

高強度石膏に関する実験研究 (その4 石膏セメントコンポジット)

正会員 岸谷孝一[※] 同 ○ 平居孝文^{※*}

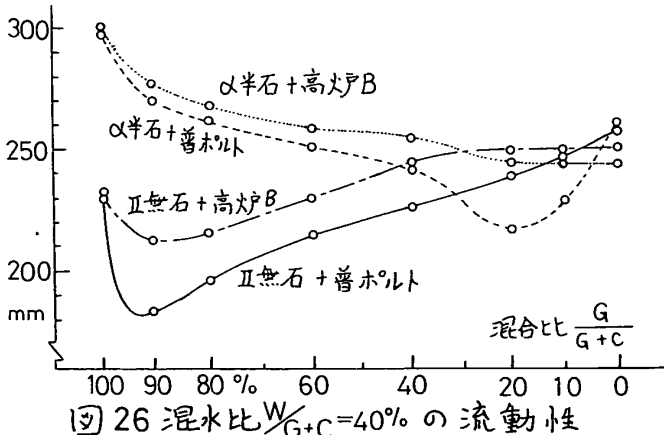
7 石膏セメントコンポジット

高強度石膏に關して水硬性の結合材として利用を考ふる立場から種々試験を行つてきたが、その結果を普通ポルトランドセメントに代表される一般のセメント類と比較してみるとたしかに水と練つて固めることが可能で高強度を持つ多孔質の硬化体となる点については似ている。しかし基礎的な物性について相違点が多く通常のセメント類と根本的に異なる材料として石膏をとらえるべきで、普通ポルトランドセメントなどと同じようには決して用いるのが出来ないことが判明した。なかでも最大の相違点は硬化したポルトランドセメント類に水が作用すると未反応部分が徐々に水と反応を起し結合組織が強化されるのに対して、石膏では硬化組織を構成している水石膏が水溶性で水的作用によって結合組織が劣化され(図17に示したように強度低下となつて表れることである。石膏利用の遙んだ外国の文献²⁾にも水的作用によって起る石膏組織の劣化を最重要事項に取りあげてあり、石膏建材の利用にあつては乾燥状態で用いることが条件になつてゐる。³⁾ 我国でも乾燥状態で用いることが前提になつてゐるが、一方では石膏の耐水性強化の目的で高分子材料やセメントとの併用も研究されてきてゐる。⁴⁾ 特にセメント類と石膏を組合せることは、水的作用による石膏組織の劣化防止のほかにもセメントの乾燥収縮を小さくしたり、凝結硬化の調節や金属に対する石膏の防食性付与の可能性があり石膏利用上せむ研究すべき課題である。そこで今回は表13に示す試料を用いて混練物の流動性、凝結時間、強度、長さ変化、重量変化、アルカリ残存を測定して石膏セメントコンポジットの性状を調べた。

7-1 調合と流動性

表13の石膏2種とセメント2種のいずれか一方を使った4つの組合せで、石膏とセメントの混合比は右のようにB段階に取つた。混練物の流動性を混水比 $\frac{W}{G+C} = 40\%$ にあけるフロー値で表わすと図26になり、またフロー値が230になる場合の混水比を示すと図27になる。このように混練物の流動性は石膏とセメントを単味で使つた場合より低下し、この傾向は普通ポルトランドセメントを2種の石膏と組合せた場合に著しい。混練物の流動性は凝結調節剤によつて大きく影響され今回は種々実験を行つた結果表13に示すものとしたが、さらに適切な凝結調節剤を見つけることで流動性の改善が出来る。

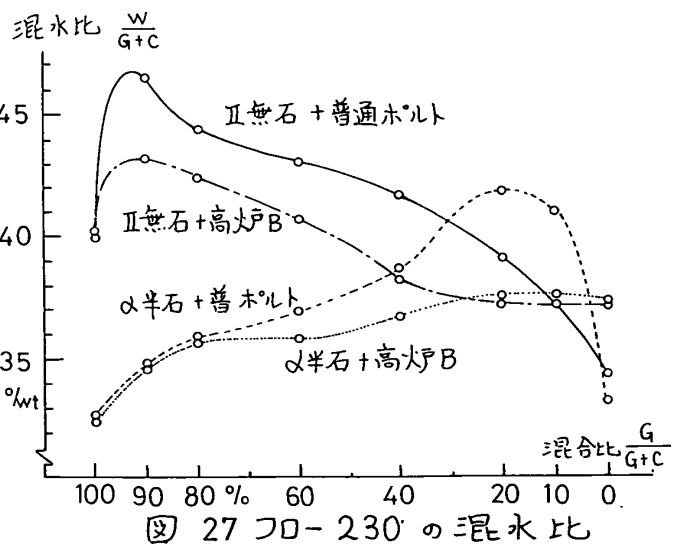
フロー値 (混練後5分)



