材齢28日）の分布を標準養生（20℃水中養生）したものを図2-1 に、現場水中養生（工事現場内の水中養生）したものを図2-2 に示す。

建築工事においてセンターで行われる圧縮強度試験は、標準養生より現場水中養生した供試体によるものが多い。

現場水中養生した圧縮強度は、標準養生と異なり養生期間内の現場内養生水の水温に影響されるため、季節により圧縮強度に違いが生じる。構造体コンクリート強度は、現場水中養生した供試体の圧縮強度等で表されている。

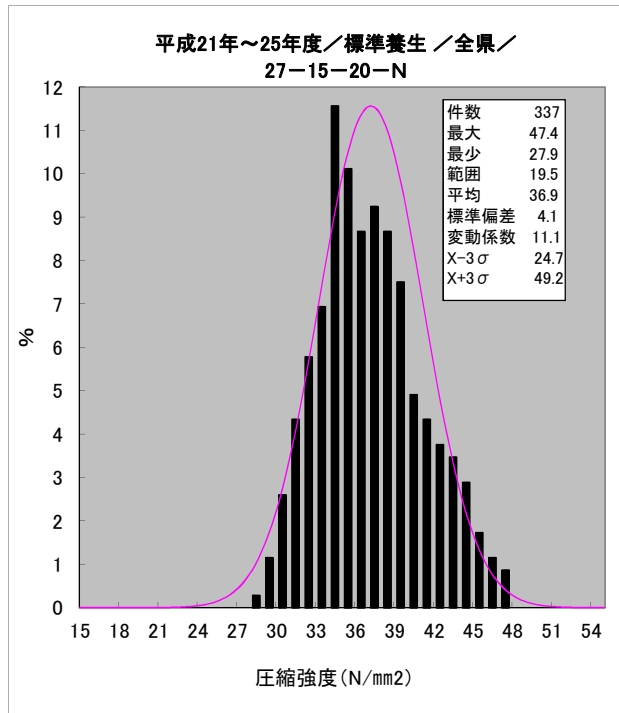


図2-1 圧縮強度のヒストグラム(H21~H25)全県
(標準養生)

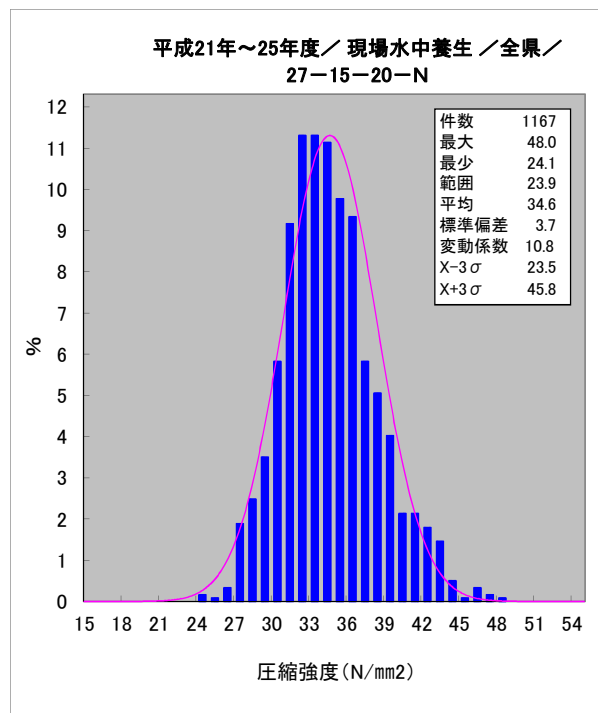


図2-2 圧縮強度のヒストグラム(H21~H25)全県
(現場水中養生)

・圧縮強度の年間の平均値は、標準養生では 36.9 N/mm² で呼び強度の 1.37 倍、現場水中養生では 34.6 N/mm² で呼び強度の 1.28 倍である。表 1 より、平成25年度の標準養生した平均強度が 35.2 N/mm²は過去5年間の平均強度より 2 N/mm² 低い。

図2-2 より、現場水中養生したもので呼び強度の1.5 倍（40.5 N/mm²）を超える強度が多くある。年間を通して圧縮強度 23.5 N/mm²（X-3σ）を下回ることはない。

