

生コンクリート圧縮強度試験結果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についてまとめた結果は次のとおりでした。

平成24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24年4月1日～25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)、件数、平均値、標準偏差等をまとめて表1に示す。

表1 呼び方別統計一覧

打設日：平成24年4月1日～25年3月31日

材齢：28日(25～30日)

養生：標準養生

呼び方	件数	最大	最小	範囲	平均(X)	標準偏差(σ)	変動係数	X-3 σ	X+3 σ	呼び強度未満の件数	呼び強度の1.5倍の件数
21-15-20-N	15	33.2	23.0	10.2	29.3	3.0	10.1	20.5	38.2	0	4
21-5-40-BB	278	39.4	22.3	17.1	29.4	3.5	12.0	18.8	40.0	0	77
21-8-20-BB	148	50.8	22.3	28.5	30.2	4.0	13.2	18.2	42.2	0	45
21-8-40-BB	1,047	48.5	20.6	27.9	29.5	3.7	12.5	18.4	40.6	1	276
21-8-40-H	32	41.7	25.3	16.4	33.7	4.2	12.5	21.1	46.3	0	23
24-12-20-BB	12	38.0	25.2	12.8	32.3	3.5	11.0	21.6	42.9	0	2
24-15-20-N	48	46.2	26.5	19.7	34.8	4.0	11.6	22.7	46.8	0	16
24-18-20-N	9	42.3	28.0	14.3	31.9	4.7	14.7	17.9	46.0	0	2
24-5-40-BB	108	40.0	28.2	11.8	33.7	2.8	8.2	25.4	42.1	0	22
24-8-20-BB	188	45.4	26.2	19.2	33.3	3.5	10.5	22.8	43.8	0	39
24-8-40-BB	292	42.0	24.6	17.4	30.9	2.8	8.9	22.6	39.1	0	7
24-8-40-H	20	37.5	28.0	9.5	33.2	2.6	7.7	25.5	40.9	0	4
24-8-40-N	7	37.8	25.9	11.9	31.9	4.4	13.9	18.6	45.2	0	1
27-12-20-BB	15	40.0	30.5	9.5	34.6	2.5	7.4	26.9	42.2	0	0
27-15-20-N	71	46.7	28.9	17.8	37.0	4.7	12.8	22.8	51.1	0	17
27-18-20-N	15	45.1	31.9	13.2	38.7	4.2	10.9	26.0	51.4	0	6
27-8-20-BB	55	46.6	25.4	21.2	35.5	3.9	11.1	23.7	47.3	1	5
27-8-20-H	15	49.8	35.2	14.6	42.2	4.0	9.5	30.2	54.3	0	9
30-15-20-N	13	52.9	37.9	15.0	44.4	4.0	9.0	32.4	56.3	0	7
30-18-20-BB	45	46.9	28.5	18.4	36.4	3.8	10.5	25.0	47.8	1	1
30-18-20-N	8	44.3	38.4	5.9	41.8	2.3	5.4	35.1	48.6	0	0
30-8-20-BB	12	44.7	33.2	11.5	40.5	3.6	8.9	29.6	51.4	0	0
33-15-20-BB	12	51.6	42.0	9.6	46.5	2.5	5.5	38.9	54.1	0	1
33-15-20-N	5	47.7	40.3	7.4	43.6	3.2	7.4	33.9	53.4	0	0
33-18-20-BB	6	46.8	38.4	8.4	41.9	3.5	8.4	31.4	52.4	0	0
33-8-20-N	8	45.1	37.2	7.9	40.9	2.9	7.1	32.1	49.6	0	0

<土木工事で多く使用されているコンクリート>

・平成24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、スランプ 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23年度とを図1-1、図1-2 に示す。

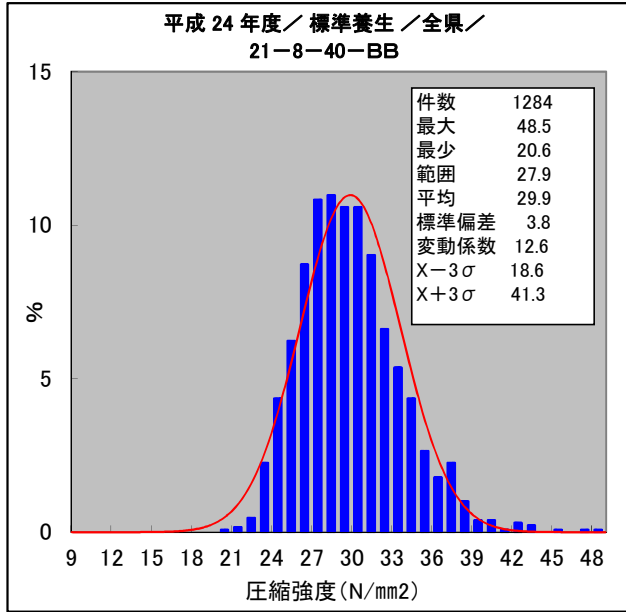


図1-1 平成24年度圧縮強度のヒストグラム(全県)

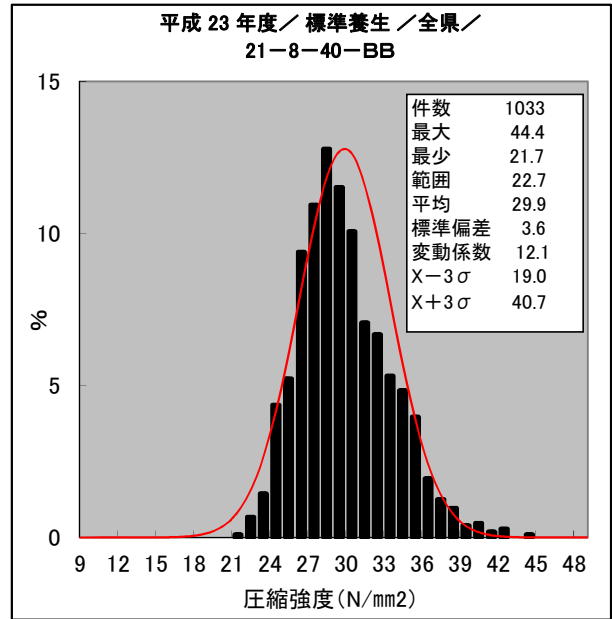


図1-2 平成23年度圧縮強度のヒストグラム(全県)