石膏とセメントの混合比
 $\frac{\text{石膏}}{\text{石膏+セメント}} = 100, 90, 80, 60, 40, 20, 10, 0 \%$

表13 試料詳細

石膏	II型無水石膏	小野田セメント試製品
	α型半水石膏	日東石膏 雪印硬石膏
セメント	普通ポルトランドセメント	アサヒ 普通ポルトランドセメント
	高炉セメント B種	新日本製鉄化学工業
凝結調節剤	II型無水石膏に対し	石炭酸カリ 1.5 %wt
	α型半水石膏+セメントに対し	クエン酸 0.03 %wt



7-2 凝結時間と強度発現

凝結時間は図28のように石膏とセメントを併用した場合は早くなり、特にⅡ型半水石膏を用いた場合は著しい。凝結時間がこのように短かくなればたしかに数時間の単位で強度発現は早くなるが、材令1日の材令28日に対する圧縮強度の比率を見ると図31のように石膏とセメントを併用した方が小さくなる場合があり、凝結時間の短縮が必ずしも強度の早期発現につながるとは言えない。

7-3 圧縮強度

圧縮強度は混水比を $\frac{W}{G+C} = 40\%$ の一定にすると図30に、混練物の流動性をフロー値で230になるよう混水比を選ぶと図29になる。これらの図によれば空中養生の場合普通ポルトランドセメントに $\frac{G}{G+C} = 10 \sim 20\%$ の石膏が入ると強度の低下が現れ、またⅡ型無水石膏にセメントが入った場合はセメントによる凝結促進効果でⅡ型無水石膏単味に比べ強度が大きくなっている。水中養生ではセメント単味の強度が非常に大きいのに比べ石膏が少量でも入ると強度が小さくなるのが特徴的で、混水比が一定の図30を見るとこの傾向がよく表われている。水中養生した場合に石膏セメントコンポジットのセメント成分が多くなっても強度の増加が少いことは、水が作用し