＜建築工事で多く使用されているコンクリート＞

現場水中養生した供試体の強度への季節の影響を把握するため、同一コンクリートから採取した供試体で同時に標準養生と現場水中養生した圧縮強度を過去6年間(平成20年度～平成25年度)のセンターで行った結果から抽出して、呼び強度24、27、30のコンクリートについて打設月ごとに強度をまとめたものを図2-3、図2-4、図2-5に示す。

各月の強度はその月の平均値を示す(全体で203組、各月のデータ数は1～21組/月で平均7組)

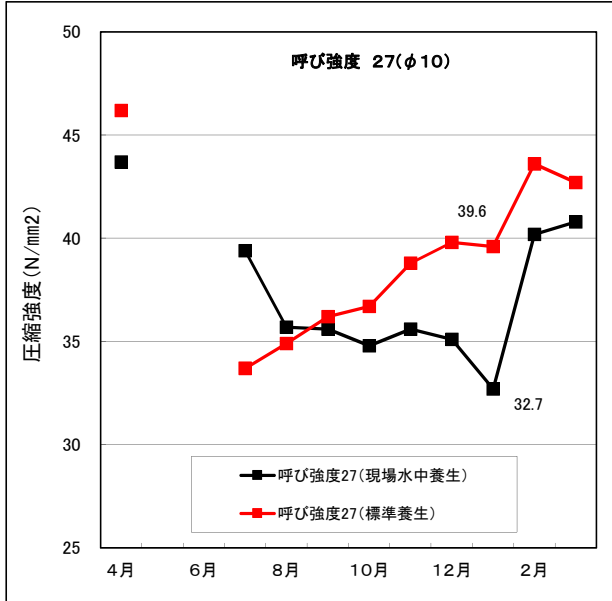


図2-3 圧縮強度平均値の月別推移(H20～H25)
(5月～6月のデータなし)

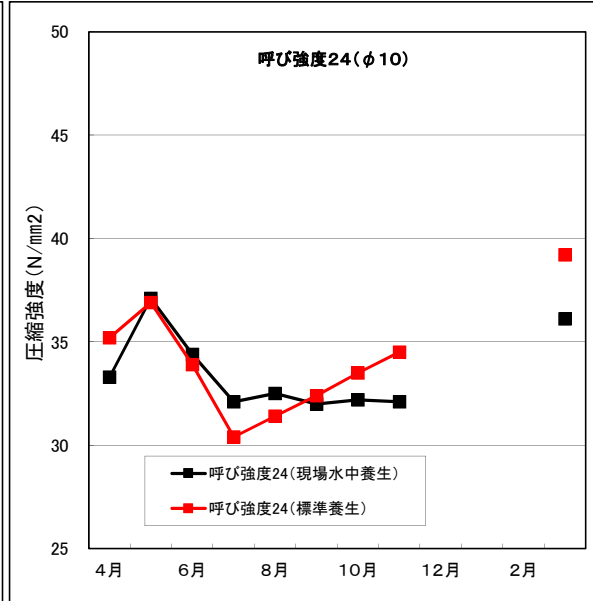


図2-4 圧縮強度平均値の月別推移(H20～H25)
(12月～2月のデータなし)

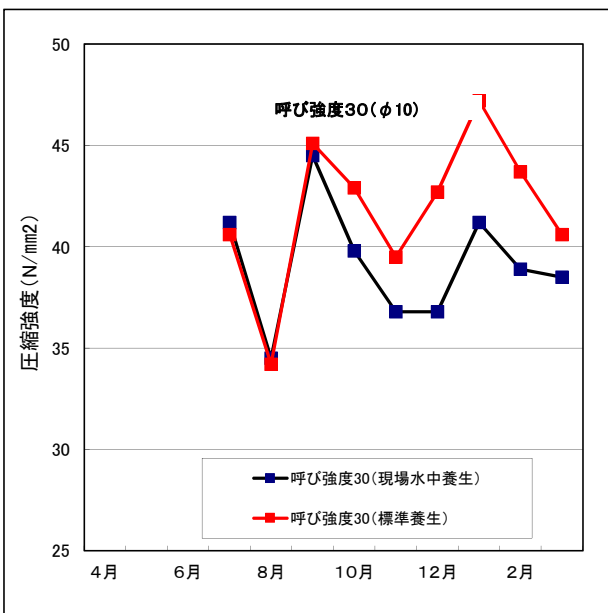


図2-5 圧縮強度平均値の月別推移(H20～H25)
(4月～6月のデータなし)