・図1-1、図1-2 より、平成24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 29.9 N/mm²、3.8 N/mm² で、平成23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24年度では正規分布の上限（ $x + 3\sigma = 41.3$ ）を上回る異常に強度が大きいものがあるが、下限（ $x - 3\sigma = 18.6$ ）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2.6%を占める。平成23年度に比べても、強度の分布、平均値等に大きな違いはない。

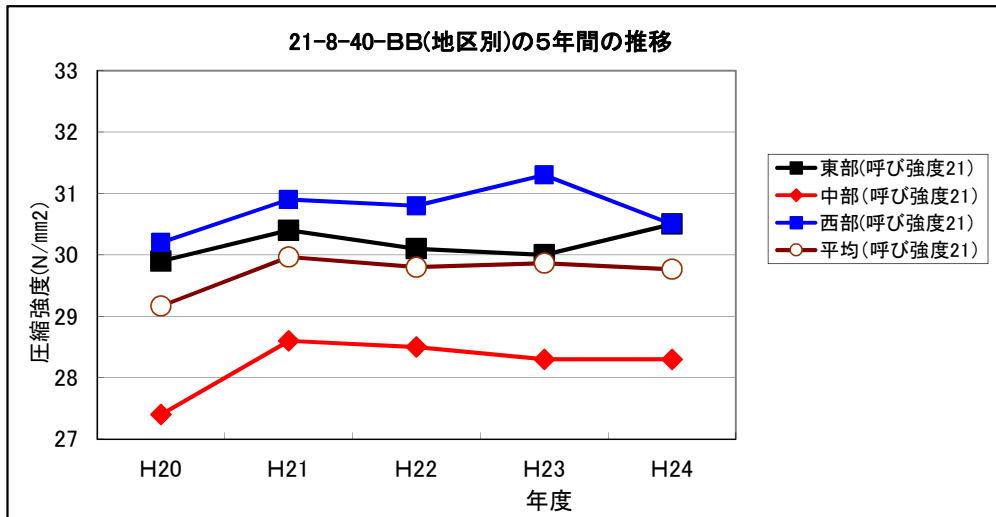


図1-3 圧縮強度年度別推移(地区別)

・図1-3 に示すように平成20年～24年度の過去5年間の年間平均圧縮強度の推移をみると、平成21年度以降県全体の平均強度に変化はほとんどない。地域別には平成20年度以降、地区の平均強度は西部>東部>中部となっており、東部と西部地区が県全体の平均値より大きい。また、平成24年度では西部と東部地区が同じ強度となった。

<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23年度と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。

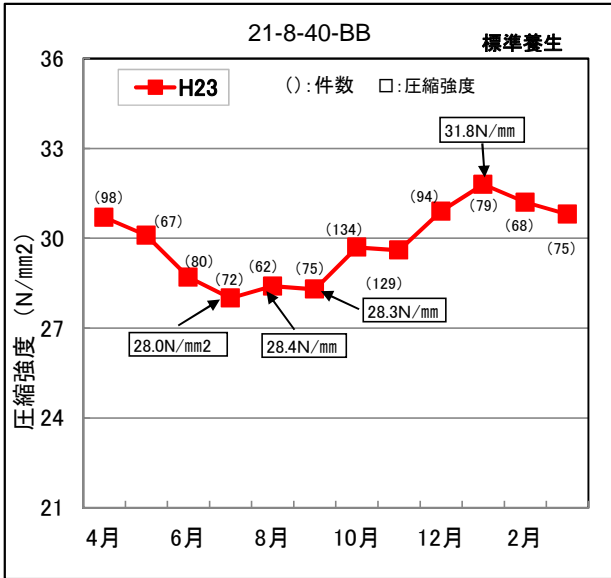


図1-4 H23年度圧縮強度(平均値)の月別推移(全県)

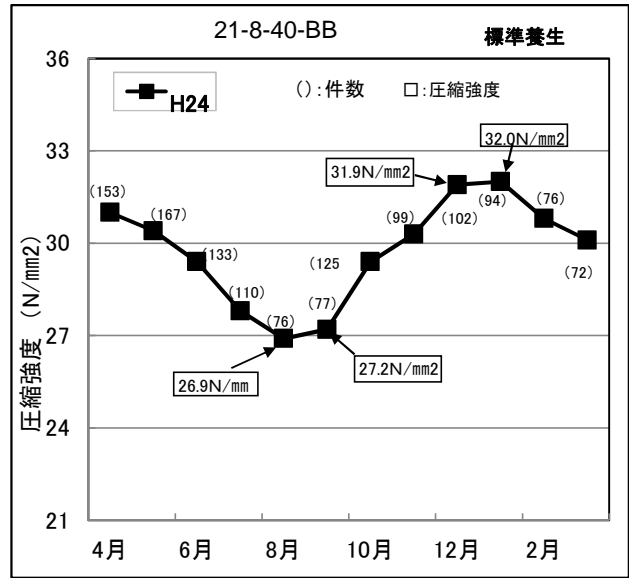


図1-5 H24年度圧縮強度(平均値)の月別推移(全県)

・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。県全体の平均値で見ると、この季節変動の傾向は平成24年度も23年度とほとんど同じである。

平成24年度では、強度が最も小さくなる夏期（8月）で圧縮強度は26.9 N/mm²（呼び強度21の1.28 倍）、最も大きくなる冬期（1月）で32.0 N/mm²（呼び強度21の1.52 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5.1 N/mm² ある。