凝結時間

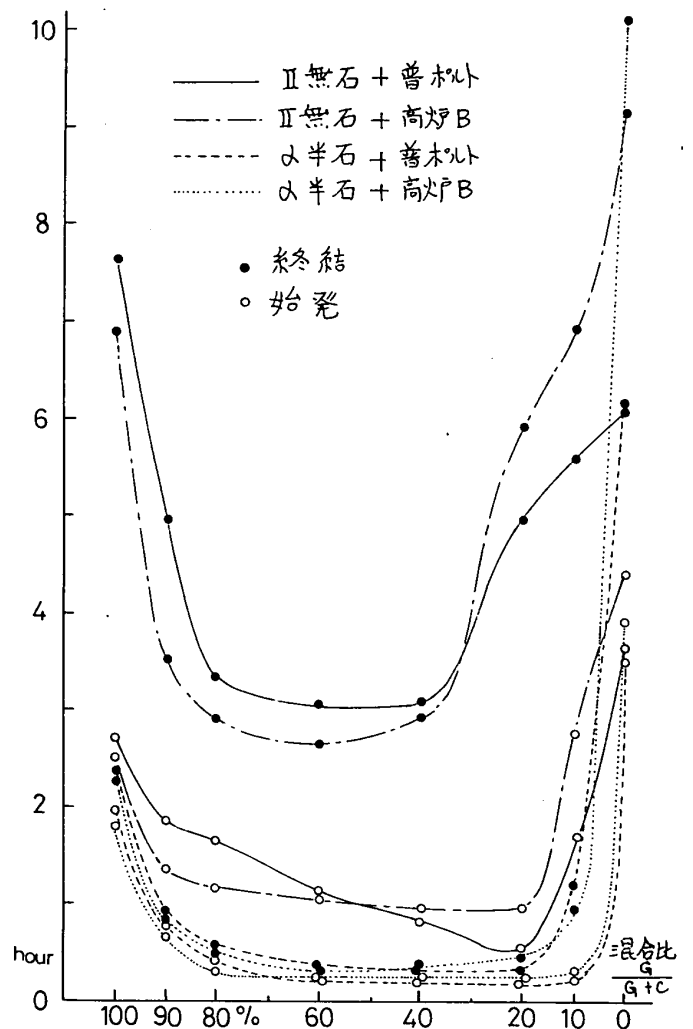


図28 フロー230レベルの凝結時間

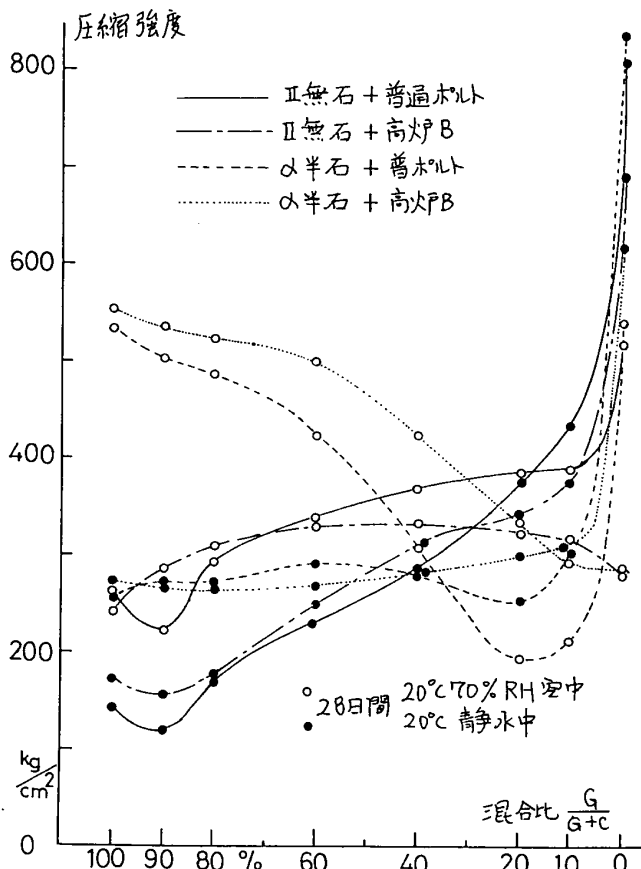


図29 フロー230レベルの圧縮強度

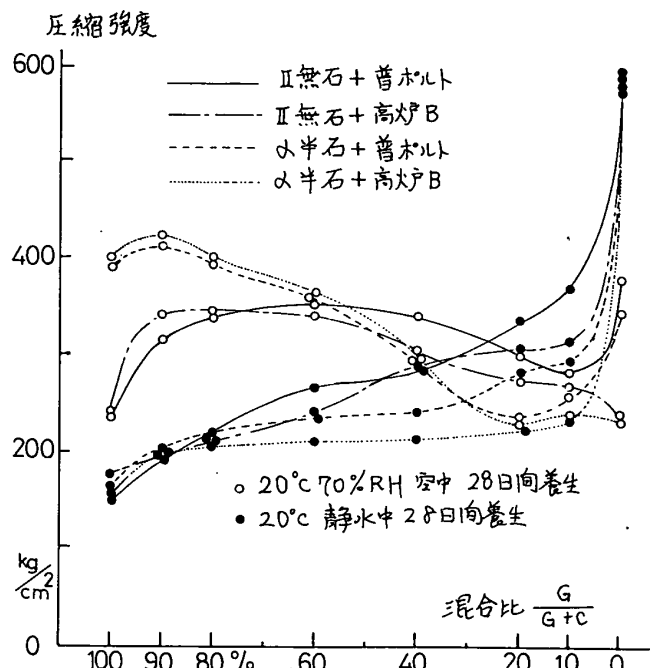


図30 混水比40%の圧縮強度

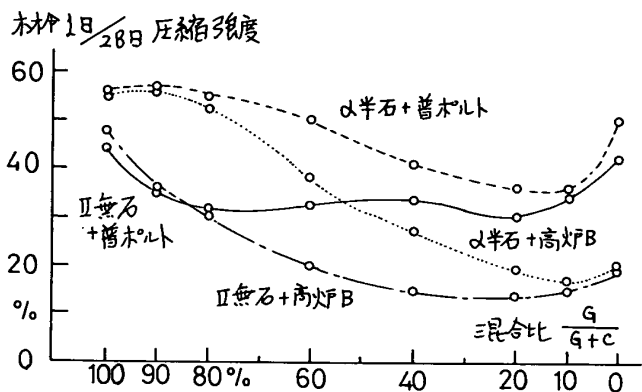


図 31 強度発現

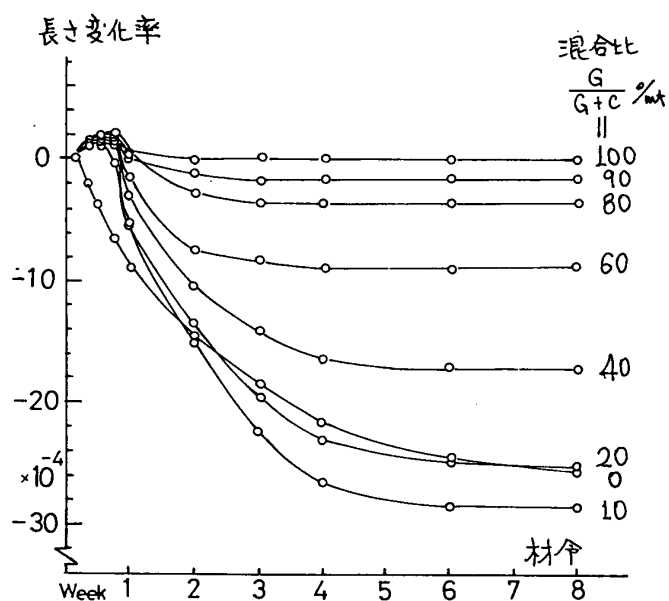


図 32 II無石-普通ポルトの空中養生長さ変化

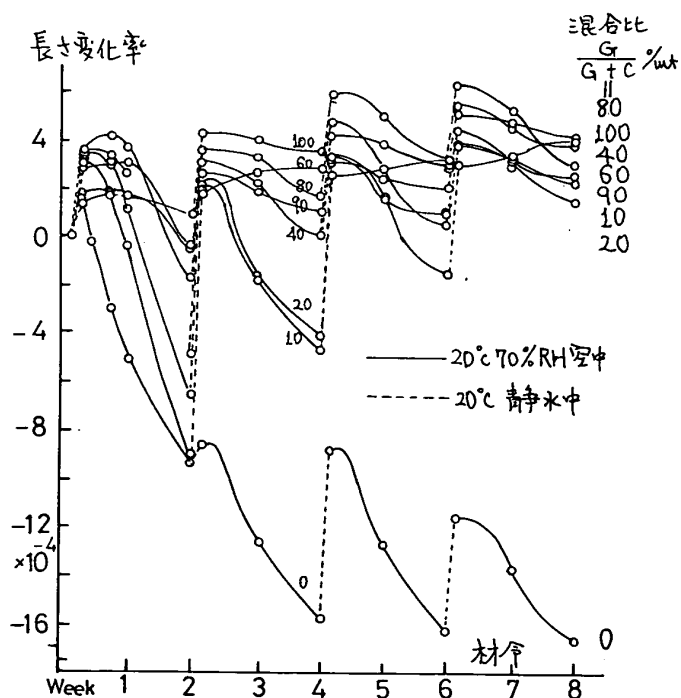


図 33 II無石-普通ポルトの乾湿繰返し長さ変化

た場合の石膏の強度を大きくするためにセメントを入れる方法がたいして効果的でないことを示している。

7-4 長さ変化

打設後24時間を基長とし材令2ヶ月における長さ変化を示すと図34に存る。空中養生では図32に一例を示すように長期にわたって収縮を示すセメントに少量の石膏が入った場合を除き、いずれの組合せでも石膏とセメントの混合比に比例して直線的に収縮量が変化している。水中養生では高炉セメントB種と石膏が組合せられると異常に大きな膨張を示し、普通ポルトランドセメントに石膏が組合せられた場合でも両者の混合比にかかわらずかなりの膨張を示しており実用上問題に存る。乾湿繰返しては高炉セメントB種と石膏を組合せると大きな膨張を示し障害となる。一方普通ポルトランドセメントにII型無水またはα型半水石膏を組合せた場合はセメントと石膏の混合比にかかわらず長さ変化が小さく、セメント