- ・呼び強度ごとに打設月でまとめてみると、図2-3に示す呼び強度 27 の結果から、10月～4月における現場水中養生した圧縮強度は、標準養生したものより小さくなり、特に外気温(水中温度)が低くなる2月(冬期)においては、7 N/mm²程度差がでてくる。
- ・図2-4、図2-5に示す呼び強度 24 と 30 の結果からも、同じような傾向がみられる。7月～9月(夏期)では、逆に現場水中養生をした圧縮強度は、標準養生したものより大きいか同程度となる。

<橋梁調査等で採取したコンクリートコアについて>

橋梁補修詳細設計業務委託等において、橋台等から採取したコンクリートコアの圧縮強度と静弾性係数の関係を図3-1に示す。
また、橋梁補修詳細設計業務委託等で採取したコンクリートコアの塩化物イオン量の分布を図3-2に示した。

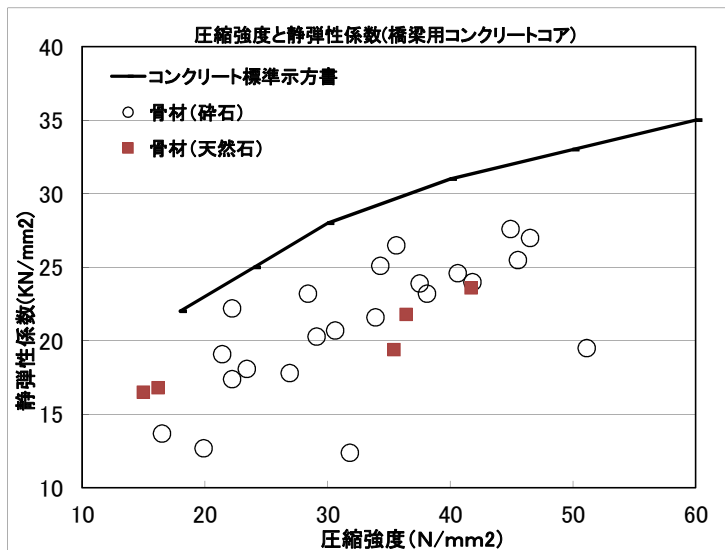


図3-1 圧縮強度と静弾性係数

一般に圧縮強度が大きくなるほど、静弾性係数も大きくなり、コンクリート標準示方書〔設計編・本編〕で示されている黒線（図中の黒線はコンクリート標準示方書〔設計編・本編〕に表記しているコンクリートのヤング係数の値（全国を調査した結果を平均したのもであり、骨材の種類と品質の程度、また地域によって大きく変動する値））程度であるが、コンクリート打設後、数十年経過したコンクリートでは同じ強度のコンクリートに比べ、全ての結果においてこれを下回っている。

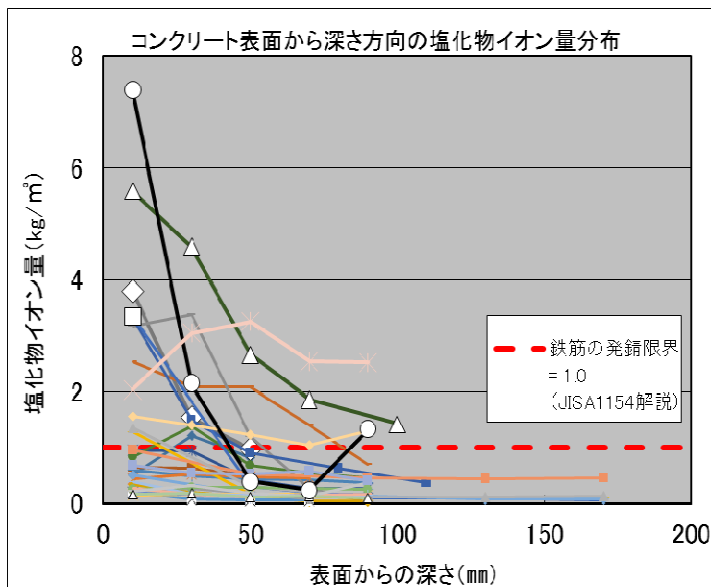


図3-2 コンクリート表面から深さ方向の塩化物イオン量分布

塩化物イオン量試験は、採取したコンクリートコアの表面から2cmピッチで切断し、その塩化物イオン量を調べた結果である。図中赤点線(JISA1154解説による)で示したコンクリート内部の鉄筋の発せい(錆)限界とされる塩化物イオン量 1.0 kg/m³程度を越える結果も見受けられた。