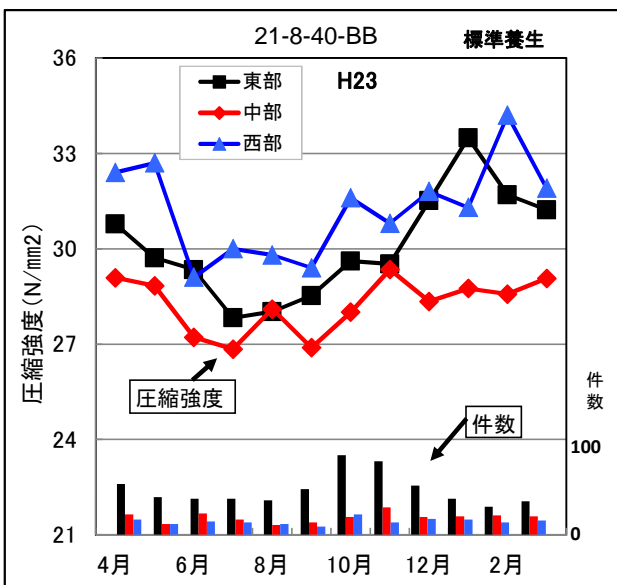


図1-6 H23年度圧縮強度(平均値)の月別推移(地区別)

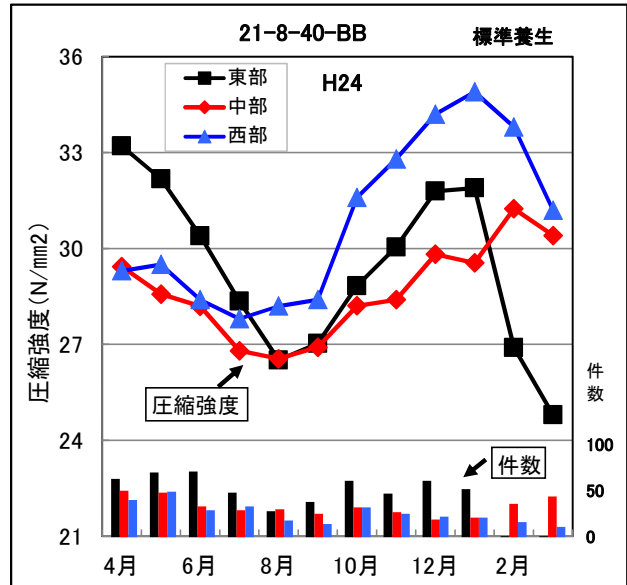


図1-7 H24年度圧縮強度(平均値)の月別推移(地区別)

・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24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24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1-9より年間の強度の月別推移は、普21-8-40-BBと同様に季節変動し、夏期(8月)に最も小さく、冬期(12月、2月)で大きくなっているものの、8月を除けば、年間を通して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。

年間平均強度 30.8 N/mm² は呼び強度24 の1.29 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2.4 %で、呼び強度21の場合の26 %の約 1/10 程度と少なくなる。

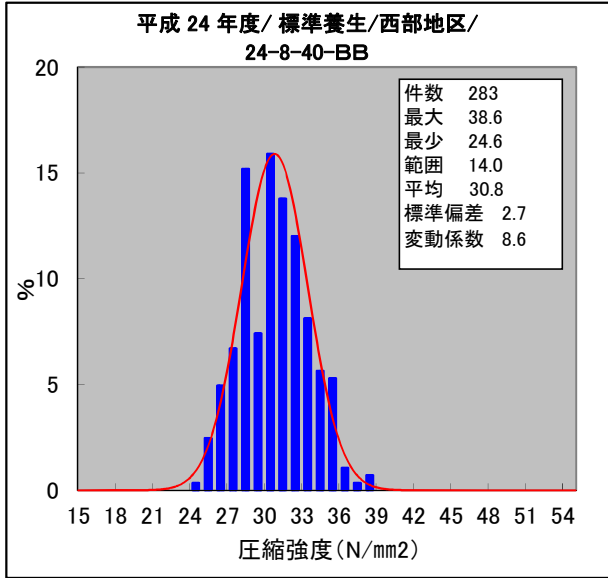


図1-8 H24圧縮強度のヒストグラム(全県)

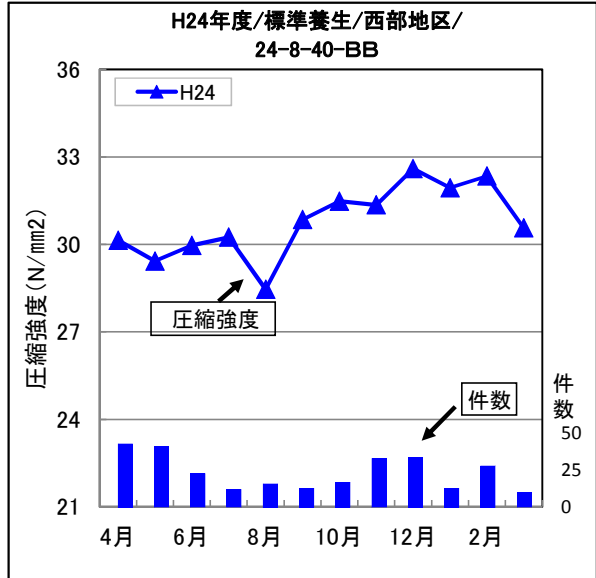


図1-9 H24年度圧縮強度(平均値)の月別推移

・図1-3 に示す普21-8-40-BBの圧縮強度の平均値の5年間の推移と西部地区で使用された普24-8-40-BBの圧縮強度とを比べたものを図1-10に示す。

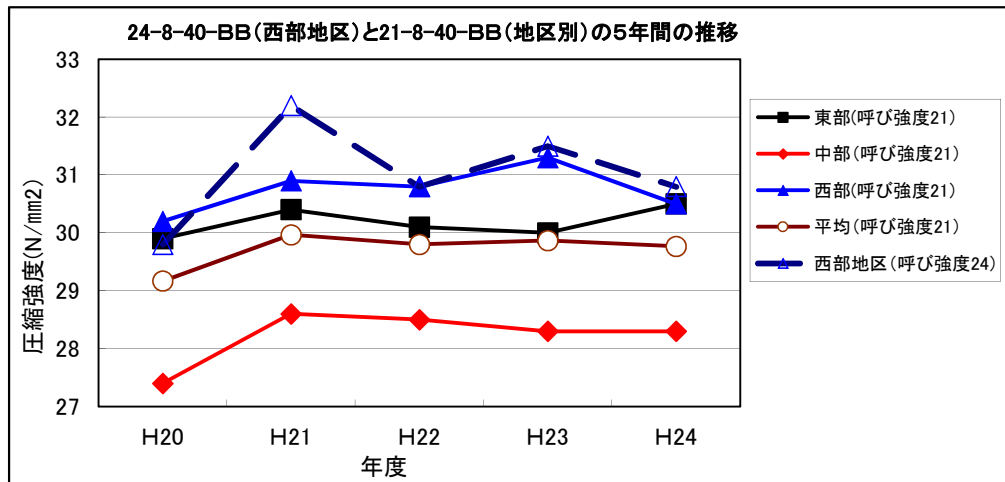


図1-10 圧縮強度(平均値)の年度別推移(5年)