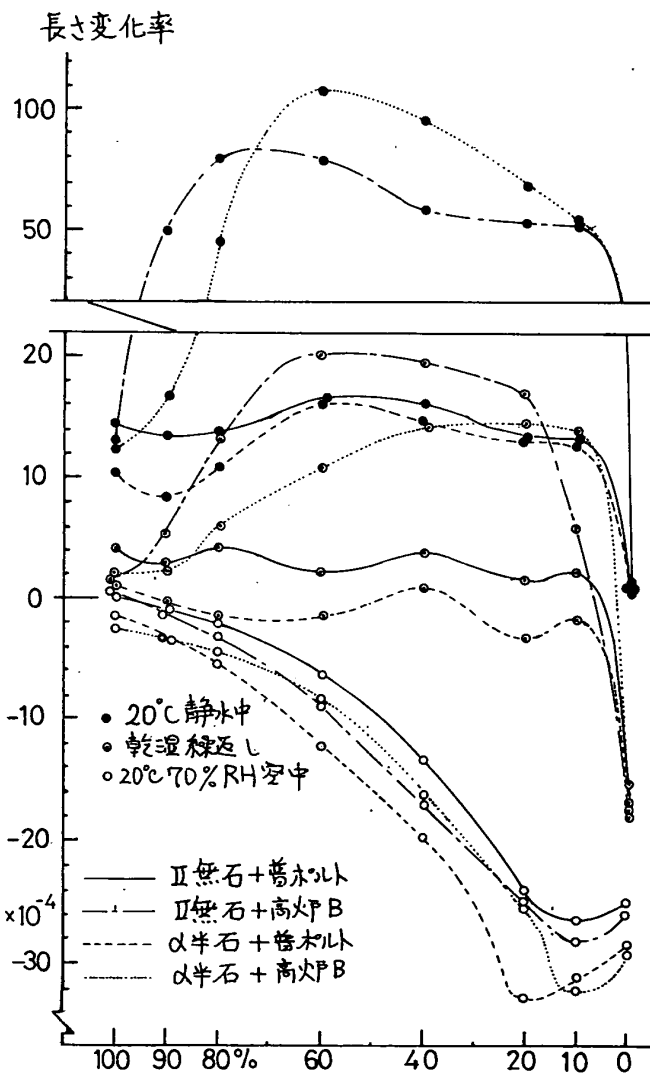


図 34 材令2ヶ月間の長さ変化

単味では大きな収縮値を示すのに比べ一見きわめて良きようにとれる。しかし材令に対する長さ変化の例(図33)に見ると、材令と共に膨張する傾向を示してあり特に普通ポルトランドセメントに少量の石膏を入れた場合は膨張の割合が大きく明らかに問題があり、石膏の割合が多い場合でもさうに長期の試験が必要で現在進行中である。

7-5 重量変化

図35は飽和石膏溶液中の供試体重量から、容器の水を週3回づつ新しくした場合の供試体重量を差引いて計算した溶出量を示している。石膏だけでは溶出量が非常に大きい。セメントを少量入れることで溶出をおさえることが可能であるという見込みが得られる。

7-6 防食性

混練物のP.H.を示すと図36に示す。石膏単味のP.H.は凝結調節剤により大きく影響を受けるが、セメントが少量でも入ると強アルカリ性を示す。硬化したもののアルカリ残存をフェノールフタレイン試験液で調べると、アルカリ残存部分が写真1のように供試体中央に現れる。この写真はII型無水石膏に普通ポルトランドセメントを組合せたものであるが、それ以外の場合もほぼ同じである。金属の防食を考える場合当然中性化速度が問題になり、今日の場合セメントの割合が半分以下だと写真のように材令1ヶ月で相当中性化が進行してあり、石膏の防食性付与のためには少量のセメントを入れなければならぬということになる。