・西部地区の呼び強度24の年間平均値を呼び強度21のそれと過去5年間で比較すると、呼び強度24の平均値は平成22年度以降は東部地区の呼び強度21の平均値に近い強度で推移し、24年度では東部地区とほぼ同じ強度になっている。

<土木工事で多く使用されているコンクリート>

・年間通じて圧縮強度は、夏期に低く冬期に高い傾向が見られるので、普21-8-40-BB について、過去3年間の夏期（7月～9月）と冬期（12月～2月）の強度分布を地区ごとに示す。

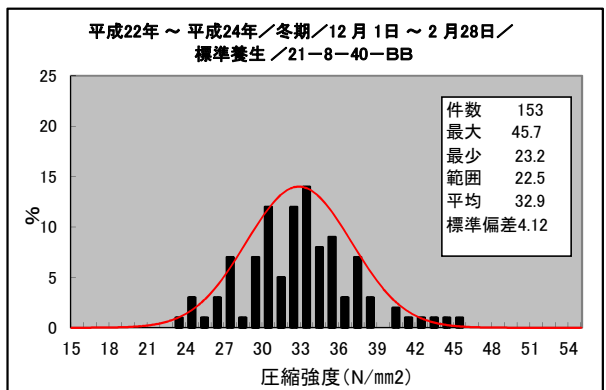
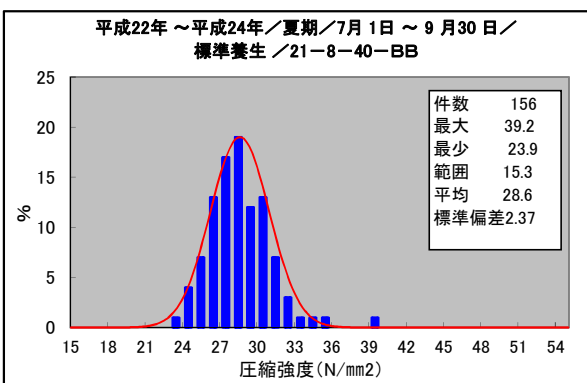
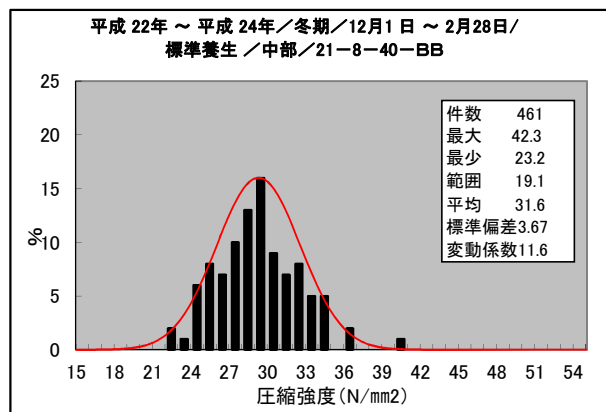
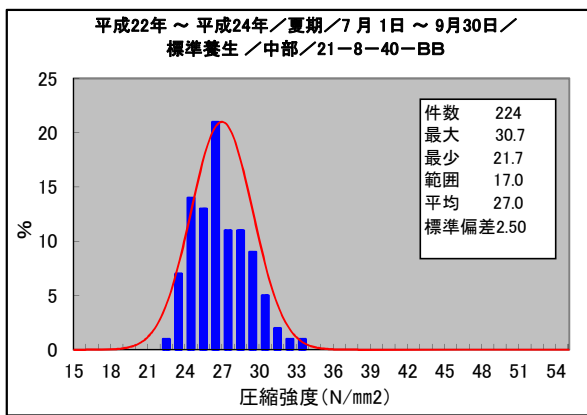
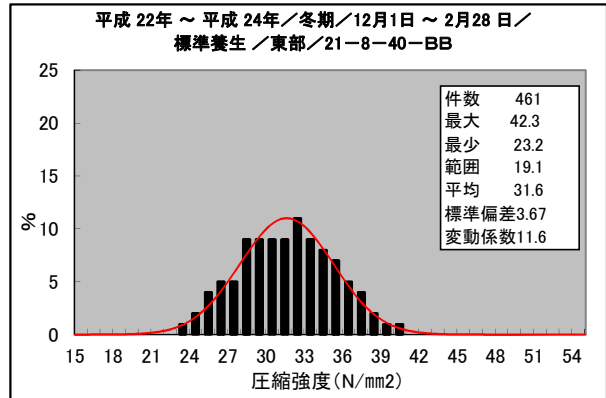
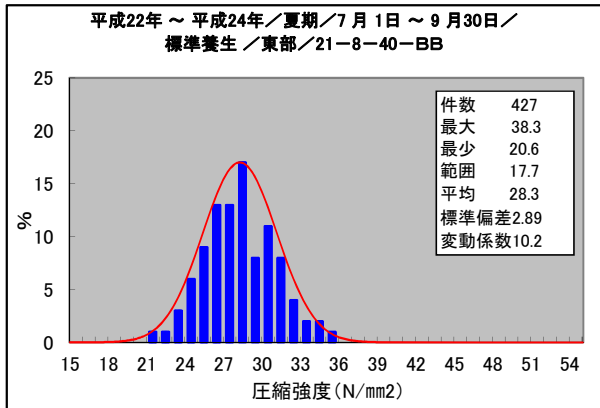


図1-11 H22～22年度夏季・冬期における圧縮強度のヒストグラム(地区別)

・地区ごとの夏期と冬期の平均強度は、夏期で27.0～28.3 N/mm²、冬期で31.6～32.9 N/mm² でいずれの地区においても同程度の強度である。地区間にほとんど差がない。地区の強度のばらつきは夏期ではほとんど同程度であるが、冬期になると各地区ともばらつきが大きくなる。特に冬期の西部地区ではばらつきが他地区より大きくなる。各地区の夏期と冬期の強度差は3.3～4.6 N/mm² ある。

< 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 20mm、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。

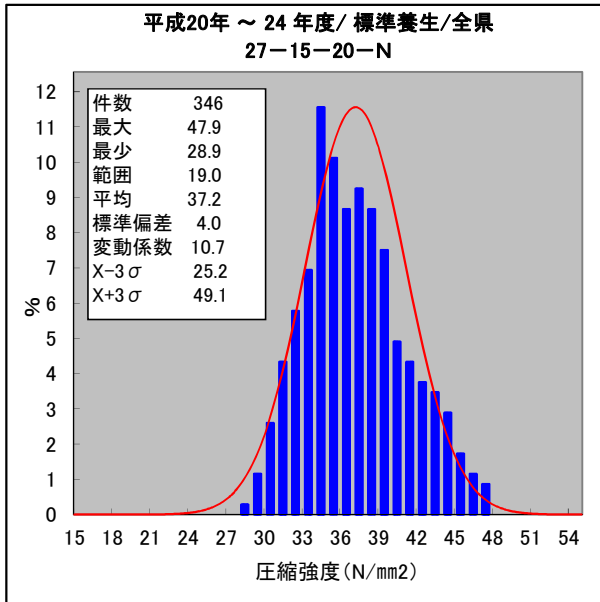


図2-1 圧縮強度のヒストグラム(H20～H24)全国
(標準養生)

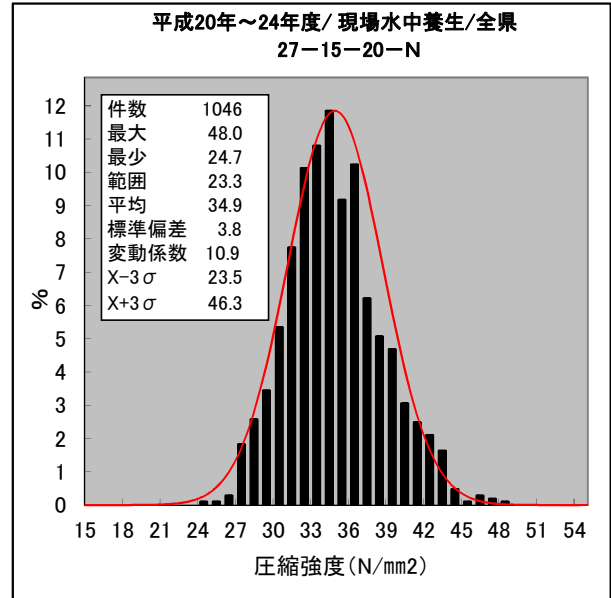


図2-2 圧縮強度のヒストグラム(H20～H24)全国
(現場水中)

・圧縮強度の年間の平均値は、標準養生では 37.2 N/mm² で呼び強度の1.38 倍、現場水中養生では 34.9 N/mm² で呼び強度の1.29 倍である。表1 より、平成24年度の標準養生した平均圧縮強度 37.0 N/mm² は過去5年平均並みの強度である。

標準養生した場合の平均圧縮強度を呼び強度と比べると、建築用コンクリート（普27-15-20-N）で1.38 倍、土木用コンクリート（普21-8-40-BB）で1.42 倍であり、いずれのコンクリートでもほぼ同程度の強度比である。

・図2-2 より、現場水中養生した強度の分布は正規分布曲線と多少ずれており、現場水中養生したものでも呼び強度の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）を下回ることはほとんどない。

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5年間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（各月のデータ数は1～44個/月で平均12個）。

< 建築工事で多く使用されているコンクリート >

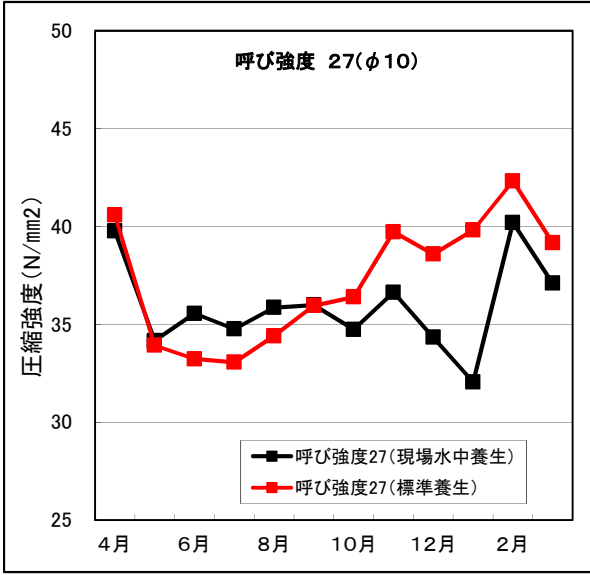


図2-3 圧縮強度平均値の月別推移(H20～H24)

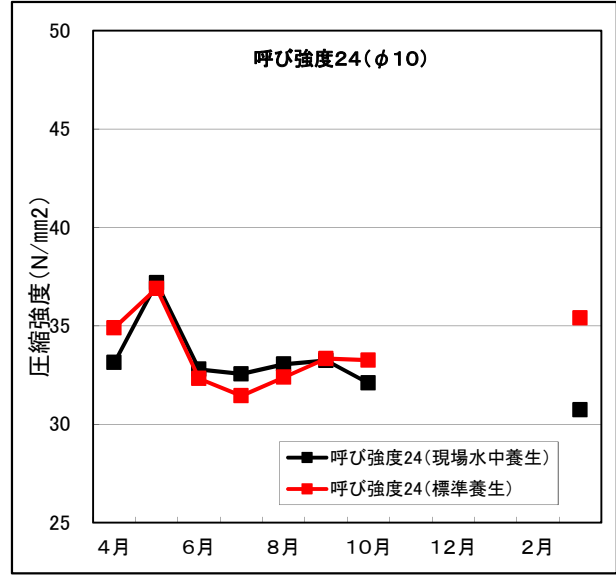


図2-4 圧縮強度平均値の月別推移(H20～H24)