7-7 石膏セメントコンポジットのまとめ

II型無水石膏とα型半水石膏に普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種を用いた4つの組合せについて試験を行った。高炉セメントB種を用いた2つの組合せでは水分が作用すると石膏単味や高炉セメントB種単味に比べ異常に大きな膨張を示すので、高炉セメントB種を石膏と併用するのは不相当である。α型半水石膏と普通ポルトランドセメントを用いる場合は凝結時間が著しく短縮されるため、十分効果のある凝結調節剤を見つけることが当面の課題である。今回選んだ組合せのうちではII型無水石膏と普通ポルトランドセメントの併用が有望で、流動性と凝結時間を容易に調節することが出来、水が作用した場合の圧縮強度もセメントを入れる方が少しではあるが大きくなっており、長さ変化や流水中の溶出の点でも有利である。実際にはセメント量が少し程乾燥収縮が小さいので、流水中の溶出をおさえられる下限値の20%程度の普通ポルトランドセメントをII型無水石膏に入れ、定期的に乾燥出来る状態で用い防食性は他の方法で解決することになるであろう。乾燥経路の長さ変化や流水中の溶出などはつきりするまでには長期間の試験をまたねばならないが、実用上石膏セメントコンポジットの可能性は大いにある。

<文献> ① 岸谷孝一、平居孝之、高強度石膏に関する実験研究(その1付着、その2水に対する応答); 日本建築学会関東支部研究報告集 5.49
 ② F.A. BLAKEY, PH.D. A.M.I.E. AUST, CAST GYPSUM AS A STRUCTURAL MATERIAL; Australian And New Zealand Association For The Advancement Of Science, Perth Conference August 1954
 ③ 笠井順一、明石英三、焼石膏とポルトランドセメント混合物の性質; 石膏と石灰 No.12 1954
 ④ 宮川愛太郎、焼石膏の性質におよぼすセメント添加の実験; 建築協会誌 Vol.60 No. 676 1952
 ⑤ 安藤幸喜、セッコウセメント混合体の物理的性状に関する研究; 日本建築学会大会学術講演梗概集 S47, S48, S49

* 東京大学教授 工博 ** 同学院生

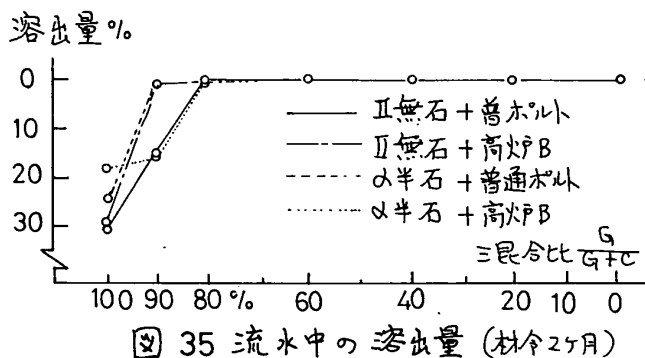


図 35 流水中の溶出量 (材令2ヶ月)

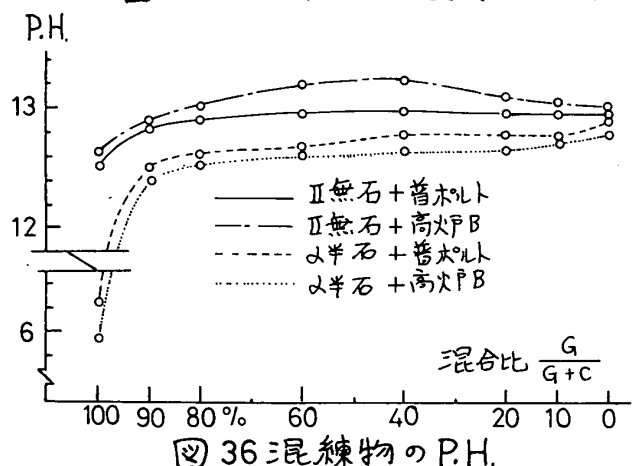


図 36 混練物の P.H.

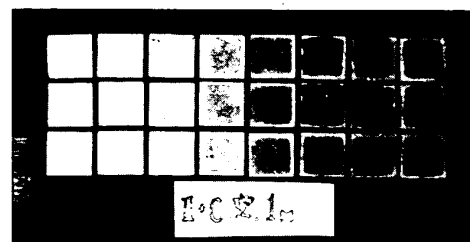


写真1 アルカリ残存
 左から G/(G+C) = 100, 90, 80, 60, 40, 20, 10, 0 %