(※冬季においてのデータなし。)

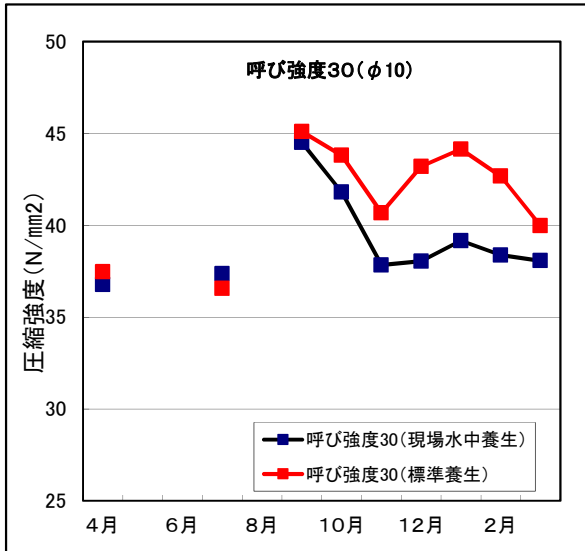


図2-5 圧縮強度平均値の月別推移(H20～H24)

(※夏季においてのデータなし。)

- ・呼び強度ごとに打設月でまとめてみると、図2-3、図2-4 に示す呼び強度24と27の結果から、5月～9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2～3 N/mm²程度大きくなる。
- ・図2-3、図2-5 に示す呼び強度27と30の結果から、9月以降4月までは、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小さくなる。特に、外気温(水中温度)が低くなる12月～2月には、両者の差が大きくなり5～8 N/mm²程度、(最大で7.7 N/mm²)となる。

呼び方 普27-15-20-N のコンクリートの圧縮強度について、現場水中養生した供試体の強度への季節の影響を夏期(7月～9月打設)と冬期(12月～2月)とに地区ごとにまとめ、夏期の結果を表2に冬期の結果を表3に、圧縮強度の分布を図2-6、図2-7に示す。

なお、標準養生の場合はデータ数、コンクリートの製造条件等の違いがあり比較が困難な点もあるが、参考に示す。

表2 養生方法の違いによる地区別の圧縮強度(夏期)

	養生方法	件数	最大	最小	平均(X)	平均/呼び強	標準偏差	X-3σ	X+3σ	標準との強度
東部地区	標準	23	40.1	28.9	34.4	1.27	2.98	25.5	43.3	+0.6
	現水	55	42.9	30.0	35.8	1.33	3.08	26.6	44.9	
中部地区	標準	10	41.2	34.2	37.3	1.38	2.29	27.3	44.2	-2.1
	現水	28	40.7	29.8	35.2	1.30	2.73	27.0	43.4	
西部地区	標準	16	40.4	31.1	34.3	1.27	2.33	27.3	41.3	-0.6
	現水	89	42.9	27.2	33.7	1.25	3.02	24.6	42.8	

<建築工事で多く使用されているコンクリート>

・表2より、夏期（7月～9月）における現場水中養生をした圧縮強度の平均は 33.7～35.8 N/mm² である。図2-3 等から現場水中養生した強度は標準養生した強度（データ数が少ないが）より 0～2 N/mm² 程度大きくなると考えられるが、地区ごとでまとめるとその差は-2.1～+0.6 N/mm² の範囲だった。標準養生と現場養生した強度の差は、同一のコンクリートから採取した供試体によるものでなければはっきりしない。

・現場水中養生した強度の結果から、東部・中部地区では呼び強度27程度の圧縮強度が下限になっている。

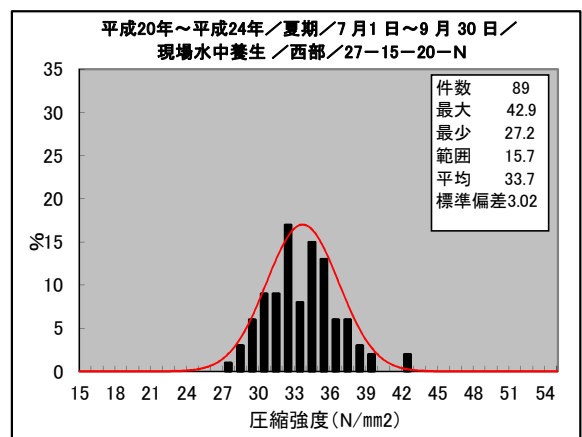
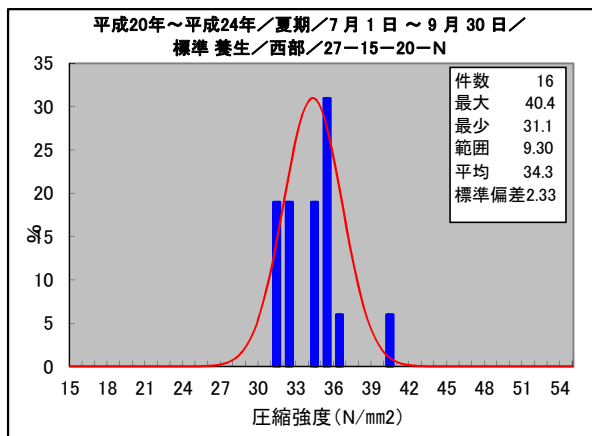
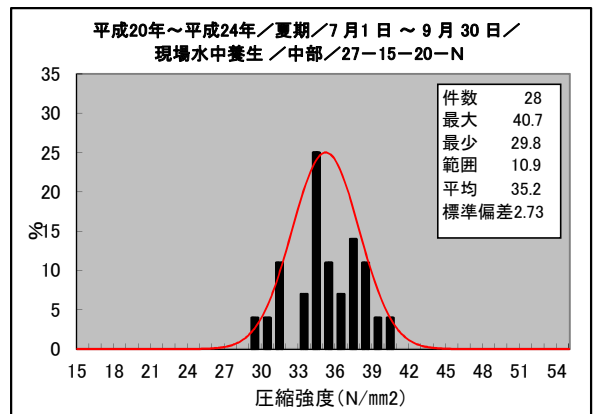
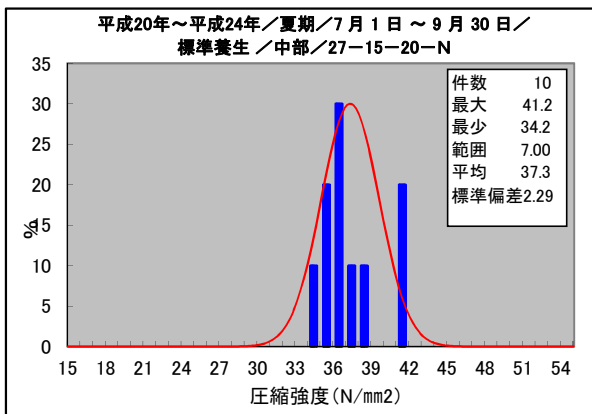
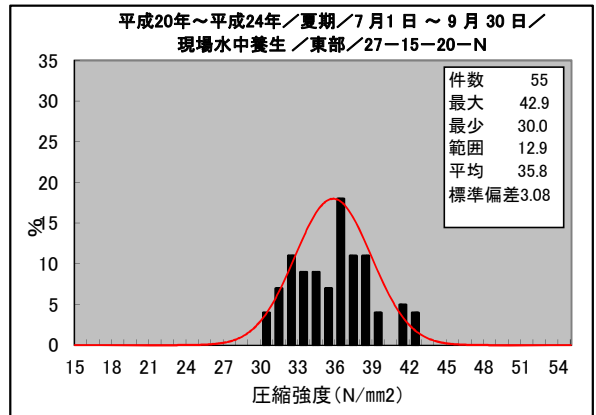
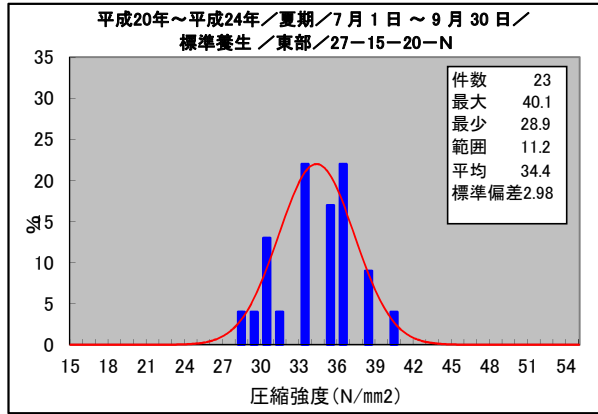


図2-6 H20～24年度(夏期)標準及び現場水中養生における圧縮強度のヒストグラム(地区別)

<建築工事で多く使用されているコンクリート>

表3 養生方法の違いによる地区別の圧縮強度(冬期)

	養生方法	件数	最大	最小	平均(X)	平均/呼び強	標準偏差	X-3σ	X+3σ	標準との強度
東部地区	標準	67	47.4	29.0	38.8	1.44	4.43	25.5	52.1	
	現水	100	47.9	27.8	35.9	1.33	3.79	24.5	47.3	-2.9
中部地区	標準	22	43.0	29.0	36.4	1.35	3.96	24.5	48.3	
	現水	100	43.4	24.7	33.7	1.25	3.32	23.7	43.7	-2.7
西部地区	標準	19	44.6	33.8	37.4	1.39	3.12	28.0	46.8	
	現水	109	39.0	26.4	31.3	1.16	2.81	22.9	39.7	-6.1

・表3より、冬期（12月～2月）における現場水中養生をした圧縮強度の平均は 31.3～35.9 N/mm² である。図2-3 等から現場水中養生した強度は標準養生した強度より 5～8 N/mm² 程度（最大で7.7 N/mm²）小さくなると思われるが、地区ごとでまとめるとその差は -2.7～-6.1 N/mm² の範囲で、西部地区以外は強度の差が小さかった。
 ・現場水中養生した強度の結果から、東部・中部では呼び強度-3（=24 N/mm²）程度が下限になっている。

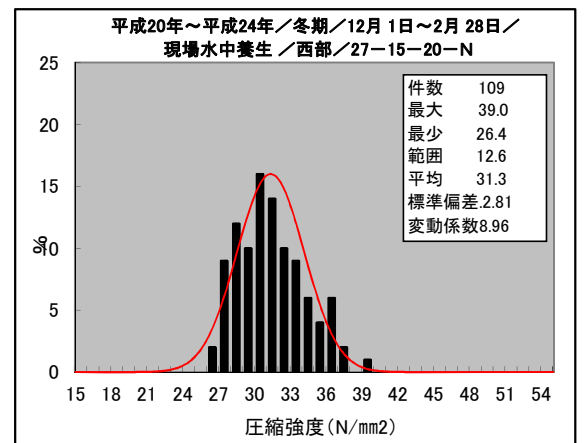
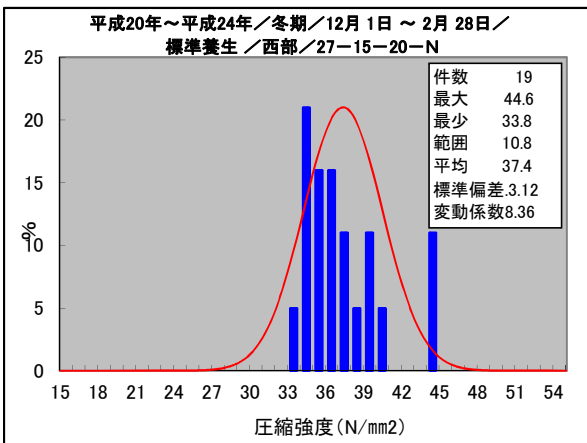
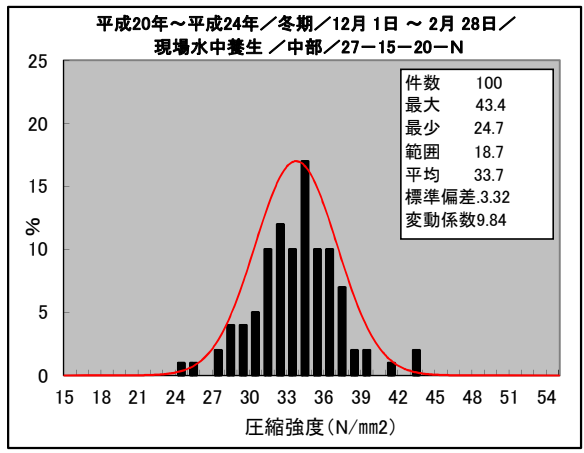
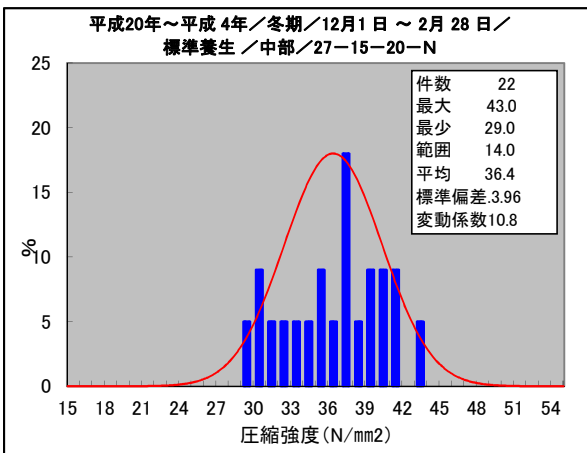
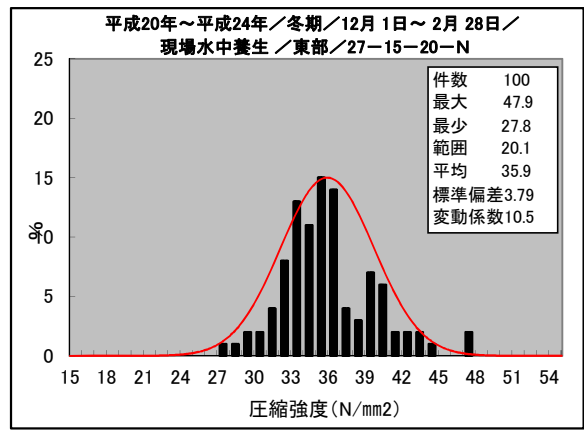
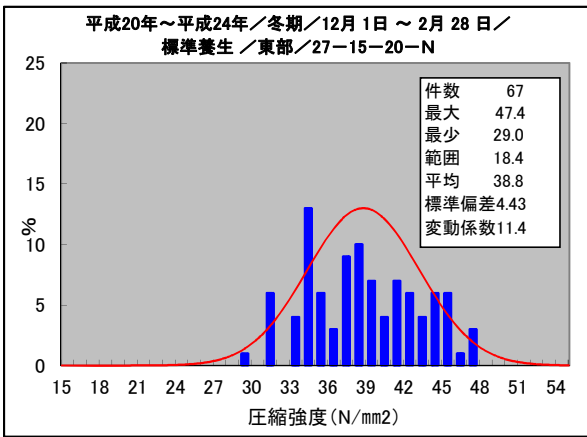


図2-7 H20～24年度(冬期)標準及び現場水中養生における圧縮強度のヒストグラム(地区別)

<建築工事で多く使用されているコンクリート>

次に現場水中養生した圧縮強度を地区ごとに夏期と冬期をまとめて表4 に示す。

表4 季節の違いによる地区別の現場水中養生した圧縮強度

地区 (養生方法)	季節	件数	最大	最小	平均 (\bar{X})	平均/ 呼び強	標準偏 差	$\bar{X}-3\sigma$	$\bar{X}+3\sigma$	夏期と の強度
東部地区 (現場水中)	夏期	55	42.9	30.0	35.8	1.33	3.08	26.6	44.9	+0.1
	冬期	100	47.9	27.8	35.9	1.33	3.79	24.5	47.3	
中部地区 (現場水中)	夏期	28	40.7	29.8	35.2	1.30	2.73	27.0	43.4	-1.5
	冬期	100	43.4	24.7	33.7	1.25	3.32	23.7	43.7	
西部地区 (現場水中)	夏期	89	42.9	27.2	33.7	1.25	3.02	24.6	42.8	-2.4
	冬期	109	39.0	26.4	31.3	1.16	2.81	22.9	39.7	

表4 より、夏期と冬期の強度差は東部地区ではほとんどなく、中部・西部地区では夏期より冬期の方が1~2 N/mm² 程度小さい。現場養生した圧縮強度は夏期と冬期間に大きな強度差は生じない。概ね呼び強度27の1.16~1.33 倍の圧縮強度が得られ27 N/mm² を下回るものはない。

このことは、コンクリート供試体が同一でないこと、現場養生では各建築現場における外気温の違い等いろいろな条件が異なるうえでの強度であること、各地区の工場の標準養生した圧縮強度のデータ数が少ないこと等の条件での集計結果である。

また夏期と冬期に大きな強度差がないことは、当センターにおける標準養生をした供試体の圧縮強度の実態が十分把握できていないので、土木用コンクリートの標準養生した供試体の圧縮強度の年内変動の実態から推測すると、「標準養生した圧縮強度は夏期から冬期にかけて大きくなるので、標準養生した圧縮強度から冬期における現場水中養生による低下分を相殺した結果、現場養生した圧縮強度は夏期と冬期の強度差は小さく、現場水中養生した供試体の圧縮強度は呼び強度より大きく、呼び強度の1.16~1.33倍もの圧縮強度が得られている。」ということであろうか。